

ЛЕС. ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 630

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ БЕРЕЗНЯКОВ В УСЛОВИЯХ СВЕЖЕЙ СУРАМЕНИ В РАЗЛИЧНЫХ ЛАНДШАФТАХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

*Алексеев Александр Владимирович¹,
Плетнев Владислав Николаевич², Янышева Ольга Александровна³*

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола

²Государственное Казенное Учреждение Республики Марий Эл «Оршанское лесничество»

³ООО «Камелот», Россия, Йошкар-Ола, ois@volgatech.net

Установлена динамика запасов в типе лесорастительных условий С2 для разных ландшафтов Республики Марий Эл. Для этого исследовалась производительность березовых древостоев в разных ландшафтно-морфологических структурах Республики Марий Эл для насаждений с разной полнотой.

Ключевые слова: продуктивность березняков; средние запасы; ландшафт; ландшафтно-морфологическая структура

Введение. Одна из важных составляющих стабильного развития страны – устойчивое управление лесами. Несомненной целью лесного хозяйства является высокоинтенсивное хозяйство, при котором следует стремиться к получению максимальной пользы при оптимальном минимуме затрат на лесное хозяйство. Обязательное условие устойчивого управления лесами – поддержание биоразнообразия и продуктивности лесов в приемлемом для лесных экосистем и посильном для общества состоянии [1].

Одной из причин, не позволяющих выбрать оптимальные пути развития лесного хозяйства и сдерживающей эффективное лесопользование, является недостаточная точность оценки потенциала лесных ресурсов.

Повышение точности оценки лесных ресурсов, получение объективных и более корректных результатов с меньшими материальными затратами можно достичь применения ландшафтный подход.

Поэтому при проведении проектных работ в области лесного хозяйства в первую очередь необходимо выявлять закономерности производительности и встречаемости древесных пород, варьирование таксационных показателей, хода лесобразовательных процессов, успешности назначаемых лесохозяйственных мероприятий в пределах природно-территориальных комплексов (ПТК) различного ранга. В свою очередь в дальнейшем это позволит разработать более точные методы инвентаризации лесного фонда, оптимизировать методику назначения, проведения лесохозяйственных мероприятий с учетом цели и интенсивности хозяйства, произвести расчет лесопользования в пределах морфоструктурных единиц ландшафта [1, 2].

Цель работы: исследование производительности березовых древостоев в разных ландшафтно-морфологических структурах Республики Марий Эл для насаждений с разной полнотой.

Решаемые задачи: 1) выявить полнотную структуру березовых насаждений ландшафтов Республики Марий Эл (РМЭ) в 3 и 4 классах возраста; 2) рассчитать средние запасы березовых насаждений 3 и 4 классов возраста в разных ландшафтах РМЭ; 3) определить динамику запасов в типе лесорастительных условий (ТЛУ) С2 для разных ландшафтов РМЭ; 4) провести анализ полученных результатов.

Методика обработки. В исследованиях использовалась повы-дельная база данных таксационных характеристик лесного фонда РМЭ, каждый квартал которой был отнесен к определенной ландшафтной структуре. В работе использовался проект ландшафтно-морфологического деления территории РМЭ выполненный в ходе работ в 2011 году (рис. 1) [3].

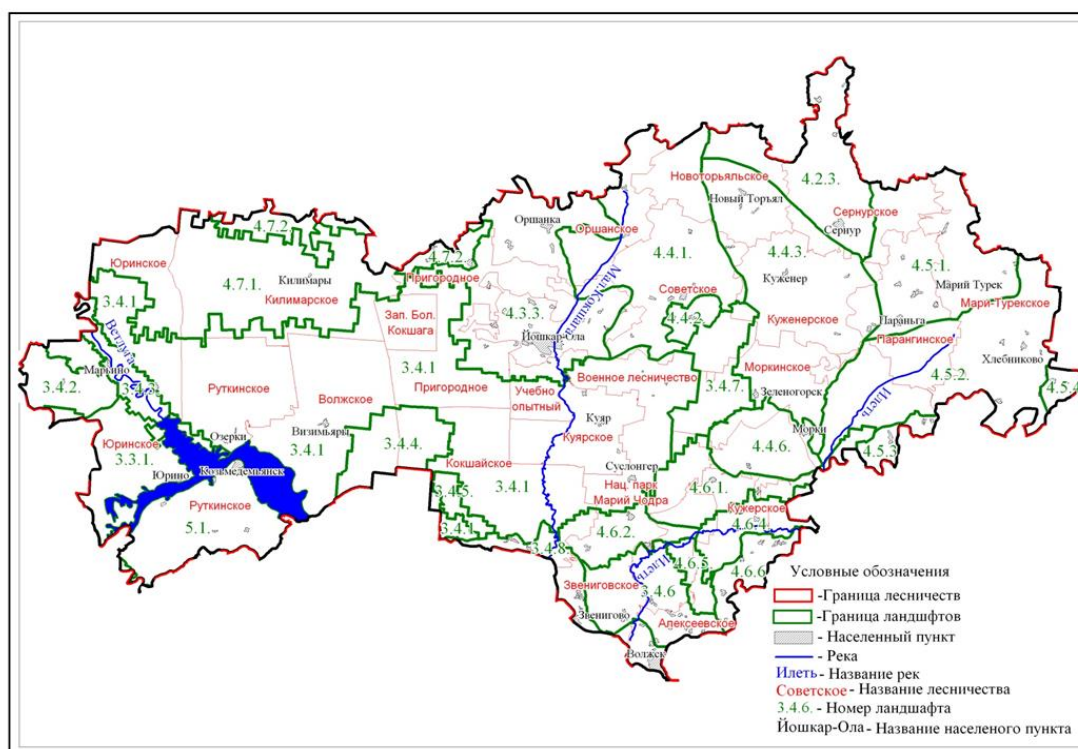


Рис. 1 Карта-схема размещения ландшафтов на территории Республики Марий Эл

РМЭ является интересным объектом для исследования, так как здесь граничат три ландшафтные области на небольшой площади: Левобережные песчаные равнины Волги и ее крупных северных притоков и Оки, Вятско-Камская возвышенность с Вятским увалом и повышенной волнистой равниной, Приволжская возвышенность.

Объектом исследования были выбраны березовые насаждения 3-го и 4-го класса возраста произрастающие на сураменах (ТЛУ - С2). Выбор породы был обоснован тем, что березняки растут практически во всех основных типах лесорастительных условий и во всех имеющихся на территории РМЭ ландшафтах. Для получения более достоверного результата были выбраны насаждения 3 и 4 классов возраста, так как эти насаждения меньше повреждены хозяйственным мероприятиям.

Березовые насаждения одного класса возраста в каждом ландшафте были разбиты на 3 группы: низкополнотные (с полнотой 0,3-0,5), среднеполнотные (с полнотой 0,6-0,7) и высокополнотные (с полнотой 0,8 и выше). Для этих категорий определялась площадь березовых насаждений и их доля относительно всей площади ландшафта (табл. 1).

Таблица 1

Площадь березовых насаждений разных полнот в сураменях РМЭ

№ л-та	Ландшафт	Площадь насаждений 3 класса возраста в ТЛУ С2, га				Площадь насаждений 4 класса возраста в ТЛУ С2,га			
		итого низкополнотные	итого среднеполнотные	итого высокополнотные	Итого С2	итого низкополнотные	итого среднеполнотные	итого высокополнотные	Итого С2
3.3.1.	Волжско-Нижне-Кержинский	19	1372,4	100,6	1492	0	1,3	10,1	11,4
3.4.1.	Волжско-Ветлужско-Кокшайский с типичной песчаной равниной	54,5	1072,8	1172,3	2299,6	28,9	747,5	980	1756,4
3.4.2.	Приветлужский	41,7	223,1	84,1	348,9	120,5	1212,3	550,4	1883,2
3.4.3.	Долина реки Ветлуги	0	424,6	916,9	1341,5	9,5	80,9	481,2	571,6
3.4.4.	Куплангский (Юксарский)	1,4	281,9	86,1	369,4	2,8	416,7	78	497,5
3.4.5.	Липшинская островная возвышенность	0	102,6	71,7	174,3	0	164,2	78,7	242,9
3.4.6.	Нижнеилетский	3,8	10,1	181,2	195,1	5,2	68,2	74,2	147,6
3.4.7.	Абаснурский переходный	5,5	27,4	46,5	79,4	45,1	138,6	48,6	232,3
3.4.8.	Звениговский	0	7	14,6	21,6	0,6	0,8	14,3	15,7
4.2.3.	Уржумский равнинный	0,4	0	0	0,4	8,9	30	23,1	62
4.3.3.	Оршано-Йошкар-Олинская сглаженно-слабоволнистая равнина	32,3	566,2	475,9	1074,4	201,5	1036,2	1164,6	2402,3
4.4.1.	Пектубаево-Шулкинский сильно-расчлененный	32,4	221,9	267,9	522,2	8	279,4	313,9	601,3
4.4.3.	Максимального поднятия Марийско-Вятского вала	15,8	651,9	225,7	893,4	36,3	1136,3	358,6	1531,2
4.4.6.	Моркинская возвышенность	0	0,8	21,3	22,1	0	10,6	2,4	13
4.5.1.	Мари-Турекский довольно расчлененный	0,3	12,1	15	27,4	0	34,4	23,5	57,9
4.5.2.	Верхне-Илетский	73,4	643	1552,7	2269,1	5,4	702,3	2003,5	2711,2
4.5.4.	Эрозионнорасчлененный	0	0	0	0	1,2	15,1	0	16,3
4.6.1.	Южное подножье моркинской возвышенности	12,4	233,6	246,9	492,9	14,5	298,2	511,7	824,4
4.6.4.	Широкая долина Илети	0	46,4	201,2	247,6	0	110,5	199,2	309,7
4.6.5.	Кленовогорская возвышенность	1	41,9	178	220,9	53,5	198,3	213,3	465,1
4.7.1.	Юрангский флювио-гляциальный	157,7	2079,3	6628,1	8865,1	57,4	2989,5	5174	8220,9
4.7.2.	Санчурский водораздельный равнинный	0,9	82,9	425,1	508,9	2,7	233,3	566,4	802,4
	Итого	452,5	8101,9	12911,8	21466,2	602	9904,6	12869,7	23376,3

Интерпретация результатов. В березовых насаждениях 3 класса возраста преобладают высокополнотные – 60%, около 38% составляют среднеполнотные насаждения и всего 2% низкополнотные. В березовых насаждениях 4 класса возраста площадь высокополнотных насаждений снижается до 55%, площадь среднеполнотных насаждений возрастает до 42%, низкополнотных – 3%.

Наибольшие площади березовых насаждений 3 и 4 классов возрастов находятся на территории Юрангского флювио-гляциального ландшафта (4.7.1) – 41,3% и 35,2% соответственно, Волжско-Ветлужско-Кокшайского с типичной песчаной равниной (3.4.1) – 10,7% и 7,5%, Верхне-Илетский (4.5.2) – 10,6% и 11,6%.

Для каждой группы березовых насаждений различных полнот рассчитывались средневзвешенные запасы (табл. 2).

Таблица 2

**Средние запасы березовых насаждений 3 и 4 классов возраста
в сураменах РМЭ**

№ л-та	Ландшафт	средние запасы для 3 класса воз- раста в ТЛУ С2, куб.м				средние запасы для 4 класса возраста в ТЛУ С2, куб.м			
		низко- пол- нотные	средне- полнот- ные	высо- копол- нотные	Итого С2	низко- пол- нот- ные	сред- непол- нотные	высо- копол- нотные	Итого С2
3.3.1.	Волжско-Нижне-Кержинский	59	92	99	92	0	96	142	136
3.4.1.	Волжско-Ветлужско-Кокшайский с типичной песчаной равниной	72	99	117	108	93	133	160	147
3.4.2.	Приветлужский	44	97	125	98	58	108	140	115
3.4.3.	Долина реки Ветлуги	0	89	121	111	50	1128	166	159
3.4.4.	Куплангский (Юксарский)	60	111	104	109	110	135	140	136
3.4.5.	Липшинская островная возвышен- ность	0	111	122	116	0	145	165	152
3.4.6.	Нижнеилетский	80	95	112	111	110	150	186	167
3.4.7.	Абаснурский переходный	65	84	126	107	92,7	148	164	140
3.4.8.	Звениговский	0	121	140	134	60	130	162	156
4.2.3.	Уржумский равнинный	80	0	0	80	106	145	151	141
4.3.3.	Оршано-Йошкар-Олинская сгла- женно-слабоволнистая равнина	73	106	129	115	102	143	172	153
4.4.1.	Пектубаево-Шулкинский сильно- расчлененный	61	81	114	97	103	139	171	155
4.4.3.	Максимального поднятия Марий- ско-Вятского вала	45	92	97	92	86	139	150	139
4.4.6.	Моркинская возвышенность	0	110	109	110	0	147	170	151
4.5.1.	Мари-Турекский довольно расчле- ненный	80	105	112	109	0	150	171	158
4.5.2.	Верхне-Илетский	65	95	124	114	82	134	172	162
4.5.4.	Эрозионнорасчлененный	0	0	0	0	80	110	0	108
4.6.1.	Южное подножье моркинской воз- вышенности	66	89	117	102	90	146	160	154
4.6.4.	Широкая долина Илети	0	105	128	124	0	135	169	157
4.6.5.	Кленовогорская возвышенность	84	117	133	130	95	144	172	151
4.7.1.	Юрангский флювио-гляциальный	65	101	125	118	73	135	172	158
4.7.2.	Санчурский водораздельный рав- нинный	71	102	127	123	69	162	176	171

Анализируя полученные данные можно сделать следующие заключения:

Березовые насаждения произрастающие в условиях свежей сурамени (ТЛУ С2) в разных ландшафтах РМЭ одного класса возраста и одной полнотной группы могут существенно различаться по производительности. Так максимальную производительность имеют березняки Звениговского ландшафта, в котором высокополнотные насаждения имеют средний запас 140м.куб/га, а минимальный запас в аналогичной

полнотной группе имеют березовые древостои в Волжско-Нижне-Керженском ландшафте, где он составляет – 99 м.куб/га.

Как видно из таблицы производительность сильно зависит от литогенной основы. В ландшафтах на производительность березовых насаждений могут оказывать влияние разные лимитирующие факторы, которые индивидуальные для каждой ландшафтно-морфологической структуры.

Так более низкая производительность Волжско-Нижне-Керженского ландшафта связана вероятно с бедными почвами, образовавшимися из перемытых водой песках, а также вследствие близкого залегания грунтовых вод. На глубоких, хорошо дренированных почвах производительность резко возрастает.

В разных ландшафтах могут существенно различаться и темпы роста насаждений. Наиболее резкое изменение темпов роста может наблюдаться при слоистой литогенной основе. Так в Абаснурском переходном ландшафте в 3 классе возраста среднеполнотных насаждениях запас 84 м.куб./га, а в 4 классе – 148 м.куб./га. По всей видимости, это связано с тем, что в 3 классе возраста корни березы располагаются в более бедной песчаной почве, а в 4-м классе корни достигают более древнего, плодородного горизонта.

Выводы.

1. В разных ландшафтах в одинаковых ТЛУ производительность насаждений может существенно различаться.

2. В зависимости от литогенной основы ландшафта существенно изменяются темпы роста древостоев, что делает необходимым корректировку возрастов рубок ухода и спелости.

3. Необходимо совершенствовать нормативную лесохозяйственную базу с учетом ландшафтной структуры региона.

Список литературы

1. Минаев В.Н., Тетюхин С.В., Любимов А.В. Управление лесами на ландшафтной основе. – СПбГЛТА, 2007. – С. 35-41.
2. Зиганшин Р. А. Принципы лесоустройства на ландшафтной основе (на примере лесов Прибайкалья). Лесная таксация и лесоустройство. – 2005. – 1(34). – С. 118-131.
3. Создание технологических основ для оптимального лесовосстановления гарей, прогнозирования роста пирогенных березняков лесного среднего Поволжья на ландшафтно-типологической основе и биотехнологических рубок в них: отчет о НИР (промежуточ.): ООО «Камелот». рук. Алексеев А.В. – Йошкар-Ола. – 2011. – 169 с. – № ГР 01201178733. – Инв. № 1.
4. Романов Е. М., Онучин Е. М. Подходы к разработке и исследованию инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – №3. – С. 3-10.

EVALUATION OF PRODUCTIVITY IN FRESH BIRCH-WOOD SURAMENI IN DIFFERENT LANDSCAPES REPUBLIC OF MARI EL

**Alexeev Alexander Vladimirovich¹, Pletnev Vladislav Nikolaevich²,
Yanysheva Olga Aleksandrovna³**

¹Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

²State public institutions of the Republic of Mari El "Orsha forestry"³Ltd. "Camelot"

Is installed the reserve dynamics in type C2 forest growth conditions for different landscapes of the Republic of Mari El. To investigate the performance of the birch stands in different landscape and morphological structures of the Republic of Mari El to plants with varying completeness.

Keywords: *productivity of birch forests; average stocks, landscape, landscape-morphological structure*

УДК 712.4: 625.77 (470.343)

ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ АНАЛИЗ УЛИЦЫ МЕХАНИЗАТОРОВ В ПОСЕЛКЕ СОВЕТСКИЙ

Ворошилова Мария Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола, ois@volgatech.net

Предлагается ландшафтно-архитектурный анализ улицы Механизаторов в поселке Советский. Для этого собрана вся информация и получены все необходимые данные.

Ключевые слова: *профиль улицы, анализ планировочного решения территории, анализ состояния насаждений, анализ цветочного оформления, анализ состояния газонов, анализ состояния дорожно - тропиновых покрытий.*

Введение. Озеленение территорий и участков улиц является частью комплексной задачи архитектурно- планировочной организации пространства. Поэтому проект благоустройства и озеленения улиц и магистралей разрабатывают на основе единства входящих в него систем. Для этой цели разрабатывают планировочную транспортно-пешеходную схему передвижения, систему озеленения и цветочного оформления с учетом визуальной информации и ориентации в городской среде, ее колористики, архитектуры застройки [1].

Особенно актуальна проблема создания озеленения и благоустройства улиц и дворов. Улицы и въезды являются лицом населенного пункта. По их внешнему облику судят о степени благоустройства и культуре поселка. Благоустройство улиц – настоящее искусство, которое способно вдохнуть в металлический привкус урбанизированного мира запах живых цветов и добавить изящества. Всевозможные декоративные элементы способны превратить самую скучную и стандартную улицу поселка в уникальную и привлекательную, со своей «изюминкой».

Учитывая возросшие эстетические потребности улицы должны отвечать определенным требованиям: быть чистыми, хорошо освещенными, иметь элементы информации и рациональное размещение наземных и подземных сооружений. Расположение транспортных путей должно обеспечивать условия удобного и безопасного их использования при наличии благоустроенных остановочных пунктов, пешеходных путей и переходов. Для оздоровления воздуха должны быть предусмотрены зеленые насаждения [2].

Цель работы: выявление и формирование потенциальных возможностей по обогащению пейзажа.

Решаемые задачи: 1) проведение рекогносцировочного обследования территории объекта; 2) анализ планировочного решения территории (выявление «зон влияния» подземных коммуникаций и надземных сооружений, дорог, площадок; проведение функционального зонирования территории в зависимости от типа застройки;

3) проведение анализа состояния насаждений; 4) проведение анализа цветочного оформления объекта; 5) проведение анализа состояния газонов; 6) проведение анализа состояния дорожно-тропиновых покрытий.

Улица Механизаторов является жилой улицей, одной из первых улиц при строительстве поселка. Ранее улица называлась улицей Ворошилова, но в 1958 г. решением исполкома была переименована в ул. Механизаторов. Причиной этому послужило разоблачение культа личности Сталина и его окружения, в числе которых был и Во-

рошилов. Улица Механизаторов ограничена с севера улицей Котовского и с юга сернурским трактом. Протяженность улицы 749 м, ширина улицы 16 м, застройка осуществляется с отступом от красной линии на 5 м. Площадь территории проектирования составляет 3,1 га: включает проезжую часть, зеленую полосу, тротуар, сквер и придомовую территорию у общежития 6А, жилого дома 8А, жилого дома 6А. Ширина проезжей части составляет 6,5 метров.

Поперечный профиль улицы включает в себя проезжую часть шириной 6,5 м, зеленую полосу шириной 2,7 м, тротуар шириной 0,75 м. Зеленые полосы представлены лишь полосой газона, что плохо влияет на пешеходов, т.к. не защищает их от неблагоприятного воздействия выхлопных газов и пыли, так и для эстетического обогащения архитектурного ансамбля окружающей застройки и создания комфортных условий, лоток отсутствует. Я рекомендую создать лоток для слива воды и тротуар с двух сторон вдоль улицы.

Коммуникации на улице размещаются как на поверхности, так и в подземной части: водопровод, газопровод, канализация, кабель связи. На территории проектирования отсутствуют элементы сопряжения поверхностей проезжих частей, тротуаров, такие как бортовые камни (бордюры). Проезжая часть плохо освещена, т.к. не хватает источников освещения.

На анализируемом участке использовано 2 типа покрытия:

- асфальтобетонное покрытие 981,5 м² (в том числе дорожное полотно и тротуары);
- грунтовое покрытие 226 м².

Состояние асфальтобетонного покрытия на тротуарах можно оценить как «плохое», т.к. на исследуемой территории отсутствует бордюрный камень. Необходима местами полная замена и ремонт асфальтобетонного дорожного покрытия на тротуарах.

Природные элементы в современных населенных местах играют важную роль в формировании жизненно здоровой среды, в создании устойчивого экологического равновесия. Растительность в поселках находится в тесной взаимосвязи с почвами и почвогрунтами, с рельефом, с ручьями, реками, водоемами; неразрывна связь растительности с окружающим пространством – магистралями и улицами, зданиями и сооружениями; на состояние растительности активное влияние оказывают пыль, эмиссии газов, аэрозоли, электромагнитные колебания, рекреационные нагрузки. Растительность составляет костяк озеленяемых территорий и организуется в определенные объемно-пространственные системы [3].

При инвентаризации использован метод сплошного пересчета. Каждое растение описывалось отдельно и заносилось в инвентаризационную ведомость. Привязка растений в натуре производилась к существующим элементам планировки – к границам проездов, дорожно-тропиночной сети. Привязка осуществлялась мерной лентой.

На территории проектирования находится 566 древесных растения из них 410 (70%) деревья, 156 (26%) кустарников, в том числе: хвойных насаждений 5 шт. (0,8%), лиственных – 561 шт. (99,2%). Распределение древесных видов по доле участия на обследуемой территории представлено в таблице.

Распределение древесных видов по доле участия на обследуемой территории

Наименование вида	Количество	
	шт.	%
Береза повислая	23	4
Боярышник кроваво-красный	110	20
Бузина кистистая	8	1
Вишня обыкновенная	41	8

Окончание таблицы

Наименование вида	Количество	
	шт.	%
Вяз гладкий	3	1
Вяз приземистый	1	0
Дуб черешчатый	2	0
Ель колючая	4	1
Ива козья	1	0
Ирга канадская	6	1
Калина обыкновенная	13	2
Карагана древовидная	12	2
Клен остролистный	10	2
Клен ясенелистный	63	12
Крыжовник обыкновенный	4	1
Лещина обыкновенная	1	0
Липа мелколистная	36	6
Можжевельник казацкий	1	0
Пень	18	3
Пузыреплодник калинолистный	5	1
Роза майская	15	3
Роза морщинистая	1	0
Роза собачья	3	1
Рябина обыкновенная	59	11
Сирень обыкновенная	35	6
Слива колючая	8	1
Смородина красная	1	0
Смородина черная	11	2
Спирея средняя	2	0
Тополь бальзамический	5	1
Тополь дрожащий	1	0
Черемуха обыкновенная	46	9
Чубушник венечный	3	1
Яблоня лесная	32	5
Итого	584	100

Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что доминирующим видом на участке является боярышник кроваво-красный (20%), затем клен ясенелистный (12%), рябина обыкновенная (11%) и др.

По декоративной оценке большинство древесно-кустарниковых пород занимают 2 балла, это характеризуется тем, что растения с заметным угнетением в росте, наличие сухих ветвей, морозных трещин.

По категории состояния большинство древесно-кустарниковых пород относятся к «ослабленному» состоянию, это характеризуется тем, что растения здоровые, но с неправильно развитой кроной, без существенных повреждений.

Анализ насаждений показал, что на территории исследуемого участка произрастают насаждения, относящиеся к основному ассортименту. Преобладают виды деревьев первой величины (высокие): береза повислая, дуб черешчатый, вяз гладкий, ель колючая, липа мелколистная. По группе роста растений преобладают быстрорастущие деревья и кустарники – береза повислая, рябина обыкновенная, вяз гладкий.

Т.к. состояние насаждений оценивается как «ослабленное» требуются мероприятия по уходу за древесно-кустарниковыми породами, а именно удаление сухих ветвей, поросли, заделка задира коры, вырубка усыхающих деревьев.

Количество растений, рекомендованных к сохранению – 288 шт., количество растений, рекомендованных к сносу – 159 шт., количество растений нуждающихся в пересадке – 119 шт., выкорчевка пней – 22 шт.

Газон испытывает серьезную рекреационную нагрузку, находится в неудовлетворительном состоянии. Чаще всего газоны повреждаются из-за некачественной закладки (в том числе плохой подготовки почвы); несоответствия ассортимента культивируемых трав условиям произрастания и эксплуатации; из-за болезней и вредителей; в результате вымокания и плохой перезимовки; из-за неудовлетворительного дренажа и уплотнения почвы, вызывающего снижение аэрации; ухудшение агрохимических и водно-физических свойств почвы, вызываемых естественными и антропогенными факторами [4]. Рекомендую произвести капитальный ремонт газона – прежде всего коренное улучшение, т.е. перезакладка, создание нового газонного травостоя на всей территории объекта проектирования.

Изучалась посещаемость объекта населением разных возрастных групп в будние и выходные дни. В будни наибольшие нагрузки территория испытывает от транзитных пешеходов, большая часть которых относится к посетителям женского пола до 55 лет (21 человек). В выходные дни наибольшие нагрузки территория испытывает от отдыхающего населения, большая часть которых относится к посетителям мужского пола свыше 55 лет (19 человек).

Поселки городского типа весьма разнообразны по своим условиям, поэтому требуют индивидуального подхода в решении вопросов озеленения территории. В зеленом строительстве необходимо увеличить долю хвойных древесных пород, имеющих высокие эстетические качества и экологическую значимость. Древесные растения в магистральных посадках требуют компенсационной замены [5].

Выводы.

1. По результатам рекогносцировочного обследования было выяснено, что улица Механизаторов является жилой улицей.

2. Данные анализа планировочного решения показывают, что коммуникации на улице размещаются как на поверхности, так и в подземной части: водопровод, газопровод, канализация, кабель связи. Проезжая часть плохо освещена, т.к. не хватает источников освещения.

3. Видовой состав насаждений представлен растениями, относящимися к основному ассортименту.

4. Преобладают боярышник кроваво-красный в виде дерева 2 величины и кустарника.

5. Деревья 1 величины представлены березой повислой, липой мелколистной, вязом гладким.

6. Из хвойных видов произрастает только ель колючая в количестве 5 шт.;

7. Цветочное оформление отсутствует.

8. Газон испытывает серьезную рекреационную нагрузку и находится в неудовлетворительном состоянии.

9. Состояние асфальтобетонного покрытия на тротуарах оценивается как «плохое».

Рекомендации.

1. Количество растений, рекомендованных к сохранению – 288 шт., количество растений, рекомендованных к сносу – 159 шт., количество растений нуждающихся в пересадке – 119 шт., выкорчевка пней – 22 шт.

2. Провести санитарную, омолаживающую и формовочную обрезку древесно-кустарниковых насаждений.

3. Произвести капитальный ремонт газона – прежде всего коренное улучшение, т.е. перезакладка, создание нового газонного травостоя на всей территории объекта проектирования.

4. Проведение мероприятий по организации цветников.

5. Ремонт и местами полная замена асфальтобетонного дорожного покрытия на тротуарах.

Список литературы

1. Теодоронский В.С., Боговая И.О. Объекты ландшафтной архитектуры: учебное пособие для студентов спец. 260500. – М.: МГУЛ, 2003. – 330 с.

2. Тулаев А.Я. Эксплуатация городских улиц и дорог: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1979. – 286 с.

3. Теодоронский В.С. Озеленение населенных мест (принципы ландшафтной организации урбанизированных территорий): обзорн. информ. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. – 40 с.

4. Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Парахин Н.В. Газоноведение и озеленение населенных территорий. – М.: КолосС, 2002. – 264 с.

5. Большова О.Г., Бухарина И.Л. Состояние и пути оптимизации озеленения малых городов Липецкой области // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – №2. – С. 79-84.

LANDSCAPE ARCHITECTURE ANALYSIS MEKHAIZATOROV STREET IN THE VILLAGE SOVETSKY

Voroshilova Maria Sergeevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

It is proposed landscape-architectural analysis Mekhanizatorov street in the village Sovetsky. To do this, all the information gathered and obtained all the necessary data.

Keywords: *profile of the street, the analysis of the planning decision areas, analysis of the state space, the analysis of Flower, the analysis of the state of lawns, analysis of the road - tropinochnyh coatings.*

УДК 631.851+631.46

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Гордеева Татьяна Харитоновна¹, Новоселов Сергей Иванович²

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола

²ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет»,
Россия, Йошкар-Ола
GordeevaTH@volgatech.net

Установлено, что в условиях дерново-подзолистой почвы юга Таежно-лесной зоны возделывание озимой ржи по сидеральному пару и чистому пару с укосным использованием сидерата приводит к активизации почвенной микрофлоры и усилению микробиологической активности.

Ключевые слова: паровые предшественники; дерново-подзолистая почва; микрофлора; интенсивность микробиологических процессов; эколого-трофическая структура микробиоценозов.

Введение. Важнейшим фактором, поддерживающим почву в экологически благоприятном состоянии, является органическое вещество. Это главный энергетический ресурс почвы, благоприятствующий жизни растений и почвенных микроорганизмов.

От количества и качества поступающего в почву органического вещества зависит интенсивность протекающих в ней биологических процессов. Около 80-90% органического вещества минерализуется до конечных продуктов; и лишь 10-20% используется на образование гумуса [1]. В почве одновременно и постоянно идут процессы разложения органического вещества до простых веществ и синтеза из них сложных высокомолекулярных гумусовых соединений. Эти процессы связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов.

Использование сидератов и нетоварных частей урожая зерновых культур для получения удобрений позволяет компенсировать часть традиционных органических удобрений. При этом используется средовосстанавливающая способность культур за счет возврата органических веществ в почву с корневыми и пожнивными остатками, а возврат во многом осуществляется путем имитации взаимодействия между почвенной средой и агрофитоценозом, сходного с идентичными процессами в естественных условиях. Использование зеленых удобрений является одним из важнейших элементов биологического земледелия, определяющего плодородие почвы и экологическую ситуацию в агроэкосистемах.

Зеленое удобрение – это заделка в почву неотмерших зеленых, сочных, частично одревесневших растений, богатых сахарами, крахмалом, белком и азотом, а также корней растений, еще функционирующих ко времени обработки почвы, с присущим только им составом элементов питания, ферментов и микроорганизмов почвы, участвующих в их разложении [2].

Органическое вещество зеленого удобрения можно рассматривать как создаваемый в почве резерв всех необходимых растениям питательных веществ, который пе-

переходит в усвояемую форму не сразу, а постепенно, в течение вегетационного периода, обеспечивая непрерывный рост и развитие растений. Экологические функции зеленого удобрения проявляются в мобилизации элементов питания, таких, как фосфор, калий, кальций, магний, марганец и др., из более глубоких генетических горизонтов почвы, а также труднодоступных соединений и вовлечение их в круговорот веществ.

Восстановление нормального цикла круговорота органического вещества и азота в почве – важнейшая роль зеленых удобрений. Повышение ресурса дополнительных форм азота не только создает более благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных растений, но и уменьшает загрязнение почвы и растениеводческой продукции нитратами и другими вредными веществами, поступающими с минеральными удобрениями [3].

Цель работы: оценка влияния различных паровых предшественников на жизнедеятельность микрофлоры дерново-подзолистой почвы и активность вызываемых ею почвенно-микробиологических процессов.

Решаемые задачи: 1) изучить влияние различных паровых предшественников на численность основных физиологических групп почвенной микрофлоры посевов озимой ржи; 2) выявить изменения эколого-трофической структуры микробоценозов дерново-подзолистой почвы паровых полей.

Методика исследований. Исследование проводили на опытном поле Марийского государственного университета в полевом стационарном опыте, заложенном методом расщепленных делянок.

Варианты опыта: 1) чистый пар, 2) чистый пар + укосный сидерат, 3) занятый пар, 4) сидеральный пар. В занятом и сидеральном пару возделывали вико-овсяную смесь. Озимая рожь сорта Чулпан, семена первого класса. Общая площадь делянки – 90 м²; учетная – 50 м².

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая малогумусная, на опесчаненном бескарбонатном покровном среднем суглинке, с нейтральной реакцией почвенного раствора, низкой обеспеченностью гумусом, высоким содержанием доступного фосфора и повышенным – обменного калия.

Образцы почвы для микробиологического анализа отбирали из слоя почвы 0-20 см. методом Красильникова. Для учета таксономических и эколого-физиологических групп микроорганизмов использовали стандартные питательные среды. Микроорганизмы, использующие органические источники азота, учитывали на мясопептонном агаре (МПА), актиномицеты и бактерии, усваивающие минеральные формы азота, определяли на крахмалоаммиачном агаре (КАА), микромицеты – на подкисленной среде Чапека, олиготрофные формы – на почвенном агаре (ПА), целлюлозоразрушающие бактерии – на среде Гетчинсона с целлюлозным порошком, нитрифицирующие бактерии – на агаризованной среде Скермана, азотфиксирующие – на среде Эшби, методом обрастания комочков почвы [4].

Интенсивность микробиологических процессов минерализации органического вещества оценивали по индексам олиготрофности (олиготрофы/аммонификаторы), минерализации (иммобилизаторы / аммонификаторы), микробиологической трансформации растительных остатков (аммонификаторы + иммобилизаторы) * аммонификаторы / иммобилизаторы, и показателю общей биогенности почвы (бактерии / грибы) [5]. Измерение всех параметров проводили в 5-кратной повторности.

Результаты исследований. Результаты микробиологического анализа показали, что изучаемые виды паров оказывают неодинаковое влияние на микрофлору почвы в посевах озимой ржи.

Почва чистого пара отличается наименьшей численностью изучаемых групп микроорганизмов, что обусловлено, вероятно, отсутствием поступления свежего органического вещества. Сидеральный пар и укосное использование сидерата по чистому пару усиливают развитие аммонифицирующей микрофлоры, особенно бактерий. Количество аммонифицирующих бактерий в почве сидерального пара возрастает в 3,3 раза по сравнению с чистым паром и в 1,7 по сравнению с почвой занятого пара (табл. 1).

Численность микроорганизмов мобилизующих минеральные источники азота соответствует изменениям аммонификаторов. Их максимальное развитие наблюдается в почве с использованием полного и укосного сидерата.

Таблица 1

**Влияние паровых предшественников на численность микрофлоры
дерново-подзолистой почвы в посевах озимой ржи (в среднем за вегетацию)**

Микроорганизмы	Вид пара (предшественник)			
	чистый пар	чистый пар + укосный сидерат	занятый пар	сидеральный пар
Использующие органические формы азота, млн. кл/г абс. сух. почвы	2,36	5,5	4,2	7,8
Использующие минеральные формы азота, млн. кл/г абс. сух. почвы	2,4	8,9	5,3	14,07
Олиготрофные, млн. кл/г абс. сух. почвы	1,18	1,71	1,75	1,68
Нитрифицирующие, тыс. кл/г абс. сух. почвы	27,1	41,5	28,1	36,8
Целлюлозоразрушающие, тыс. кл/г абс. сух. почвы	4,7	8,8	5,3	7,6
Актиномицеты, млн. кл/г абс. сух. почвы	2,2	4,1	2,2	6,3
Микромицеты, тыс. КОЕ/г абс. сух. почвы	16,3	25,7	53,8	37,0
Азотобактер, %	36,0	52,0	36,0	56,0

Об усилении минерализационных процессов в почве сидерального пара и укосного использования сидерата по чистым парам свидетельствует и увеличение коэффициента минерализации, представляющего собой соотношение групп микроорганизмов, использующих минеральные формы азота и усваивающие его органические формы, и отражающего уровень интенсивности мобилизационных процессов в почве. Это подтверждается и высоким коэффициентом трансформации пожнивных остатков в почве соответствующих вариантов.

Почвенная микрофлора принимает участие в формировании и регулировании практически всех агрономически ценных свойств почвы. К наиболее важным биологическим процессам следует отнести микробную трансформацию свежего органического вещества, обуславливающую уровень запасов гумуса в почве.

Расчет показателей эколого-трофической структуры [5] показал, что наибольшее значение условного коэффициента гумификации и микробной трансформации растительных остатков в органическое вещество почвы отмечаются в почве сидерального пара (табл. 2).

Накопление нитратного азота в почве зависит от интенсивности процессов нитрификации. Сидерация способствует возрастанию интенсивности нитрификации. Наибольшая численность нитрификаторов отмечается в почве сидерального пара, несколько меньше в почве укосного использования сидерата по чистому пару.

Таблица 2

**Коэффициенты эколого-трофической структуры микробоценозов
дерново-подзолистой почвы посевов озимой ржи**

Предшественник	Коэффициент				
	минерализации	условный коэфф. гумификации	микроб. трансф. раст. остатков	олиготрофности	биогенности почвы
Чистый пар	1,02	2,0	4,68	0,50	144,78
Чистый пар + укосный сидерат	1,62	3,2	8,90	0,31	214,01
Занятый пар	1,26	2,4	7,53	0,42	78,07
Сидеральный пар	1,80	4,6	12,12	0.22	210.81

Характер изменения численности актиномицетов связан с их непосредственным участием в разложении клетчатки. Численность актиномицетов увеличивается при использовании полного и укосного сидерата, что свидетельствует о стимуляции процессов разложения труднодоступных органических веществ и прежде всего клетчатки корневых и пожнивных остатков.

Связаны с растительными остатками целлюлозоразрушающие бактерии и микроскопические грибы. Наименьшая численность микромицетов отмечается в почве чистого пара. Сидерация уменьшает количество микроскопических грибов, что является положительным моментом, так как снижает фитопатогенный потенциал почвы.

Целлюлоза, наиболее распространенное в природе органическое соединение, которую разлагают аэробные и анаэробные микроорганизмы. Одним из компонентов синтеза гуминовых кислот являются продукты разложения клеточных стенок растений целлюлозоразрушающими микроорганизмами. Интенсивность разложения целлюлозы, помимо содержания в почве N, F и других питательных элементов, определяется также наличием пищевого субстрата – пожнивных, уборочных и корневых остатков. Среди изучаемых вариантов преимущество по этому показателю имеет сидеральный пар. Лучшие условия для жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов создаются в почве сидерального пара и укосного использования сидерата по чистому пару.

Менее интенсивно идет разложение целлюлозы по занятому пару, что очевидно связано с преобладанием в почве таких целлюлозоразрушающих микроорганизмов, как микроскопические грибы, численность которых была наибольшей по занятому пару. В почве чистого пара численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов минимальна.

Таким образом, более благоприятные условия для разложения целлюлозы складываются при возделывании озимой ржи по сидеральному пару.

Автохтонная микрофлора, выделяемая на нитритном агаре, была немногочисленной, за исключением почвы чистого пара, что свидетельствует о достаточности питательных веществ для почвенной микрофлоры.

Сидерация способствует улучшению физико-химических свойств почвы, ее аэрации, о чем свидетельствует увеличение частоты встречаемости азотобактера в почве сидерального пара и укосного использования сидерата по чистому пару.

Вывод. Возделывание озимой ржи на дерново-подзолистой почве юга таежно-лесной зоны по сидеральному пару и чистому пару с укосным использованием сидерата приводит к активизации почвенно-микробиологических процессов, в том числе процессов минерализации органического вещества, и является важным приемом воспроизводства прежде всего эффективного плодородия.

Список литературы

1. Биологические основы плодородия почвы / под ред. О. А. Берестецкого. – М.: Колос, 1984. – 287 с.
2. Кант Г. Зеленое удобрение. – М.: Колос, 1982. – 128 с.
3. Гордеева Т. Х, Малюта О. В, Гаврицкова Н. Н. Микробиологическая индикация почвенно-экологических условий при использовании нетрадиционных мелиорантов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 1. – С. 81-92.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
5. Муха В. Л. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Труды ХарСХИ. – 1980. – Т. 273. – С. 13–16.

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES ON INTENSITY PRECURSORS IN SOD-PODZOLIC SOILS

Gordeeva Tatiana Haritonovna¹, Novoselov Sergey Ivanovich²

¹Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

²Mari State University, Russia, Yoshkar-Ola
tatiana.k.gordeeva@gmail.com

It is established that in a sod-podzolic soil southern taiga forest zone cultivation of winter rye on a pair of green manure and clean with a couple of mowing

Keywords: fallow precursors; sod-podzolic soil; microflora; the intensity of microbiological processes; ecological trophic structure microbocenoses.

УДК 630*24:630*232:582.475

МОНИТОРИНГ РОСТА И СОСТОЯНИЯ КУЛЬТУР СОСНЫ ПОСЛЕ РУБОК УХОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ КАТКА – ОСВЕТИТЕЛЯ КОК-2,0 НА ГАРЯХ 1972 ГОДА В МАРИЙСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ

Калинин Константин Константинович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KalininKK@volgatech.net

Рассматриваются результаты 23-летних опытно-производственных работ по проведению рубок ухода в загущенных культурах сосны на гарях 1972 года с применением катка – осветлителя КОК-2,0. Показано, что наибольший лесоводственный эффект по интенсивности прироста по диаметру получен при линейно-селективном изреживании с удалением каждого второго ряда культур сосны.

Ключевые слова: культуры сосны; рубки ухода; каток-осветлитель КОК-2,0

Введение. В Марийском Заволжье систематически возникали крупные лесные пожары. Особенно памятны катастрофические лесные пожары 1921 и 1972 годов. В 1921 году пожары охватили площадь около 270 тыс. гектар леса [1], в 1972 году – 180 тыс. га [2]. В это время на больших площадях в условиях А₁-А₂ были созданы культуры сосны, при чем во избежание заселения их майским хрущом они создавались с загущенной густотой (с междурядиями 1,5 м и менее и густотой 10...14 тыс.шт.на 1 га). Изучением состояния и роста таких культур в разное время занимались сотрудники ТатЛОС и ПГТУ [3-5].

В данных культурах очень замедлен процесс естественного изреживания. Так в 14-летнем возрасте культур сохранность их составляла на многих участках 88...99% с количеством деревьев V класса роста по Крафту более 20%. Загущенность древостоев сказалась на снижении интенсивности роста культур и на характере распределения деревьев по толщине и высоте, которое стало резко ассиметричным со смещением максимума влево в сторону низких значений. В тоже время в культурах было вполне достаточно деревьев I-II классов роста для формирования высокопродуктивных древостоев. Все это предопределяло необходимость проведения в таких культурах рубок ухода.

Цель работы: выявить лесоводственную эффективность проведения рубок ухода с помощью катка-осветлителя КОК-2,0.

Решаемые задачи: 1) выявление количества поврежденных деревьев и отпада сосны; 2) определение роста и интенсивности прироста по диаметру в зависимости от метода рубок ухода и интенсивности изреживания.

Техника эксперимента. В 1987 году в 13-летнем возрасте культур сосны проведены опытные рубки ухода с помощью катка-осветлителя КОК-2,0. Культуры созданы производством в 1975 году по расчищенной от 35...40-летнего сгоревшего древостоя площади. Посадка механизированная СБН-1 с шириной междурядий 1,5...1,6 м. Почва песчаная свежая, тип леса сосняк брусничный. Опыт поставлен в шести вариантах в 2-х кратной повторности и двумя контрольными секциями: удаление каждого второго, третьего и четвертого рядов с селекционной выборкой деревьев в смежных рядах или без нее. Объем выборки составил от 25 до 76% по числу деревьев и от 25 до 66% по сумме площадей сечения. При селекционной выборке удалялись деревья тонкомер-

ные, а также имеющие повреждения и дефекты ствола. Практически полностью были убраны деревья V и на 80...90% IV классов роста.

Густота культур после проведения изреживания составила от 1,8 до 6,0 тыс. шт./га при средней густоте на контрольных секциях 8,3 тыс. шт. на 1 га.

Интерпретация результатов. Вследствие удаления при линейно-селекционном изреживании деревьев V и на 80...90% IV классов роста увеличился диаметр древо-стоя, характер распределения деревьев по ступеням толщины.

В процессе ухода КОК-2.0 наблюдались повреждения деревьев (слом, наклон, вывал с корнем). Общее число поврежденных деревьев достигало 13,7% на отдельных секциях. Оно зависело от ширины междурядия и интенсивности изреживания. Так если при удалении каждого второго ряда число поврежденных деревьев составило в среднем 11,2%, то при удалении каждого четвертого 0,4%. Из числа поврежденных деревьев от 26 до 100% на различных секциях усохло уже в первый год (табл.1).

В последующие годы усыхания не наблюдалось.

Таблица 1

**Количество поврежденных тракторным агрегатом с КОК-2.0
деревьев (%), при проведении рубок ухода**

Варианты изреживания	Всего повреждено по секциям		из них усохло в первый год	
	1	2	1	2
<u>Удаление каждого</u>				
2-го ряда	8,5	13,7	73,3	89,8
3-го ряда	1,1	0,4	100,0	90,0
4-го ряда	0,0	0,7	0,10	92,0

Проведенные повторные учеты на опытном участке в 1989, 1995, 2005, 2010 годах показали, что уход с помощью КОК-2,0 на тех секциях, где не было очагов корневой губки, даже при сильной интенсивности рубки не привел к расстройству насаждения.

Отпад за 23-летний период (табл. 2) составил по числу деревьев 9,2...33,7%, а по сумме площадей сечений 0,6...5,8%, то есть отпад произошел в основном за счет тонкомерных деревьев. Значительная часть отпада произошла от повреждения сосен трактором. Отпад на контроле за эти годы составил соответственно 33,8% по числу деревьев и 6,4% по площади сечения. Таким образом, за вычетом усохших деревьев от повреждения трактором, отпад на участке рубок ухода не превысил естественный отпад на контроле.

Таблица 2

**Отпад сосны за 1989- 2010гг. (%) в зависимости от метода ухода
и интенсивности изреживания**

Варианты изреживания	Отпад, всего		в том числе по числу деревьев		
	по числу деревьев	по площади сечения	повреждение трактором	Корневая губка	Прочие причин
Контроль	33,8	6,4	0	0	33,8
<u>Линейный метод</u>					
<u>Удаление каждого</u>					
2-го ряда	16,8	5,8	9,2	6,3	1,3
3-го ряда	21,5	4,4	1,1	5,0	15,4
4-го ряда	33,7	0,6	0,3	0	33,4
<u>Линейно- селекционный метод</u>					
<u>Удаление каждого</u>					
2-го ряда	9,2	3,4	1,5	0	7,7
3-го ряда	29,4	2,3	1,3	5,7	22,4
4-го ряда	12,8	2,1	1,2	0	11,6

Представляет интерес реакция деревьев на изреживание древостоев различной интенсивности (табл. 3). Дисперсионный анализ показал отсутствие достоверных различий с контролем в размерах деревьев при линейном методе изреживания за все годы наблюдений. Не наблюдалось достоверных различий в размерах деревьев и между вариантами изреживаний.

При линейно-селекционном методе достоверные различия в размерах деревьев по сравнению с контролем наблюдались при учете в 1989, 1995 и 2005 годах, то есть на 8 и 13 годах после изреживания. На 3 и 23 годах такие различия отсутствовали. Не было достоверных различий за все годы наблюдений в размерах деревьев между вариантами изреживаний (табл. 3).

Таблица 3

Показатели роста по диаметру в зависимости от метода рубок ухода

Варианты изреживания	Линейный метод		Линейно-селекционный метод	
	диаметр, см	отклонение от контроля, см	диаметр, см	отклонение от контроля, см
По учету 1989 г.				
Контроль	4.31± 0.17	-	4.31± 0.17	-
Удаление каждого				
2-гого ряда	4.14± 0.13	- 0.17	5.55± 0.16	+ 1.24
3-гого ряда	4.38± 0.12	+0.07	5.67± 0.17	+ 1.36
4-гого ряда	4.57± 0.13	+ 0.26	6.14± 0.17	+ 1.49
F _{0.05} 9.28		HCP _{0.05} 1.04	F _{0.05} 9.28	HCP _{0.05} 1.50
Fфакт. 0.59			Fфакт. 5.33	
Доля влиян. факт.	0.32		0.82	
По учету 1995 г.				
Контроль	6,03± 0.24	-	6,03± 0.24	-
Удаление каждого				
2-гого ряда	6,52± 0.20	+ 0.49	9,16± 0.24	+ 3,13
3-гого ряда	6,68± 0.18	+0.65	8,41± 0.0,25	+ 2,28
4-гого ряда	6,49± 0.17	+ 0.46	8,83± 0.22	+ 2,80
F _{0.05} 9.28		HCP _{0.05} 1,50	F _{0.05} 9.28	HCP _{0.05} 1,72
Fфакт. 5,53			Fфакт. 13,76	
Доля влиян. факт.	0.83		0.82	
По учету 2005 года				
Контроль	7,44± 0.24	-	7,44± 0.24	-
Удаление каждого				
2-гого ряда	7,55± 0.20	+ 0,11	11,74± 0,34	+4,30
3-гого ряда	8,25± 0.18	+0,79	10,81± 0,25	+3,37
4-гого ряда	8,07± 0.17	+ 0.63	10,19± 0.22	+2,73
F _{0.05} 9.28 HCP _{0.05} 2,55			F _{0.05} 9.28 HCP _{0.05} 2,29.	
Fфакт. 5,53 Доля влиян. факт. 0.71			Fфакт. 11,56 0.93	
По учету 2010 года				
Контроль	8,77± 0.17	-	8,77± 0,29	
Удаление каждого				
2-гого ряда	8,47± 0.13	+ 0,30	13,09± 0,41	+4,32
3-гого ряда	9,21± 0.29	+0,44	12,85± 0,40	+4,08
4-гого ряда	9,10± 0.30	+ 0.42	12,10± 0,33	+3,33
F _{0.05} 9,38 HCP _{0.05} 1,8			F _{0.05} 9.28 HCP _{0.05} 5,01.	
Fфакт. 1,26 Доля влиян. факт. 0.71			Fфакт. 2,1 Доля влиян. факт 0.93	

В связи с тем, что толщина деревьев при различных вариантах ухода сразу после их проведения не была одинаковой, нами для более объективной оценки проведено сравнение интенсивности приростов с контролем (в %). Разница в интенсивности прироста по диаметру за исследуемый промежуток времени по сравнению с контролем и характеризовала реакцию древостоя на изреживание (табл. 4).

Таблица 4

Показатели роста по диаметру и интенсивности прироста в зависимости от метода рубок и ухода и интенсивности изреживания

Варианты изреживания	Диаметр, см		Интенсивность прироста, %		Разница интенсивности прироста	
	1989 год	2010 год	по диаметру	по сумме площадей сечения	по диаметру	по сумме площадей сечения
Линейный метод						
Контроль	4,31	8,77	103,5	313,3	-	-
Удаление каждого						
2-го ряда	4,14	8,47	104,6	317,0	1,1	3,3
3-го ряда	4,38	9,21	101,1	340,0	-2,4	26,3
4-го ряда	4,57	9,10	99,3	304,3	-4,2	-9,4
$F_{0,05}$	9,28	9,28	9,28	9,28		
Fф	0,59	1,26	0,12	0,13		
Доля влиян. факт.	0,32	0,71	0,39	0,32		
$НСР_{0,05}$	1,04	1,8	72,04	313,7		
Линейно-селекционный метод						
Контроль	4,31	8,77	103,5	313,7	-	
Удаление каждого						
2-го ряда	5,55	13,09	135,9	455,8	32,4	142,1
3-го ряда	5,67	12,85	129,1	425,4	25,6	112,1
4-го ряда	6,14	12,10	113,6	355,1	9,9	41,4
$F_{0,05}$	9,28	9,28	9,28	9,28		
Fф	5,53	2,1	0,08	0,08		
Доля влияни. факт.	0,82	0,93	0,92	0,89		
$НСР_{0,05}$	1,50	5,01	96,7	379,4		.

Выяснилось, что существенное различие с контролем по интенсивности прироста не наблюдается при всех вариантах изреживания. В то же время следует отметить, что меньше всего различия между $НСР_{0,05}$ и интенсивностью прироста по сумме площадей сечения наблюдаются при удалении каждого второго ряда культур (табл. 4).

Выводы.

1. Проведенные рубки ухода в 23-летних культурах сосны с помощью КОК-2,0 с удалением каждого 2-го, 3-го и 4-го рядов культур не привели через 23 года к расстройству насаждений даже при очень сильной интенсивности изреживания (76% по числу деревьев). Отпад за вычетом усохших деревьев от повреждения трактором не превысил естественный отпад на контроле. Междурядия с удаленными рядами культур к этому времени сомкнулись, а придавленные сосновые деревца превратились в труху.

2. Хотя наибольшая лесоводственная эффективность за 23-и летний период наблюдений получена при удалении каждого второго ряда культур с селекционным изреживанием в оставшихся рядах, наиболее целесообразно такие рубки вести с удалением каж-

дого четвертого ряда во избежание образования «окон» при групповом отпаде (в фазе приживания или индивидуального роста) деревьев. В дальнейшем для пропорционального развития деревьев потребуются удаление среднего ряда.

Список литературы

1. Кедров Н.И. Очерк лесов Казанского края / Н.И. Кедров. – Казань: Изд-во Средне-Волжской области, 1923. – 122 с.
2. Тресцов Б.И. Опыт борьбы с массовыми лесными пожарами // Сб. по обмену производственным и научным опытом. – Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1974. – С. 5-10.
3. Рекомендации по проведению рубок ухода за густыми культурами сосны в очагах майского хруща / Кузнецов Н.А., Мурзов А.И. – М.: ВНИИЛМ, 1981. – 13 с.
4. Калинин К.К. Особенности искусственного лесовосстановления в сосновых насаждениях на крупных гарях Среднего Заволжья // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – №1. – 2009. – С. 19-32.
5. Калинин К.К., Демаков Ю.П. Лесоводственная и экологическая оценка рубок ухода в культурах сосны на гарях 1972 года с применением КОК-2,0 // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава МарГТУ, посвященного дню университета и 65- летию вуза. Ч.1. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – С.76-78.

**MONITORING OF PINESTANDS GROWTH AND CONDITION
AFTER INTERMEDIATE FELLING WITH THE USE OF KOK-2,0 AT
BURNT AREAS OF 1972 IN MARI TRANS- VOLGA REGION**

Kalinin Konstantin Konstantinovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The results of 23- year – long experimental intermediate felling by the roller KOK- 2.0 in dense pine stands are discussed

Keywords: *pine, stands, intermediate felling, KOK-2,0*

УДК 630*181.8:582.632.2

СОСТОЯНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

*Кириллов Сергей Владимирович, Яковлев Александр Степанович,
Краснов Виталий Геннадьевич*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола, KrasnovVG@volgatech.net

Проанализированы показатели роста по высоте и по диаметру, качественное состояние географических культур дуба черешчатого в Республике Марий Эл

Ключевые слова: географические культуры, климатипы, происхождение желудей, лесосеменное районирование.

Введение. Дуб – одна из главнейших лесообразующих пород, имеющий обширный и разнообразный в климатическом и почвенном отношении естественный ареал. Основным средством для изучения изменчивости наследственных свойств лесных пород, в частности дуба, является создание сети географических культур [1].

Цель работы: изучение географических культур дуба из разных регионов, произрастающих в почвенно-климатических условиях Республики Марий Эл.

Решаемые задачи: выявить влияние климатипов на рост по высоте и диаметру в географических культурах.

Методика исследования. Объектом исследования явились географические культуры дуба, созданные в 1976 г. под руководством профессора А.С. Яковлева в 77 квартале Алексеевского лесничества Мушмаринского лесхоза Республики Марий Эл на общей площади 9,0 га (рис. 1).

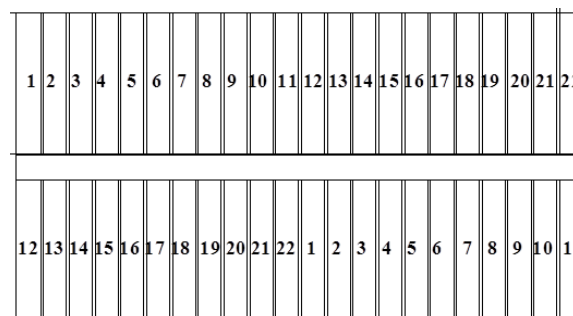


Рис. 1. Схема размещения климатипов дуба на участке географических культур
(кв. 77 выдел 5,7,8 Алексеевского лесничества Мушмаринского МЛХ):

1. Новгородская; 2. Витебская; 3. Могилевская; 4. Гомельская; 5. Белгородская; 6. Сумская;
7. Дагестанская; 8. Белгородская (Алексеевский лесхоз); 9. Курская; 10. Волгоградская; 11. Марийская (Руткинский лесхоз); 12. Марийская (Пригородный лесхоз); 13. Марийская (Козьмодемьянский лесхоз);
14. Тульская; 15. Свердловская; 16. Башкирская; 17. Татарская; 18. Брянская; 19. Оренбургская;
20. Воронежская Д₁; 21. Воронежская Д₂; 22. Марийская (Мушмаринский лесхоз)

Почва супесчано-слоисто-суглинистая на карбонатных породах, тип лесорастительный условий – Д₂, тип леса до рубки - дубняк кленово-липовый.

При создании географических культур дуба черешчатого использовалось размещение лунок по схеме 1,5 x 0,75 м. В каждом блоке было размещено 14 рядов различных климатипов дуба. В каждую лунку высевалось по 3 желудя, с нормой высева 21 кг на блок. Для выделения климатипов были оставлены разрывы шириной 2 м.

При исследовании географических культур была использована методика Незабудкина Г.К [2] с дополнениями кафедр факультета лесного хозяйства и экологии ПГТУ [3].

Анализ данных инвентаризации 1977 года показал, что число 4-х летних дубков на площади, где были посеяны желуди одного происхождения, колеблется в первой повторности от 13 до 1209 шт., а во второй повторности от 69 до 1105 шт., т.е. от 0,8 % до 69,8 % от высеянных [4].

Лучшая сохранность дуба в 2-х повторностях отмечено у климатипов Курского происхождения (68,8 % и 45,0 %), Гомельского (65,1 % и 63,8 %), из Татарстана (50,7 % и 58,4 %), Белгородской области (66,4 % и 45,0 %), из Республики Марий Эл (Руткинский лесхоз 48,9 % и 31,2 %). Наименьшим было число дубков Белгородского происхождения (4,6 %), из Республики Марий Эл Козьмодемьянский лесхоз (2,8 %) и Башкирского (3,2 %) [5].

Анализ показал, что сохранность 4-х летних дубков зависело не только от их происхождения, но и от комплекса факторов, в т.ч. посевных качеств желудей, агротехнических и защитных мероприятий на объекте.

Летом 2012 года были проведены исследования разных климатипов дуба черешчатого, произрастающих в условиях Республики Марий Эл. Полученные данные приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Среднестатистические данные климатипов по диаметру

Наименование климатипа	X _{ср.} см	m _x , %	G, %	V, %	p, %	n, шт.	t Стьюдента	
							расч.	табл.
Новгородская	11,9	±0,59	5,86	49,2	5,0	98	0,17	1,98
Витебская	14,4	0,82	6,51	45,1	5,7	63	2,57*	2,0
Могилевская	13,8	0,50	5,33	38,7	3,7	112	2,56*	1,98
Гомельская	12,0	0,45	4,75	39,5	3,7	112	0,27	1,98
Белгородская	13,5	0,68	5,03	37,4	5,0	55	1,86	2,0
Сумская	11,8	0,70	6,71	56,9	6,0	91	0	1,99
Дагестанская	6,0	0,83	5,37	88,9	13,7	42	5,68*	2,02
Белгородская	9,1	0,43	4,43	48,6	4,7	107	2,69*	1,98
Курская	9,3	0,56	5,54	59,5	6,0	97	3,08*	1,98
Волгоградская	13,7	2,31	7,3	53,3	16,9	10	0,80	2,22
Руткинское	13,3	0,54	6,11	45,8	4,0	127	1,88	1,98
Пригородное	10,5	0,6	5,74	54,7	5,7	91	1,54	1,98
Козьмодем.	9,6	0,84	5,05	52,5	8,7	36	2,13*	2,04
Тула	11,3	0,57	5,89	52,1	5,0	108	0,60	1,98
Башкирская	10,8	0,5	5,25	48,7	4,6	110	1,28	1,98
Свердловская	11,2	0,54	5,72	51,1	4,8	113	0,74	1,98
Татарстан	9,1	0,4	4,15	45,8	4,4	107	3,75*	1,98
Брянская	11,1	0,49	5,04	45,4	4,4	107	0,91	1,98
Оренбургская	10,5	0,57	5,1	48,7	5,4	80	1,58	1,99
Воронежская Д1	13,6	0,63	6,40	47,1	4,7	102	2,07*	1,98
Воронежская Д2	12,9	0,71	5,73	44,3	5,5	66	1,18	2,0
Марий Чодра	11,8	0,6	5,68	48	5,1	90	-	1,98

Таблица 2

Среднестатистические данные климатипов по высоте

Наименование климатипа	Х _{ср.} см	m _x , %	G, %	V, %	p, %	n, шт.	t Стьюдента	
							расчёт.	табл.
Новгородская	6,7	0,2	1,99	29,6	3,0	98	2,50*	1,98
Витебская	8,8	0,4	3,21	36,5	4,6	63	2,76*	2,0
Могилевская	9,0	0,19	2,03	22,5	2,1	112	4,68*	1,98
Гомельская	8,1	0,21	2,17	26,7	2,5	112	1,88	1,98
Белгородская	7,4	0,3	2,21	30,1	4,1	55	0,25	2,0
Сумская	7,1	0,27	2,61	36,7	3,9	91	1,11	1,99
Дагестанская	3,7	0,35	2,24	60,0	9,3	42	9,04*	2,02
Белгородская	7,3	0,2	2,09	28,7	2,8	107	0,63	1,98
Курская	6,4	0,2	1,93	30,1	3,1	97	3,44*	1,98
Волгоградская	6,4	0,79	2,5	39,2	12,4	10	1,34	2,22
Руткинское	7,4	0,16	1,84	24,9	2,2	127	0,33	1,98
Пригородное	6,5	0,23	2,20	33,7	3,5	91	3,03*	1,98
Козьмодем.	6,0	0,29	1,74	28,9	4,8	36	4,05*	2,04
Тула	7,6	0,24	2,5	33,0	3,2	108	0,29	1,98
Башкирская	8,8	0,25	2,61	29,6	2,8	110	3,71*	1,98
Свердловская	8,8	0,26	2,75	31,3	2,9	113	3,61*	1,98
Татарстан	8,1	0,27	2,78	34,4	3,3	107	4,61*	1,98
Брянская	8,0	0,23	2,40	30,0	2,9	107	1,52	1,98
Оренбургская	7,3	0,25	2,26	30,7	3,4	80	0,57	1,99
Воронежская Д1	7,9	0,25	2,56	32,4	3,2	102	1,14	1,98
Воронежская Д2	7,7	0,27	2,22	28,7	3,5	66	0,56	2,0
Марий Чодра	7,5	0,24	2,24	30,1	3,2	90	-	1,98

Примечание: * - различия по t-критерию Стьюдента доказана при 0,05 уровне значимости.

Географические культуры в 36 летнем возрасте достигали 3,7-8,8 м высоты и 6,0-14,4 см диаметра. Показатели роста потомства разного происхождения имеют существенные различия, как по высоте, так и по диаметру, максимальные показатели в несколько раз превосходят минимальные. Сравнения диаметра потомств из разных лесорастительных зон показало, что климатипы из Витебска, Могилевска и Воронежа имеют достоверно высокие показатели по диаметру, а Дагестанские, Белгородские, Курские климатипы существенно отстают по диаметру, по сравнению с местными климатипами.

В актах лесхоза, составленных при закладке посевного материала на хранение водными способами отмечалось, что желуди из лесхозов Марийской Республики до 50% оказались подсушенными, не тонули в воде, Волгоградские после извлечения имели только 54 % жизнеспособных желудей. В год посева желудей на лесокультурной площади наблюдались погромы кабанами (Белгородская область). В некоторые годы уходы за созданными культурами были нерегулярными, поэтому низкую сохранность дубков Марийского и Волгоградского происхождений следует отнести и за счет качества желудей.

В пределах каждой лесорастительной зоны сохранность также не одинаково. В подзоне южной тайги: самая высокая у дубков из Пригородного лесхоза (51,2 %), низкая – из Мушмаринского (2,7 %). Во втором случае, скорее всего, повлияли агротехнические меры, в т.ч. возможные скашивания при уходах.

Зона широколиственных лесов: худшая сохранность у местных дубрав, у остальных происхождений показатели достаточно близкие (39,6 % – 51,2%).

В лесостепной зоне наблюдается большой разброс по сохранности дубков из разных лесхозов: от 0 % (Башкирский предгорный район) до 67,0 % (Оренбургская область).

Сохранность 4-х летних дубков из Башкортостана была очень низкой: в первой повторности 13, а во второй – 98 растений. Через 20 лет остались лишь единичные растения. Незначительны показатели и у дубков Воронежской популяции, из 1226 шт. осталось всего 269 шт. Очевидно, что сохранность потомств существенно зависит от различий в климатических и почвенных условиях местности, где заготовлены желуди и где они посеяны. Чем больше это расстояние, тем меньше растений остается в географических культурах, что подтверждается данными о сохранности дубков из степной зоны.

Сохранность дубков также зависит от микроклиматических условий, о чем можно судить по анализу двух повторностей. Культуры второй повторности расположены ниже по склону, где заморозки сильнее и продолжительнее, чем на возвышенной части участка. Это привело к большей гибели молодых дубков [2].



Рис. 2. Фото климатипа из Татарстана (блок 17, вторая повторность)

Интерпретация результатов. В дубравах особенно часто наблюдаются морозные трещины деревьев. Повреждения этим пороком зависят от лесорастительных условий участка, полноты, структуры насаждений и индивидуальных особенностей деревьев. Степень повреждения возрастает с увеличением диаметра деревьев и снижается с повышением полноты древостоя. Устойчивость к морозным трещинам оценивали по их встречаемости и отношению к длине ствола.

В насаждениях они наблюдались у деревьев всех происхождений, доля морозобойных растений варьирует от 3 до 20 %, лишь у Волгоградского потомства (степная зона) повреждено больше деревьев – 26,7 %. Оренбургские, Сумские, Белгородские (Щебекинский лесхоз) культуры имеют повреждения до 5 %, Брянские, Воронежские, Свердловские, Татарские и Тульские до 10 %. Повреждения дуба из лесхозов республики Марий Эл варьируют от 6,6 % до 20,0 %.

Анализ климатипов по высоте показал, что существенно превосходят по высоте Витебские, Могилевские, Воронежские, Башкирские, Свердловские и Татарские климатипы (рис. 2). Существенно отстают в росте Дагестанские климатипы.

Выводы. Сравнивая показатели роста и диаметра разных климатипов, следует отметить, что не меньшее влияние, чем их географическое происхождение на рост и диаметр оказывают условия роста: микрорельеф, почвенные различия на участке.

Список литературы

1. Яковлев А.С. Дубравы Среднего Поволжья: науч. изд. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 352 с.
2. Незабудкин Г.К. Обследование и исследование лесных и плантационных культур. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1971. – 52 с.
3. Курбанов Э.А., Нуреева Т.В., Воробьев О.Н. и др. Полевщикова. Дистанционный мониторинг динамики нарушений лесного покрова, лесовозобновления и лесовосстановления в Марийском Заволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 3(13). – С.17-23.
4. Яковлев А.С. Сохранность дуба в географических культурах // Лесной журнал. – 2008. – №3. – С. 29-33.
5. Кириллов С.В. Географические культуры дуба в Республике Марий Эл // Лесной журнал. – 2008. – № 4. – С. 20-25.

STATE PROVENANCE OAK IN MARI EL

Kirillov Sergey Vladimirovich, Yakovlev Alexandr Stepanovich, Krasnov Vitaliy Gennadievich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Analyzed the growth in height and diameter, the qualitative state provenance of oak in the Republic of Mari El.

Keywords: *provenance, climatypes, the origin of acorns, seed zoning.*

УДК 712.23:005.52

ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ПАРКОВОЙ ЧАСТИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА ПГТУ

Малинина Екатерина Федоровна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

Предполагается благоустройство парковой части Ботанического сада-института ПГТУ. В связи с этим был проведен предпроектный анализ территории. В его состав входит: обследование дорожно-тропиночной сети, исследование состояния насаждений и анализ живого напочвенного покрова. На основании полученных данных были сделаны основные выводы, для дальнейшего создания проекта.

Ключевые слова: *ботанический сад; насаждения; дорожно-тропиночная сеть; живой напочвенный покров.*

Введение. Значительный рост городов и увеличение численности населения, а вместе с тем уменьшение количества зеленых насаждений приводит к сокращению мест отдыха. Одним из объектов с особо охраняемой территорией является ботанический сад. На ряду с коллекционными экспозициями, в ботаническом саду предусматриваются

парковые насаждения, обычно естественного происхождения. В настоящее время в Ботаническом саду ПГТУ парковая зона не сформирована.

Цель работы: формирование зоны прогулочного отдыха в естественных насаждениях Ботанического сада.

Решаемые задачи: 1) обследование имеющейся дорожно-тропиночной сети (ДТС); 2) исследование состояния насаждений; 3) анализ живого напочвенного покрова (ЖНП).

Методики. Состояние насаждений было исследовано с помощью стандартных методов ландшафтной таксации (метод круговых пробных площадок), состояние ДТС описано по общепринятой методике [1]. Выполнено геоботаническое описание живого напочвенного покрова [2].

Результаты исследования. Ботанический сад выполняет учебную, научную, просветительскую и производственную функции. Объект исследования относится к территории эпизодического пользования, имеет общую площадь 71,176 га [3]. Ботанический сад имеет хорошие подъездные пути, непосредственно у главного входа имеются остановки общественного транспорта.

Общая площадь проектируемой территории 7,2 га, она занимает юго-западную часть Ботанического сада-института ПГТУ (рис.1).

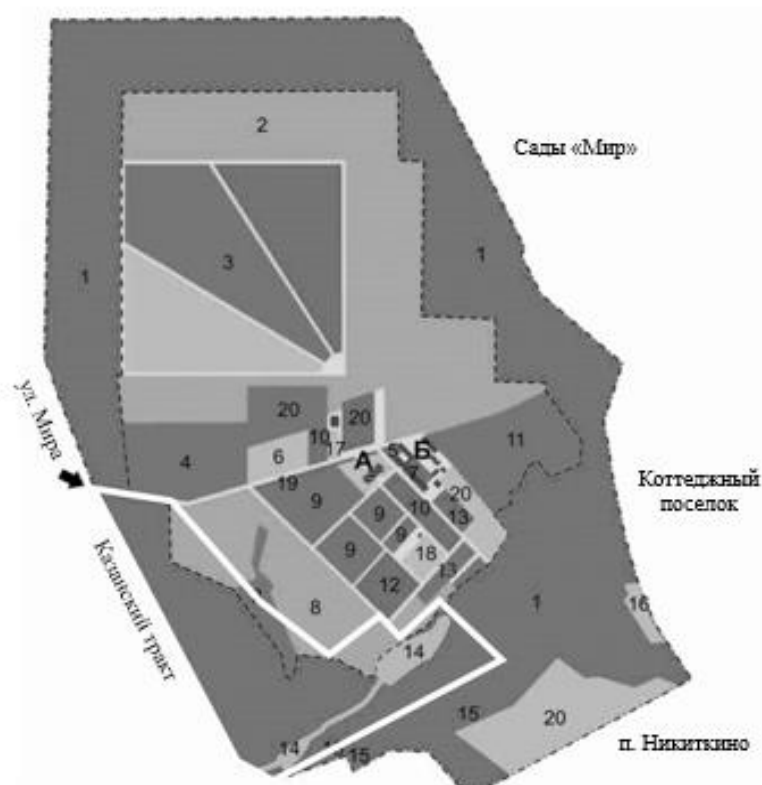


Рис.1. Схема БСИ ПГТУ:

1. Защитная зона; 2. Резервный участок; 3. Дендрарий; 4. Дикоплодовые растения;
5. Розарий; 6. Партер с элементами топиарного искусства; 7. Тропические и субтропические растения;
8. Декоративные формы древесных растений; 9. Фруктециум; 10. Декоративные травянистые растения;
11. Редкие и исчезающие виды, маточные растения; 12. Лекарственные растения;
13. Ландшафтные группы; 14. Пруды; 15. Салицетум; 16. Популетум; 17. Вересковый сад; 18. Плодовый сад;
19. Теневой сад; 20. Вспомогательные территории (закрыты для посещения); А. Административное здание; Б. Цех художественного плетения

Территория с западной стороны ограничена ул. Мира (Казанский тракт), с южной граничит с п. Никиткино, с остальных сторон окружена непосредственно Ботаническим садом-институтом ПГТУ (с восточной стороны – лекарственные растения, вырубка, декоративные формы древесных пород; с северной ограничена дорогой ведущей к административному зданию БСИ ПГТУ, за дорогой расположен дикоплодовый сад). Участок имеет неправильную форму, вытянутую с северо-запада на юго-восток. Территория примыкает к главному входу, что позволит посетителям сразу уйти на прогулочный маршрут.

На территории имеются два небольших пруда, которые расположены у южной границы территории. Весь участок покрыт насаждениями естественного происхождения.

Территория для проектирования представляет из себя часть естественных насаждений, на котором полностью отсутствуют коммуникации, что вызовет трудности в дальнейшем с искусственным поливом и освещением маршрута.

Рельеф на территории можно охарактеризовать как ровный, уклон равен 0,03. Сильный уклон в районе прудов 0,24.

Заданная территория состоит из 8 кварталов Кортинского лесничества. Средняя площадь выдела не больше 0,11 га, а минимальная площадь выдела доходит до 0,002га.

Тропы имеют грунтовое покрытие. Ширина их варьирует от 0,5 до 1,0 м.

По шкале нагрузки на дорожно-тропиночную сеть тропы были разделены на категории в зависимости от степени выбитости. Практически 60% относятся к категории тропа видна, но малопосещаемая, ЖНП не выбит (рис. 2). По шкале оценки проходимости все тропы можно отнести к категории троп средней проходимости, с отдельными труднопроходимыми участками.

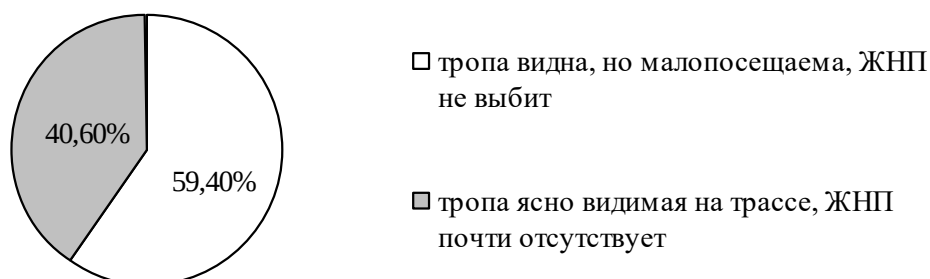


Рис. 2. Анализ дорожно-тропиночной сети по шкале нагрузки

Наиболее трудно поддающийся изменению это рельеф. Следующие по сложности насаждения, которые характеризуются видовым составом, возрастом, санитарным и эстетическим состоянием.

Анализ таксационных данных показал, что большую площадь занимают насаждения с преобладанием дуба.

Почти половина территории относится к свежей и мокрой рамени. В условиях которой формируются продуктивные насаждения II класса бонитета.

Оценка состояния насаждений и живого напочвенного покрова была проведена методом ландшафтной таксации. Были заложены площадки постоянного радиуса. В пределах пробной площади был произведен сплошной пересчет по ярусам леса с распределением деревьев по состоянию жизнеспособности, онтогенетическому состоянию.

По шкале ослабленности больше половины деревьев относится ко 2 категории, основными признаками которой является слабоажурная крона, усыхание отдельных ветвей (не более 25%) и уменьшенный прирост (табл.) [4].

Распределение деревьев по шкале ослабленности

Категория ослабленности	Количество деревьев, %
1-деревья без признаков ослабленности	16,43
2-усыхание отдельных ветвей, уменьшенный прирост	58,00
3-большое количество усохших ветвей, сильно укороченный прирост	6,71
4-отмирающие деревья, слабо заметный или отсутствующий прирост	1,37
5-сухостой текущего года (свежий)	0,26
6-сухостой старый	17,22

Фактически нет мест без подроста и подлеска. Закрытые пространства занимают 6,29 га (87,2%). Все участки со сложной вертикальной структурой, низкой просматриваемостью и проходимостью. По результатам инвентаризации соотношение хвойных и лиственных видов составляет примерно 1:4 (рис. 3) [5].

Среди лиственных деревьев 1 величины по количеству стволов преобладает липа мелколистная, а по сумме площадей сечения примерно в равном соотношении липа мелколистная и дуб черешчатый. Среди хвойных видов как по количеству стволов, так и по запасу преобладает ель европейская. Среди подроста и подлеска по количеству стволов преобладает лещина обыкновенная, а по запасу вяз гладкий и клен остролистный [6].

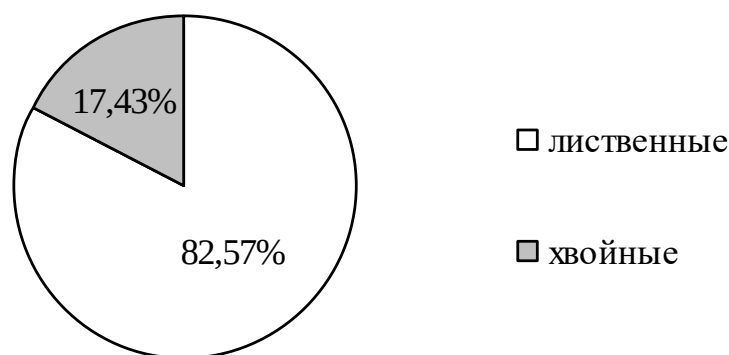


Рис. 3. Соотношение лиственных и хвойных видов

На ряду с анализом древесно-кустарниковой растительности был проведен анализ ЖНП как показателя состояния почвенных условий и в качестве индикатора подбора растений для цветников расположенных вдоль маршрута. Живой напочвенный покров в основном представлен ландышем майским, снытью обыкновенной, крапивой двудомной, копытнем европейским, будрой плющевидной, щитовником мужским.

Все растения ЖНП расположены под густым пологом леса, почвы плодородные, но высокая затененность. Особой конкуренции за питательные вещества и воду не наблюдается. В связи с этим в будущей работе по созданию цветников будут подобраны растения из категории «теневого сада» как цветущие так и декоративно-лиственные.

Выводы:

- площадь проектирования составляет 7,2 га, имеются 2 пруда площадью около 0,5 га. Функция территории, выделенной под проектирование – прогулки и кратковременный отдых;
- рельеф спокойный, уклоны колеблются от 0,005 до 0,03;
- общая площадь существующей ДТС 679,92 м², что составляет менее 1%. В зоне рекреации ботанических садов должно быть 4 % дорожек и площадок [7];
- закрытые пространства занимают площадь 6,29 га (87,2%), открытые – 0,924 га (12,8%);
- наиболее распространенный вид по числу стволов липа мелколистная (70,16 %), по сумме площадей сечений липа мелколистная (41,66%) и дуб черешчатый (40,97%). Из хвойных видов преобладает ель европейская (83,16 %);
- подрост и подлесок представлены кленом остролистным, лещиной обыкновенной, вязом гладким и бересклетом бородавчатым;
- ЖНП характеризуется высоким проективным покрытием и представлен теневыносливыми и тенелюбивыми видами, в основном мегатрофами.

Рекомендации:

- 1) назначить санитарные рубки (до 17 % по числу стволов) и мероприятия по естественному омоложению насаждений;
- 2) разработать проекты «окон» и «карманов» для создания древесно-кустарниковых групп и цветочных композиций («теневого сад»);
- 3) разнообразить видовой состав древесных растений, вводя хвойные (туя, лжетсуга), декоративно-лиственные и красивоцветущие растения (рододендрон, дерен, роза), а также лианы (виноград девичий, древогубец) [8];
- 4) разработать план благоустройства территории: ДТС, площадки для отдыха, малые архитектурные формы.

Список литературы

1. Артемьев О.С. Проектирование дорожно-тропиночной сети в рекреационных лесах. – Лесное хозяйство, 2003. – №2. – 29 с.
2. Гордеева Т.Х. Биология. Разнообразие живых организмов в природных сообществах: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – С. 73-78.
3. Котова Л.И., Лазарева С.М., Сухарева Л.В. Коллекционные фонды Ботанического сада-института Марийского государственного технического университета. – Изд.2-ое, доп., испр. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – С. 3-10.
4. Демаков Ю.П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 24 с.
5. Демаков Ю.П., Медведкова Е.А. Структура и динамика естественных лесных биогеоценозов Ботанического сада МарГТУ // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – №1. – С. 16-28.
6. Пчелин. В.И. Дендрология: учебник. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – С. 276-279, 342-347, 395-400.
7. Сокольская О.Б., Теодоронский В.С., Вергунов А.П. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2007. – 82-94 с.
8. Хессайон Д.Г. Все о декоративных деревьях и кустарниках. – М.: Кладезь-Букс, 2012. – С. 18, 47, 75, 79.

FEASIBILITY STUDY OF THE TERRITORY OF THE PARK BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE VSUT

Malinina Ekaterina Fedorovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Supposed to park beautification of the Botanical Garden-Institute VSUT. In connection with this feasibility study was conducted site. It includes: inspection of road and path network, the study and analysis of the state space of the living ground cover. Based on these data have been made the main conclusions for the further establishment of the project.

Keywords: botanical garden; plantations; road and path network; living ground cover.

УДК 711.558:005.52

ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ШКОЛЫ №17 Г.ЙОШКАР-ОЛА

Новикова Мария Владимировна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

Неотъемлемой частью в создании любого проекта является первичный сбор данных, а именно ландшафтно-архитектурный анализ территории. В дальнейшем на основании полученных данных будет составлен проект озеленения и благоустройства территории школы с учетом как положительных, так и отрицательных сторон данного объекта.

Ключевые слова: школа, дорожно-тропиночная сеть; древесно-кустарниковая растительность.

Введение: школа, в первую очередь, формирует сознание учащихся, на происходящие в мире вещи, по средствам знаний. Главную роль в создании положительного эмоционального поля учащихся и работников школы несет за собой территория школы, а именно ее внешний облик. Данная школа одна из старейших школ города в связи с быстрым темпом роста города, изменением облика территории, администрацией школы была предложена тема дипломного проекта. Так же с точки зрения расположения объекта и ландшафтных особенностей, а в частности рельефа, территория является интересной для проектирования

Цель работы: создание проекта озеленения и благоустройства территории школы № 17.

Решаемые задачи: организация благоприятных условий как отдыха, так и учебы школьников и всего рабочего коллектива школы.

Методика исследований. Территория школы находится в пределах жилой застройки, в западной части города. Данная территория принадлежит к категории земель специального назначения, ограниченного доступа.

Начальная школа № 17 была открыта в августе 1960 г. В сентябре 1981 г. начало функционировать современное здание, и школа получила статус средней общеобразовательной школы.

Территория школы находится в самом центре жилой застройки, из-за этого по данной территории проходит несколько транзитных маршрутов. В дни обильных дождей или обильного таяния снега пройти по основным дорогам, не прилегающих к территории школы, невозможно. Поэтому, путь жителей близлежащего района, лежит через дорожно-тропиночную сеть территории школы, в основном расположенную по периметру здания школы.

Интерпретация результатов.

1. Стиль планировочного решения территории-регулярный. По средствам дорожно-тропиночных сетей, территория имеет ярко выраженное разделение на несколько функциональных зон: парадная зона, зона активного отдыха (спорт площадки), хозяйственная зона. Парадная зона расположена как перед входом в школу, так и за ней. В состав парадной зоны входит площадка, предназначенная для школьных линеек и торжественных мероприятий. Хозяйственная зона располагается вдали от главного входа, ее расположение и озеленение соответствует нормам. На территории не хватает площадок как для развития, так и для отдыха учащихся.

2. С целью получения анализа состояния насаждений была проведена инвентаризация древесно-кустарниковых растений.

Инвентаризация зелёных насаждений – это составление списка всех имеющихся на участке деревьев, кустов, декоративных растений и пр., их классификация и общий экологический анализ [4].

Инвентаризация зелёных насаждений проводится в целях использования данных учёта для составления статистической отчётности, развития зелёного хозяйства, планирования нового строительства, восстановления, реконструкции и эксплуатации ландшафтно-архитектурных объектов.

В соответствии с указанными целями инвентаризация зелёных насаждений заключается в следующем: определение общей площади, занимаемой зелёными насаждениями; установление количества деревьев и кустарников с определением типа насаждения, породы, возраста растений, диаметра ствола на высоте 1,3 м (для деревьев); состояния. Инвентаризации подлежат все (за исключением расположенных на землях не находящихся в ведении муниципального образования) зелёные насаждения общего пользования (парки, скверы, бульвары, уличные насаждения и т.п.).

Инвентаризация насаждений начинается со сбора экологических сведений об участке и нумерации деревьев. При проведении инвентаризации снимаются все метрические показатели, отмечаются структурные дефекты, следы деятельности человека, лесопатологическое и санитарное состояние, рекомендуемые работы (удаление, обрезка, лечение, защита, аэрация почвы) - всё для каждого дерева.

При инвентаризации использовался способ сплошного пересчета. Каждое растение нумеровалось и наносилось на схему анализируемого участка. Привязка растений в натуре производилась к дорожкам с твердым покрытием. Привязка осуществлялась с помощью рулетки [5].

На анализируемой территории произрастает 118 древесных растений. Хвойные виды составляют 2% (7 шт.) от общего числа насаждений. Лиственные виды – 98 % (111 шт.) (рис. 2). Суммарный расчет количества деревьев составляет 78 шт. – 92,04%, кустарников – 40 шт. – 7,96% (рис. 1). В целом, эффективность насаждений высокая, что связано с возрастом посадок.

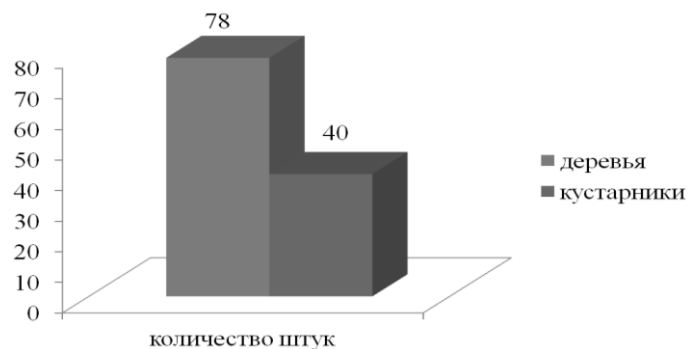


Рис. 1. Анализ количества древесно-кустарниковой растительности

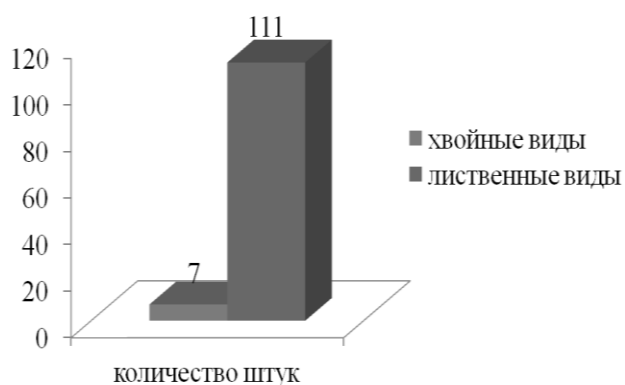


Рис. 2. Анализ состава древесно-кустарниковой растительности

По категории состояния преобладают деревья с 1 баллом оценки, т.е. находящиеся в хорошем состоянии без явных изъянов (рис. 3).

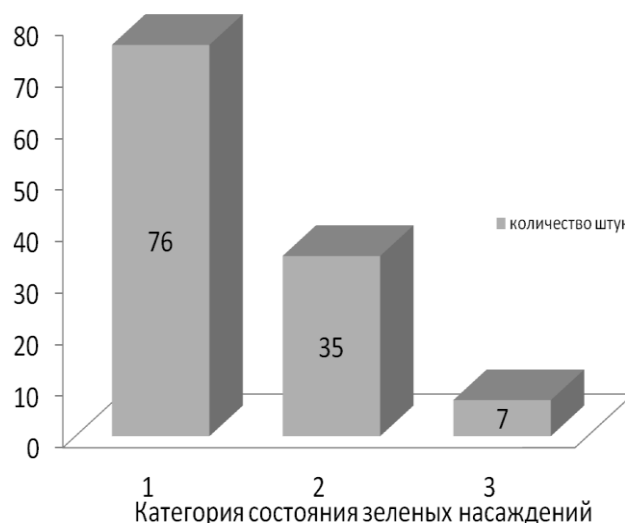


Рис.3. Анализ древесно-кустарниковой растительности по категории состояния

По категории декоративности преобладают деревья с 2 баллом оценки, весьма декоративны (рис. 4) [7].

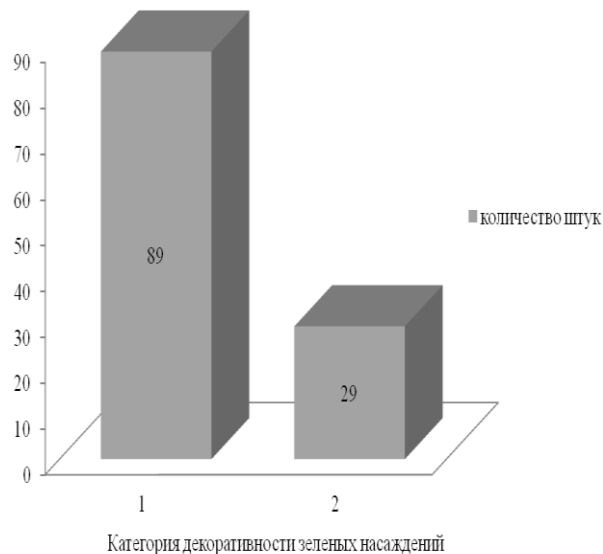


Рис. 4. Анализ древесно-кустарниковой растительности по категории декоративности

На данной территории, преобладающим видом, как среди деревьев, так и среди кустарников в целом, является береза повислая – 79 штук, среди кустарников пузыреплодник калинолистный – 9 штук (рис. 5).

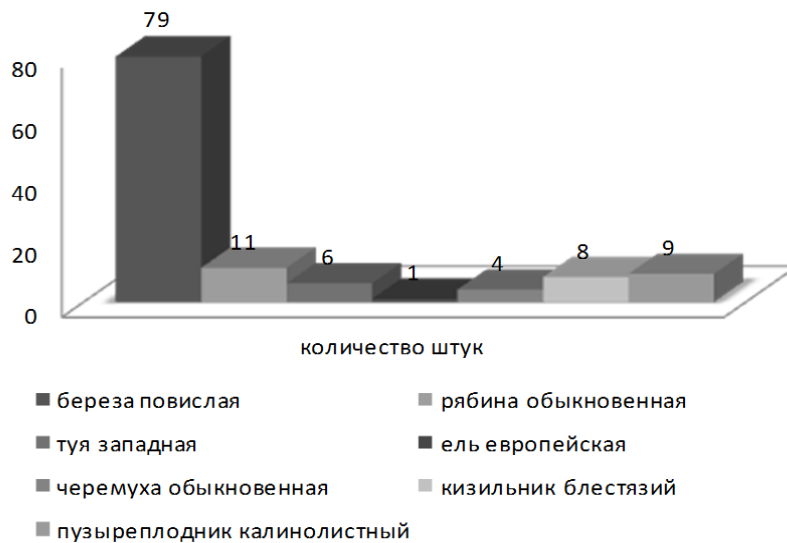


Рис. 5. Анализ древесно-кустарниковой растительности по видовому составу

3. На объекте исследования обыкновенный тип газона. Он имеет плотный травяной покров, это самый распространенный вид газонов. Таким видом газонов покрывают открытые, но менее ответственные участки.

В травосмесь такого газона готовят с обязательной добавкой семян растений стойких к вытаптыванию. Основу травосмеси составляет обычно овсяница красная с менее трудоемким уходом. По нему можно ходить, его поверхность быстро восстанавливается.

Основные требования к данному типу газона – это, прежде всего, устойчивость к механическим повреждениям, долговечность, декоративность, теневыносливость.

В связи с тем, что по периметру территории проходят транзитные пути, часть травянистого покрова повреждена. Так же участки с травяным покровом имеют сорную растительность, представленную в основном клевером, а в начале лета одуванчиком. Состояние газона на данной территории удовлетворительное. Присутствуют участки с сорной растительностью (60%), и участки с редким травяным покровом (40%) С точки зрения эстетики газон имеет неудовлетворительный внешний вид.

4. На данной территории присутствует несколько видов дорожного покрытия. Асфальтобетонное покрытие и улучшенное грунтовое. Асфальтобетонное покрытие расположено на главных дорожках расположенных вдоль здания школы и ведущий к площадке, предназначенной для торжественных мероприятий и линеек.

Улучшенное грунтовое покрытие использовано в местах расположения спортивных площадок. То и другое покрытие требует ремонта в равной степени и находится в удовлетворительном состоянии. Асфальтобетонное покрытие требует восстановления бортовых камней, и замены покрытия на отдельных участках.

Суммарная оценка состояния асфальта- бетонного покрытия 3, улучшенного-грунтового-4.

5. На территории используется оборудование как общего, так и специального назначения.

К оборудованию специального назначения относятся предметы, расположенные на территории спортивных площадок, а именно турники, ворота, кольцо для игры в баскетбол и т.д.

К оборудованию общего назначения в данном случае можно отнести лишь фонари.

Все оборудование находится в удовлетворительном состоянии. Несколько предметов оборудования спортплощадок требуют покраски. Одно из снаряжений повреждено.

На территории так же присутствует забор, несущий за собой больше эстетическую роль, чем охранную.

Выводы и рекомендации.

1) Создание дополнительных площадок как для отдыха, так и для развития учащихся.

2) Снос древесно-кустарниковой растительности неудовлетворительного состояния.

3) Изменение внешнего вида парадной зоны по средствам создания дополнительных акцентов и изменение облика имеющихся насаждений.

4) Подбор подходящих мер ухода за газоном и изменение состава травосмеси на спортивных площадках и часто посещаемых участках.

5) Ремонт дорожно-тропиночного покрытия.

Список литературы

1. Гордеева Т.Х. Биология. Разнообразие живых организмов в природных сообществах: Учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 144 с.
2. Демаков Ю.П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 76 с.

3. Котова Л.И., Лазарева С.М., Сухарева Л.В. Коллекционные фонды Ботанического сада-института Марийского государственного технического университета. – Изд.2-ое, доп., испр. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – 152 с.
4. Пчелин. В.И. Дендрология: учебник. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 520 с.; ил.
5. Сокольская О.Б., Теодоронский В.С., Вергунов А.П. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2007. – 224 с.
6. Хессайон Д.Г. Все о декоративных деревьях и кустарниках. – Москва: Кладезь-Букс, 2012. – 128 с.
7. Соловьева О.С., Соколова Н.А., Бажин О.Н., Гусейнова А.Р. Зеленые насаждения как средство улучшения экологии города// Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2010. – №1. – С. 75-83.

LANDSCAPE-ARCHITECTURAL ANALYSIS OF THE SCHOOL № 17 YOSHKAR-OLA

Novikova Maria Vladimirovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

An integral part in the creation of any project, is the primary data collection, namely landscape-architectural analysis of the territory. In the future, on the basis of the received data will be drawn up the project of landscaping and beautification of the territory of the school with the consideration of both positive and negative sides of the object.

Key words: school, the road network; wood-and-shrubby vegetation.

УДК 712:005.52

ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ДОМА АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКИ ВСЕРОССИЙСКОГО ДЕТСКОГО ЦЕНТРА «ОРЛЁНОК»

Попова Дарья Валерьевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

Ландшафтно-архитектурный анализ (ЛААТ) является первым этапом разработки проекта благоустройства и озеленения территории Дома авиации и космонавтики ВДЦ «Орлёнок». Путем проведения инсоляционного, коммуникационного, инвентаризационного анализов определено существующее состояние ландшафта и выявлены возможности его улучшения для создания полноценного проекта, отвечающего современным требованиям строительства и эксплуатации.

Ключевые слова: дом авиации и космонавтики; ландшафтно-архитектурный анализ; насаждения; инвентаризация.

Введение. Дом авиации и космонавтики (ДАК) является уникальным музеем, расположенным на территории Всероссийского детского центра «Орлёнок». Территория ДАК мало организована для активного использования посетителями лагерей. Акту-

альность выбранной темы дипломного проекта состоит в создании на участке проектирования комфортной среды для отдыха и обучения детей с учетом особенностей существующих древесно-кустарниковых насаждений.

Цель работы: выявление возможностей улучшения и формирования исходного ландшафта для создания полноценного проекта благоустройства и озеленения территории Дома авиации и космонавтики [1].

Решаемые задачи: 1) предварительное ознакомление с природной средой территории проектирования, изучение климатических условий местности, особенностей рельефа и т.д.; 2) определение существующих функциональных зон и точек тяготения посетителей, исследование посещаемости объекта; 3) проведение инсоляционного анализа, исследование состояния дорожно-тропиночной сети (ДТС) и малых архитектурных форм (МАН), а также учет существующих инженерных коммуникаций; 4) инвентаризация древесно-кустарниковой растительности с детальным анализом полученных данных; 5) изучение состояния травяного покрова и цветочного оформления; 6) сделать основные выводы и дать рекомендации по улучшению существующей ситуации.

Методика и результаты исследований. Всероссийский детский центр «Орлёнок» расположен на берегу Чёрного моря в Краснодарском крае, на территории поселка Новомихайловский.

Общая площадь территории Дома авиации и космонавтики – 7,04 га. Форма участка близка к трапециевидной (рис. 1). Территория проектирования ограничена с северной и западной сторон территорией лагерной школы, с южной стороны – территорией лечебного корпуса, с восточной – трассой поселка Новомихайловский.



Рис. 1. Ситуационная схема: 1 – территория проектирования

На территории проектирования можно выделить две функциональные зоны: зона прогулочного отдыха и транзитного движения – 20%; зона естественных лесонасаждений – 80% (рис. 2).

Исследование посещаемости территории показало, что все посетители территории транзитные. Посещаемость наивысшая в вечернее время суток, в дневные часы посетители практически отсутствуют. Преобладают взрослые посетители (58%), дети (42%) перемещаются только отрядами в сопровождении взрослых (рис. 3).

Транзитное движение посетителей направлено в сторону контрольно-пропускного пункта №1, расположенного в юго-восточной части территории, а также к входам в школу на севере и северо-западе участка.



Рис. 2. Схема существующего функционального зонирования: 1 – зона прогулочного отдыха и транзитного движения; 2 – зона естественных лесонасаждений

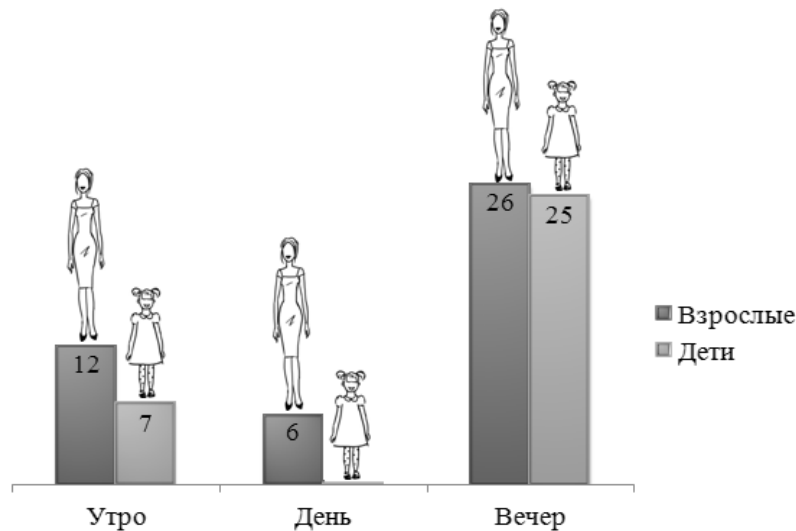


Рис. 3. Посещаемость объекта

Анализ инсоляции показал, что Дом авиации и космонавтики не сильно влияет на распределение солнечной радиации и на 3,52% затеняет окружающую площадь.

Наибольшая площадь затенения в 17 часов (1325 м^2), наименьшая в 12 часов (350 м^2).

По предоставленной геоподоснове был проведен анализ коммуникационных сетей. Выявлено 6 типов коммуникаций – канализация, водопровод, теплосеть, телефонный кабель, линии электропередач, дождевые сливы. Влияние коммуникационных сетей значительное. Общая площадь защитных зон коммуникационных сетей 9809 м^2 , что составляет 14% от общей площади территории. По площади защитной зоны наибольшее влияние оказывает водопровод (2540 м^2), наименьшее – канализация (705 м^2).

На территории Дома авиации и космонавтики имеются открытые, закрытые и полукрытые участки. Большую площадь занимают полукрытые пространства. В процентном соотношении типы пространств разделяются следующим образом:

- закрытых – 5%;
- полукоткрытых – 75%;
- открытых – 20%.

Таблица 1

Баланс площадей инженерных коммуникаций

Общая площадь территории	70400 м ²	100%
Площадь защитных зон для деревьев	9809 м ²	14%
Площадь защитных зон для кустарников	380 м ²	0,5%

Оценка существующих зелёных насаждений проводилась двумя методами: подеревной инвентаризации и ландшафтной таксации. Метод подеревной инвентаризации использован на открытых участках с единичными деревьями и кустарниками (в зоне прогулочного отдыха и транзитного движения), на территории полукоткрытых и закрытых пространств (в зоне естественных лесонасаждений) применен метод ландшафтной таксации.

В центральной части территории проектирования преобладают хвойные виды, они составляют 84,76% от общего числа видов (рис. 4).

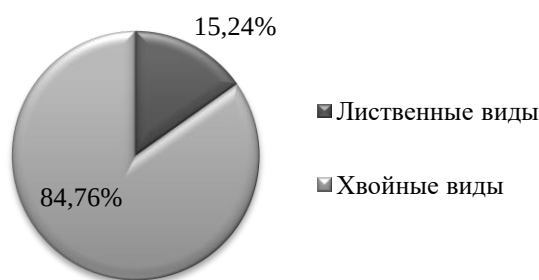


Рис. 4. Процентное соотношение хвойных и лиственных видов

Основу ассортимента составляют кустарниковые виды (89,03%). [2]

На основе анализа ассортимента по жизненным формам можно сделать вывод, что на обследуемой территории преобладают деревья первой величины (50,0%) и кустарники первой величины (27,28%) [3].

По группам роста преобладают быстрорастущие кустарники (27,28%) и умеренно растущие деревья (22,74%).

Большинство древесно-кустарниковых экземпляров представлено долговечными видами 87,08%, наименьший процент – 1,2% - составляют недолговечные виды.

50% насаждений относится к 0 категории состояния. [4] То есть в целом можно сказать, что насаждения на территории здоровые (рис. 5).

Из патологий древесных растений наиболее часто встречается наличие сухих ветвей – 41 шт. (5,0%), редко – флагообразная крона и суховершинность – 1 шт. (0,12%) и 10 шт. (1,22%) соответственно.

По оценке насаждений методом ландшафтной таксации можно сказать следующее:

На территории преобладают насаждения 2 яруса (рис. 6). По онтогенезу преобладают средневозрастные генеративные (g2) экземпляры – 75,44%. Большинство древесно-кустарниковых форм на участке проектирования ослабленные, то есть относят-

ся ко 2 баллу жизнеспособности (42,11%). [5] Преобладающая хозяйственная ценность насаждений – 4 балл (94,74%). [6]

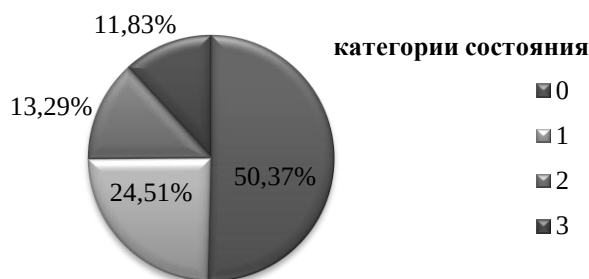


Рис. 5. Распределение древесно-кустарниковой растительности по категориям состояния

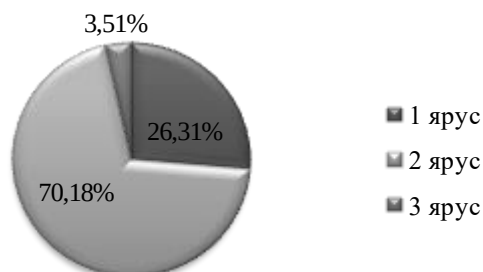


Рис. 6. Распределение насаждений по ярусам

Выводы.

1. Территория Дома авиации и космонавтики является рекреационной зоной.
2. Функциональные зоны сложились, используются слабо.
3. Посещаемость территории незначительна.
4. ДТС имеется в наличии в зоне транзитного движения, отсутствует в зоне естественных лесонасаждений.
5. Большую часть территории занимает естественный лесной массив. Единично встречается цветочное оформление, МАФ.

Рекомендации. С учетом ЛААТ разработать новый проект благоустройства и озеленения территории Дома авиации и космонавтики, отвечающий современным требованиям строительства и эксплуатации.

Список литературы

1. Сокольская О.Б., Теодоронский В.С., Вергунов А.П. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 224 с.
2. Хессайон Д.Г., Все о декоративных деревьях и кустарниках. – Москва: Кладезь-Букс, 2012. – 128 с.
3. Пчелин. В.И. Дендрология: учебник. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 520 с.; ил.

4. Соловьева О.С., Соколова Н.А., Бажин О.Н., Гусейнова А.Р. Зеленые насаждения как средство улучшения экологии города // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – №1. – С. 75-83
5. Демаков Ю.П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 76 с.
6. Гордеева Т.Х. Биология. Разнообразие живых организмов в природных сообществах: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 144 с.

LANDSCAPE ARCHITECTURE ANALYSIS OF AREA HOMES AVIATION AND ASTRONAUTICS RUSSIAN CHILDREN'S CENTER "EAGLET"

Popova Daria Valerievna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Landscape-architectural analysis (LAAT) is the first stage of the project development and landscaping territory of the House Air and Space VDTs "Eaglet". By holding insolation, communication, inventory analysis, the current state of the landscape and identify opportunities to improve it to create a complete project that meets modern requirements of construction and operation.

Keywords: house of Aviation and Cosmonautics; landscape and architectural analysis; plantations; inventory.

УДК 630*432

УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВОСТОЕВ К ПОЖАРАМ

Рачкова Татьяна Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
RachkovaTS@volgatech.net

Рассматривается влияние пожаров на лесные биогеоценозы по данным исследований ученых.

Ключевые слова: устойчивость лесов, жизнеспособность, естественное лесовосстановление.

Введение. Проблема устойчивости лесов уже давно стала предметом пристального внимания учёных разных стран. В условиях нарастания темпов потребления древесины и возрастания антропогенного воздействия на леса сохранение и повышение устойчивости лесных экосистем становится важнейшей задачей.

В общем виде термин «устойчивость», понимается как способность системы достаточно длительно сохранять свою структуру и функции [1].

В отечественной науке о лесе понятие «устойчивость лесных насаждений» впервые затронул Г.Ф. Морозов. Он понимал биологическую устойчивость не как неизменность породного состава и других элементов леса, а как результат многовекового пребывания леса на занятой им территории, где каждое его поколение сменяется новым, более приспособленным к условиям местообитания, более способным к воспроизводству и к сопротивлению неблагоприятным факторам.

А.И. Воронцов [2] под биологической устойчивостью насаждения понимал «способность противостоять неблагоприятным условиям среды при сохранении максимальной долговечности и длительности роста». И.С. Матюк [3] предлагал к устойчивым относить насаждения, способные противостоять неблагоприятным условиям роста и развития, при которых исключается возможность преждевременного распада и отмирания, смена одних пород другими.

Также под устойчивостью понимается возможность длительного и эффективного выполнения лесами целевых функций при различных воздействиях (природных и антропогенных), способность к воспроизводству и восстановлению исходного состояния после прекращения воздействия.

По степени устойчивости древесные породы характеризуются следующим образом: на первом месте стоит дуб (наиболее устойчив), на втором лиственница, на третьем береза, на четвертом сосна и на пятом ель (наименее устойчива).

Леса, как экологические системы, формировались многие тысячелетия, их устойчивость была обеспечена биологическим разнообразием, соответствием в максимальной мере условиям среды. Леса играют огромную роль как хранителей ценного генофонда, велико их рекреационное, эстетическое, климатообразующее, водоохранное значение. Леса Республики Марий Эл периодически подвергаются воздействию крупных лесных пожаров, в связи с чем возникает проблема их восстановления.

Велико влияние лесных пожаров на изменение окружающей среды. Лесные пожары наносят серьезные травмы деревьям, ослабляют их, обуславливают образование ветровала и бурелома, снижают водоохранно-защитные и другие полезные функции леса, способствуют размножению вредных насекомых. Воздействуя на все компоненты леса, они вносят серьезные изменения в лесные биогеоценозы и экосистемы в целом. В некоторых случаях под влиянием пожаров создаются благоприятные условия для возобновления леса – прорастания семян, появления и формирования самосева, особенно сосны и лиственницы.

Цель работы: оценить влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза.

Решаемые задачи: анализ литературных данных по вопросам: 1) влияния пожаров на нижние ярусы леса; 2) жизнедеятельности древостоев после пожаров; 3) естественного лесовосстановления после пожаров.

Влияние пожаров на нижние ярусы леса. Низовые пожары оказывают на нижние ярусы леса более губительное действие, чем на древостой.

И.С. Мелехов отмечал, что живой напочвенный покров в лесу нередко представляет прекрасный горючий материал. В особенности выделяются в этом отношении кустистые лишайники и зеленые мхи. Выделяется повышенной горючестью вереск, который определяет пожарные условия целых массивов. К опасным в пожарном отношении растениям почвенного покрова можно отнести и многие быстро высыхающие злаки [4].

Он указывал на то, что огневое воздействие в ряде случаев не приводит к полному отмиранию растений. Растения, обладающие способностью вегетативного размножения от корневищ, придаточных почек на корнях, в случае их сохранения восстанавливаются даже при полном уничтожении надземных органов. Из травянистых растений особенно быстро восстанавливается иван-чай и многие злаки, из которых в особенности можно отметить вейник.

По его наблюдениям случаи восстановления жизнедеятельности вегетативным способом присутствуют и среди растений с неглубокими корневищами, например, у грушанки, майника или некоторых других спутников еловых лесов при слабых напочвенных пожарах. Появление и формирование нового напочвенного покрова на гарях

идут по-разному в разных лесорастительных условиях, в разные сроки после пожара. Процесс восстановления кустистых лишайников после пожара идет чрезвычайно медленно и растягивается в типе лишайникового бора не менее чем на три-четыре десятилетия.

Жизнедеятельность древостоев после пожаров. Сосна – преобладающая порода в насаждениях Республики Марий Эл – относится к породам, которые могут оставаться жизнеспособными даже после неоднократного воздействия низовых пожаров. Но пожары отражаются на жизнедеятельности оставшихся живых деревьев. Среди этих деревьев в горелых лесах встречаются и деревья с большими пожарными повреждениями, и деревья без видимых повреждений.

Наиболее характерным повреждением для сосновых древостоев можно считать пожарную подсушину. О жизнедеятельности деревьев и качестве древесины после пожара можно судить по изменению ширины годичных слоев. И.С. Мелехов [4] изучал изменения, происходящие после пожара в ширине годичных слоев, в их строении и формировании, в количестве и размещении смоляных ходов, в просмоленности древесины. Он отмечал, что в сосняках, подвергшихся низовым пожарам, распространены стволовые травмы, превращающиеся в пожарные подсушины; процесс зарастания их идет с разной скоростью, обычно он происходит медленно, нередко в течение десятилетий, иногда же полное зарастание не наступает и на протяжении всей жизни дерева.

По данным И.С. Мелехова [4] формирование послепожарного прироста неодинаково на различных расстояниях от раны. Для деревьев, поврежденных низовыми пожарами в условиях зеленомошников, характерно увеличение после пожара ширины ранней и поздней зон годичного слоя в нижней части стволов.

Учет послепожарных анатомических изменений, происходящих в древесине сосны, может способствовать разрешению практической задачи – всегда ли необходима срочная вырубка сосновых древостоев, испытавших воздействие пожаров, но не утративших жизнедеятельности, или последующие изменения в строении древесины, наоборот, могут способствовать рациональному использованию древостоев через несколько лет после пожара [4].

Естественное лесовосстановление после пожаров. При сильном повреждении древостоев, когда вероятность восстановления их жизнеспособности низкая, возникает вопрос о лесовосстановлении.

Лесоводственно-экологические последствия пожаров, в зависимости от их силы и времени действия, структуры лесных экосистем и особенностей ландшафтов региона, могут быть как отрицательными, так и положительными. Леса во многих случаях успешно возобновляются после пожаров естественным путем, причем довольно часто без смены вида-эдификатора или с коротким его замещением березняками и осинниками. Исключение составляют лишь хвойные молодняки I-II классов возраста, произрастающие на сухих бедных почвах, – на их месте возникают пустоши, не зарастающие лесом в течение очень длительного времени. Низовые пожары умеренной силы, уничтожая подрост и второй ярус в насаждениях, предотвращают нежелательную смену сосны елью, пихтой и лиственными породами. После пожаров отмечается увеличение влажности верхних горизонтов почвы и улучшение теплового режима. Лесные пожары способствуют также увеличению видового и ландшафтного биоразнообразия.

Успешность и продолжительность протекания процесса естественного возобновления леса на гарях зависит от многих факторов: географической зоны, типа лесорастительных условий и пожара, возраста поврежденного огнем древостоя, площади гари и ее окружения, текущих метеорологических условий.

М.В. Никонов отмечает, что сукцессии могут происходить по трём основным направлениям (рис. 1) [5]. В случае успешного возобновления хвойных после рубки и других нарушений наблюдается быстрое восстановление лесной экосистемы. Если естественное лесовозобновление отсутствует, лесная экосистема может разрушиться. При возобновлении лиственными породами процесс её восстановления становится длительным, через смену пород, при этом параметры экосистемы могут значительно отличаться от исходных.

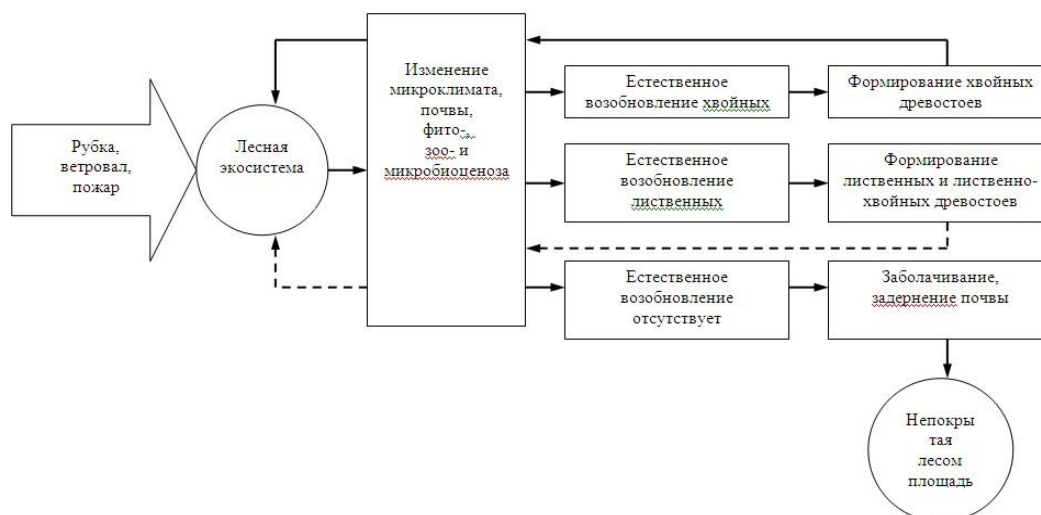


Рис. 1. Схема прямых и обратных связей в лесной экосистеме, подвергнутой воздействию экстремальных природных и антропогенных факторов

В результате исследований А.Д. Маслова и др. и Ю.П. Демакова и др., проведенных в сосняках Республики Марий Эл, поврежденных пожаром 1972 года, установлено, что отпад деревьев наиболее интенсивно протекал в течение первых 2-5 послепожарных лет [6, 7]. В этот период отмирали деревья, получившие ожог кроны (об этом косвенно свидетельствует большая протяженность нагара на их стволах), а также тонкомер, что особенно отчетливо проявляется в сосняках, поврежденных низовым пожаром средней силы.

Послестрессовая реабилитация древостоев особенно рельефно вырисовывается при анализе состояния деревьев по внешнему виду их крон. Установлено, что число деревьев I-II категорий (здоровые и ослабленные незначительно) ежегодно возрастало, а III-IV (сильно ослабленные и усыхающие) постепенно убывало.

Для снижения возможного ущерба от пожаров как можно раньше приступить к ликвидации их последствий и решить главный для лесохозяйственной практики вопрос - оставлять ли поврежденные огнем древостои для дальнейшего доращивания, ограничившись при этом выборочными санитарными рубками, или же заменять их полностью новыми насаждениями? Результаты исследований Ю.П. Демакова [8] показывают, что если в средневозрастных и приспевающих сосновых древостоях в первый послепожарный год насчитывается не более 60% живых деревьев, то в них необходимо проводить сплошные санитарные рубки - оставлять здесь деревья на дальнейшее доращивание в большинстве случаев не имеет особого смысла, т.к. через 15-20 лет значительная их часть отомрет, а насаждения превратятся в редины с полнотой 0,2-0,3. Жизнеспособность же оставшихся деревьев-«калек» будет пониженной из-за наличия послепожарных травм ствола и корневых лап, которые способствуют появлению гнилей, снижающих товарность и ветроустойчивость древостоев.

Проведенное нами изучение естественного возобновления после пожаров 2010 года показало, что развитие начального этапа восстановления повторяет историю восстановления сосняков на гарях 1921 и 1972 годов, где при одновременном поселении сосны и березы в равном соотношении (5С5Б) в условиях А₂ к возрасту древостоя 35-40 лет береза, обогатив почву отпадом, уступила первенство сосне. В субориях интенсивный рост березы быстро приводит здесь к угнетению сосны, что требует ухода за составом уже на 5-7 год после пожара [9, 10].

Выводы. Результаты обследования позволяют достаточно оптимистично оценивать успешность естественного возобновления: практически на всех участках, где не проводилась вырубка товарных насаждений. При естественном протекании процесса лесовозобновления вероятность успешного завершения его на гарях достаточно высока. Проблемой может явиться майский хрущ, который на гарях 1921 года создал значительные трудности для лесовосстановления.

Постпирогенная реабилитация состояния древостоев представляет собой сложный и длительный процесс, происходящий поэтапно. Наибольшее влияние пожар оказывает на нижние ярусы. Быстрее всего стабилизируется в насаждениях величина древесного отпада и несколько медленнее изменяется у деревьев внешний вид крон. Послепожарные же травмы ствола и корневых лап, снижающие жизнеспособность деревьев и способствующие поражению их патогенами, не зарастают длительное время, а иногда и всю жизнь. Последствия воздействия пожаров в смешанных древостоях, при прочих равных условиях, оказываются более значительными, чем в чистых сосновых из-за низкой огнестойкости лиственных деревьев.

Гари 2010 года восстанавливаются в основном за счет налета семян древесных пород. Восстановление сосняков может быть успешным при наличии сохранившихся источников семян, которыми могут быть и погибшие от низовых пожаров древостои. Принципиальную основу надежного решения проблемы повышения устойчивости лесов к пожарам должно составлять требование осуществлять в лесных массивах комплексную систему лесоводственных и профилактических противопожарных мероприятий.

Список литературы

1. Соловьёв В.А. Экология и охрана природы. Экосистема: учеб. пособие. – Л.: ЛТА, 1987. – 84 с.
2. Воронцов А.И. О борьбе с вредителями и болезнями на юго-востоке европейской части СССР // Вопросы защиты леса. М.: МЛТИ, 1960. – Выш. 12. – С. 5-34;
3. Матюк И.С. Устойчивость насаждений. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 134 с.
4. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. – М.-Л.: Гослестехиздат, 1948. – 125 с.
5. Никонов М.В. Влияние природных и антропогенных факторов на состояние, устойчивость и воспроизводство новгородских лесов [Электронный ресурс] // International scientific analytical project: сайт – URL: <http://gisap.eu/ru/node/9197> (дата обращения 30.05.2013)
6. Маслов А.Д., Матусевич Л.С., Русов Ю.Н., Демаков Ю.П. Развитие очагов стволовых вредителей на гарях 1972 года // Защита леса от вредителей и болезней: сб. науч. тр. – М.: ВНИИЛМ, 1980. – С. 123-147.
7. Демаков Ю.П., Калинин К.К., Иванов А.В. Послепожарный отпад в сосняках и его прогнозирование // Лесное хозяйство, 1982. – № 6. – С. 51-53.
8. Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты): научное издание. – Йошкар-Ола, 2000. – 416 с.
9. Проблемы воспроизводства сосновых лесов Среднего Поволжья / Денисов С.А., Калинин К.К., Бессчетнов В.П. и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – № 1. – С. 12-24

10. Особенности естественного возобновления в различных лесорастительных условиях на гарях 2010 года в Республике Марий Эл (на примере Куярского и Куженерского лесничеств) / Алексеев А.В., Калинин К.К., Батухтина Т.С. и др. [Электронный ресурс]. Материалы международного научно-практического семинара «Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – С. 142-149. – URL: <http://csfm.marstu.net/files/publications/Forest%20ecosystems%20under%20climate%20change.pdf> (дата обращения 15.05.2013)

RESISTANCE TO FIRE STANDS

Rachkova Tatyana Sergeevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Examines the impact of fires on forest ecosystems according to research scientists.

Keywords: *sustainability of forests, viability, natural regeneration.*

УДК 630*8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

Салдаева Екатерина Юрьевна, Цветкова Екатерина Михайловна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
saldaevaey@volgatech.net

Представлены результаты исследования модуля упругости ультразвуковым и вибрационным методами с целью проверки адекватности и сопоставимости данных методов.

Ключевые слова: *модуль упругости, механические свойства, древесина.*

Введение. Отечественными и зарубежными учеными разработано немало методик для диагностики, оценки состояния и качества пиломатериала. Но данные методики не применимы для ранней диагностики древесины, так как требуют изготовления образцов древесины стандартной формы и размеров.

Большинство известных способов основаны на определении статического и/или динамического модуля упругости древесины. При этом используются такие общеизвестные методы, как статический изгиб, импульсный ультразвуковой, вибрационный (частотно-амплитудный) и другие [1, 2].

Цель работы: проверка адекватности и сопоставимости данных, полученных при определении модуля упругости (МОУ) древесины ели ультразвуковым и вибрационным методами на образцах, взятых от молодняков ели.

Решаемые задачи: 1) определение модуля упругости (МОУ) древесины ели ультразвуковым и вибрационным методами; 2) статистическая обработка полученных результатов и сравнительная оценка способов.

Техническое моделирование. Для решения поставленных задач применялись методы математической статистики обработки экспериментальных данных.

Техника эксперимента. Исследования проводились на опытных образцах лесных культур ели на территории Учебно-опытного лесхоза ПГТУ; тип условий произрастания – С2, почва дерново-слабоподзо-листая, суглинистая, свежая; способ подготовки площади под лесные культуры – полосный; ширина полос – 2,0 м, расстояние между ними – 6,0 м. Здесь предварительно производится корчевка пней и двухрядная посадка 2-х летних сеянцев ели обыкновенной; размещение: в рядах через 0,8, а между рядами – 1,0 м, отступ от края полосы – 0,5 м; возраст деревьев к моменту исследований примерно 23-25 лет. Исследования проводились по методике, изложенной в статье с помощью устройства «Резонанс-4» [3]. Опытные образцы представляли собой черенки диаметром 3,0-7,0 мм и длиной в пределах 70,0-100,0 мм, взятые от боковых веток из средней части кроны строго с ее южной стороны.

Результаты измерения модуля упругости (МОУ) древесины вибрационным методом представлены в табл. 1. Плотность древесины определялась по известному методу через выявление выталкивающей силы [4].

Таблица 1

Расчет модуля упругости древесины вибрационным методом

№ Обр.*	Длина мм	Рабочая длина, мм	Диаметр мм	Плотность рбаз	Собств. частота, Гц	Модуль упругости, МПа
1-3	98	60	3,2	421,57	84	3167,441
1-4	80	75	5,1	551,91	244	3363,035
1-5	98	77	6,3	523,15	265	5737,631
2-3	100	100	3,2	456,52	61	2395,719
2-4	100,2	80	3,5	474,14	91	3104,557
2-5	83	70	3,6	475,41	176	3295,395
2-6	101	80	5,7	458,47	226	4483,799
5-3	98,2	98	3,3	406,59	71	3460,596
5-4	98	77	4,8	460,23	162	5550,456
5-5	98,6	77	5,6	480,31	225	6293,267
5-6	70	60	5,9	469,88	509	3813,289
5-7	99	75	7,5	549,89	313	3549,569

*Примечание: в нумерациях образцов первая цифра означает номер модельного дерева, а вторая – место вырезки образца, начиная с третьего прироста с конца ветви.

Для проверки адекватности данного метода, модуль упругости образцов также определяли известным ультразвуковым способом [1], результаты которого приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет модуля упругости древесины ультразвуковым методом

№ образца	Время прохож. ультразвука, t, мс	Скорость ультразвука, C, м/с	Модуль упругости древесины, E, МПа
1-3	28,6	3500	5164,216
1-4	30,0	3333,33	6132,362
1-5	25,3	3951,61	8169,086
2-3	31,6	3164,56	4571,801
2-4	27,5	3630,43	6249,165
2-5	28,0	3577,59	6084,829
2-6	25,2	3960,78	7192,419
5-3	26,6	3762,45	5755,755
5-4	23,5	4260,87	8355,43
5-5	22,6	4421,52	9390,1
5-6	26,4	3783,78	6727,274
5-7	28,7	3485,92	6682,094

Интерпретация результатов. Сравнительный анализ результатов МОУ, полученных ультразвуковым и вибрационным методом представлен в табл. 3 и на рис.1.

Таблица 3

Результаты статистической обработки МОУ древесины

Показатели	Модуль упругости	
	Ультразвуковой методом	Вибрационный методом
Среднее значение	6706,211	4017,896
СКО	1383,728	1221,480
Дисперсия	1914703,708	1492014,145
Коэффициент вариации, %	20,634	30,401
Показатель точности, %	5,158	7,600
Относительная погрешность	10,993	16,196
Критерий Фишера	1,133	
Коэфф. Корреляции	0,964	

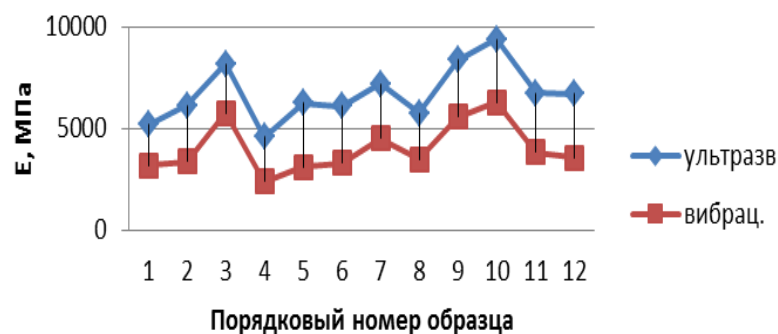


Рис. 1. Модуль упругости древесины, полученный вибрационным и ультразвуковым методом

Выводы.

1. Вибрационный способ определения динамического МОУ по точности не уступает ультразвуковому методу, это подтверждается результатами статистической обработки опытных образцов.
2. В данном случае по всему комплексу исследований расчетное значение критерия Фишера для выбранного уровня значимости $p=0,05$, то есть меньше табличного; это говорит об однородности значений модуля упругости полученных вибрационным и ультразвуковым способом.
3. Положительный показатель корреляции, составляющий $r=0,964347$, свидетельствует о сопоставимости полученных значений МОУ.

Список литературы

1. Lindstrom, H.; Harris, P.; Nakada, R. 2002: Methods for measuring stiffness of young trees. Holz als Roh- und Werkstoff 60: p. 165-174.
2. Денисов С. А., Глушкова Ю. П. Особенности роста культур ели при выращивании балансовой древесины в связи с лесоводственными уходами // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование – 2011. – №1. – С. 31-38.
3. Салдаева Е. Ю., Цветкова Е.М. Определение жесткости молодых деревьев ели // Материалы международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса». – Кострома: КГТУ, 2012. – С. 45-48.
4. Полубояринов О.И. Плотность древесины. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 159 с.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DETERMINATION OF THE MODULUS OF ELASTICITY OF WOOD EATING AT AN EARLY AGE BY DIFFERENT METHODS

Saldaeva Ekaterina Y., Tsvetkova Ekaterina M.

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The results of the study of elastic modulus ultrasonic and vibration methods in order to test the adequacy and comparability of methods.

Keywords: *modulus of elasticity, mechanical properties, wood.*

УДК 630*165.6:582.475.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ЕЛИ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ

Шиховцов Артем Олегович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

Представлена сравнительная оценка семенного потомства ели двух популяций Кировской области, по двум показателям – высоте и окружности ствола.

Ключевые слова: *ель обыкновенная, плюсовые деревья, семенное потомство, испытательные культуры, предэлитные деревья.*

Введение. Лесной кодекс Российской Федерации устанавливает норму о том, что «При воспроизводстве лесов используются улучшенные и сортовые семена лесных

растений или, если такие семена отсутствуют, нормальные семена лесных растений». Соответственно, эффективность ведения лесного семеноводства определяется долей сортовых и улучшенных семян в общем объеме семян лесных растений, используемых при воспроизводстве лесов [1].

Для получения семян лесных растений ценных по наследственным свойствам создаются лесосеменные плантации (ЛСП). В свою очередь ЛСП подразделяются на первого (ЛСП-1) и второго (ЛСП-2) порядка. Для создания ЛСП-1 порядка используются обычные плюсовые деревья, которые не испытаны по росту семенного потомства. В настоящее время одним из методов генетической проверки древесных растений является проведение испытаний по семенному и вегетативному потомству. Проведенные исследования позволили отобрать клоны для введения их на ЛСП более высоких порядков [2, 3]. ЛСП-2 создаются на основе элитных деревьев, семенное потомство которых в испытательных культурах статистически значимо превышает контроль по селективным признакам [4, 5]. Сравнительная оценка роста семенных потомств древесных растений в испытательных культурах позволяет отобрать предэлитные и элитные деревья [6, 7, 8]. Поэтому одним из решений проблемы сохранения высокопродуктивных и генетически устойчивых популяций главных лесообразующих пород является закладка испытательных культур, с последующим созданием ЛСП повышенной генетической ценности и ЛСП-2.

Цель работы: выявить предэлитные деревья ели, семенное потомство которых по результатам оценки в 30 лет превосходит по росту контроль в испытательных культурах.

Решаемые задачи: произвести сравнительную оценку семенного потомства ели Омутнинской и Афанасьевской популяций в испытательных культурах.

Объект исследования. Исследования проводились на территории Кировской области в Юрьянском лесничестве в испытательных культурах плюсовых деревьев ели. Год закладки – 1985 год. Тип условий местопроизрастания – ВЗ-СЗ. Обработка почвы – частичная, бороздами. Посадка ручная. На каждую делянку высажено по 100 трехлетних сеянцев. Схема посадки – 3х0,8м. Площадь разделена на делянки. Испытываются 66 потомств плюсовых деревьев из 5 популяций: Яранской, Куменской, Немской, Омутнинской и Афанасьевской Кировской области. Каждая семья и контроль представлены тремя повторностями. Повторения организованные на каждой делянке по пять борозд. Участок находится в квартале 4 Юрьянского лесничества, площадью 6,2 га.

Изучался рост семенных потомств плюсовых деревьев ели, отобранных в Омутнинском и Афанасьевском лесхозах Кировской области. На момент исследования возраст испытательных культур составлял 27 лет.

Техника эксперимента. У семенных потомств 5 плюсовых деревьев Омутнинской популяции и семенных потомств 5 плюсовых деревьев Афанасьевской популяции в 2-х повторностях у 50 деревьев была измерена высота маятниковым высотометром Н. И. Макарова, и окружность ствола мерной лентой. Полевые данные обработаны в программе “Анализ данных” Microsoft Excel.

Интерпретация результатов. В таблице 1, приведены статистические показатели высоты семенного потомства Омутнинской и Афанасьевской популяций ели.

Средняя высота семей Омутнинской популяции колеблется в пределах от 8,6 до 11,1 м., Афанасьевской – от 9,9 до 11,2 м. В Омутнинской популяции наименьшую высоту показывает семья 90 (8,6 м), а лучшую семья 87 (11,1 м), в семьях Афанась-

евской популяции меньшая высота отмечена у семей 117 и 126 семьи (9,9 м), а лучшая высота у деревьев семьи 115 (11,2 м).

Лучшие по высоте семьи превосходят контроль на 1,4 м (на 14%) - семья 87 и на 0,7 м (на 7%) – семья 115. Высота достоверно больше контроля у семьи 87($td=4,44$) и у семьи 115($td=2,26$).

Таблица 1

Статистические показатели высоты семенного потомства Омутнинской и Афанасьевской популяций ели в испытательных культурах

№ плюсово- го дерева (семьи)	Номера делянок по повторениям опыта		Высота семей по по- вторениям, м		Средняя высота		td
	I	II	I	II	M	% к контролю	
Омутнинская популяция							
95	77	148	8,0	9,5	8,6	90	3,99
90	18	110	5,7	9,3	9,0	94	2,69
94	73	117	9,5	9,0	9,3	97	1,40
92	44	114	10,6	10,5	10,5	109	3,03
87	151	153	11,0	11,1	11,1	116	4,44
Средняя семей					9,7	101	
Контроль	74	137	9,4	10,0	9,6		
Афанасьевская популяция							
126	166	190	10,1	9,7	9,9	94	1,55
117	174	207	9,9	9,9	9,9	94	1,61
118	162	189	11,0	10,2	10,6	101	0,31
116	193	213	10,6	10,7	10,6	101	0,48
115	163	209	11,3	11,1	11,2	107	2,26
Средняя семей					10,4	99	
Контроль	187	194	10,7	10,3	10,5		

Статистические показатели окружности ствола семенного потомства Омутнинской и Афанасьевской популяций предоставлены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические показатели окружности ствола семенного потомства Омутнинской и Афанасьевской популяций ели в испытательных культурах

№ плюсово- го дерева (семьи)	Номера делянок по повторениям опыта		Окружность ствола по повторениям, м		Средняя окружность ствола		
	I	II	I	II	M	% к контролю	
Омутнинская популяция							
92	44	114	29,6	25,1	27,3	96	2,29
94	73	117	29,0	26,9	27,9	99	1,82
90	18	110	27,5	30,0	28,7	101	0,27
95	77	148	24,5	33,7	29,1	103	1,76
87	151	153	43,6	30,4	37,0	131	1,48
Средняя семей					30,0	106	
Контроль	74	137	28,8	27,9	28,3		
Афанасьевская популяция							
126	166	190	24,7	26,6	25,6	85	3,96
117	174	207	25,6	30,9	28,2	94	1,47
118	162	189	25,7	34,8	30,2	101	0,11
116	193	213	29,6	31,2	30,4	101	0,30
115	163	209	33,0	34,7	33,8	113	3,48

Окончание табл. 2

№ плюсово-го дерева (семьи)	Номера делянок по повторениям опыта		Окружность ствола по повторениям, м		Средняя окружность ствола		
	I	II	I	II	M	% к контролю	
Средняя семей					29,6	99	
Контроль	187	194	31,1	29,0	30,0		

Окружность ствола семей Омутнинской популяции колеблется в пределах от 27,3 до 37,0 см., у Афанасьевской – от 25,6 до 33,8 см. В семьях Омутнинской популяции наименьшую окружность ствола показывает семья 92 (27,3 см), а наибольшую семья 87 (37,0 см), в семьях Афанасьевской популяции меньшая окружность ствола отмечена у семьи 126 (25,6 см), а наибольшая семья 115 (33,8 см).

Лучшие семьи превосходят контроль по окружности ствола на 8,7 см (на 31%) - семья 87 и на 3,8 см (на 13%) – семья 115. Наибольшую окружность достоверно большую чем у контроля имеет семья 115 Афанасьевской популяции ($t_d=3,48$). Из семей Омутнинской популяции наибольшую окружность ствола, превосходящую контроль имеет семья 87, но различие недостоверно ($t_d=1,48$), т.к. $t_d < 2,0$.

Для определения влияния на количественные показатели роста принадлежности к той или иной семье, выполнен дисперсионный анализ (табл. 3, 4).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа высоты семей Омутнинской и Афанасьевской популяций

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F _{0,5}	Доля влияния фактора
<i>Омутнинская популяция</i>						
Общее	1129,25	357,0				
Межгрупповое (индивидуальное)	214,02	5,0	42,8	16,46	2,4	20,6
Внутригрупповое (случайное)	915,23	352,0	2,6			
<i>Афанасьевская популяция</i>						
Общее	3650,84	585,0				
Межгрупповое (индивидуальное)	118,97	5,0	23,79	3,91	2,4	2,9
Внутригрупповое (случайное)	3531,87	580,0	6,09			

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа окружности ствола семей Омутнинской и Афанасьевской популяций

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F _{0,5}	Доля влияния фактора
<i>Омутнинская популяция</i>						
Общее	68486,32	539,0				
Межгрупповое (индивидуальное)	2017,58	5,0	403,52	3,24	3,1	2,4
Внутригрупповое (случайное)	66468,74	534,0	124,47			
<i>Афанасьевская популяция</i>						
Общее	45773,99	599,0				
Межгрупповое (индивидуальное)	3633,01	5,0	726,60	10,24	2,1	8,5
Внутригрупповое (случайное)	42140,98	594,0	70,94			

На основании данных, приведенных в таблицах можно сделать следующие выводы: на высоту и окружность ствола влияет принадлежность к той или иной семье, так как во всех случаях F табличный меньше F фактического. Высота семей Омутнинской популяции на 20,6% обусловлена принадлежностью к семье, а на 79,4% другими причинами, высота семей Афанасьевской популяции обусловлена на 2,9% принадлежностью к семье, а на 97,1% другими причинами. Окружность ствола семей Омутнинской популяции на 2,4% обусловлена принадлежностью к семье, а на 97,6% другими причинами, окружность ствола семей Афанасьевской популяции обусловлена на 8,5% принадлежностью к семье, а на 91,5% другими причинами.

Выводы.

1. Испытательные культуры ели, в Юрьянском лесничестве Кировской области имеют среднюю высоту 8,6-11,2 м., окружность ствола 25,6-34,3 см.
2. В семьях Омутнинской популяции высоту, достоверно большую по сравнению с контролем имеет 87 семья, в семьях Афанасьевской популяции 115 семья.
3. Окружность ствола достоверно большую по сравнению с контролем имеет семья 115 Афанасьевской популяции.
4. По результатам оценки роста семей в качестве предэлитных можно выделить два плюсовых дерева №87 и №115, которые следует использовать при создании ЛСП повышенной генетической ценности.

Список литературы

1. Концепция федеральной целевой программы «развитие лесного семеноводства на период 2009-2020 гг. – Лесная Россия, 2008. – №9. – С. 9-15.
2. Николаев А.В., Куликова Л.Е. Выращивание клонового потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесное хозяйство, 2006. – № 1. – С. 25-28.
3. Прохорова Е.В., Лебедева Э.П., Мошкина Л.С. Оценка роста и семеношения клоновых потомств сосны обыкновенной на коллекционно-маточном участке в Республике Марий Эл // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2008. – №3. – С. 29-49.
4. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации: утв. Федер. службой лесного хозяйства России 11 янв., 2000 г. – М., 2000. – С. 2-15.
5. Видякин А. И. Генетическая оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по росту семенного потомства в испытательных культурах // Аграрный вестник Урала, 2010. – №8. – С. 58-60.
6. Золотой А. В., Казей Т. П., Яблоков С. А. Селекционная оценка испытательных культур ели европейской в ОЛХ «Русский лес» // Лесной вестник, 2006. – №5. – С. 135-138.
7. Жигунов А. В., Бондаренко А. С., Николаева М. А. Первые результаты отбора элитных деревьев ели европейской в Ленинградской области // Лесной журнал, 2012. – №3. – С. 43-50.
8. Прохорова Е.В., Лебедева Э.П., Хорькова Е.Ю. Интенсивность роста, засухоустойчивость клонового и семенного потомства двух популяций ели // Лесное хозяйство Поволжья: межвуз. сб. научных работ, 1995. – Вып.1. – С. 25-28.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE SEED PROGENY EATEN IN TEST CULTURES

Shihovtsov Artem

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The comparative evaluation of the seed progeny ate two populations of the Kirov region, according to two criteria – the height and circumference of the barrel.

Keywords: *Picea abies, plus trees, seed posterity, experimental cultures, predelitnye trees.*

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК621.391

ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБОЛОЧКИ ОРГАНА НА ПРИМЕРЕ ПОЧКИ

Батухтин Дмитрий Михайлович, Яппаров Денис Фаритович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

При помощи набора томографических изображений пациента строится модель внутреннего органа в 3D пространстве. Для этого проводится фильтрация изображения, определяются граничные точки органа, и формируется массив его граничных точек. По результатам этих операций получена пространственная модель почки.

Ключевые слова: Фильтрация, томографические снимки, выделение органа.

Введение. На протяжении длительного времени усилия врачей были направлены на решение задачи визуализации внутренних органов и структур тела пациента без хирургического вмешательства и соответственно без повреждения тканей организма. С развитием рентгенографии данная проблема получает новые решения. Метод компьютерной томографии позволяет эффективно решить обозначенную задачу. Этот метод дает возможность получить изображения срезов тела пациента, при помощи которых, врач может оценить состояние внутренних органов. Компьютерная томография широко распространена в настоящее время и используется во многих областях медицины. Результаты томографических исследований так же используются хирургами при подготовке к малоинвазивным операциям [1]. Малоинвазивными считаются, операции, направленные на уменьшение вмешательства в организм хирургическими средствами, и как следствие – уменьшение повреждения тканей пациента. В теле пациента делается прокол, через который вводится медицинский и инструмент.

Существует возможность построения на основе результатов томографических исследований 3D модели тела пациента. В частности, на кафедре радиотехнических и медико-биологических систем разработан аппаратно-программный комплекс, который помогает врачу в проведении малоинвазивных операций [2]. Данная программа осуществляет сопряжение систем отсчёта пациента и виртуальной 3D модели, что, в свою очередь даёт основу для проведения виртуальной операции врачом. Также программа помогает врачу в выборе оптимального места прокола и пути к болевой точке.

Данный аппаратно-программный комплекс является мощным инструментом предоперационной подготовки хирурга. Но в конкретных случаях его возможностей анализа не хватает врачу. Так, существует потребность выделения оболочки внутреннего органа для его дальнейшего анализа. Врачу важно выделить на томографических изображениях конкретный орган, отделить его от окружающей среды и посмотреть на него с различных ракурсов. Задача, поставленная перед нами, сводится к выделению на изображении томографического среза точек, принадлежащих границе органа, повторении данной операции для всех слайдов, содержащих изображение интересующе-

го органа, и построении массива этих точек в трёхмерном пространстве. Работа проводилась под руководством доктора медицинских наук, профессора кафедры радиотехнических и медико-биологических систем Дубровина В.Н. В качестве примера выделяемого органа были использованы томографические снимки почки. Для решения данной задачи был предложен специальный алгоритм, и на его основе создана программа.

Цель работы: разработать алгоритм и программное обеспечение для выделения границ внутренних органов и построить их 3D модели.

Решаемые задачи: 1) создание программы для визуализации данных в формате DICOM; 2) фильтрация томографических изображений; 3) выделение оболочек внутренних органов; 4) построение трехмерных изображений органов.

Техническое моделирование. Рассмотрим подробнее предложенный алгоритм.

Мы разбиваем процесс выделения оболочки органа на несколько этапов. Первый этап связан с загрузкой файлов изображений томографических срезов. Существует международный отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений обследованных пациентов – DICOM [3]. В нашем случае мы используем файлы данного расширения, а так же результат конвертирования этих файлов в формат bmp. Файлы представляют из себя изображения поперечного среза тела человека в градациях серого.

В связи с тем, что изображение почки не однородно по яркости, на следующем этапе процесса требуется фильтрация изображения [4]. Мы фильтруем изображение пороговым фильтром с заданными параметрами, кроме этого есть возможность бинаризовать изображение почки. Исходная (рис.1 а) и отфильтрованная (рис. 1 б) область томографического изображения, содержащего правую почку, представлена ниже.

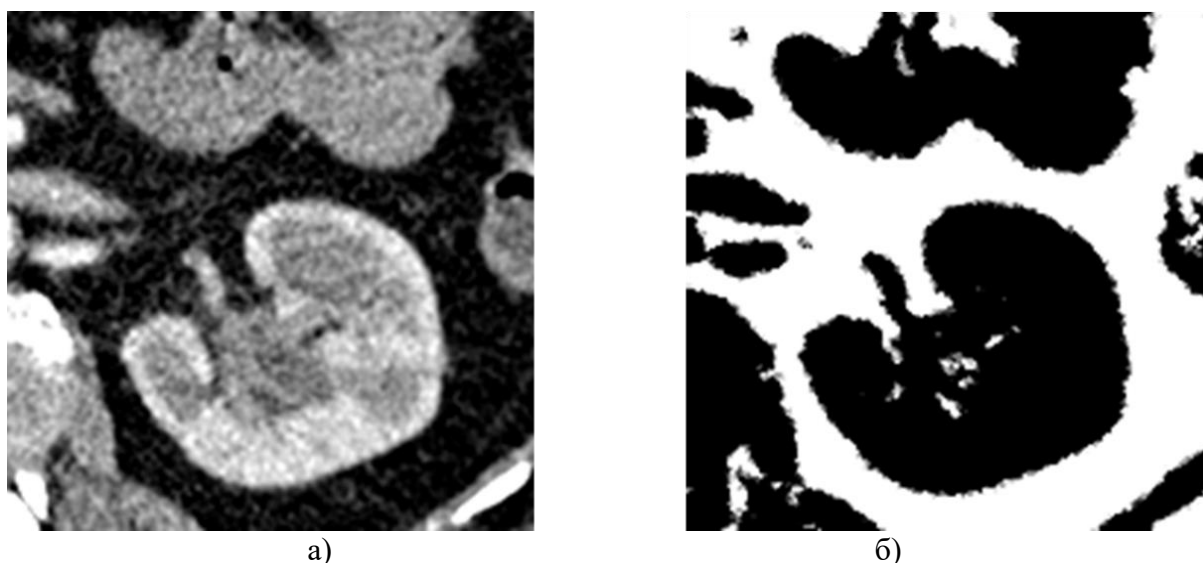


Рис.1. Фильтрация области изображения томографического снимка:
а) исходное изображение; б) отфильтрованное изображение

Далее на отфильтрованном изображении эксперт указателем мыши отмечает точку, принадлежащую телу органа. Тем самым он запускает процесс выделения граничных точек интересующего органа. Программа определяет координаты данной точки и записывает их значения в переменные x и y (соответственно горизонтальная и вертикальная координата). После этого определяется значение яркости в исходной точке и точке с координатами $(x \pm n, y)$, где n – шаг, который может задаваться оператором.

Выбор знака «+» или «-» зависит от направления обхода (если «+», то перебор идёт вправо, «-» – влево). Далее определяется модуль разности значений яркостей исходной точки и смещенной на шаг n . Если это значение ниже заданного уровня, т.е. перепада яркости нет, то запускается следующий цикл. Значение уровня перепада так же может задавать оператор.

Следующий цикл заключается в переборе значений яркостей по вертикальной оси. Аналогично сказанному выше вычисляется модуль значения разности яркостей u и $u \pm n$ («+» – вниз, «-» – вверх). Если получаемое число меньше определенного уровня, соответственно точка u не является граничной, берется следующая точка, и так происходит до тех пор, пока значение перепада не будет выше установленной границы. При нахождении граничной точки, происходит выделение данной точки, к значению x прибавляется инкремент (± 1 , в зависимости направления прохода), переменной u присваивается значение начальной точки по оси Y и цикл с нахождением модуля разности яркости x и $x \pm n$, повторяется. Так происходит до тех пор, пока не будет найдена граничная точка по оси X , эта точка выделяется. Координаты x и u этой точки записываются в массив. Результат выделения границ точек продемонстрирован на рис. 2.



Рис.2. Выделение границ почки на бинаризованном изображении

На следующем этапе строится трёхмерная модель почки [5]. Для этого используется массив координат точек, созданный на предыдущем этапе. В трёхмерном пространстве создаются точки с координатами, взятыми из массива. Третьей координатой для построения точки является порядковый номер слайда. Таким образом, мы получаем набор граничных точек органов в трехмерном пространстве.

Интерпретация результатов. При помощи созданной программы в среде C# была построена трехмерная модель почки. Возможно вращение изображения органа вдоль нескольких осей. Результаты продемонстрированы на рис. 3.

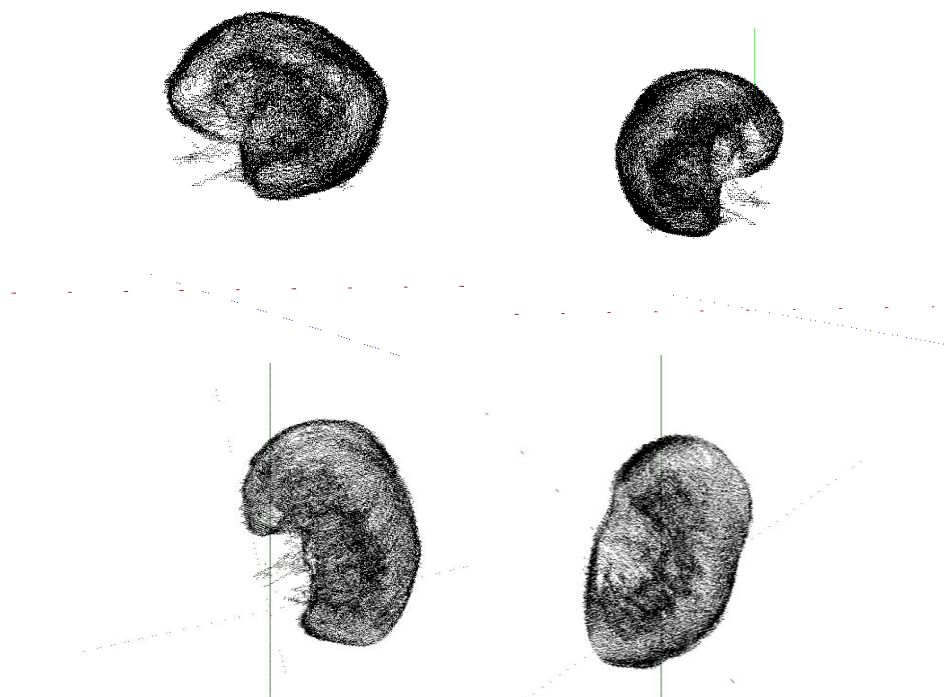


Рис.3. Изображение оболочки почки при её вращении относительно центра координат

Выводы.

1. Предложен алгоритм фильтрации и выделения контура органа.
2. На основе предложенного алгоритма создана программа в среде C# для нахождения граничных точек (оболочки) органа.
3. При помощи разработанной программы получен массив точек, лежащих на границе органа (правой почки),
4. Построена трехмерная модель почки.

Список литературы

1. Дубровин, В. Н., Егошин А. В., Баширов В. И. Преимущества малоинвазивной позадилоной аденомэктомии при ДГПЖ: научное издание // Андрология и генитальная хирургия . 2010. №2 . С. 107.
2. Revet, Bas; DICOM Cook Book for Implementations in Modalities; 1997; Philips Medical Systems.
3. Аппаратно-программный комплекс для определения мест установки троакаров при лапароскопических операциях: пат. 127615 Рос. Федерация. № 2012135049 ; заявл. 15.08.12 ; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13. 4 с.
4. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Фурман Я.А., Кревецкий А.В., Передреев А.К. [и др.]; под ред. Фурмана Я.А.. – 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 592 с.
5. Роженцов А.А., Баев А.А., Ерусланов Р.В. Решение задачи распараллеливания вычислений при обработке кватернионных сигналов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2010. №3(10). С. 31-39.

SHELL ORGAN IMAGE RELEASED BY THE EXAMPLE OF KIDNEY

Batukhtin Dmitry Mikhailovich, Yapparov Denis Faritovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Using a set of tomographic slice images can build a model of the patient's internal organs in space. To do this needs the image filtration, finding the boundary points of the body with the environment, and thus needs to obtain an array of all the boundary points of the body. The results of these operations were built three-dimensional model of a specific organ (kidney).

Keywords: *Filtering, tomographic images, the allocation of authority.*

УДК 621.391

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА УСТАНОВКИ ТРОАКАРОВ В ЛАПАРОСКОПИИ

**Дубровин Василий Николаевич¹, Баширов Валерий Ильязович¹,
Фурман Яков Абрамович², Роженцов Алексей Аркадьевич²,
Кудрявцев Александр Анатольевич², Ерусланов Руслан Валентинович²,
Баев Алексей Александрович², Назаров Игорь Леонидович²**

¹ГБУ РМЭ «Республиканская клиническая больница», Россия, Йошкар-Ола

²ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
krtmbs@volgatech.net

Предлагается система помощи хирургу для определения оптимальных «точек ввода» хирургического инструмента (троакара) на поверхности тела пациента при проведении малоинвазивных операций. Для этого разработан аппаратно-программный комплекс, выполнена его техническая реализация. Проведены клинические испытания на базе ГБУ РМЭ «Республиканская клиническая больница».

Ключевые слова: *лапароскопия, троакар, установка троакара, малоинвазивная операция.*

Введение. Одним из приоритетных направлений развития современной хирургии является применение технологий, обеспечивающих минимальную травматичность при проведении операций. При малоинвазивных операциях особое значение имеет правильность выбора точек доступа с наименьшим расстоянием до «объекта» операции, что позволит рационально пользоваться длиной инструментов, а также учитывать физиологические и анатомические особенности пациентов [1]. Существующие, к настоящему времени, рекомендации по установке троакаров, как правило, основаны на опыте проведения указанных операций и формулируются в виде теоретических положений и практических рекомендаций по взаимному расположению троакаров и инструментов, рекомендаций по визуальному контролю введения троакаров, рекомендаций к расстояниям между местом введения и операционным полем и т.д. Кроме того, существующие методики выбора точек установки троакаров опираются на ручные расчёты с использованием специальных линеек и эндоскопических транспортиров для

выполнения разметок на передней брюшной стенке пациента и построением воображаемых линий [2]. К недостаткам существующих методик следует отнести: сложность определения местоположения оперируемого органа, невозможность прослеживания и контроля формируемого раневого канала при выборе мест установки троакара, а наличие многочисленных ручных расчётов повышает сложность определения мест установки троакаров [3].

Цель работы: разработать аппаратно-программный комплекс (АПК) для определения оптимальных «точек ввода» хирургического инструмента (троакара) на поверхности тела пациента на основе данных томографического обследования.

Решаемые задачи: 1) разработка АПК для определения оптимальных «точек ввода» хирургического инструмента (троакара) на поверхности тела пациента; 2) разработка методики подготовки исходных данных для предоперационного планирования операции; 3) разработка и реализация алгоритмов: формирования виртуальной 3D модели пациента по результатам томографического исследования; выделения «области хирургического интереса»; поиска точек и направления пути доступа; контроля безопасности формируемого раневого канала; сопряжения системы координат виртуальной модели с пациентом; 4) проведение клинических испытаний на базе ГБУ РМЭ "Республиканская клиническая больница".

Техническое моделирование. Для обеспечения возможности использования технических средств в решении проблемы по выбору оптимальных «точек ввода» хирургического инструмента при проведении малоинвазивных операций творческим коллективом кафедры РТ и МБС ПГТУ был предложен АПК, который обеспечивает построение виртуальной модели пациента, решение задач предоперационного планирования и контроля доступа при проведении операции [4].

Перед проведением предоперационного планирования выполняется обследование пациента на компьютерном томографе. Для повышения точности и последующей привязки виртуальной модели перед проведением обследования на теле пациента закрепляются 4 рентгеноконтрастные метки. Результаты КТ обследования передаются хирургу.

Далее выполняется собственно предоперационное планирование. Для этого на срезах томограммы хирург выделяет области хирургического интереса, к которым необходимо получить доступ при проведении операции. Положение заданной области хирургического интереса относительно поверхности тела и других органов можно проследить на виртуальной модели пациента.

Затем производится выбор точки прокола и направления доступа. Для этого хирург на модели указывает предполагаемую точку прокола и вокруг нее в некоторой окрестности осуществляется поиск допустимых путей к зоне хирургического интереса. Программой проверяется отсутствие для каждого возможного пути пересечений с тканями, через которые недопустимо производить проколы. В результате программа визуализирует множество разрешенных путей, среди которых хирург может выбрать наиболее предпочтительный.

Далее хирург производит окончательную оценку безопасности выбранного способа доступа. Для этого программа производит трассировку пути доступа через срезы томограммы. Результат трассировки выводится на экран. По этим данным хирург может удостовериться в отсутствии пересечений раневого канала с жизненно важными органами. На этом этап предоперационного планирования завершается

Одним из ключевых этапов работы непосредственно перед проведением операции является сопряжение виртуальной модели с телом пациента. Для этого необходимо

выполнить сопоставление реперных точек на 3D модели с соответствующими точками на теле пациента. Данная операция производится с помощью 3D дигитайзера путем последовательного ввода в компьютер координат реперных точек. В результате рассчитывается матрица преобразования систем координат и в дальнейшем перемещения в пространстве пера дигитайзера и его оси симметрии могут отображаться на виртуальной 3D модели [5].

После этого хирург может указать на теле пациента точки проколов, заданные на виртуальной модели и определить требуемое направление прокола. В момент совпадения точки и направления доступа с требуемой программой формируется звуковой сигнал. При этом по 3D модели контролируется текущее направление, на которое указывает перо дигитайзера.

Техника эксперимента. Разработанный АПК значительно увеличивает точность расчёта и выбора мест установки троакаров при лапароскопических операциях, производит определение «болевой» области оперируемого органа (область органа пациента, являющаяся объектом операции), рассчитывает оптимальную область хирургического вмешательства, контролирует безопасность формируемого раневого канала. Технический результат достигается включением в состав АПК устройства ввода пространственных 3D данных, 3D дигитайзер (3DDigitizer), и устройство-решатель, состоящий из соединённых, либо раздельных устройств вывода видеоданных, дисплей монитора, и вычисляющего устройства, выполненного с возможностью формирования трехмерной модели пациента по данным томографического исследования, устройство согласования координат виртуальной и физической модели, включающее физические реперные указатели, устройство ввода исходных данных томографического обследования, аудиоустройство и блок решения мест установки троакаров.

На рис. 1 показана схема АПК для определения мест установки троакаров при лапароскопических операциях. Внешний вид 3D дигитайзера показан на рис. 2.

Устройство ввода исходных данных, входящее в состав вычисляющего устройства, предоставляет исходные данные для вычисляющего устройства в виде изображений срезов томограмм, полученных по результатам компьютерной томографии пациента, для формирования трёхмерной модели пациента. Трёхмерная модель пациента представляет собой виртуальное математическое, статистическое, визуальное и управляемое описание тела пациента, которое может отображаться на мониторе.



Рис. 1.
Структурная схема АПК

Рис. 2. Внешний вид 3D
дигитайзера

Рис. 3. Рентгеноконтрастная метка

Физические реперные указатели (метки) (рис. 3), входящие в состав устройства согласования координат виртуальной и физической модели пациента, представляют собой небольшие, порядка 4х4 мм, пластины из рентгеноконтрастного материала, чётко выделяемые на томографических изображениях, например титановые скобы, раз-

мещённые на теле пациента во время томографического обследования. Отображения данных реперных указателей, селекция которых достаточно проста благодаря свойству контрастности, входят в состав трёхмерной модели пациента.

Устройство согласования координат виртуальной и физической модели пациента, оперируя пространственными данными, поступающими от 3D-дигитайзера, и от трёхмерной модели пациента в виде отображения физических реперных указателей, обеспечивает однозначное отображение на трёхмерной модели пациента действий указующего устройства (перо дигитайзера), которое является составной частью устройства ввода пространственных 3D данных. Так как указующее устройство генерирует данные о своём положении и ориентации в пространстве в режиме реального времени, то и на трёхмерной модели пациента отображается сцена в реальном режиме времени.

Трёхмерная модель пациента, сформированная на компьютере, позволяет хирургу просматривать на мониторе визуализированное трёхмерное изображение тела пациента с элементами моделируемой операции и указывать «болевою» область на оперируемом органе. Выбранная «болевая» область включается в состав трёхмерной модели пациента.

Блок решения мест установки троакаров, используя данные о местоположении «болевой» области, решает задачи расчёта оптимальных траекторий и областей хирургического вмешательства, обеспечения контроля безопасности образуемого раневого канала. При этом хирург, работая с АПК, визуальное на устройстве вывода видеоданных наблюдает предполагаемые места установки троакаров, информацию о безопасности формируемого раневого канала и другую дополнительную информацию. Характеристикой безопасности раневого канала служит информация об органах и тканях в зоне раневого канала, величина расстояния до оперируемого органа и т.п.

После фиксации в памяти АПК выбранных мест установки троакаров, хирург с использованием устройства ввода пространственных 3D данных указывает на реальном пациенте физические места установки троакаров.

Блок решения мест установки троакаров на основании поступающих данных от 3D-дигитайзера сигнализирует хирургу визуальное на мониторе (специальная сигнальная подсветка) и специальным звуковым сигналом о правильном совмещении положения и ориентации физического указующего устройства с зафиксированным в памяти АПК. Эти сигналы указывают, что указывающее устройство находится точно в выбранной области установки троакара, а его направление соответствует направлению к объекту операции - «области хирургического интереса».

Интерпретация результатов. За период 2011-2012 гг. в отделении урологии ГБУ РМЭ «Республиканская клиническая больница» выполнено 17 лапароскопических операций на органах брюшинного пространства с предоперационным моделированием, дооперационным планированием хирургического вмешательства и определением мест установки троакаров с помощью АПК. Из них, лапароскопических уретеролитотомий – 7 операций, лапароскопических резекций кисты почек – 10 операций.

Проведено сравнение продолжительности лапароскопических операций с использованием предоперационного моделирования с применением АПК и без него. Полученные результаты приведены в таблице.

**Сравнение продолжительности лапароскопических операций,
с применением предлагаемого аппаратно-программного комплекса и без него**

Оперативное вмешательство	С использованием АПК		Без использования АПК	
	время операции, мин	кол-во операций	время операции, мин	кол-во операций
1. Лапароскопическая уретеролитомия	43 ± 7,6	7	57,5 ± 23	10
2. Лапароскопическая резекция кисты почки	37,5 ± 7	10	58 ± 8,6	10

Таким образом, использование АПК для определения мест установки троакаров при лапароскопических операциях позволило провести предоперационное моделирование и планирование хирургического вмешательства, изучить возможные опасности, связанные с расположением окружающих зону вмешательств органов, выбрать оптимальные зоны для установки троакаров, угол вхождения троакара в брюшную полость.

Выводы.

1. Изготовлен АПК, позволяющий выбрать оптимальный хирургический доступ при проведении малоинвазивных хирургических вмешательств.
2. Предложен оригинальный метод сопряжения системы координат виртуальной модели с пациентом.
3. Разработана методика помощи хирургу при дооперационном планировании хирургической операции.
4. Разработаны и реализованы следующие алгоритмы:
 - формирования виртуальной 3D модели пациента по результатам томографического исследования;
 - выделения «области хирургического интереса»;
 - поиска точек и направления пути доступа;
 - контроля безопасности формируемого раневого канала;
 - сопряжения системы координат виртуальной модели с пациентом.
5. Использование АПК особенно перспективно для обучения начинающих хирургов в приобретении навыков малоинвазивных операций.

Список литературы

1. Неймарк А.И., Рублевский Б.В., Рублевский В.П. Ретроперитонеоскопия в хирургии органов брюшинного пространства: диагностические, лечебные возможности и осложнения ретроперитонеоскопии // Сибирский медицинский журнал, 2009. – №24, 4-1. – С. 84-87.
2. Галеев, Р.Х. Дубровин В.Н. Операции из мини-доступа в урологии. – Казань, 2008. – 39 с.
3. Дубровин В.Н., Баширов В.И. Применение компьютерной оптимизации малоинвазивного хирургического доступа по предоперационным томографическим данным // Третий российский конгресс по эндоурологии и новым технологиям. – Ростов-на-Дону. – 2012. – С. 16-17.
4. Аппаратно-программный комплекс для определения мест установки троакаров при лапароскопических операциях: пат. 127615 Рос. Федерация. № 2012135049 ; заявл. 15.08.12 ; опублик. 10.05.2012, Бюл. № 13. – 4 с.
5. Роженцов А.А., Баев А.А., Ерусланов Р.В. Решение задачи распараллеливания вычислений при обработке кватернионных сигналов // Вестник Марийского государственного технического университета, 2010. – №3(10). – С. 31-39.

HARDWARE AND SOFTWARE FOR SELECTION OPTIMAL LOCATION FOR A TROCAR IN LAPAROSCOPY

Dubrovin Vasily Nickolaevich¹, Bashirov Valery Iljazovich¹, Furman Yakov Abramovich², Rozhentsov Alexey Arkadjevich², Kudriavtsev Alexandr Anatoljevich², Eruslanov Ruslan Valentinovich², Baev Alexey Alexandrovich², Nazarov Igor Leonidovich²

¹SBI Republic of Mari El «Republic clinical hospital»

²Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

krtmbs@volgatech.net

A system of helping for the surgeon to determine the optimal "points of entry" surgical instrument (trocar) on the surface of the patient's body during minimally invasive operations is suggesting. There is a developed hardware and software package, made its technical implementation. Clinical trials on the basis of GBU RME "Republican Clinical Hospital" were done.

Keywords: laparoscopy trocar trocar setting, minimally invasive surgery.

УДК 621.382

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРПУСОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Егошин Владимир Валерьевич, Павлов Евгений Петрович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
PavlovEP@volgatech.net

Рассмотрены конструкторско-технологические факторы, влияющие на появление дефектов металлокерамических корпусов (МКК) для интегральных схем, выявлены дефекты оказывающие наибольшее влияние на надежность МКК, найдены пути и методы обеспечения качества МКК.

Ключевые слова: металлокерамические корпуса для интегральных схем, конструкторско-технологические факторы, дефекты, надежность, качество.

Введение. Металлокерамические корпуса (МКК) для интегральных схем (ИС) находят широкое применение в электронной промышленности. Им присущи такие параметры качества, как высокая степень механической и термомеханической прочности, хорошие электрофизические характеристики, высокая степень герметичности, удобство монтажа и применение в самых жестких условиях эксплуатации.

В настоящее время высокими темпами развивается производство интегральных схем. Увеличение плотности активных элементов на кристалле и вызванная этим необходимость увеличения количества выводов на корпусе обуславливают постоянно растущий спрос на надежные герметичные корпуса.

Развитие нанoeлектроники в нашей стране станет еще одним фактором, стимулирующим развитие технологии МКК, как одного из направлений и нанoeлектроники и нанотехнологии.

Различные контрольные, отбраковочные, испытательные операции не улучшают надежности приборов [1]. В этой связи особую актуальность приобретают исследования, направленные на определение конструкторско-технологических факторов надежности корпусов как одного из наиболее важных методов обеспечения

качества. Такие исследования позволяют улучшить конструкцию, совершенствовать технологию в условиях серийного производства и оптимизировать правила применения изделий в условиях эксплуатации.

Цель работы: исследование путей и методов повышения качества металлокерамических корпусов для интегральных схем.

Решаемые задачи: 1) нахождение дефектов, оказывающих наибольшее влияние на надежность МКК; 2) определение конструкторско-технологических факторов, влияющих на появление дефектов; 3) поиск путей устранения причин дефектности МКК.

Техника эксперимента и методика обработки результатов. Производство МКК это сложный и длительный технологический процесс, операции которого можно объединить в группы:

- 1 подготовка материалов;
- 2 формообразование;
- 3 обжиг;
- 4 сборка, пайка;
- 5 никелирование/золочение [2].

На всех этапах производства ведется контроль качества.

Проанализировав технологический процесс и схему проведения контроля качества полуфабрикатов, были выделены параметры, требующие особого внимания и наиболее информативные. Контроль над этими параметрами позволяет отсортировать изделия на предыдущих этапах производства, не доводя их до приемосдаточных испытаний, на которых они будут все равно забракованы.

Это сопротивление проводников, плоскостность, размеры окон, габаритные размеры, внешний вид плат после обжига, габаритные, установочные и присоединительные размеры, усилие отрыва выводов, внешний вид оснований плат после операции пайки твердым припоем, качество покрытий, устойчивость к воздействию технологических факторов, внешний вид оснований плат после гальванических операций [3].

Из всех дефектов, возникающих при производстве и эксплуатации МКК, мы выделили три из них, которые оказывают наибольшее влияние на надежность и качество. Это такие дефекты как: не соответствие внешнего вида требованиям после испытаний на технологические факторы, имитирующие посадку кристалла ИС в корпус («вздутие металлизации»), потеря герметичности при имитации герметизации кристалла в корпусе («отслоение ободка») и дефект в виде повреждения керамики («скол») [4].

Для определения конструкторско-технологических факторов, влияющих на появление выделенных дефектов, необходим их тщательный анализ. Одним из основных методов анализа является рассмотрение дефекта методом поперечного разреза корпуса по месту дефекта (методом шлифа) [5]. При этом корпус заливают компаундом и после затвердевания шлифуют с применением алмазных паст до того места корпуса, который необходимо рассмотреть в поперечном разрезе.

Поскольку изготовление шлифов достаточно трудоемкий и длительный процесс, нами было использовано устройство механического излома корпусов. Данное устройство позволяет быстро и легко получить излом с достаточной точностью.

Для рассмотрения дефектов использовался стенд оптического анализа, разработанный на базе проекционного микроскопа Е, который предназначен специально для проведения визуального контроля под микроскопом во время различных рабочих процессов при производстве микроэлектронных конструктивных элементов.

Что бы понять природу выделенных нами дефектов, были рассмотрены физико-химические процессы, протекающие при обжиге изделий, поскольку обжиг керамических изделий является одним из определяющих стадий технологического процесса. Как правило, в массовом производстве стремятся привести свойства полуфабрикатов к заданным параметрам с тем, чтобы обжиг проводить при одних и тех же условиях [6].

При вжигании металлизации происходят сложные физико-химические процессы, в результате которых образуется плотное спекшееся покрытие, имеющее прочное сцепление с керамической платой. Существует несколько теорий образования прочной связи металлизации с керамикой, из которых наиболее распространенные - теория химического взаимодействия и теория миграции стеклофазы керамики в металлизацию. Обе теории являются верными, но каждая из них рассматривает лишь одну из стадий образования прочного сцепления металлизации с керамикой. Для рассматриваемого нами случая вольфрамовой металлизации наибольшую роль играет миграция стеклофазы.

Проникновение стеклофазы керамики в поры металлизации под действием капиллярных сил зависит от количества и вязкости стеклофазы в керамике, а также от размеров капилляров - пор в металлизации и от среднего расстояния между частицами Al_2O_3 в областях керамики под металлизацией. Миграция стеклофазы в металлизацию зависит также от его угла смачивания вольфрамовых стенок капилляров - пор в металлизации. В свою очередь угол смачивания зависит от степени окисленности стенок капилляров, причем стеклофаза лучше смачивает окисленный вольфрам. Таким образом, при совместном обжиге, металлизации и керамики происходит жидкофазное спекание вольфрамовой металлизации. Последовательное описание всех процессов, происходящих при жидкофазном спекании, практически исключено в связи с тем, что кинетика уплотнения и формирования твердофазного вольфрамового скелета металлизации определяются многими процессами, происходящими одновременно и во взаимосвязи. Поэтому в качестве модели процесса жидкофазного спекания металлизации был принят процесс твердофазного спекания ее металлического скелета, рассмотрев в конце специфическое влияние стеклофазы на процесс спекания [7].

Наиболее наглядно происходит внутреннее спекание металлизации, когда в результате спекания равномерно распределенные в металлизационной пасте зерна вольфрамового порошка превращаются в систему из плотносспекшихся областей, соединенных между собой мостиками. Причем средние размеры этих областей существенно превышают средние размеры частиц вольфрама. В данном случае в роли затравочного кристаллика служат наиболее крупные частицы вольфрамового порошка, которые вводятся в металлизационную пасту в виде крупной фракции.

Как уже указывалось, миграция стеклофазы в металлизацию зависит от его угла смачивания вольфрамовых стенок капилляров-пор в металлизации, и в свою очередь угол смачивания зависит от степени окисленности стенок капилляров, причем стеклофаза гораздо лучше смачивает окисленный вольфрам. Степень окисленности пор в металлизации зависит от содержания паров воды в поступающем в печи спекания формир-газа. Пары воды в печи спекания разлагаются на молекулы водорода и кислорода, получившийся кислород окисляет вольфрам. Процессы, происходящие в металлизации определенной толщины в печи спекания, относятся к окислительно-восстановительным гетерогенным реакциям на стенках пор и на поверхности металлизации. Как и для всякой гетерогенной реакции, для реакции окисления и восстановления существуют лимитирующие стадии процесса. Если для реакции

окисления вольфрама кислородом лимитирующей стадией является скорость реакции окисления, то для реакции восстановления окислов вольфрама водородом лимитирующей стадией является отвод продуктов реакции. Т.к. отвод продуктов реакции восстановления вольфрама свежими порциями водорода из глубинных слоев металлизации затруднен, глубинные слои более окислены, чем близлежащие к поверхности, причем скорее всего сама поверхность металлизации и непосредственно примыкающие к ней слои металлизации находятся в восстановленном состоянии, и соответственно, стеклофазой практически не смачиваются. Таким образом, в металлизации приповерхностные слои на какую-то глубину не пропитаны стеклофазой, и так же поэтому стеклофаза не заливает поверхность металлизации, что привело бы к невозможности осаждения химического никеля на эту поверхность.

Стеклофаза заполняет зазоры между твердыми частицами, и, таким образом, играет роль жидкой смазки, которая облегчает взаимное перемещение частиц, приводящее к уплотнению прессовки, т.е. облегчает внешнее спекание. Причем стеклофазой заполняются не все поры, а только удовлетворяющие определенным условиям. Поры, которые больше или меньше оптимальных, стеклофазой заполнятся не будут, внося свой вклад в ослабление связи металлизации с керамикой, т.к. в общем, эта связь зависит от количества стеклофазы в металлизации.

Состав и качество стеклообразующей компоненты в керамике обеспечивают кварцевый песок, тальк, известь, цирконовый концентрат, намог с мелющих тел и с футеровки, а также «растворившийся» в процессе спекания глинозем. Проникновение стеклофазы керамики в поры металлизации под воздействием капиллярных сил зависит от количества и вязкости стеклофазы, размеров капилляров пор металлизационного слоя, угла смачивания стеклофазой вольфрамовых стенок капилляров-пор в металлизационном слое, среднего расстояния между частицами в областях керамики под металлизационным слоем. В свою очередь свойства металлизированного слоя зависят от «активности» металлизации к спеканию, т.е. размеров частиц используемых вольфрамовых порошков, формы частиц, степени их окисленности и наличия химических примесей [8].

Качество связи, согласованности металлизации с керамикой определялось измерением величины прогиба металлизированного с одной стороны керамического диска диаметром 30 мм после спекания [9]. Проблема согласованности металлизации и керамики заключается в том, что керамика и металлизация имеют разные коэффициенты усадки. Один материал, усаживаясь в процессе обжига больше другого, "изгибает" его. Полученные результаты подтвердили влияние количества стеклообразующей компоненты на качество металлокерамического спая.

О размерах капилляров в металлизационном слое, об активности к спеканию вольфрамовой металлизации судили по показателям гранулометрического распределения вольфрамовых порошков в пасте и показателю удельной поверхности пасты. Измерения проводились на лазерном гранулометре «Микросайзер» путем растворения для анализов небольшого количества пасты в изопропиловом спирте [10].

Интерпретация результатов. В ходе выполнения работы были определены следующие конструкторско-технологические факторы, влияющие на появление дефектов:

1. Соотношение коэффициента термического расширения и усадки при спекании металлизации и керамики.
2. Содержание основной стеклообразующей компоненты (SiO_2) в составе керамической массы.

3. Гранулометрический состав металлизационной пасты (смеси вольфрамовых порошков) по фракциям и пористость металлизационного покрытия.

Таким образом, методами обеспечения качества металлоке-рамических корпусов являются пути воздействия на факторы, определяющие эти дефекты:

1. Повышение согласованности металлизации с керамикой;
2. Оптимизация гранулометрического состава вольфрамовых порошков и снижение пористости металлизационного слоя;
3. Снижение "активности" металлизационной пасты;
4. Оптимизация содержания в керамической массе основного стеклообразующего компонента в виде двуокиси кремния.

Выводы.

1. Предложена оригинальная методика анализа и исследования дефектов МКК.
2. Определены основные конструкторско-технологические факторы, определяющие надежность МКК, предложены методы обеспечения их качества.

Список литературы

1. Технология деталей РЭА: учеб. пособие для ВУЗов / Ушакова С.Е., Сергеев В.С., Ключников А.В., под ред. Ушаковой С.Е. – М. Радио и связь, 1986.
2. Белинская Г.В., Выдрик Г.А. Технология электровакуумной и радиотехнической керамики. – М.: Энергия, 1977.
3. Технология электрокерамики / Масленникова Г.Н., Харитонов Ф.Я., Костюков Н.С., и др.; Под ред. Масленниковой Г.Н. – М.: Энергия, 1974.
4. Топфер. М. Микроэлектроника толстых пленок. – М.: Мир, 1973. – 260 с.
5. Испытание материалов. Справочник под ред. Х.Блюменауэра. – М.: Металлургия, 1979.
6. Гегузин Я. Е. Физика спекания. – М.: Наука, 1984.
7. Кипарисов С. С., Лебенсон Г. А. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия. 1980.
8. Керамика и ее спай с металлом в технике / Преснов В.А., Любимов М.П. и др.; под ред. В.А. Преснова и Н.А.Июфиса. – М.:Атомиздат,1969.
9. Передреева М.А., Егшин В.В. Проблема согласования усадочных свойств металлизационного слоя и подложки при производстве металлокерамических плат // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2008. – № 2. – С. 68-75.
10. Готра З.Ю., Николаев И.М. Контроль качества и надежность микросхем: учебник для техникумов. – М.: Радио и связь, 1989.

METHODS OF QUALITY METAL CASE FOR INTEGRATED CIRCUITS

Egoshin Valerevich, Vladimir Pavlov, Evgeni Petrovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Considered design and technological factors affecting the appearance of defects in sintered bodies (ICC) for integrated circuits, identified defects have the greatest impact on the reliability of the IWC, found ways and means to ensure the quality of the IWC.

Keywords: metal-ceramic housing for integrated circuits, design and technological factors, defects, reliability and quality.

УДК 621.391

ВЫДЕЛЕНИЕ КОНТУРА 3D ОБЪЕКТА ПО ЕГО ПРОЕКЦИЯМ

Ерусланов Руслан Валентинович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
krtmbs@volgatech.net

Рассматривается подход к выделению контура 3D объекта, связывающий задачу выделения контура трехмерного объекта с решением задачи получения контура плоского объекта. Предлагаемое решение основывается на свойстве инцидентности точек трехмерного объекта и их проекций на подстилающую поверхность.

Ключевые слова: 3D контур; 3D объект; реконструкция; проекции.

Введение. В настоящее время при решении задач обработки изображений исследователи работают с контурами изображений, которые располагаются на двумерной плоскости. В этом случае контур объекта является замкнутой линией, проходящей по границе объекта, описывающей форму этого объекта, а также являющейся его градиентом [1]. На рис. 1. показано, что контур делит изображение на два подмножества: точки фона и точки объекта.

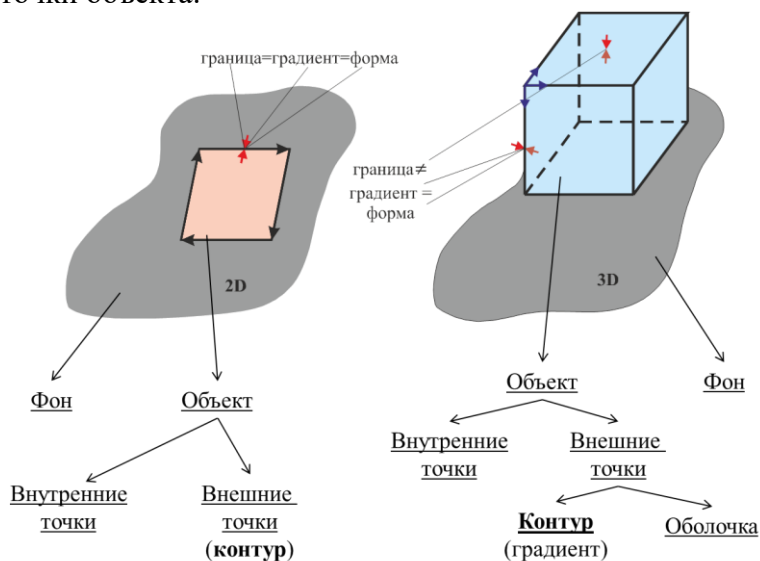


Рис. 1. 2D и 3D контур

Задача получения контура плоских двумерных изображений достаточно хорошо проработана и известна [2]. В случае с контуром трехмерного объекта всё не так просто и очевидно. Контур трехмерного объекта описывает его форму, он образован граничными точками, в которых наблюдается рост градиента нормалей образующих трехмерный объект плоскостей. Сложность определения контура трехмерного объекта вызвана следующими проблемами: не все граничные точки трехмерного объекта являются контурными, например, поверхность грани, неизвестен порядок обхода точек (разветвления при обходе контура) и другие. Необходимость получения контура 3D

объекта вызвана многими практическими вопросами: решение задач распознавания 3D объектов, оценка поворота, масштаба и другие. Но, несмотря на значительный интерес исследователей, практически полезные способы выделения контура 3D объекта непосредственно из объекта пока не исследованы. Таким образом, сложилась ситуация, когда задача хорошо проработана на двумерной плоскости, но не реализована в трехмерном пространстве.

Цель работы: разработка такого подхода к выделению контура 3D объекта, который бы связал задачу выделения контура трехмерного объекта с решением задачи получения контура плоского объекта. Предлагаемое решение основывается на свойстве инцидентности точек трехмерного объекта и их проекций на подстилающую поверхность [3].

Решаемые задачи: 1) исследование процесса формирования проекций (теней) трехмерного объекта на подстилающую поверхность; 2) выявление связи между задачей выделения контура 3D объекта и задачей выделения контуров проекций объекта на плоскую подстилающую поверхность.

Техническое моделирование. Изображения проекций 3D объекта на подстилающую поверхность могут быть разными по происхождению и фиксироваться техническими устройствами различного назначения. Ими могут быть изображения теней объектов, отбрасываемых при освещении источником света (например, Солнцем), снимки видеокамеры летательного аппарата при движении над поверхностью. Информация о векторе проецирования считается известной. Направление падающих лучей Солнца с достаточной точностью рассчитывается при известных данных времени и географических координатах [4]. Положение летательного аппарата и его видеокамеры при его движении фиксируется разного рода датчиками.

Анализ процесса формирования изображения проекции показывает, что он аналогичен процессу модуляции объектом светового потока. Проекция является своего рода «тенью» объекта на подстилающую поверхность. При этом переход от фона подстилающей поверхности к проекции сопровождается скачком яркости. Край, в общем случае, хорошо очерчен и характеризуется высоким отношением сигнал/шум. Контур содержит информацию о точках с высоким градиентом (о граничных точках проецируемого объекта). Следовательно, *форма проекции отражает часть формы самого 3D объекта*. Например, прямолинейные фрагменты объекта порождают прямолинейные фрагменты на проекции, а фрагменты в виде вершин углов объекта проецируются как фрагменты в виде углов на проекции (рис. 2).

Именно этими факторами объясняется возможность построения контура 3D объекта по форме его проекций. К недостаткам подобного подхода можно отнести то, что теряется информация о внутренних точках проекций, не влияющих на его форму, а к достоинствам - повышается скорость работы, за счёт сокращения количества обрабатываемой информации. Аппарат выделения и прослеживания контура достаточно хорошо проработан в рамках математического аппарата контурного анализа [1].

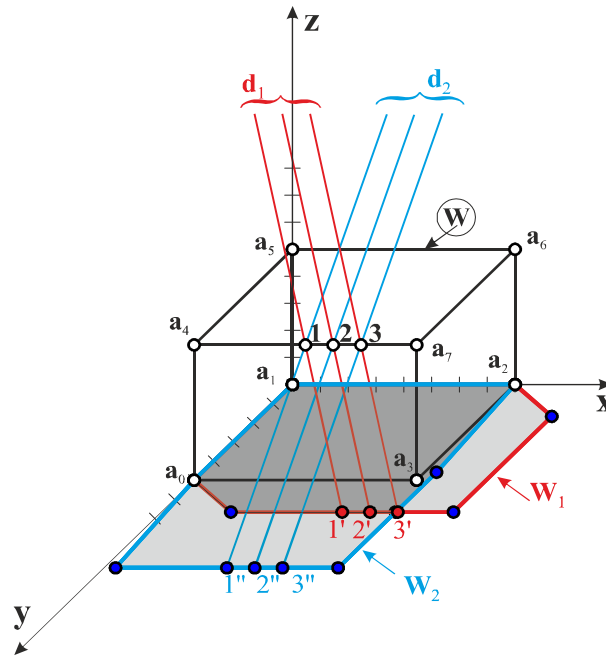


Рис. 2. Свойство инцидентности точек 2D и 3D контуров

Обратная задача восстановления координат точек 3D объекта сводится к проблеме поиска сопряжённых точек трехмерного объекта на его плоских проекциях. Сопряжённые точки – это все точки разных проекций, которые получены проецированием одной общей точки на объекте. К настоящему моменту сложились основные подходы к её решению, и они в той или иной степени обладают определёнными недостатками, поскольку работают в режиме поточечной обработки изображений[5], которых лишены используемые нами контура проекций.

Рассмотрим механизм формирования проекции. При формировании проекции объекта точки его поверхности проецируются на подстилающую поверхность вдоль линии визирования [6]. В идеальном случае, лучи визирования, проведённые из двух сопряженных точек, пересекаются в исходной 3D точке. В действительности, расстояние между лучами не будет равно нулю. Поэтому, для контроля этой ошибки, используется метод контроля величины ошибки восстановления для двух сопряженных точек. Суть метода заключается в формировании линии пересечения собственных плоскостей анализируемых точек, одна из точек которых называется опорной, а другая комплементарной. Координаты $l_1 = l_{11}\mathbf{i} + l_{12}\mathbf{j} + l_{13}\mathbf{k}$ и $l_2 = l_{21}\mathbf{i} + l_{22}\mathbf{j} + l_{23}\mathbf{k}$ точек пересечения лучей, проведённых из опорной и комплементарной точек вдоль линий визирования равны

$$\begin{aligned} l_{11} &= a_1 d_{11}^{(0)} + m c_{11}; & l_{12} &= a_1 d_{12}^{(0)} + m c_{12}; & l_{13} &= a_1 d_{13}^{(0)}; \\ l_{21} &= a_2 d_{21}^{(0)} + n c_{21}; & l_{22} &= a_2 d_{22}^{(0)} + n c_{22}; & l_{23} &= a_2 d_{23}^{(0)}; \end{aligned}$$

где

$$a_1 = \frac{m c_{12} w_3}{w_2 d_{13}^{(0)} - w_3 d_{12}^{(0)}}; \quad a_2 = \frac{n c_{22} w_3}{w_2 d_{23}^{(0)} - w_3 d_{22}^{(0)}},$$

m и n – коэффициенты, задающие положения точек на векторах $\mathbf{c}_1$ и $\mathbf{c}_2$, из которых восстановлены лучи к полюсам. Поиск точек $m_{cp}\mathbf{c}_1$ и $n_{cp}\mathbf{c}_2$, сопряженных с некоторой точкой w_{mn} на поверхности 3D объекта, выполняется на базе соотношения $\Delta_{12} = |\mathbf{l}_1 - \mathbf{l}_2|$. При $\Delta_{12} \leq \beta_0$ точки $m = m_{cp}$ и $n = n_{cp}$ принимаются в качестве сопряженных с 3D точкой w_{mn} , где β_0 – назначены из условия получения заданной точности порог. Расстояние между точками пересечения $\Delta_{12} \leq \beta_0$ является ошибкой восстановления и контролируется. Координата восстановленной точки выбирается из среднего точек пересечения.

Анализ поля расстояний, формируемого при фиксации опорной точки на одной проекции и произвольном подборе комплементарной точки другой проекции, показывает, что существует полоса, на пересечении которой со второй проекцией расположены точки, сопряженные опорной. Эта линия названа экстремальной линией или эпиполярой. Направляющий вектор $\mathbf{r}_E$ этой линии равен

$$\mathbf{r}_E = [\mathbf{r}_H, \mathbf{r}_{XOY}],$$

где $\mathbf{r}_H = [\mathbf{d}_1, \mathbf{d}_2]$ – нормаль к плоскости H , а $\mathbf{r}_{XOY} = \mathbf{k}$ – нормаль к плоскости XOY . Отсюда следует: 1) линия проходит через опорную точку $\mathbf{a} \in W_1$, 2), ее угловой коэффициент зависит только от направляющих векторов $\mathbf{d}_1$ и $\mathbf{d}_2$ проецирующих лучей, 3) экстремальные линии на плоскости XOY образуют поле параллельных прямых. Поле параллельных линий, построенное для опорного контура и пары комплементарных контуров проекций, формирует множество сопряженных точек и позволяет восстановить точки с высоким градиентом на поверхности объекта произвольной формы, т.е. получить его контур.

Кроме того, как видно из рис. 2., двумерный контур проекции упорядочивает точки на трехмерном контуре. Это вытекает из свойства инцидентности: упорядоченные точки контура проекции будут сохранять этот порядок для восстановленных точек трехмерного контура объекта.

Техника эксперимента. Эксперимент состоит в формировании исходного набора изображений проекций объекта на подстилающую поверхность с последующим восстановлением его к 3D координат и определением порядка следования 3D точек в соответствии с порядком, указываемым на 2D контурах. Результат работы алгоритма показан на рис. 3.

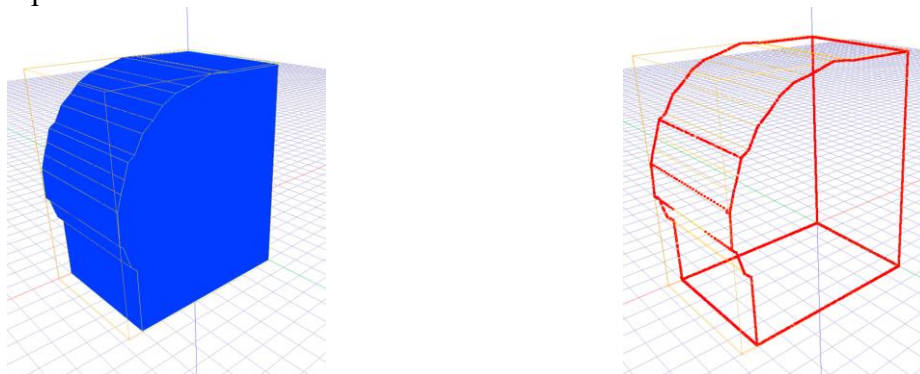


Рис. 3. 3D объект и его 3D контур

Интерпретация результатов. Таким образом, контуры 2D проекций объекта на подстилающую поверхность содержат часть информации о форме 3D объекта. Это позволяет восстановить порядок следования реконструируемых точек 3D объекта и сформировать его 3D контур, удобный для дальнейшей обработки. Разработан подход к выделению контура 3D объекта за счёт сведения решения задачи к решению задачи выделения контуров двумерных изображений проекций.

Выводы. Предложен новый метод выделения контура 3D объекта за счёт сведения решения задачи к решению задачи выделения контуров двумерных изображений проекций.

Список литературы

1. Фурман Я.А., Кревецкий А.В., Передреев А.К. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов. – 2-е изд., испр. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
2. Ерусланов Р.В., Фурман Я.А., Лазарев А.О. Формирование границ плоских перспективных проекций 3D объекта, заданных полями с неравномерной плотностью точек / Вестник Марийского государственного технического университета. – 2010. – №2(9). – С. 66-76.
3. Различение трехмерных изображений / Я.А. Фурман, Р.В. Ерусланов, И.Л. Егошина; под общей ред. проф. Я.А. Фурмана. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2013. – 260 с.
4. Reda I., Andreas A., Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications; Technical report // NREL/TP-560-34302, 2008. URL.: www.nrel.gov/docs/fy08osti/34302.pdf
5. Хорн, Б.К.П. Зрение роботов / Пер. с англ. под ред. Кугушева Е.И., Садова Ю.А. - М.: Мир, 1989. – 487 с., ил.
6. Ерусланов Р. В., Фурман Я.А., Попов Е.А. Восстановление изображения 3D объекта по его перспективным проекциям на плоскую горизонтальную поверхность // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2010. – №2(9). – С. 53-66.

EXTRACTING OF 3D CONTOUR OF OBJECT BY ITS PROJECTIONS

Eruslanov Ruslan Valentinovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola
krtmbs@volgatech.net

The approach to the extracting of 3D contour of the object is considered, which are bound the task of contour extracting of three-dimensional object with a task of flat contour extracting of the object. The proposed solution is based on a property of the incidence of points of three-dimensional object and their projections on the underlying surface.

Keywords: 3D contour; 3D object; reconstruction; projections.

УДК 621.371.25;550.388.2

ВЛИЯНИЕ НА ИМПУЛЬСНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ РАДИОКАНАЛА ЛИНЕЙНОЙ, ПЕРИОДИЧЕСКОЙ И СТОХАСТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДИСПЕРСИИ

*Иванов Владимир Алексеевич, Иванов Дмитрий Владимирович,
Михеева Надежда Николаевна*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
MiheevaNN@volgatech.net

Представлена модель частотной дисперсии набега фазы в случае, когда средой распространения электромагнитных колебаний является ионосфера Земли. Выделены три ее составляющие: линейная, периодическая и стохастическая. Методом вычислительного эксперимента исследовано их влияние на искажения импульсной характеристики ионосферных ВЧ каналов с различными полосами и средними частотами.

Ключевые слова: широкополосный радиоканал; стохастическая частотная дисперсия; искажения; дисперсионная характеристика; импульсная характеристика.

Введение. Радиосигналы при распространении в ионосфере испытывают искажения. Это обусловлено, в частности, наличием частотной дисперсии радиоканала и стохастических процессов в нем. Исследованию зависимости импульсной характеристики радиоканала от регулярной дисперсии посвящено большое число работ [1, 2]. Задача изучения влияния стохастической составляющей частотной дисперсии на искажения импульсной характеристики является актуальной.

Цель работы: исследовать влияние частотной дисперсии фазы на импульсную характеристику канала распространения широкополосных радиосигналов в ионосфере в случае, когда дисперсия представляет собой сумму линейного, периодического и стохастического процессов.

Решаемые задачи: 1) исследовать влияние параметров различных составляющих нерегулярной дисперсии на форму импульсной характеристики радиоканала; 2) провести вычислительный эксперимент по определению приемлемых значений масштаба и амплитуды периодической составляющей дисперсионной характеристики; 3) методом вычислительного эксперимента определить диапазон изменения значений параметров стохастической составляющей дисперсии, имеющей нормальный закон распределения.

Математическое моделирование. Рассмотрим аналитическую модель нерегулярной дисперсионной характеристики (ДХ) следующего вида:

$$\tau(f) = \bar{\tau}(f) + \delta_{\tau} \sin\left(\frac{2\pi f}{F_{\tau}}\right) + \tau_s(f) \quad (1)$$

где $\bar{\tau}(f) = s \cdot (f - \bar{f}) + \bar{\tau}$ – линейная регулярная ДХ с наклоном s , δ_{τ} – амплитуда, а F_{τ} – масштаб периодической регулярной составляющей ДХ, $\tau_s(f)$ – стохастическая дисперсия, задаваемая как нормальный случайный процесс с параметрами: $\langle \bar{\tau}_s(\bar{f}) \rangle = 0$ и $\langle \tau_s^2(\bar{f}) \rangle = \sigma_{\tau}^2 > 0$.

В [3] установлено, что линейная составляющая ДХ влияет на ширину пьедестала импульсной характеристики (ИХ) радиоканала. Он имеет вид пика или прямоугольника в зависимости от наклона s ДХ, средней частоты $\bar{f}$ и полосы Δf радиоканала. С увеличением наклона ДХ и полосы радиоканала пик на графике ИХ расширяется и приобретает форму прямоугольника.

Также известно, что при наличии в диспергирующем канале нескольких стационарных точек типа экстремум и перегиб ДХ, и его ИХ будет содержать столько же пиков. При этом условия разрешимости пиков на пьедестале ИХ для каналов с полосой Δf при заданном значении наклона s регулярной составляющей ДХ имеют вид:

$$n_{\max} \leq \left[\Delta f \cdot \sqrt{\frac{s}{1.3}} \right], \quad (2)$$

где $n_{\max}$ – максимальное количество пиков на пьедестале ИХ.

Периодическая составляющая ДХ приводит к образованию пиков на пьедестале ИХ, причем их количество зависит от наклона ДХ и полосы радиоканала [4]. Определив по формуле (2) максимальное количество пиков $n_{\max}$ на ИХ, можно задать значение масштаба F_τ периодической составляющей для заданной полосы Δf радиоканала: $F_\tau = \frac{\Delta f}{n_{\max}}$. При этом на полосу частот приходится в два раза больше точек экстремума ДХ и точек перегиба ее графика.

На рис.1 приведен пример ДХ вида (1) и ИХ без учета стохастической составляющей ДХ для радиоканала полосы 1МГц и со средней частотой 0.9МГц. Наклон ДХ $s = 55$, число стационарных областей на ДХ и пиков на ИХ $n = 6$ и масштаб периодической составляющей $F_\tau = \frac{1}{6}$.

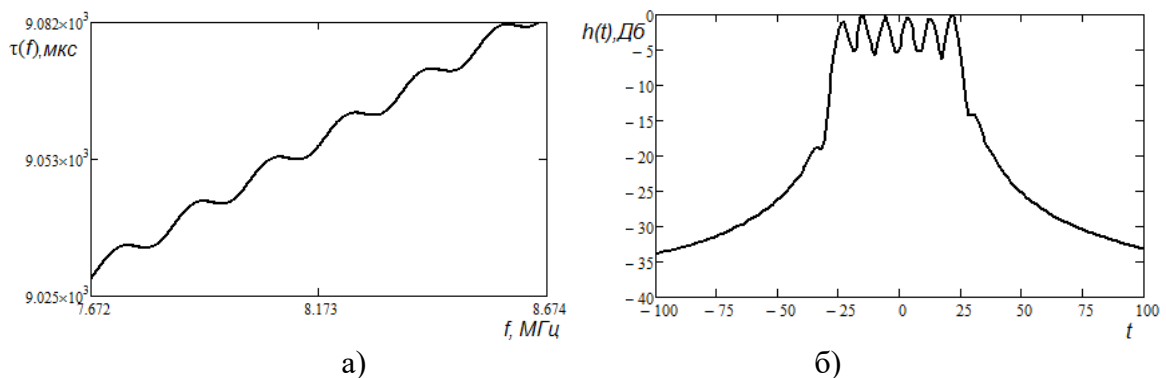


Рис. 1. Дисперсионная (а) и импульсная (б) характеристики радиоканала с учетом линейной и периодической составляющих дисперсионной характеристики

Амплитуда δ_τ периодической составляющей ДХ также зависит от наклона ДХ и полосы частот радиоканала. Эта зависимость имеет вид $\delta_\tau \geq \frac{s \Delta f}{2\pi n}$. Амплитуда δ_τ влияет на вид ИХ. С увеличением δ_τ изменяются вид прямоугольного пьедестала ИХ (он выпрямляется) и длина пиков на нем (они становятся длиннее). На рис.2 приведе-

ны примеры ИХ без учета (пунктирная линия) и с учетом периодической составляющей ДХ (сплошная линия) для $\delta_\tau = 2$ (рис.2а), $\delta_\tau = 4$ (рис.2б) и $\delta_\tau = 5$ (рис.2в). Стохастическая составляющая ДХ при этом не учитывалась. Видно, что в первом случае уровень пиков составляет ~ 5 Дб, во втором – ~ 10 Дб, в третьем – ~ 12 Дб.

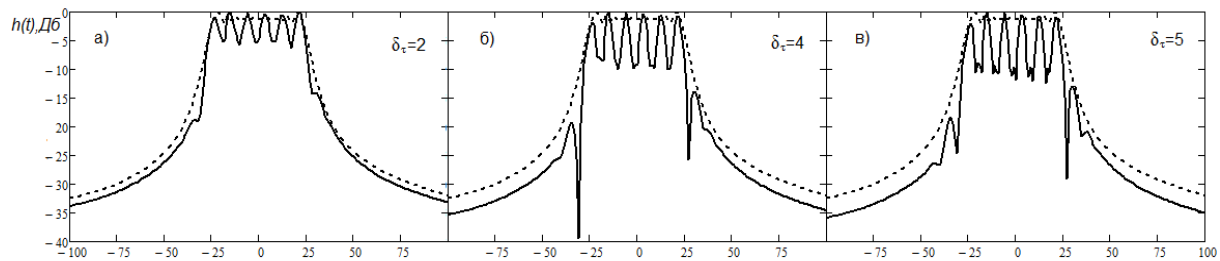


Рис.2. Вид импульсной характеристики радиоканала в зависимости от амплитуды периодической составляющей дисперсионной характеристики (пунктирная линия – ИХ без учета периодической составляющей, сплошная линия – с учетом периодической составляющей)

С помощью вычислительного эксперимента проведено исследование влияния стохастической дисперсии на пики ИХ, полученной для ДХ вида (1). Стохастическая дисперсия приводит к зашумлению ИХ, причем, чем больше значение параметра σ_τ , тем выше уровень шума. На рис. 3 приведен пример ИХ с учетом стохастической дисперсии.

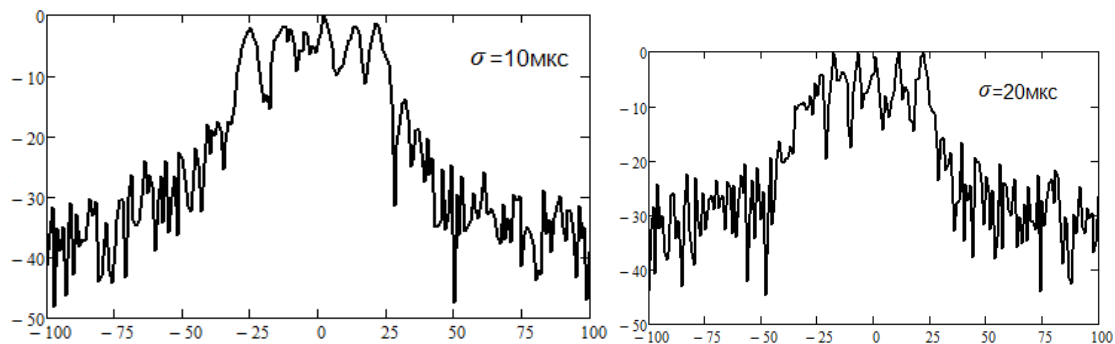


Рис.3. Влияние стохастической дисперсии на импульсную характеристику радиоканала

Техника эксперимента. Исследование влияния нерегулярной дисперсии вида (1) на искажения ИХ радиоканала проводилось по методике, предложенной в [5]:

1. Регулярная ДХ $\bar{\tau}$ строится с использованием модели профиля электронной концентрации ионосферы в виде двух параболических слоев (E и F), параметры которых вычисляются по данным модели IRI [6]. В результате вычислений получаем набор точек $(f; \bar{\tau})$.

2. С помощью метода наименьших квадратов на полосе частот $[f_1; f_2]$ шириной 0.1 – 1 МГц регулярную ДХ аппроксимируется линейной функцией $\bar{\tau}_1 = af + b$.

3. Полоса частот $[f_1; f_2]$ разбивается на частичные отрезки точками $f_i = f_{i-1} + h$, где $h = \frac{f_2 - f_1}{N}$, $i = 1, 2, \dots, N$, (N – число точек разбиения, причем $N = 2^k$, $k \in \mathbb{N}$). На

каждом отрезке вычисляются значения линейной функции $\bar{\tau}_1(f_i)$.

4. Вычисляются значения регулярной ДХ как сумма значений линейной ДХ и периодической ДХ: $\bar{\tau}(f_i) = \bar{\tau}_1(f_i) + \delta_\tau \sin\left(\frac{2\pi f_i}{F_\tau}\right)$.

5. Стохастическая ДХ $\tau_s(f)$ задается нормальным случайным процессом путем генерирования N случайных чисел, имеющих нормальное распределение с параметрами $\langle \bar{\tau}_s \rangle = 0$ и $\sigma_\tau > 0$.

6. Отсчеты нерегулярной ДХ $\tau(f)$ радиоканала получаются как сумма значений регулярной ДХ и стохастической компоненты: $\tau(f_i) = \bar{\tau}(f_i) + \tau_s(f_i)$.

7. Численными методами вычисляется фазо-частотная характеристика радиоканала $\varphi(f) = 2\pi \int_{f_1}^f \tau(f) df$ в виде набора точек.

8. При помощи быстрого преобразования Фурье над полученной частотной характеристикой определяется ИХ $h(t)$ и строится ее график.

Интерпретация результатов. Моделирование проводилось для радиотрассы Кипр-Йошкар-Ола по сезонам. Рассматривались радиоканалы с полосами шириной 0.3, 0.5, 0.8 и 1 МГц, со средними частотами, равными 0.5 МПЧ, 0.7 МПЧ и 0.9 МПЧ. Амплитуда δ_τ нерегулярной дисперсии была взята равной $\delta_\tau = 2$.

В [5] было установлено, что для радиоканалов с полосой 1 МГц ИХ имеет вид пика на полосе вблизи 0.5 МПЧ, для частот вблизи 0.7 МПЧ и 0.9 МПЧ прямоугольный пьедестал на ИХ наблюдается в вечерние и ночные часы, пик – в остальное время суток.

Поэтому для радиоканалов со средней частотой, равной 0.5 МПЧ, исследование проводилось только для полосы 1 МГц. Полученные результаты сведены в таблицу.

Результаты вычислительного эксперимента по исследованию влияния стохастической дисперсии на пики импульсной характеристики радиоканалов с различной полосой пропускания и с различными средними частотами

полоса канала	0.9 МПЧ			0.7 МПЧ			0.5 МПЧ		
	s, мкс	n	σ, мкс	s, мкс	n	σ, мкс	s, мкс	n	σ, мкс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
весна									
1 МГц	55.015	6	20	16.604	3	16	1	1	25
0.8 МГц	54.315	5	22	16.581	2	24	-	-	-
0.5 МГц	53.386	3	24	16.477	1	40	-	-	-
0.3 МГц	53.187	1	55	16.532	1	60	-	-	-
лето									
1 МГц	38.215	5	20	11.895	3	16	0.277	1	15
0.8 МГц	37.738	4	26	11.903	2	22	-	-	-
0.5 МГц	37.255	2	36	11.912	1	40	-	-	-
0.3 МГц	36.837	1	60	12.22	1	60	-	-	-
осень									
1 МГц	59.888	6	16	18.015	3	16	3.064	1	14

Окончание таблицы

полоса канала	0.9МГц			0.7МГц			0.5МГц		
	S, мкс	n	σ , мкс	S, мкс	n	σ , мкс	S, мкс	n	σ , мкс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.8МГц	58.409	5	20	18.37	3	24	-	-	-
0.5МГц	56.876	3	36	17.618	1	38	-	-	-
0.3МГц	56.411	1	70	17.902	1	56	-	-	-
зима									
1МГц	51.555	6	20	15.49	3	20	1.726	1	18
0.8МГц	50.598	4	24	15.368	2	32	-	-	-
0.5МГц	50.436	3	30	15.485	1	36	-	-	-
0.3МГц	48.229	1	68	14.967	1	50	-	-	-

По полученным данным можно заключить, что с уменьшением полосы радиоканала увеличивается значение параметра σ_r , при котором пики на ИХ различимы. При этом для каналов с полосой 0.3 МГц значение σ_r достаточно велико: $\sigma_r \geq 50$ мкс, для каналов с полосой 0.5 МГц σ_r изменяется в диапазоне от 24 до 45 мкс, для каналов с полосой 0.8 МГц – от 20 до 32 мкс, а для каналов с полосой 1 МГц – от 14 до 25 мкс.

Выводы.

1. Исследовано влияние линейной, периодической и стохастической частотной дисперсии на искажения ИХ радиоканала. Установлено, что форма ИХ зависит от полосы, средней частоты радиоканала, от наклона регулярной ДХ, наличия на ней стационарных точек и величины СКО стохастической дисперсии. При этом первые три фактора влияют на ширину пьедестала ИХ, четвертый приводит к образованию пиков на пьедестале ИХ, а последний – к образованию шумового пьедестала.

2. Увеличение амплитуды периодической составляющей регулярной ДХ приводит к удлинению пиков ИХ. При этом пики различимы, когда значения амплитуды принадлежат диапазону 1~5 мкс.

3. Наличие стохастической составляющей дисперсии, имеющей нормальный закон распределения с нулевым первым моментом, приводит к зашумлению радиоканала. Радиоканал с полосой 1МГц разрушается, если значения СКО закона распределения превышают 25 мкс, а радиоканалы с полосами 0.3, 0.5 и 0.8 МГц – при значениях СКО более 70, 45 и 32 мкс соответственно.

Список литературы

1. Иванов Д.В., Иванов В.А., Михеева Н.Н., Рябова М.И. Исследование регулярной и стохастической дисперсии в ионосферных широкополосных высокочастотных радиоканалах // Нелинейный мир, 2012. – №10. – С. 678-686.
2. Иванов Д.В. Искажения в ионосфере дециметровых сигналов с псевдослучайной рабочей частотой // Радиотехника и электроника, 2006. – Т.51. – №7. – С. 807-815.
3. Иванов Д.В. Методы и математические модели исследования распространения в ионосфере сложных дециметровых сигналов и коррекции их дисперсионных искажений: монография. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 268 с.
4. Михеева Н.Н. Особенности частотной дисперсии в широкополосных ионосферных высокочастотных радиоканалах канала // Вестник Поволжского государственного технологического университета: Сер: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2012. – №2. – С. 83-93.

5. Иванов В.А., Иванов Д.В., Михеева Н.Н., Эпаев А.Н. Влияние стохастически нерегулярной дисперсии на характеристики широкополосного высокочастотного канала // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер: Радиотехнические и информационные системы, 2011. – №1. – С. 31-38.

6. International Reference of Ionosphere. – Режим доступа: <http://iri.gsfc.nasa.gov> свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 25.03.2010).

INFLUENCE OF THE PULSE CHARACTERISTIC OF THE RADIO CHANNEL OF THE LINEAR, PERIODIC AND STOCHASTIC COMPONENTS OF DISPERSION

*Ivanov Vladimir Alekseevich, Ivanov Dmitry Vladimirovich,
Mikheeva Nadezhda Nikolaevna*

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The model of the frequency dispersion of phase incursion in case when the ionosphere of the Earth is the propagation medium of electromagnetic oscillation are presented. Its three components are singled out: linear, periodic and stochastic. By a computational experiment method the influence of the components on the distortion of pulse response of ionospheric HF channels with various bands and frequencies is investigated.

Key words: broadband radio channel, stochastic frequency dispersion, distortions, dispersion characteristic, impulse characteristic

УДК 621.391

ФИЛЬТРАЦИЯ РИТМОВ ЭЭГ МЕТОДАМИ КОНТУРНОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ ОБНАРУЖЕНИЯ МЮ-РИТМОВ

Севастьянов Виктор Викторович¹, Иванов Константин Олегович²

¹ГБУ РМЭ Центр патологии речи и нейрореабилитации, Россия, Йошкар-Ола

²ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
krtmbs@volgatech.net

Предлагается способ обнаружения мю-ритмов в сигнале ЭЭГ по его периодограммной оценке спектральной плотности мощности. Сигнал ЭЭГ изначально представляется в виде последовательности векторов.

Ключевые слова: спектральная плотность мощности; мю-ритм; электроэнцефалограмма; периодограмма.

Введение. Электроэнцефалография представляет собой метод исследования головного мозга, основанный на регистрации биоэлектрической активности его зон, долей, областей. Важнейшей характеристикой ЭЭГ является ширина её спектра. В соответствии с перцепторными возможностями человека при анализе ЭЭГ выделяют несколько диапазонов частот – альфа, бета, дельта и гамма ритмы. В 1952 г. был открыт мю-ритм, который представляет собой колебания аркообразных волн с частотой 7-11 Гц и амплитудой не больше 50 мкВ [1]. Мю-ритм активизируется во время психического напряжения, также его можно наблюдать у слепых людей. В представленной работе предложен способ фильтрации сигнала ЭЭГ, содержащего мю-ритм, представленного в виде множества векторов на комплексной плоскости. Далее на основании построения характери-

стик энергетического спектра[2] и данных последних исследований в области электроэнцефалографии делается вывод о наличии мю-ритма в сигнале.

Цель работы: исследовать возможность цифровой фильтрации контурной модели сигнала ЭЭГ на примере обнаружения мю-ритмов.

Решаемые задачи: 1) разработка программной модели для возможности получения цифровых отсчетов сигнала ЭЭГ по его растровому изображению; 2) разработка метода цифровой фильтрации контурной модели сигнала ЭЭГ, представленной в комплекснозначном коде; 3) статистическая обработка сигнала ЭЭГ с целью установления закона распределения; 4) получение характеристик спектральной плотности мощности сигнала с целью обнаружения мю-ритмов.

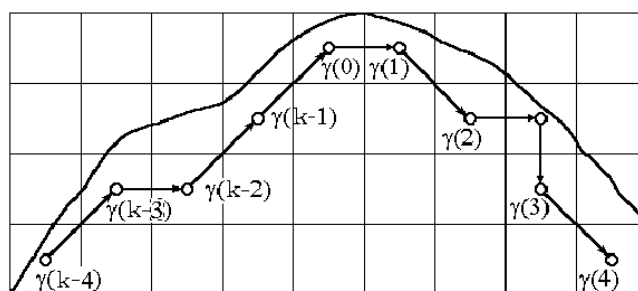


Рис.1. Задание контура элементарными векторами

Математическое моделирование. Для описания сигнала ЭЭГ использовалась его контурная модель, представленная в виде набора элементарных векторов. Элементарный вектор (ЭВ) $\gamma(n)$ – вектор, соединяющий центры или узлы соседних контурных ячеек сетчатки, проведенный в направлении обхода; n – номер этого ЭВ. [3]. В работе изображение сигнала ЭЭГ проецировалось на прямоугольную сетчатку устройства ввода – сканера, после чего происходило его кодирование в виде множества элементарных векторов, как показано на рис. 1. После кодирования сигнала в нем можно выделить частоты, соответствующие сигналу ЭЭГ и подавить шумовые составляющие. Существует несколько подходов к цифровой фильтрации сигналов. Первый подход связан с обработкой сигналов во временной области и базируется на использовании цифровых фильтров. Синтез цифровых фильтров с бесконечной импульсной характеристикой является достаточно трудоемкой задачей, а чтобы обеспечить крутые склоны АЧХ требуется высокой порядок фильтра. Вторым подходом к фильтрации сигналов является обработка сигнала в частотной области. Для этого необходимо выполнить прямое дискретное преобразование Фурье (ДПФ) входного сигнала, которое определено следующим образом:

$$X(k) = T \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nk\right), \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (1)$$

где T – период дискретизации сигнала, N – количество отсчетов, $x(k)$ – входные отсчеты сигнала.

Для контурного сигнала подобное преобразование будет иметь вид:

$$X(k) = \frac{T}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left(\sum_{m=0}^n \gamma(m) \right) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nk\right), \quad (2)$$

где $\gamma(m)$ – m -ый элементарный вектор контура графика ЭЭГ.

Так как известна частота дискретизации сигнала, то можно связать номер отсчета полученного спектра с частотами реальных гармоник, из которых состоит обрабатываемый сигнал:

$$k = \frac{f}{f_0} \cdot N, \quad (3)$$

где f – частота интересующей нас гармоники, которая является составной частью сигнала, f_0 – частота дискретизации сигнала, k – номер отсчета спектра сигнала.

После обратного дискретного преобразования Фурье (ОДПФ) получаем отфильтрованный сигнал. ОДПФ определяется следующим образом:

$$x(n) = \frac{1}{NT} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} nk\right), \quad n=0, \dots, N-1. \quad (4)$$

Достоинством фильтрации сигнала в частотной области является возможность абсолютно полного подавления гармоник сигнала за пределами полосы пропускания, а также возможность подавлять низкочастотные компоненты сигнала – тренды, не прибегая к полиномиальной аппроксимации. К недостаткам можно отнести вычислительную сложность процедуры, а следовательно временные затраты на вычисление, однако в нашем случае время вычисления не было критичным. Полоса пропускания для сигнала ЭЭГ составляла от 0,5 до 40 Гц.

После фильтрации сигнала можно приступить к нахождению его спектральной плотности мощности (СПМ) [4]. В общем случае СПМ сигнала можно определить как

$$P(k) = \frac{1}{NT} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nk\right) \right|^2, \quad k=0, \dots, N-1, \quad (5)$$

которая может быть вычислена по конечной последовательности данных. Это – исходная немодифицированная форма периодограммной оценки СПМ. Выборочный спектр будет давать статистически несостоятельные (т. е. неустойчивые) оценки СПМ, поскольку была опущена операция вычисления математического ожидания. Поэтому для сглаживания периодограммной оценки необходимо применять что-то вроде псевдоусреднения по ансамблю. Перед вычислением периодограммы каждого сегмента этот сегмент обрабатывается с помощью окна данных. Цель применения окна – за счет незначительного ухудшения разрешения ослабить эффекты из-за боковых лепестков и уменьшить смещение оценок. Цель перекрытия сегментов – увеличить число усредняемых сегментов при заданной длине записи данных и тем самым уменьшить дисперсию оценки СПМ [5]. Если запись комплексных данных из $x[0], \dots, x[N-1]$ отсчетов разбита на P сегментов по D отсчетов в каждом со сдвигом S отсчетов между соседними сегментами ($S < D$), то максимальное число сегментов P будет определяться целой частью числа $(N-D)/S+1$. Взвешенный p -й сегмент будет состоять из:

$$x^{(p)}[n] = w[n]x[n+pS] \quad (6)$$

отсчетов, $0 \leq n \leq D-1$, а номер сегмента p лежит в интервале $0 \leq p \leq P-1$, $w(n)$ – функция временного окна. Выборочный спектр взвешенного p -го сегмента в диапазоне частот $-1/2T \leq f \leq 1/2T$ определяется выражением

$$\tilde{P}_{xx}^{(p)}(k) = \frac{1}{UDT} X^{(p)}(k) \left[X^{(p)}(f) \right]^* = \frac{1}{UDT} |X^{(p)}(f)|^2, \quad (7)$$

где

$$X^{(p)}(f) = T \sum_{n=0}^{D-1} x^{(p)}[n] \exp(-j2\pi fnT) \quad (8)$$

- дискретно-временное преобразование p -го сегмента, а

$$U = T \sum_{n=0}^{D-1} \omega^2[n] \quad (9)$$

- энергия дискретно-временного окна. Среднее значение периодограмм взвешенных сегментов дает оценку периодограммы Уэлча:

$$\hat{P}_w(k) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} \tilde{P}_{xx}^{(p)}(k). \quad (10)$$

Техника эксперимента. Исходными данными для работы были фрагменты записей ЭЭГ, выполненные на бумажной ленте, предоставленные Республиканской клинической больницей РМЭ, также мы пользовались изображениями, приведенными в монографии Кропотова «Количественная ЭЭГ. Когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия». Данная монография была опубликована в США, в ней приведены самые последние результаты в области электроэнцефалографии. Для реализации методов цифровой обработки сигналов были получены дискретные отсчеты ЭЭГ по их изображениям. В результате работы было установлено, что для оцифровки сигнала ЭЭГ целесообразно использовать алгоритм Розенфельда [3], далее работать с контурами графиков ЭЭГ. По сравнению с другими алгоритмами, алгоритм Розенфельда не приводит к заикливанию при любых конфигурациях контура, допускает простую реализацию, устойчив к помехам на изображении, так как можно ввести порог на длину контура и мелкие участки изображения не будут классифицироваться как сигнал ЭЭГ. После была произведена статистическая обработка ЭЭГ – локально-однородные участки сигнала проверялись на соответствие нормальному закону распределения по критерию Колмогорова-Смирнова и хи-квадрат Пирсона. По результатам статистической обработки установлено, что более 75 % всех статистически однородных областей не противоречат нормальному закону распределения. Следует отметить, что сигнал ЭЭГ обладает сильной статистической неоднородностью, различные участки ЭЭГ имеют разные 1-е и 2-е моменты.

В ходе работе мы ознакомились с работами ведущих научных школ и с фундаментальными работами в области электроэнцефалографии. Исходя из данных исследований, приведенных в монографии Кропотова «Количественная ЭЭГ. Когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия» центральная частота спектральной плотности мощности сигнала ЭЭГ, содержащего мю-ритм соответствует 10 Гц. Мю-ритм состоит из аркообразных волн амплитудой 50 мВ, регистрируется в центральных или центрально-теменных отделах головы в состоянии бодрствования [1]. В своей работе мы повторили подобное исследование. Фильтрация сигналов осуществлялась в частотной области. Спектральная плотность мощности сигнала оценивалась по методу периодограмм Уэлча. Суть метода состоит в разбиении сигнала на равные перекрывающиеся участки - эпохи, величина перекрытия может меняться, но в нашем случае она всегда составляла 50%. Величина каждого сегмента ЭЭГ составила 50 отсчетов при частоте дискретизации 130 Гц. После каждая эпоха сглаживается с использованием временного окна Ханна, затем вычислялась СПМ для каждой эпохи. Завершающим этапом является усреднение СПМ всего сигнала.

Интерпретация результатов. На основании проведенных исследований центральная частота в спектре мощности сигнала, содержащего мю-ритм, составила 10

Гц, что соответствует данным, приводимым в монографии Кропотова «Количественная ЭЭГ. Когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия». Расчет спектральной плотности мощности производился по формуле (10). После аналого-цифрового преобразования сигнал был представлен в контурном виде, его фильтрация осуществлялась по формуле (2). На рис. 2. представлены графики отведений ЭЭГ, содержащие мю-ритм, на рис. 3. – их спектры мощности.

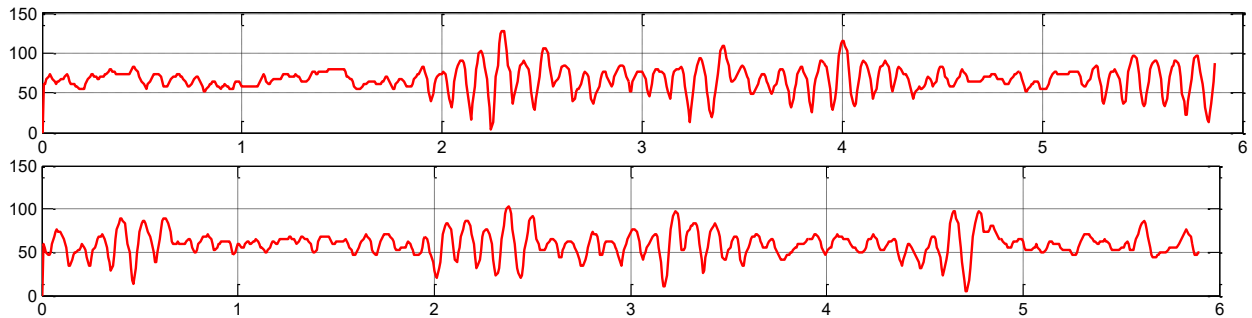


Рис. 2. Сигналы ЭЭГ, содержащие мю-ритм

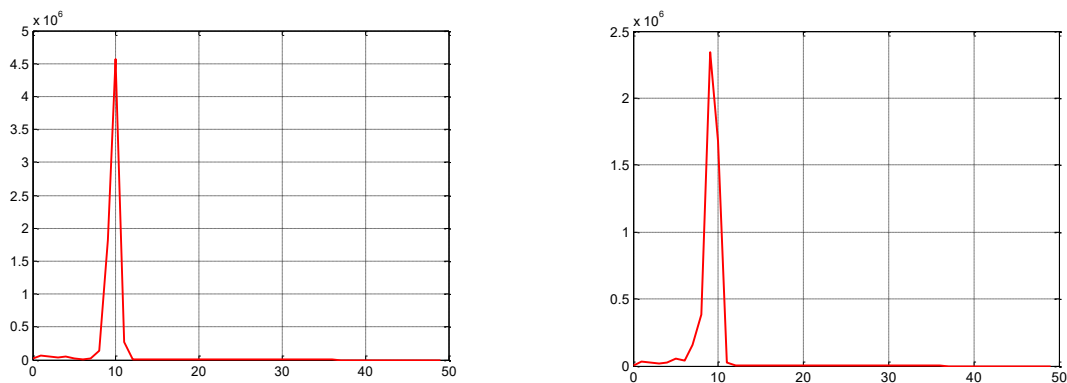


Рис. 3. Спектры мощности сигналов, представленных на рис. 2

Выводы.

1. Произведена статистическая обработка ЭЭГ. Определены законы распределения вероятностей локальных статистически-однородных участков ЭЭГ.
2. Реализован алгоритм оценки спектральной плотности мощности сигнала ЭЭГ с использованием периодограмм.
3. Показана возможность применения методов контурного анализа для оцифровки и анализа аналоговых электроэнцефалограмм.
4. Нарботанные алгоритмы дадут возможность в следующем году решить конкретные задачи, связанные с применением оптимальных методов обработки, в частности раннюю диагностику травм мозга на момент времени, когда в нем еще не наступили органические изменения.

Список литературы

1. Количественная ЭЭГ. Когнитивные и вызванные потенциалы / Кропотов Ю.Д. – Санкт Петербург: ЭЛБИ-СПб, 2010. – 512 с.
2. Асинхронная передача данных с использованием комплекснозначных сигналов с равномерным энергетическим спектром / Хафизов Р.Г., Хафизов Д.Г., Григорьевых Е.А. // Вестник

Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2012. – № 1 (15). – С. 41-50.

3. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я. А. Фурман, А. В. Кревецкий, А. К. Передреев, А. А. Роженцов и др. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 592 с. – ISBN 5-9221-0255-9.

4. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей / Л. Р. Зенков. – 5-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2012. – 356 с.

5. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Марпл С.Л. – М.: Мир, 1990. – 584 с.

THE EEG RHYTHM FILTRATION BY METHODS OF COUNTUR ANALISYS AND THEIR APPLICATIONS FOR MU-RHITHM DETECTION

Sevastianov Viktor Viktorovich¹, Ivanov Konstantin Olegovich²

¹The center of speech pathology and neurorehabilitation

²Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

This dials with the problem of EEG signals processing. Particular attention is given by EEG power spectrum and contour model of EEG signal.

Keywords: EEG power spectrum, mu-rhythm, electroencephalography, periodogram.

УДК 004.93”1

ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА СЛОЖНОМ ФОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕГМЕНТАЦИИ ЛОКАЛЬНО ОДНОРОДНЫХ ОБЛАСТЕЙ

*Уржумов Даниил Владимирович,
Кревецкий Александр Владимирович*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола

UrzhumovDV@volgatech.net

Рассмотрена задача обнаружения малоразмерных объектов на сложном фоне. Предложен метод, основанный на сегментации локально однородных областей. Проведен сравнительный анализ результатов применения предложенного метода и метода согласованно избирательной фильтрации.

Ключевые слова: обнаружение объектов, малоразмерные объекты, неоднородный фон, локально однородные области.

Введение. Распознавание изображений малоразмерных объектов (МРО) по данным дистанционного зондирования (ДДЗ) находит свое применение при автоматизации решения задач ориентации на местности, навигации, управления движением, картографировании местности и ряда других задач [1].

МРО создают на локационном изображении скачки яркости, для обнаружения которых насильно коррелированном статистически неоднородном фоне ландшафтной сцены используются согласованно избирательные фильтры (СИФ) [2]. СИФ позволяет

определить скачки яркости, однако не отличает полезные объекты от импульсных яркостных шумов. Для селекции яркостного портрета МРО от схожих помех решения о наличии объекта в области сцены целесообразно принимать на основе дополнительных признаков.

В настоящей работе исследуется возможность учета дополнительных признаков на основе результатов сегментации локально-однородных фрагментов наблюдаемого изображения.

Цель работы: исследовать возможность применения метода, использующего сегментацию локально однородных областей для обнаружения МРО на сложном фоне.

Решаемые задачи: 1) разработка метода, использующего результаты сегментации локально однородных областей; 2) сравнительный анализ результатов предлагаемого метода и метода СИФ.

Аналитическое моделирование. В качестве дополнительных признаков обнаружения МРО в локационном изображении рекомендуется [3] использовать:

- 1) наличие оптической или радиолокационной тени;
- 2) уровень контраста по отношению к подстилающему фону;
- 3) характер подстилающей поверхности вокруг предполагаемого объекта;
- 4) степень изолированности объекта.

Обнаружения объектов методом, использующим результаты сегментации локально-однородных областей, проходит по следующему алгоритму:

- 1) Предварительная сегментация локально однородных областей фона, позволяет определить их статистические характеристики;
- 2) На основании полученных характеристик для каждого скачка яркости можно сделать вывод о контрасте с прилегающим фоном, и определить наличие радиолокационной тени;
- 3) Объектное представление позволяет рассчитать периодичность и удаленность друг от друга скачков яркости и сделать вывод об их изолированности.
- 4) На основе полученных результатов скачок яркости классифицируется как объект либо как шум.

Неоднородный фон исходного радиолокационного изображения (рис. 1) является следствием, как особенностей сканирующего устройства, так и неоднородным характером сканируемой местности [4, 5].

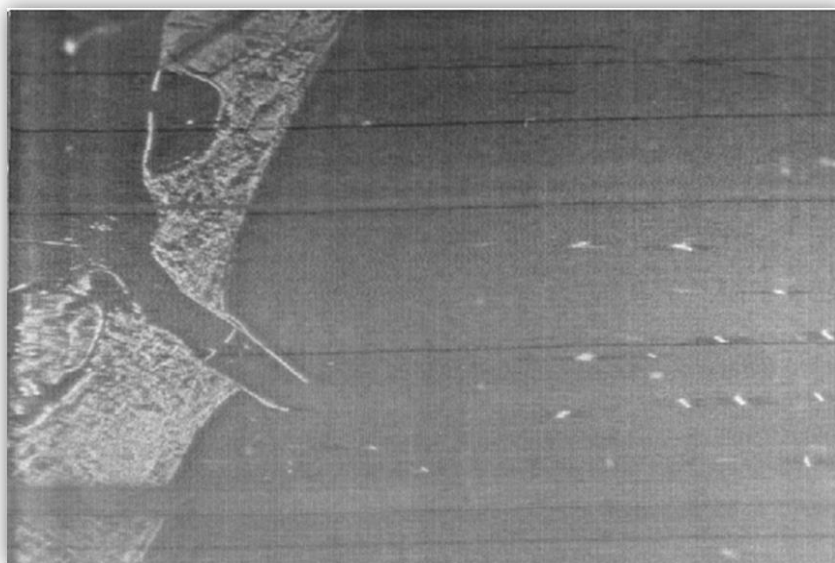


Рис. 1. Исходное локационное изображение с МРО

Процедура обнаружения МРО проводится с применением методов согласовано-избирательной фильтрации и сегментации локально однородных областей.

Техника эксперимента и методика обработки. Метод обнаружения малоразмерных объектов с использованием результатов сегментации локально однородных фрагментов выделил большую часть малоразмерных объектов (рис. 2). Обнаруженные предлагаемым методом ложные сигналы соответствуют элементам крупноразмерных объектов, которые совпадают по размеру с распознаваемыми МРО, имеют хороший контраст с фоном и обладают тенью.

Метод, основанный на применении СИФ, при сходном уровне обнаружения МРО отметил значительно большее число ложных сигналов (рис. 3).



Рис. 2. Обнаружение малоразмерных объектов с использованием результатов сегментации локально однородных фрагментов

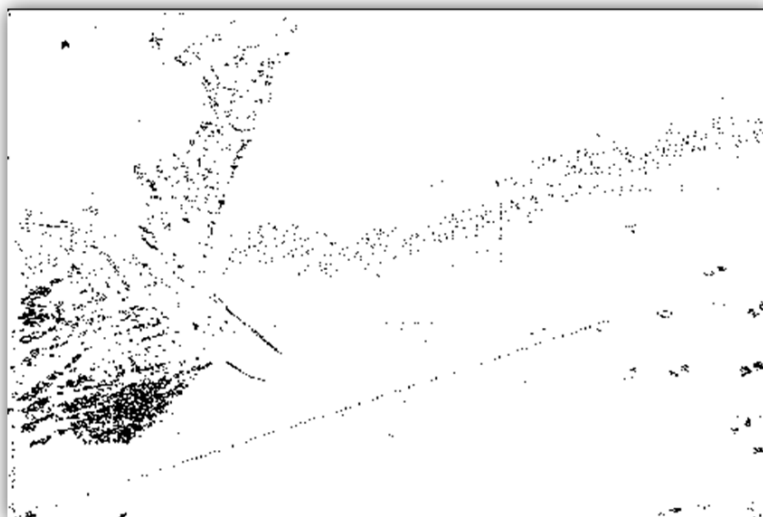


Рис. 3. Обнаружение малоразмерных объектов с использованием согласованно избирательного фильтра

Интерпретация результатов. Ложные сигналы, зарегистрированные методом, основанным на сегментации локально однородных фрагментов, являются объектами бесполезными с точки зрения решаемой задачи. Аналогично малоразмерным объектам, для подобных ложных сигналов характерны:

- 1) контраст по отношению к прилегающему фону;
- 2) наличие радиолокационной или оптической тени;
- 3) близость расположения нескольких ложных сигналов;

Поскольку ложные сигналы данного рода обладают всеми контекстными признаками, малоразмерных объектов, то исключение их на стадии обнаружения невозможно. Селекцию малоразмерных объектов от подобных ложных сигналов можно осуществить только в рамках задачи распознавания и классификации объектов. Однако, информация, извлеченная из изображения, такая как форма и размер объектов и теней, может быть использована для решения данных задач.

Метод согласованно избирательной фильтрации помимо ложных объектов классифицировал как объекты импульсные яркостные шумы. Это произошло вследствие того, что СИФ не анализирует предполагаемый объект, а только усиливает яркостной скачок и ослабляет фоновый сигнал.

Выводы. Преимуществами метода, основанного на сегментации локально однородных фрагментов, являются:

- 1) меньший уровень ложных тревог на границах крупноразмерных объектов;
- 2) меньший уровень ложных тревог, вызванных импульсными яркостными шумами при фиксированной вероятности правильного обнаружения;
- 3) предоставление информации, для последующих этапов обработки данных дистанционного зондирования, таких как распознавание, классификация и обнаружение групп объектов.

Метод согласованно избирательной фильтрации обладает теоретическим преимуществом в виде независимости трудоемкости от модели фона, а также количества и размера крупноразмерных участков фона. На практике при выборе соответствующих параметров можно объединять элементы фона, пространство между которыми не содержит обнаруживаемых малоразмерных объектов. Таким образом, появляется возможность снижения трудоемкости метода, использующего сегментацию локально однородных областей, что делает преимущество согласованно избирательной фильтрации незначительным.

Дальнейшее усовершенствования метода, основанного на сегментации локально однородных областей, может осуществляться по нескольким направлениям:

- 1) преобразования произвольного изображения к локально однородной модели;
- 2) исследование способов объединения крупноразмерных областей фона с усреднением их яркостных характеристик;
- 3) исследование методов анализа групп предполагаемых объектов в дополнение к анализу изолированности;
- 4) разработка методов моделирования предполагаемых размеров оптической либо радиолокационной тени на основе формы и размеров предполагаемого объекта, а также сравнения предполагаемой и реальной теней.

Первые два предложенных направления модификации позволят устранить зависимость пего производительности от опыта и эвристических навыков оператора, подбирающего параметры. Два последних направления могут решить задачу селекции малоразмерных объектов от элементов крупноразмерных, в наиболее очевидных случа-

ях, при которых размеры тени многократно превышают собственные размеры ложного объекта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-01-00427а.

Список литературы

1. Уржумов Д.В., Кривецкий А.В. Специализированный графический редактор локационных изображений ландшафтных сцен с группами малоразмерных и точечных объектов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2012. – №2 (16). – С. 24-29.
2. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кривецкий, А.К. Передреев, и др.; под ред. Фурмана Я.А. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
3. Krevetsky A.V., Ipatov Y.A. Neuronal network recognition of from low-sized objects under their radar-tracking images with high level of noise digitization// 9-th International Conference “Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies” (PRIA-9-2008): Conference Proceedings. Vol. 1. – Nizhny Novgorod, 2008. – P.359-361.
4. Трифонова Т. А., Сушкова Л. Т., Аракелян С. М. Аэрокосмический мониторинг окружающей среды и лазерное дистанционное зондирование. – Владимир: ВлГТУ, 1995. – 115 с.
5. Белый Ю.И., Каюмжий В.Н., Артамонов П.И. Принципы построения унифицированных бортовых радиоэлектронных комплексов интегрального типа // Радиотехника, 2005. – № 9.

**DETECTION OF SMALL OBJECTS IMAGES ON A COMPLEX BACKGROUND USING
RESULTS OF SEGMENTATION LOCALLY HOMOGENEOUS FRAGMENTS**

Daniel Vladimirovich Urzhumov, Alexander Vladimirovich Krevetsky

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The problem of detection of small objects on a complex background was considered. A method of segmentation of locally homogeneous regions was proposed. A comparative analysis of the results of applying the proposed method and the coordinated election filtering was performed

Keywords: *objects detection, small objects, complex background, locally homogeneous areas.*

УДК 621.391.254

ОДНОМЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДВУМЕРНЫХ ДВОИЧНЫХ ИТЕРАТИВНЫХ КОДОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Чернышев Александр Юрьевич

ФГБОУ «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ChernyshevAY@volgatech.net

Показана возможность одномерного представления двумерных двоичных итеративных кодов. Установлено, что порождающая матрица итеративного кода является произведением порождающих матриц исходных кодов. Предложена гипотеза мультипликативного разложения порождающих матриц сложных кодов. Определены критерии оценки возможности такого разложения.

Ключевые слова: итеративный код, линейный блочный код, порождающая матрица кода.

Введение. В цифровых системах передачи информации с целью повышения эффективности обнаружения и автоматической коррекции ошибок достаточно широко применяются комбинированные коды. В том числе к ним относятся итеративные коды, называемые также кодами перемножения. Как правило, в реальных системах передачи используются двумерные коды с двумя итерациями, по строкам информационного блока и по столбцам информационного и первого проверочного блоков. На каждой итерации применяются систематические линейные блочные коды (СЛБК), поэтому и результирующий итеративный код также является систематическим линейным блочным кодом. Известно, что минимальное кодовое расстояние итеративного кода, как основной качественный показатель блочных кодов, стремится к произведению аналогичных расстояний исходных кодов [1]. В то же время в литературе отсутствуют сведения о структуре порождающей матрицы итеративного кода, что в определенных случаях затрудняет анализ их корректирующих свойств.

Цель работы: исследовать конструктивные свойства двумерных итеративных кодов и возможности их практического применения.

Решаемые задачи: 1) анализ внутренней структуры кодового блока итеративного кода и установление взаимной связи между порождающими матрицами исходных и результирующего кодов; 2) оценка возможности практического применения взаимной связи порождающих матриц для анализа сложных комбинированных кодов.

Блочная структура двумерного итеративного кода. Кодовый блок как результат двумерного итеративного кодирования имеет вид

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{B} & \mathbf{P}_B \\ \mathbf{Z}_B & \mathbf{Z}_P \end{bmatrix},$$

где $\mathbf{B}$ – исходный информационный блок, $\mathbf{P}_B$ – блок основных проверок по горизонтали, $\mathbf{Z}_B$ – блок основных проверок по вертикали, $\mathbf{Z}_P$ – блок проверки проверок [2]. Блок $\mathbf{P}_B$ формируется из блока $\mathbf{B}$ на основе первого СЛБК (N, K) , однозначно определяемого порождающей матрицей $\mathbf{Gh}$. При этом производится так называемое кодирование по строкам. Блок $\mathbf{Z}_B$ также формируется из

блока **B**, но на основе второго СЛБК (M, Q) , определяемого порождающей матрицей **Gv**, в результате кодирования по столбцам. Блок **Z_P** формируется либо из блока **P_B** на основе второго кода, либо из блока **Z_B** на основе первого кода в зависимости от последовательности применения первичных кодов.

Информационный и кодовый двумерные блоки можно представить как в виде двумерных структур, так и в виде одномерных блоков при разложении по строкам или по столбцам. Взаимное соответствие двумерной и одномерной с разложением по строкам структур полного кодового блока определяется равенством

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,N} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{M,1} & x_{M,2} & \dots & x_{M,N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_N \\ x_{N+1} & x_{N+2} & \dots & x_{2 \cdot N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{(M-1) \cdot N + 1} & x_{(M-1) \cdot N + 2} & \dots & x_{M \cdot N} \end{bmatrix}.$$

Аналогичным образом устанавливается соответствие двумерной и одномерной структур для информационного блока **B**. Процедура кодирования в случае одномерного представления блоков можно описать стандартным образом в виде одномерного скалярного произведения в двоичном пространстве

$$\mathbf{X} = \mathbf{B} \otimes \mathbf{G}\Sigma,$$

где **GΣ** – порождающая матрица одномерного итеративного кода.

Порождающая матрица двумерного итеративного кода. В результате сравнительного анализа различных итеративных кодов установлено, что при разложении двумерных блоков по строкам матрица **GΣ** состоит из нулевых подматриц в тех позициях, где $gv_{qm}=0$, и матриц **Gh** в тех позициях, где $gv_{qm}=1$. Следовательно, матрицу **GΣ** можно рассматривать как произведение двух матриц вида

$$\mathbf{G}\Sigma = \mathbf{Gv} \times \mathbf{Gh} = \begin{bmatrix} gv_{11} \cdot \mathbf{Gh} & \dots & gv_{1M} \cdot \mathbf{Gh} \\ \dots & \dots & \dots \\ gv_{Q1} \cdot \mathbf{Gh} & \dots & gv_{QM} \cdot \mathbf{Gh} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Последовательность применения первичных кодов (сначала по горизонтали, а затем по вертикали, или в обратном порядке) на порядок множителей в выражении (1) не влияет. Такая перестановка матриц как множителей в произведении, что

$$\mathbf{G}\Sigma = \mathbf{Gh} \times \mathbf{Gv}, \quad (2)$$

имеет место при фактической взаимной замене первичных кодов или при переходе к упорядочиванию элементов матриц **B** и **X** по столбцам. При этом важно, что в обоих случаях матрица **GΣ** состоит из одних и тех же столбцов, но упорядоченных различным образом, и за счёт согласованной перестановки строк и столбцов матрицы **GΣ** достаточно просто можно от одного её варианта перейти к другому.

Состоятельность выражений (1) и (2) исследована и полностью подтверждена на множестве двумерных итеративных кодов, образованных систематическими линейными блоковыми кодами (N, K) и (M, Q) с конструктивными основаниями K и Q от 3 до 5 и с различными практически реализуемыми значениями конструктивных длин N и M (от 4 до 7 при конструктивном основании 3, от 5 до 15 при конструктивном основании 4, от 6 до 31 при конструктивном основании 5). В результате исследований также установлено, что минимальное кодовое расстояние итеративного кода, образованного совершенными и/или квазисовершенными исходными кодами, в точности равно

произведению их минимальных кодовых расстояний [3]. Следует отметить, что выражения (1) и (2) ранее были известны только для каскадных кодов [4].

Пример формирования порождающей матрицы двумерного итеративного кода. Рассмотрим случай кодирования с различными исходными кодами (6, 3) и (4, 3), порождающие матрицы которых имеют соответственно вид:

$$\mathbf{Gh} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{Gv} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Введя определенные обозначения для элементов информационного и кодового блоков

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ b_4 & b_5 & b_6 \\ b_7 & b_8 & b_9 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 \\ x_7 & x_8 & x_9 & x_{10} & x_{11} & x_{12} \\ x_{13} & x_{14} & x_{15} & x_{16} & x_{17} & x_{18} \\ x_{19} & x_{20} & x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} \end{bmatrix},$$

можно составить систему порождающих логических выражений для всех элементов кодового блока:

$$\begin{aligned} x_1 &= b_1; & x_7 &= b_4; & x_{13} &= b_7; & x_{19} &= b_1 \oplus b_4 \oplus b_7; \\ x_2 &= b_2; & x_8 &= b_5; & x_{14} &= b_8; & x_{20} &= b_2 \oplus b_5 \oplus b_8; \\ x_3 &= b_3; & x_9 &= b_6; & x_{15} &= b_9; & x_{21} &= b_3 \oplus b_6 \oplus b_9; \\ x_4 &= b_1 \oplus b_2; & x_{10} &= b_4 \oplus b_5; & x_{16} &= b_7 \oplus b_8; & x_{22} &= b_1 \oplus b_2 \oplus b_4 \oplus b_5 \oplus b_7 \oplus b_8; \\ x_5 &= b_1 \oplus b_3; & x_{11} &= b_4 \oplus b_6; & x_{17} &= b_7 \oplus b_9; & x_{23} &= b_1 \oplus b_3 \oplus b_4 \oplus b_6 \oplus b_7 \oplus b_9; \\ x_6 &= b_2 \oplus b_3; & x_{12} &= b_5 \oplus b_6; & x_{18} &= b_8 \oplus b_9; & x_{24} &= b_2 \oplus b_3 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_8 \oplus b_9. \end{aligned}$$

Соответствующая данной системе выражений обобщенная порождающая матрица имеет вид

$$\mathbf{G\Sigma} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Видно, что матрица $\mathbf{G\Sigma}$ имеет структуру соответствующую обобщенной форме (1), и состоит из нулевых подматриц в тех позициях, где $gv_{qm}=0$, и матриц $\mathbf{Gh}$ в тех позициях, где $gv_{qm}=1$.

$$\mathbf{G\Sigma} = \begin{bmatrix} \mathbf{Gh} & 0 & 0 & \mathbf{Gh} \\ 0 & \mathbf{Gh} & 0 & \mathbf{Gh} \\ 0 & 0 & \mathbf{Gh} & \mathbf{Gh} \end{bmatrix}.$$

Интересен и практически важен факт, что порождающие матрицы вида (1) и (2) прекрасно вписываются в общую технологию получения проверочных матриц для синдромного декодирования, представленную в работе [5].

Мультипликативное разложение порождающих матриц сложных кодов. Комбинированными можно считать все сложные СЛБК, порождающие матрицы которых имеют форму произведений с произвольным числом множителей в виде порождающих матриц первичных кодов. Практическая значимость мультипликативного разложения СЛБК заключается в возможности оценки его минимального кодового расстояния (МКР) на основании произведения МКР исходных кодов [6, 7]. Например, для произвольного кода с $K_{\Sigma}=42$ для оценки МКР по стандартной методике с учётом двойной симметрии матрицы кодовых расстояний необходимо вычислить 2^{82} расстояний. Если такой код является комбинированным в виде произведения кодов с $K_1=7$, $K_2=2$ и $K_3=3$, то требуется вычислить всего $2^{12}+2^3+2^2=4116$ частных МКР. Прямое преобразование громоздких порождающих матриц сложных кодов в произведение более простых матриц затруднительно или вообще невозможно, поэтому требуются простые критерии оценки возможности мультипликативного разложения.

Критерии оценки возможности мультипликативного разложения порождающих матриц сложных кодов. Для того чтобы сложный код мог считаться комбинированным, должны выполняться следующие условия.

Условие 1. Максимальный вес столбцов порождающей матрицы $h_{\Sigma\max}$ и конструктивные параметры N_{Σ} и K_{Σ} сложного кода не могут выражаться простыми числами, так как они должны быть равны произведениям соответствующих параметров исходных кодов.

Условие 2. Коэффициент C_1 весового полинома итеративного кода не может быть меньше суммарной длины информационного блока K_{Σ} , т. е. $C_1 \geq \prod_{i=1}^{N_{\Sigma}} K_i$.

Условие 3. Весовой полином сложного кода должен быть приводимым к произведению весовых полиномов простых кодов.

Следует иметь в виду, что перечисленные выше условия являются необходимыми, но не достаточными для того, чтобы считать сложный код комбинированным. Существуют коды, весовые полиномы которых приводятся к произведению более простых полиномов, но сами они не являются комбинированными и их порождающие матрицы к произведению более простых матриц не приводятся. *Окончательное решение возможно только при фактическом мультипликативном разложении порождающей матрицы в форме (1) или (2).*

Кроме того, применительно к потенциальным мультипликативным разложениям должны выполняться дополнительные условия.

Условие 4. Для всякого простого исходного кода должно выполняться неравенство $N_i > K_i$, что следует из принципа избыточного кодирования.

Условие 5. Для всякого простого исходного кода должно выполняться неравенство $h_{i\max} \leq K_i$, что определяется общими принципами формирования порождающих матриц блоковых кодов.

Алгоритм проверки возможности мультипликативного разложения порождающих матриц. Анализируя представленные условия, следует отметить, что наибольшей силой обладает третье условие, не считая полного мультипликативного разложения порождающей матрицы. Но проверка состоятельности обеих мультипликативных форм сложна. Поэтому вначале целесообразно проверить выполнение пер-

вого и второго условий. При благоприятном исходе далее следует определить, сколько и каких делителей имеет каждая из величин N_Σ , K_Σ и $h_{\Sigma\max}$. При равенстве числа делителей для каждой из них далее следует сформировать возможные пары конструктивных параметров N_i и K_i с учётом условий 4 и 5.

Для всех возможных комбинаций исходных кодов затем следует провести проверку возможности декомпозиции весового полинома. Если разложение хотя бы для одной комбинации кодов возможно, следующим шагом является предварительное формирование порождающих матриц исходных кодов на основе знания весов Хэмминга их столбцов. При этом один и тот же весовой полином может соответствовать различным порождающим матрицам. В первую очередь среди них целесообразно проверить матрицы систематических кодов с примерно равными весами Хэмминга строк.

Описанная выше последовательность действий пока не имеет чёткой формализации и в большей степени основана на эвристических оценках.

Выводы.

1. Двумерные итеративные коды можно рассматривать как одномерные систематические блочные коды.
2. Порождающая матрица итеративного кода представляет собой произведение порождающих матриц исходных кодов.
3. Порядок множителей в произведении порождающих матриц зависит только от способа одномерного упорядочивания элементов информационного и кодового блоков.
4. Произведение порождающих матриц можно использовать для декомпозиции и упрощённой оценки свойств сложных систематических блочных кодов.
5. Определены критерии оценки возможности мультипликативного разложения порождающих матриц сложных кодов.
6. Предложен предварительный вариант алгоритма проверки возможности мультипликативного разложения порождающих матриц сложных кодов.

Список литературы

- 1.Блейхут Р. Теория и практика кодов, исправляющих ошибки. – М.: Мир, 1986. – 576 с.
- 2.Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
3. Чернышев А. Ю., Петухова А. В., Станкевич С. С. Синтез и анализ порождающих матриц двумерных двоичных итеративных кодов. Поволжск. госуд. технолог. ун-т. Йошкар-Ола, 2013. 18 с. Деп. в ВИНТИ 04.02.2013 № 34-В2013.
- 4.Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. – 2007. – С. 246-249.
5. Формирование и взаимные преобразования порождающих и проверочных матриц линейных блочных кодов. Петухова Е. В., Сушенцова Ю. В., Чернышев А. Ю. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2009. – №3. С. 13-22.
- 6.Блейхут Р. Теория и практика кодов, исправляющих ошибки. – С. 327.
- 7.Питерсон У. Коды, исправляющие ошибки. – М.: Мир, 1976. – 596 с.

THE ONE-DIMENSIONAL REPRESENTATION OF TWO-DIMENSIONAL BINARY ITERATIVE CODES AND ITS APPLICATIONS

Chernyshev Alexandr Yurievich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The possibility of one-dimensional representation of two-dimensional binary iterative codes is shown. It is established, that a generating matrix of iterative code is the multiplicative product of the generating matrices of primary codes. A hypothesis of multiplicative decomposition of the generating matrices of complex codes is proposed. The criteria for the evaluation of the possibility of such a decomposition are defined.

Keywords: iterative code, linear block code, generating matrix of code.

УДК 621.391.2

ТАКТОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ КОДЫ ЛИНИЙ 1B1T И 2B1P И ИХ ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Чернышев Александр Юрьевич

ФГБОУ «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ChernyshevAY@volgatech.net

Представлена методика относительного многоуровневого кодирования, обеспечивающая тактовую синхронизацию в цифровых системах передачи за счёт регулярных межуровневых переходов в линейном сигнале. Приведена общая модель преобразований сигналов в системе передачи с относительным кодом линии 2B1P. Получены логические выражения для синтеза цифровых автоматов линейного кодера.

Ключевые слова: код линии, линейный кодек, многоуровневый сигнал (код), самосинхронизирующийся код.

Введение. В цифровых системах передачи информации на основе проводных и кабельных линий связи актуальны линейные сигналы, обладающие одновременно свойством самосинхронизации и высокой спектральной эффективностью [1]. Такими являются относительные многоуровневые коды линий [2]. Однако, и общие принципы их формирования, и вопросы их практического применения в настоящее время исследованы недостаточно.

Цель работы: разработать обобщённую методику синтеза и анализа относительных многоуровневых кодов линий и исследовать свойства и возможности технической реализации кодов линий 1B1T и 2B1P.

Решаемые задачи: 1) синтезировать линейные сигналы на основе многоуровневых относительных кодов, одновременно обеспечивающие тактовую самосинхронизацию и достаточную спектральную эффективность; 2) синтезировать обобщённые модели преобразований сигналов в виде относительных кодов 1B1T и 2B1P; 3) разработать модели и функциональные схемы цифровых автоматов кодера и декодера.

Общая методика синтеза и применения самосинхронизирующихся многоуровневых кодов. Выделение (восстановление) тактовой частоты из линейного сигнала гарантировано, если на каждом сигнальном (символьном или тактовом) интер-

вале происходит хотя бы одно изменение уровня линейного сигнала. Такое условие возможности самосинхронизации можно назвать конструктивным. Наиболее эффективным в этом плане является биполярный код с возвратом к нулю [3]. В нём самосинхронизация обеспечивается за счёт возврата к дополнительному нулевому уровню на каждом тактовом интервале. Но существенным недостатком данного кода является расширение спектра сигнала вдвое вследствие соответствующего сокращения длительности значащих сигнальных импульсов.

Получить многоуровневые коды линий с конструктивным механизмом самосинхронизации можно двумя способами. Первый способ тривиален и заключается в осуществлении принудительного возврата к дополнительному, например, тому же нулевому, уровню [4]. Способ малоэффективен по двум причинам: во-первых, необходимо вводить в сигнал дополнительный уровень, во-вторых, снижается спектральная эффективность из-за укорочения вдвое сигнальных импульсов.

Второй способ состоит в ограничении длины однородных фрагментов линейного сигнала и в исключении совпадения уровней на границах смежных символов кода линии [5]. Ограничение длины однородных фрагментов внутри символа кода фактически сводится к укорочению алфавита кода и игнорированию символов, содержащих запрещенные по длине однородные фрагменты. Исключение совпадений на границах символов достигается за счёт запретительного относительного кодирования, при котором первый элемент очередного символа кода не может по уровню совпадать с последним элементом предыдущего символа. Реализация такого метода, однако, требует определённой внутренней избыточности кода линии. Этот тезис полностью коррелирует с выводом, полученным для фазокодированных последовательностей, используемых иногда в тех же целях, в работах [6, 7].

Многоуровневые коды линий обычно обозначаются четырехзначной комбинацией вида $nBmX$, где n – длина двоичной комбинации, образующей информационный символ и преобразуемой в многоуровневый код; B – условное обозначение исходного двоичного кода; m – длина многоуровневой кодовой комбинации; X – основание (число уровней) многоуровневого линейного кода. Обычно в качестве символа X используются обозначения: T – для троичного (трехуровневого) кода, Q – для четырехуровневого кода, P – для пятиуровневого кода и так далее. С учётом введенных обозначений избыточность кода линии должна определяться соотношением вида

$$V_{\text{код}} \geq 2^n X / (X - 1),$$

т.к. первый элемент кодовой комбинации может принимать только $X-1$ значение из X .

Если все символы используемого многоуровневого кода пронумерованы от 0 до $V_{\text{код}}-1$, то процедуры кодирования и декодирования формально можно свести к математическим выражениям

$$A = (C + D) \bmod V_{\text{код}}, \quad (1)$$

$$C = (V_{\text{код}}B + A - D) \bmod V_{\text{инф}}, \quad (2)$$

где A – десятичный эквивалент текущей многоуровневой кодовой комбинации, определяемый в соответствии с заданной таблицей кодирования; C – десятичный эквивалент информационного символа; D – параметр смещения, определяемый в зависимости от значения последнего элемента предыдущей кодовой комбинации; B – множитель введения поправки, определяемый по правилу: $B=0$, если $A \geq D$, и $B=1$, если $A < D$; $V_{\text{инф}} = 2^n$. Таблицы кодирования и определения параметров смещения в общем случае могут быть произвольными, но, как показывают проведенные экспе-

рименты по практической реализации систем передачи с относительными многоуровневыми кодами линий, существуют оптимальные с точки зрения простоты технической реализации решения. В любом случае все используемые символы кода должны быть разделены на X одинаковых по объёму групп в зависимости от первого элемента кода.

Результаты оценки потенциально возможных многоуровневых кодов, обеспечивающих устойчивую тактовую синхронизацию и сжатие спектра линейного сигнала по сравнению с информационным потоком, приведены в табл. 1. Среди них наибольший интерес представляют коды, не имеющие дополнительной внутренней избыточности и позволяющие получить межуровневые переходы на каждом символьном интервале (длина допустимых однородных фрагментов минимальна и равна 1). К ним относятся коды классов $nBnT$ и $(2n)BnP$, простейшими из которых являются коды $1B1T$ и $2B1P$.

Таблица 1

Потенциально возможные многоуровневые коды линий и их свойства

Базовый код mX	Код линии	Допустимая длина однородных фрагментов	Коэффициент сжатия спектра	Объём алфавита кода линии, $V_{\text{код}}$	Максимальный объём алфавита источника, $V_{\text{ИНФmax}}$	Коэффициент дополнительной избыточности
$1T$	$1B1T$	1	1,000	3	2	1,000
$2T$	$2B2T$	1	1,000	6	4	1,000
$3T$	$3B3T$	1	1,000	12	8	1,000
	$4B3T$	2	1,333	24	16	1,000
$4T$	$4B4T$	1	1,000	24	16	1,000
	$5B4T$	2	1,250	66	44	1,375
$5T$	$5B5T$	1	1,000	48	32	1,000
	$6B5T$	2	1,200	180	120	1,875
	$7B5T$	3	1,400	228	152	1,188
$6T$	$6B6T$	1	1,000	96	64	1,000
	$8B6T$	2	1,333	492	328	1,281
$1Q$	$1B1Q$	1	1,000	4	3	1,500
$2Q$	$3B2Q$	1	1,500	12	9	1,125
$3Q$	$4B3Q$	1	1,333	36	27	1,688
	$5B3Q$	2	1,667	60	45	1,406
$4Q$	$6B4Q$	1	1,500	108	81	1,266
	$7B4Q$	2	1,750	228	171	1,336
$5Q$	$7B5Q$	1	1,400	324	243	1,898
	$9B5Q$	2	1,800	864	648	1,266
$1P$	$2B1P$	1	2,000	5	4	1,000
$2P$	$4B2P$	1	2,000	20	16	1,000
$3P$	$6B3P$	1	2,000	80	64	1,000
$4P$	$8B4P$	1	2,000	320	256	1,000
$5P$	$10B5P$	1	2,000	1280	1024	1,000
	$11B2P$	2	2,200	2800	2240	1,094

Математическая модель преобразований сигналов для кода 2B1P. Для относительного пятиуровневого кода линии 2B1P обобщенные выражения (1) и (2) с учетом $V_{код}=5$ и $V_{инф}=4$ приводятся к виду

$$A = (C + D) \bmod 5, C = (5B + A - D) \bmod 4. \quad (3)$$

Аналогичные частные модели для относительного кода 1B1T имеют вид

$$A = (C + D) \bmod 3, C = (3B + A - D) \bmod 2.$$

Выбранные в результате сравнительного анализа возможных вариантов правила преобразований и коды цифрового представления информационных и кодовых символов для кода 2B1P приведены в таблице 2. Двоичное представление символов A , C , S обусловлена тем, что основой технической реализации цифровых автоматов кодера и декодера могут быть либо цифровые запоминающие устройства, либо программируемые логические схемы (матрицы), работающие в двоичной логике.

Таблица 2

Таблицы истинности цифровых автоматов кодера и декодера сигналов 2B1P

Предыд. символ кода S	Текущий информ. символ C	Текущий символ кода A	Параметры смещения		Двоичные коды цифрового представления		
			B	D	S	C	A
0 (0)	0	1	0	1	000	00	001
	1	2	0	1	000	01	011
	2	3	0	1	000	10	111
	3	4	0	1	000	11	101
1 (+1)	0	2	0	2	001	00	011
	1	3	0	2	001	01	111
	2	4	0	2	001	10	101
	3	0	1	2	001	11	000
2 (+2)	0	3	0	3	011	00	111
	1	4	0	3	011	01	101
	2	0	1	3	011	10	000
	3	1	1	3	011	11	001
3 (-2)	0	4	0	4	111	00	101
	1	0	1	4	111	01	000
	2	1	1	4	111	10	001
	3	2	1	4	111	11	011
4 (-1)	0	0	0	0	101	00	000
	1	1	0	0	101	01	001
	2	2	0	0	101	10	011
	3	3	0	0	101	11	111

Практическая реализация линейного кодера. На основе выражений (3) с учётом значений параметров B и D , приведённых в таблице 2, можно реализовать и исследовать модель кодера, а также построить сам кодек на базе вычислительного микропроцессорного устройства. Результаты такого рода моделирования представлены на рис. 1 (вверху – исходный двоичный информационный сигнал; внизу – линейный сигнал в относительном коде 2B1P).

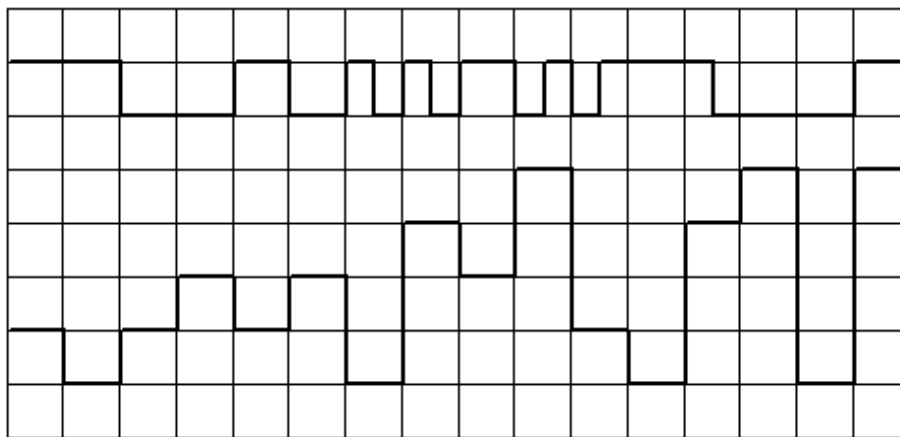


Рис. 1. Временные диаграммы сигналов в преобразователе кодов 2B1P

Из рисунка видно, что в линейном сигнале длительности отдельных элементов действительно в два раза шире тактовых интервалов. Это свидетельствует о двукратном сжатии спектра сигнала при переходе к коду 2B1P. Кроме того, в линейном сигнале наблюдаются регулярные межуровневые переходы, необходимые для восстановления тактовой синхронизации с учётом удвоения частоты. Благодаря таким свойствам код 2B1P и другие относительные многоуровневые коды, в том числе представленные в табл. 1, могут найти применение как в синхронных, так и в асинхронных системах передачи информации, где также актуальной является проблема устойчивости тактовых частот [8].

Выводы.

1. Представлены результаты сравнительного анализа многоуровневых относительных кодов линий.
2. Получены общие правила преобразований информационных и кодовых символов для относительных кодов линий 1B1T и 2B1P.
3. Определены и представлены оптимальные варианты двоичного представления информационных и кодовых символов.
4. Получены логические выражения для цифровых автоматов кодера и декодера.

Список литературы

1. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. – Т. 2. – М.: Радио и связь, 2001. – 292 с.
2. Чернышев А.Ю. Синхронизация многоуровневых кодов линий передачи // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2009. – №2. – С. 13-21.
3. Гаранин М.В., Журавлев В. И., Кунегин С. В. Системы и сети передачи информации: учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
4. Уайндер С. Справочник по технологиям и средствам связи. – М.: Мир, 2000. – 429 с.
5. Чернышев А.Ю. Синхронизация многоуровневых кодов линий передачи. – С. 18-20.
6. Леухин А.Н. Теория синтеза фазокодированных последовательностей с одноуровневой АКФ // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2008. – №1. – С. 61-76.
7. Тюкаев А.Ю. Алгоритм синтеза квазиортогональных М-фазных дискретно-кодированных последовательностей систем Гаусса и Фрэнка // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2008. – №1. – С. 61-76.

8. Хафизов Р.Г, Хафизов Д.Г., Григорьевых Е.А. Асинхронная передача данных с использованием комплекснозначных сигналов с равномерным энергетическим спектром // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2012. – №1. – С. 41-50.

THE CLOCK SYNCHRONIZATION IN DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS. THE RELATIVE LINE CODE 2B1P AND PRACTICAL ISSUES OF ITS REALIZATION

Chernyshev Alexandr Yurievich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

There is the method of comparative multilevel coding, providing clock synchronization in digital communication systems through regular intergovernmental transitions in a linear signal, is presented. A general model of signal transformations in the system of transfer with relative line code 2B1P is provided. The logical expressions for the synthesis of line codec digital automata are defined.

Keywords: *line code, line codec, multilevel signal (code), autosync code.*

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИИ, МЕХАНИКА, МАТЕРИАЛЫ

УДК 636.085

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ АГРЕГАТА ДЛЯ МОЙКИ КАРТОФЕЛЯ

*Бахтин Андрей Анатольевич, Романов Василий Юрьевич,
Шушляков Александр Анатольевич*

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
bahtinaa@volgatech.net

Предлагается методика теоретического расчета производительности агрегата для мойки картофеля, определяющая зависимость подачи клубней в моечную машину от геометрических размеров ее основных узлов.

Ключевые слова: *приготовление кормов, мойка, картофель.*

Введение. Повышение эффективности функционирования продовольственного рынка Республики Марий Эл связано с возрастающими темпами роста сельскохозяйственного производства, которое является основным ресурсом повышения уровня обеспеченности населения продовольствием [1].

Вместе с тем сокращение затрат при выполнении технологических процессов производства продукции, как растениеводства, так и животноводства, имеет огромное значение в плане снижения себестоимости продукции. Что можно отнести и к операциям по подготовке кормов для сельскохозяйственных животных.

Важным компонентом кормосмесей, особенно для повышения удоев у коров, являются корнеклубнеплоды. Корнеклубнеплоды, поступающие на технологическую линию приготовления кормов из хранилища, имеют высокую степень загрязненности порядка 10...20%, что недопустимо по зоотехническим требованиям. Для очистки от земли, оставшейся на картофеле после уборки, используются моечные машины активаторного типа, где очистка происходит в моечной ванне, заполненной водой. В воде сообщается турбулентное движение с помощью крыльчатки. В результате картофель в воде интенсивно движется, соприкасается с соседними клубнями, что приводит к смыванию загрязнений. Время пребывания картофеля в мойке должно быть в пределах $t_M = 60...120$ с. Оно складывается из времени отмокания (60...90 с) и времени мойки (30...40 с). Определение оптимальной загрузки агрегата для мойки должно обеспечить максимально возможную подачу картофеля в моечную ванну с сохранением качества очистки массы от загрязнений.

Цель работы: разработать математическую модель, определяющую производительность и конструктивные размеры агрегата для мойки клубней.

Решаемые задачи: 1) определение зависимости производительности от размеров основных конструктивных элементов агрегата для мойки клубней; 2) определение оптимальных режимов работы агрегата для мойки клубней.

Математическое моделирование. Для выполнения расчетов делаем несколько предположений: 1) клубни имеют одинаковый диаметр d_k , 2) при хаотичном вращении клубней за счет соприкосновения друг с другом в моечной ванне для их очистки достаточно m_k соприкосновений.

В качестве математической модели была выбрана схема с вертикальным шнеком (рис.1). Направление движения клубней происходит в моечной ванне вниз, а шнеком чистый картофель удаляется из ванны вверх. Время, необходимое для очистки, зависит от времени движения в моечной ванне вниз от уровня А до уровня Б, где шнек начинает захватывать клубни, и от степени загрязненности клубней.

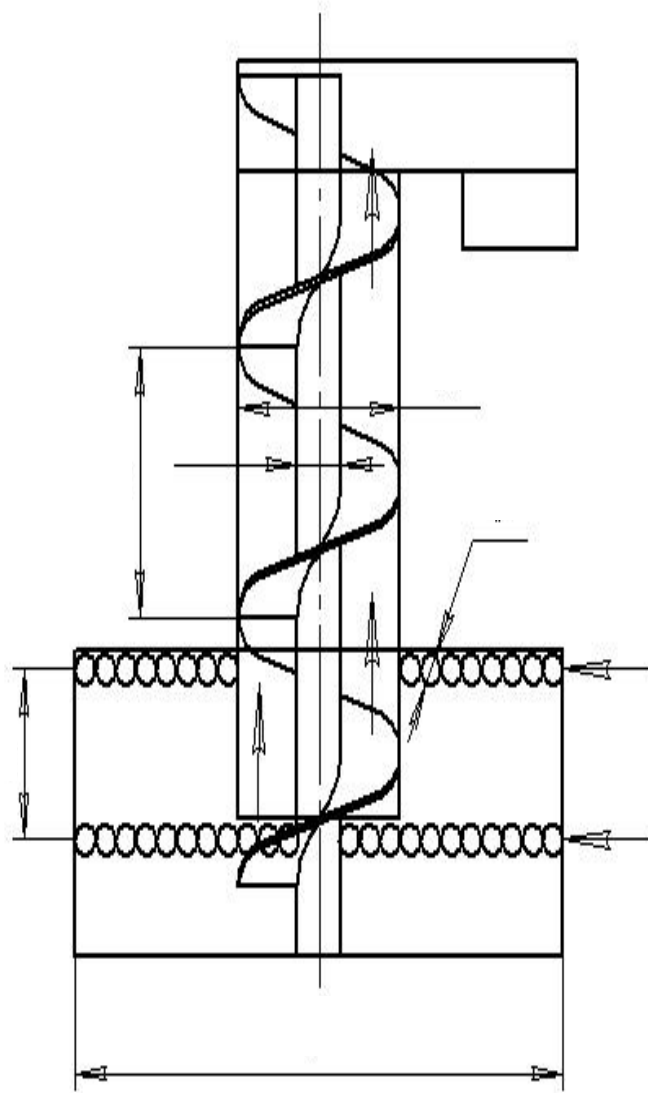


Рис. 1. Схема мойки с вертикальным шнеком

Производительность шнека Q кг/с, поднимающего клубни из моечной ванны, определяет общую производительность мойки и может быть найдена по формуле

$$Q = \frac{\pi(D_{ш}^2 - d^2)}{4} S \rho n k_{зан}, \quad (1)$$

где $D_{ш}$ и d – диаметры витка шнека и вала шнека, м; S – шаг витка шнека, м; n – число оборотов вала шнека, c^{-1} ; ρ – плотность, $кг/м^3$; $k_{зан}$ – коэффициент заполнения.

Аналогичная производительность должна быть и при продвижении картофеля в моечной ванне диаметром D_B

$$Q = \frac{\pi(D_B^2 - D_{ш}^2)H\rho k_{зан}}{t_M}, \quad (2)$$

где D_B – диаметры моечной ванны, м; H – высота вращающегося слоя клубней и воды, в котором происходит промывка, м; t_M – время нахождения клубней во вращающемся слое, с.

Диаметр моечной ванны влияет на число соприкосновений m_K клубней друг с другом и, соответственно, на время нахождения клубней в мойке и зависит от соотношения k_T

$$k_T = \frac{D_B}{D_{ш}}. \quad (3)$$

Примем допущение, что клубни двигаются по спирали с переменным радиусом (рис. 2), меняющимся при повороте относительно оси вала шнека на угол $d\varphi$ на величину d_K .

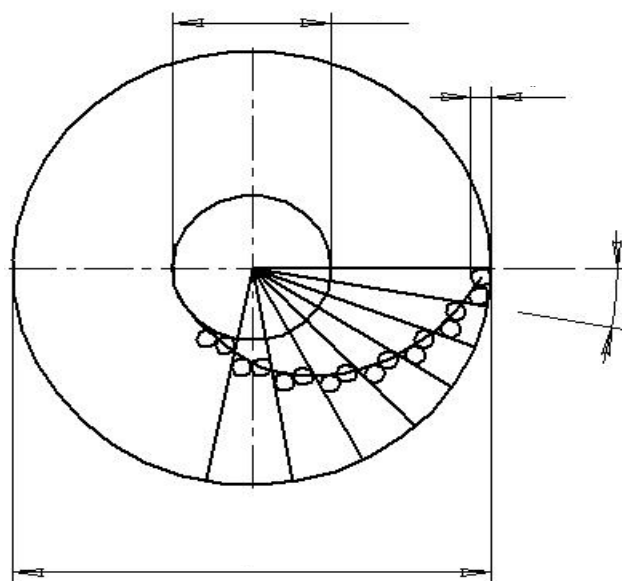


Рис. 2. Траектория движения клубней в моечной ванне

Оценим длину траектории их движения

$$L = \int_{\varphi_H}^{\varphi_K} \frac{D_\varphi}{2} d\varphi. \quad (4)$$

Или

$$L = \int_{D_B}^{D_{III}} \frac{(D - D_{III})}{2d_K} dD. \quad (5)$$

Исходя из этого можно определить число окружных соприкосновений m_K :

$$m_K = \frac{L}{d_K}. \quad (6)$$

Интерпретация результатов. По полученным аналитическим зависимостям, задавая производительность Q и варьируя соотношением k_T диаметров моечной камеры и шнека, и размерами клубней, можно рассчитать соответствующие им конструктивные параметры. Результаты расчетов сведены в таблицу.

Зависимость производительности мойки от конструктивных параметров

Фракция	Размер клубней, м d_K	Диаметр шнека, м D_{III}	Диаметр моечной камеры, м D_B	Коэффициент k_T	Производительность мойки, кг/ч Q
Мелкая	0,04	0,28	1,12	4	6,2
	0,04	0,32	1,28	4	8,1
	0,04	0,36	1,44	4	10,3
	0,04	0,32	0,96	3	8,1
	0,04	0,36	1,08	3	10,3
Средняя	0,06	0,42	1,68	4	14,2
	0,06	0,48	1,92	4	18,6
	0,06	0,54	2,16	4	23,5
	0,06	0,48	1,44	3	18,6
	0,06	0,54	1,62	3	23,5
Крупная 0,08	0,08	0,56	2,24	4	25,3
	0,08	0,64	2,56	4	33,2
	0,08	0,72	2,88	4	42,0
	0,08	0,64	1,92	3	33,2
	0,08	0,72	2,16	3	42,0
Крупная 0,1	0,1	0,7	2,8	4	39,7
	0,1	0,8	3,2	4	51,9
	0,1	0,8	2,4	3	51,9
	0,1	0,9	3,6	4	65,8
	0,1	0,9	2,7	3	65,8

Выводы.

Представленная математическая модель позволяет рассчитать производительность и конструктивные размеры агрегата для мойки клубней, исключить из дальнейших исследований нерациональные варианты конструкции и сократить число натурных экспериментов.

Список литературы

1. Арзамасцев А.Д., Романов Д.В. Особенности продовольственного обеспечения населения республики Марий Эл. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Экономика и управление, 2008. – № 1 (2). – С. 38-47.
2. Кормление сельскохозяйственных животных: учеб. пособие. Владимиров Н.И., Черемнякова Л.Н., Луницын В.Г., Косарев А.П. и др. – Барнаул: АГАУ, 2008. – 212 с.
3. Парахин Н.В., Кобозев И.В., Горбачев И.В. Кормопроизводство: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: КолосС, 2006. – 432 с.: ил.
4. Пилипенко А.Н. Механизация переработки и приготовления кормов в личных подсобных хозяйствах. – М.: Колос, 1990. – 124 с.
5. Справочник по механизации и автоматизации в животноводстве и птицеводстве / А.С. Марченко и др. – Киев: Урожай, 1990. – 455 с.
6. Трегуб Л.И., Праватов Н.М. Кормоцехи свиноводческих ферм и комплексов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.

TO THE QUESTION OF OPTIMIZATION OF LOADING OF THE UNIT FOR CLEANING POTATOES

Bahtin Andrei Anatol'evich, Romanov Vasilii Yur'evich, Shushlyakov Aleksandr Anatol'evich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

A method is proposed theoretical definition of productivity of the unit for cleaning potatoes, which determines the dependence of the filing of tubers in the cleaner from the geometrical sizes of its main units.

Key words: the preparation of forages, sink, potatoes.

УДК 630*.378

ВОДНЫЕ ПОСТАВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ НА ОАО «МОНДИ СЫКТЫВКАРСКИЙ ЛПК» ПО РЕКЕ ВЫЧЕГДА

Войтко Петр Филиппович, Гайсин Ильшат Гилязтинович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, г. Йошкар-Ола
GaysinIG@volgatech.net

Разработан новый способ поставки древесного сырья на ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» в речных плотах из плоских сплоточных единиц.

Ключевые слова: плоская сплоточная единица; речной плот; береговое плотбище; грузозахватное устройство.

Введение. Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс - один из крупнейших производителей целлюлозно-бумажной продукции в России. Сыктывкарский ЛПК контролирует семь лесозаготовительных филиалов, входящих в его дочернюю компанию и обеспечивающих древесным сырьем комбинат в объеме 3,5 млн. м³ ежегодно. С каждым годом места лесозаготовок в республике Коми неизбежно отдаляются от Сыктывкарского ЛПК, а расстояние вывозки древесного сырья увеличилось от 150 до 400 км. Для вывозки заготовленного леса ОАО «Монди СЛПК» использует все

виды лесотранспорта: автомобильный – 80%; железнодорожный – 10%; водный – 10% [1].

Затраты на транспортировку древесного сырья на Сыктывкарский ЛПК значительно выросли в последние годы и составили на дальние расстояния автомобильным транспортом 4 руб./м³ км, что недопустимо. Использование более дешевого водного транспорта леса на речных плотах 0,85 руб./м³ км ограничено сжатыми сроками весеннего половодья до 20 дней и неустроенностью лесосплавной реки Вычегда на участке Помоздино-Сыктывкар [2].

Цель работы: разработка нового способа водных поставок древесного сырья на ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» в речных плотах из плоских сплотовочных единиц по реке Вычегда в меженный период навигации.

Решаемые задачи: 1) разработка нового способа водных поставок древесного сырья в речных плотах из плоских сплотовочных единиц с приречных складов по реке Вычегда в меженный навигационный период; 2) разработка технологии и оборудования для сплотки плоских сплотовочных единиц на приречных лесных складах и формирования речных плотов на плотбищах, затонах, старицах; 3) разработка конструкции и формовочного лесосплавного такелажа для плоских сплотовочных единиц для различных сплавных горизонтов на реке Вычегда в навигационный период.

Физическое моделирование. Для снижения стоимости перевозки древесного сырья водным транспортом по реке Вычегда на ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» разработаны новые конструкции плоских сплотовочных единиц (рис. 1) [3, 4].

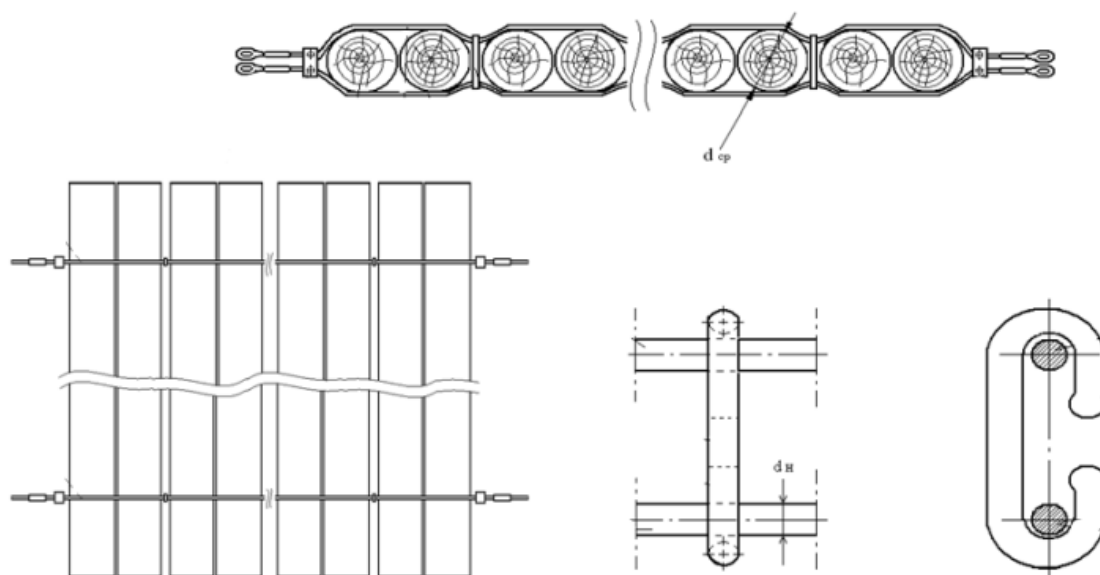


Рис. 1. Конструкция плоской сплотовочной единицы

Плоская сплотовочная единица может быть сформирована как на берегу, так и на воде приречного склада лесозаготовительного предприятия. При формировании ее на берегу приречного склада (рис. 2) на плотбище раскладываются две обвязки 2, 3 параллельно друг другу по одной нижней ветви у каждой.

Затем гидроманипулятором лесовозного поезда накатывается выровненный ряд круглых лесоматериалов 1 до фиксатора. Сверху накидываются поочередно верхние ветви обвязок 2, 3, на которые устанавливаются вертикальные стяжки 4. После полно-

го заполнения габарита плоской сплочной единицы круглыми лесоматериалами концы обвязок 2, 3 натягиваются ручной лебедкой и стопорятся фиксаторами. Плоская сплочная единица готова к сплаву. Башенным 9 или плавучим краном приречного склада, оснащенного специальным грузозахватным устройством (рис. 3) сплочную единицу перегружают с плотбища на акваторию лесосплавной реки [5].

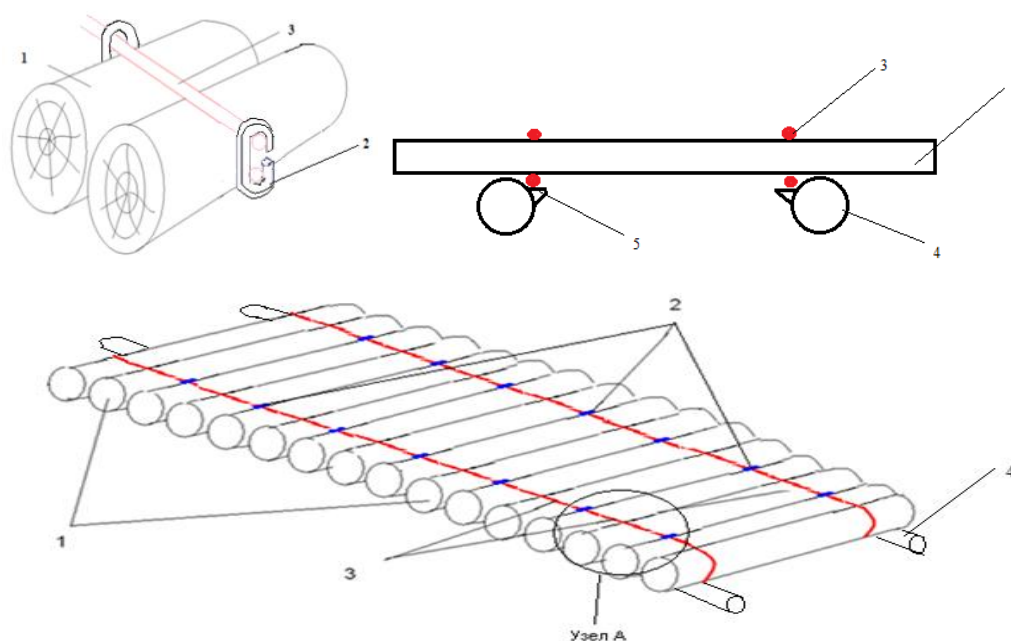


Рис. 2. Схема формирования новой плоской сплочной единицы на берегу: 1 - круглые лесоматериалы; 2 - железный крюк; 3 - стальной канат; 4 - следи; 5 - поддерживающие бруски

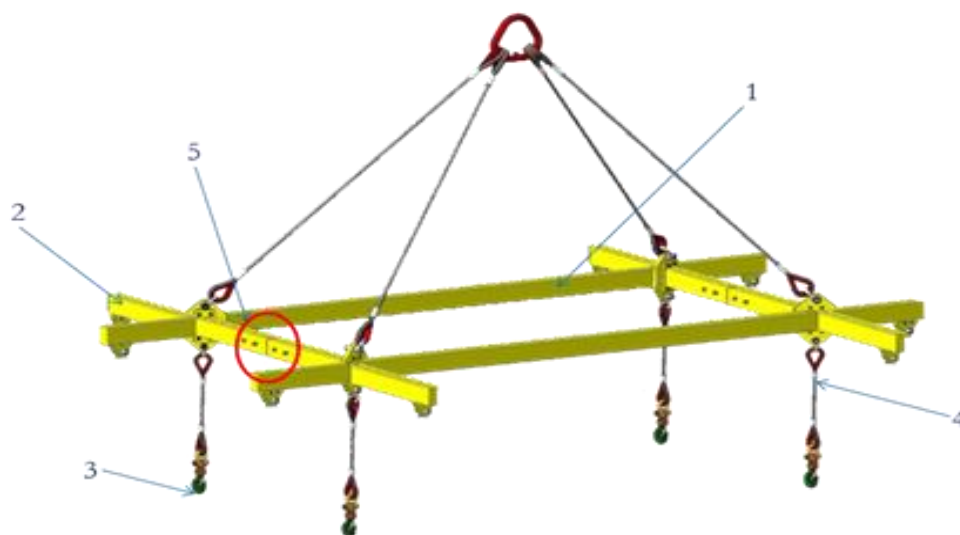


Рис. 3. Конструкция грузозахватного устройства:
1 – жесткая грузозахватная рама; 2 – консоли грузовых балок; 3 – грузозахватные крюки;
4 – грузозахватные стропы; 5 – стыковое соединение

При формировании на воде плоская плоточная единица собирается на акватории приречного склада следующим образом (рис. 4).

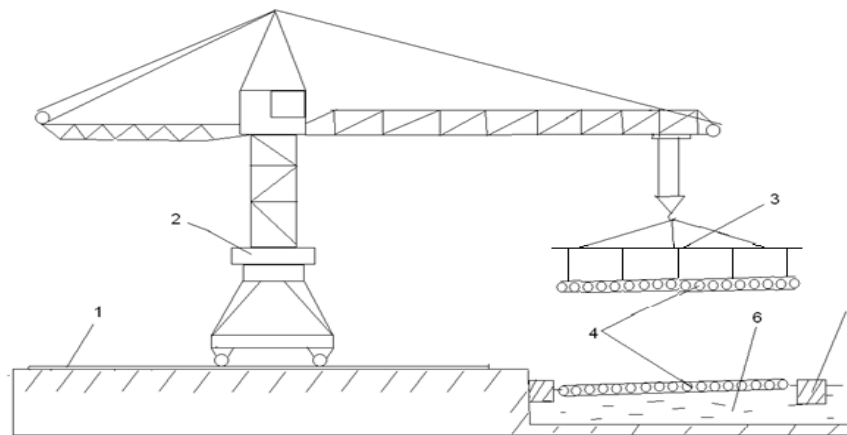


Рис. 4. Схема формирования новой плоской плоточной единицы на воде:
1-подкрановый путь; 2- башенный кран; 3- грузозахватное устройство;
4- плоская плоточная единица; 5- понтон; 6- формировочный дворик

Башенным краном, спущенные на воду бревна с приречного склада, поступают в формировочный дворик, где сплавщиками круглые лесоматериалы устанавливаются в поперечную щель и выравнивают по одной стороне формировочного дворика. На выровненную поперечную щель бревен сплавщики заводят две обвязки 2, 3, которые скрепляются через каждые два бревна вертикальными стяжками 4. Затем ручными лебедками утягиваются грузовые обвязки, которые на концах ряда круглых лесоматериалов стопорятся фиксаторами. Плоская плоточная единица готова к сплаву.

На акватории приречного склада плоские плоточные единицы могут объединяться, образуя ленты или многорядные плоточные единицы (рис. 5) одно-, двух-, трехрядные в зависимости от глубины лесосплавной реки.

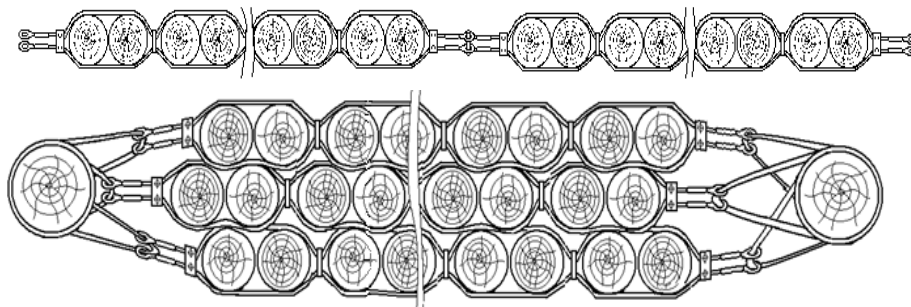


Рис. 5. Лесотранспортные единицы

Результаты эксперимента. Выполнены теоретические расчеты прочности предлагаемой конструкции плоской плоточной единицы при формировании ее на береговом плотбище: расчет тросовых обвязок.

Расчет тросовых обвязок: Допущение. Масса древесины ПСЕ равномерно распределяется и удерживается двумя тросовыми обвязками с верху и снизу поперечной щели круглых лесоматериалов (рис. 6) [6].

Определим количество бревен в ПСЕ прямоугольной формы (рис. 6):

$$n = B/d_{\text{ср}} = 6,5/0,2 = 32,5 \approx 32 \text{ шт.}$$

где $B=L$ – ширина и длина ПСЕ, м; d_{cp} – средний диаметр круглых лесоматериалов в ПСЕ, м.

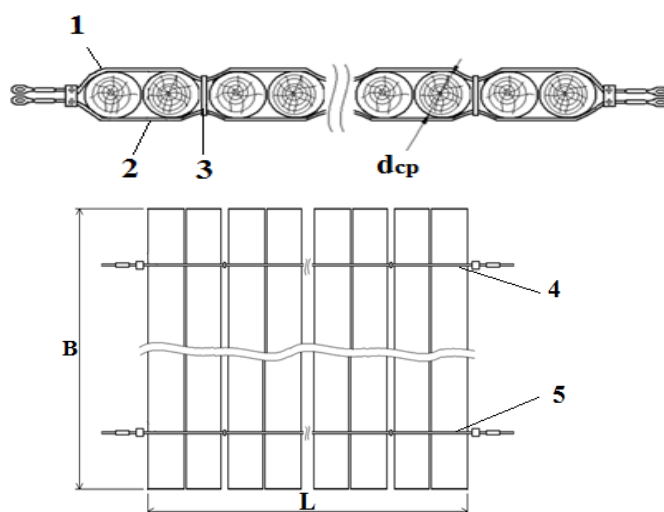


Рис. 6. Расчетная схема ПСЕ при формировании на береговом плотбище:
1,2 – верхняя и нижняя ветви обвязки; 3 – вертикальная стяжка;
4,5 – обвязки поперечной щети круглых лесоматериалов

Вычислим объем древесины в ПСЕ:

$$W = L \times n \times \frac{\pi \times d_{cp}^2}{4} = 6,5 \times 32 \times \frac{3,14 \times 0,2^2}{4} = 6,53 \text{ м}^3.$$

Найдем вес лесного груза:

$$G = W \times \gamma = 6,53 \times 0,8 = 5,224 \text{ т},$$

где γ – объемный вес древесины, т/м³.

Прочность ПСЕ зависит от прочности формировочного такелажа из стальных канатов, которые работают на растяжение и испытывают изгибающие нагрузки от вертикальных стяжек. Стальные канаты, вследствие винтовой формы проволок и прядей, работают также и на скручивание. При работе троса проволоки нажимают друг на друга и создают трение, которое вызывает в проволоке еще дополнительное напряжение [7].

Расчет ведем следующим образом, вычисляя разрывную трос нагрузку R по формуле:

$$R = n \times P = 4 \times 5224 = 20896 \text{ кг},$$

где n – коэффициент безопасности ($3 \div 5$); $P=G$ – статическая растягивающая нагрузка, взятая для однорядной ПСЕ.

По стандарту на стальные канаты (ГОСТ 3067-88) выбираем трос, разрывная нагрузка которого R_0 , ближе всего подходит к определенной нами выше. Таким оказывается стальной канат, имеющий $R_0 = 21150$ кг. Конструкция троса $6 \times 19(1+6+12) + 6 \times 19(1+6+12)$; диаметр этого троса $d = 16,5$ мм; число проволок в тросе $i = 7 \times 18 = 126$ шт; диаметр проволок $\delta = 1,1$ мм; площадь сечения всех проволок $F = 127,01$ мм²; временное сопротивление разрыву проволоки $\sigma_0 = 170$ кг/мм²; диаметр барабана или блока $D = 400$ мм.

После этого производим проверочный расчет результирующего напряжения в обвязках от растяжения и изгиба в тросе по формуле:

$$p_{max} = p' + p''.$$

В свою очередь

$$p' = \frac{P}{F}; \quad F = i \frac{\pi \delta^2}{4}; \quad p'' = aE \frac{\delta}{D},$$

где p_{max} – максимальное напряжение в тросе в кг/мм²; p' – напряжение в тросе от растяжения кг/мм²; p'' – то же от изгиба; E – модуль упругости = 21500 кг/мм²; a – коэффициент уменьшения напряжения от изгиба = 3/8.

Подставляя в численные значения p' и p'' и получим

$$p_{max} = \frac{P}{F} + 8000 \frac{\delta}{D} = \frac{5224}{127,01} + 8000 \frac{1,1}{400} = 63,13 \text{ кг/мм}^2$$

Для безопасности работы троса необходимо, чтобы

$$p_{max} \leq \frac{\sigma_0}{n_1},$$

где n_1 – коэффициент безопасности от разрыва при учете одновременного действия растяжения и изгиба.

Коэффициент безопасности от разрыва можно найти по следующей формуле:

$$n_1 = 0,5n = 0,5 \times 4 = 2,$$

тогда получим:

$$63,13 \text{ кг/мм}^2 \leq 85 \text{ кг/мм}^2.$$

Отсюда делаем вывод, что трос подобран правильно с запасом на прочность.

Анализ данных. На основе теоретических исследований, был подобран лесосплавной такелаж, удовлетворяющий прочностным характеристикам плоской сплотовой единицы из круглых лесоматериалов, в частности: тип стального троса 6х19(1+6+12)+ 6х19(1+6+12), диаметр этого троса $d = 16,5$ мм для формирования плоских сплотовых единиц на приречных складах лесопромышленного предприятия.

Выводы.

1. Разработан новый способ водных поставок древесного сырья в речных плотах из плоских сплотовых единиц с приречных складов по реке Вычегда в межень навигационный период.
2. Разработана технология и оборудование для сплотки плоских сплотовых единиц на приречных лесных складах.
3. Разработана конструкция и формовочный лесосплавной такелаж плоских сплотовых единиц для различных сплавных горизонтов на реке Вычегда в навигационный период.

Список литературы

1. Технологический процесс сплотки и транспортировки сплавной лесопродукции. – Сыктывкар: ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК», 2011. – 89 с.
2. Стратегия экономического и социального развития Республики Коми на 2006-2010 годы и на период до 2015 года. – Сыктывкар: Изд. Правительства Республики Коми, 2006. – 500с.
3. Царев Е.М., Войтко П.Ф., Ерин С.В., Поляков А.В. Плоская сплотовая единица // Патент России №2477698. 2012. Бюл. №34.

4. Царев Е.М., Войтко П.Ф., Ерин С.В., Поляков А.В. Плоская сплottedная единица // Патент России №2011122350. 2013. Бюл. №34.
5. Войтко П.Ф., Гайсин И.Г. Устройство для выгрузки плоских сплottedных единиц с воды на берег // Патент России №2476366. 2013. Бюл № 6.
6. Плоты (конструкция, эксплуатация, технология) / Фоминцев М.Н., Львов И.П., Соколов К.В. и др.; под ред. М.Н. Фоминцова. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 216 с.
7. Войтко П.Ф. Транспорт леса. Совершенствование лесоперевалочных процессов на рейдах приплава: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 492 с.
8. Использование лесов Республики Марий Эл для строительства и эксплуатации водных объектов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2009. – №3. – С.75-84.

WATER OF DELIVERY OF RAW MATERIAL FOR OF WOOD ON THE "MONDI SYKTYVKAR LPK" ON THE VYCHEGDA RIVER

Voitko Petr Filippovich, Gaisin Ilschat Gilaztinovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

A new method for the delivery of raw wood on the "Mondi Syktyvkar LPK" in stream rafts of flat rafts.

Keywords: flat raft, stream raft, log storage; handling devices.

УДК 631.3.05

АНАЛИЗ БОРТОВЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Галеев Султан Хафизьянович, Салапина Ирина Андреевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
GaleevSH@volgatech.net

Проанализированы бортовые электрические системы мобильных энергетических средств и варианты адаптеров для использования измерительного комплекса.

Ключевые слова: бортовая система, мобильное энергетическое средство, оптимальный режим работы, тракторный агрегат, адаптер, измерительный комплекс.

Введение. Ввиду многообразия мобильных энергетических средств, используемых в настоящее время на предприятиях агропромышленного комплекса монтаж элементов измерительного комплекса необходимо выполнять с учетом конструктивных особенностей каждого энергосредства.

Цель работы: проанализировать бортовые электрические системы отечественных и зарубежных мобильных энергетических средств и варианты адаптеров для использования измерительного комплекса

Решаемые задачи: проведение анализа бортовой системы на примере конкретного мобильного энергетического средства и адаптеров для проведения измерений на отечественных и зарубежных мобильных энергетических средствах.

Аналитическое моделирование. Для проведения измерительных операций с применением мобильных комплексов необходимо условие выполнения адаптации элементов бортовых систем. Это требование продиктовано теми обстоятельствами, что при изготовлении фирмами производителями мобильных энергетических средств (МЭС) в настоящее время не осуществляется координация оснащения их бортовых систем унифицированными компонентами. Выполнение этого требования позволило бы производить измерительные операции на различных марках МЭС с применением штатного измерительного оборудования. В связи с вышеизложенным, возникает необходимость создания устройств или систем, позволяющих использовать измерительные комплексы для оценки показателей исследуемых технологических и транспортных операций в условиях того или иного производственного предприятия агропромышленного комплекса [1].

В современных условиях собственник сельскохозяйственного или промышленного трактора (особенно это касается собственников мощных, а значит и дорогостоящих машин) рассматривает его как средство производства и стремится обеспечить приемлемый уровень его технической готовности, не задумываясь над тем, как будут выполняться контрольно-измерительные мероприятия по установлению оптимальных режимов использования машинотракторных агрегатов (МТА), по возможности минимизируя эксплуатационные издержки. Многочисленные исследования показывают, что обеспечение минимальных затрат на ТО и ремонт тракторной техники (с учетом потерь от простоев или при заданной готовности) возможно при реализации планово-предупредительной стратегии ТО и ремонта, а также установлением оптимальных режимов эксплуатации МЭС при использовании различных марок транспортных и технологических машин.

В настоящее время на МЭС ведущих фирм широко используются бортовые средства, выполняющие функции контроля. Эти системы предназначены также для регулирования или автоматического управления различными системами и механизмами МЭС, а также обеспечения оператора необходимой информацией. Эти функции логически увязаны с особенностями устройства и функционирования соответствующих систем и механизмов МЭС и с режимами работы как самого МЭС, так и МТА в целом. Однако выполнение вышеперечисленных функций не может обеспечить выбор оптимального режима работы, когда необходимо учитывать многочисленные факторы, влияющие на качественные и количественные показатели выполнения операций.

На выпускаемых в настоящее время отечественных МЭС подобные средства не применяются, однако большинство заводов рассматривают возможность установки некоторых элементов и измерительных устройств в бортовых электрических системах. Логическое содержание функции контроля технического состояния и режимов работы МЭС заключается в том, что на основе измерений текущих значений ряда параметров оценивается ситуация по признаку наличия (или отсутствия) отклонений, требующих немедленного (или отложенного) вмешательства в виде изменения режимов работы или проведения необходимых операций по обслуживанию. Разработка вариантов конструкций адаптеров для использования измерительной системы для различных марок тракторов включает в себя работы, связанные с изучением особенностей конструктивного оформления монтажных элементов. Результаты запланированных испытаний

позволят обеспечить более качественное выполнение контрольных и измерительных работ при исследовании технологических и транспортных операций. При высоком уровне использования электронно-вычислительной техники в оценке качественных и количественных показателей исследуемых процессов создание и совершенствование систем контроля транспортных и энергетических средств будет способствовать повышению эффективности их использования.

С помощью предлагаемой контрольно-измерительной системы появляется возможность определять ресурс составляющих элементов и узлов машинно-тракторных агрегатов. Для этого предлагается для датчиков систем управления ввести дополнительную функцию [2]. Эта функция будет заключаться в накоплении информации о режимах, условиях работы систем машины. Такая модернизация позволит выполнять определение и установление оптимальных режимов эксплуатации при обеспечении высоких качественных и количественных показателей выполняемых операций.

Техника эксперимента. При выполнении операций по защите растений с применением современных опрыскивателей режим их работы контролируется компьютером, входящим в их состав. При отклонении показателей выполнения операции от заданных агротехнических бортовая система опрыскивателя подает сигнал о нарушении режима работы или выявленной неисправности. В данном случае сигнал о нарушении режима работы должен быть проанализирован и измерительной системой МЭС с целью принятия исчерпывающих мер по устранению возникших нарушений. Качественное выполнение и экономическая эффективность работы МТА на операциях по защите растений с применением современных опрыскивателей зависит от технологических схем их работы.

В полевых условиях, без надлежащих средств контроля, очень тяжело достичь точной концентрации рабочего раствора, которая отвечала бы агрономическим требованиям. Перед каждой новой заправкой в баке опрыскивателя остается определенное количество рабочей жидкости от предыдущей заправки. Из-за ошибки уровня меры невозможно точно определить остаток рабочей жидкости в баке опрыскивателя. Вследствие чего с каждой новой заправкой концентрация рабочего раствора пестицидов в баке опрыскивателя изменяется на несколько процентов в ту или иную сторону. Таким образом, через несколько заправок рабочая смесь может стать слишком концентрированной или же ее концентрация будет недопустимо заниженной. Учитывая стоимость средств защиты растений и объем их использования необходимо обеспечить максимальную эффективность действия препарата и его экономию. Среди многих параметров, которые характеризуют технологический процесс опрыскивания, важнейшими являются концентрация рабочего раствора средств защиты растений, норма внесения препарата и уровень загрязнения окружающей среды вредными соединениями.

Одним из важных вопросов, который на сегодня до конца не решен, является регулировка опрыскивателя на заданную норму внесения рабочей жидкости и поддержка заданных параметров в процессе работы [3]. Отклонение фактической нормы внесения препарата от заданной не должно превышать 10%.

Химические средства защиты растений - дорогие технологические материалы, поэтому их доля в себестоимости продукции довольно значительна. Регулировку опрыскивателя на заданную норму внесения рабочей жидкости выполняют таким способом. Сначала по таблицам выбирают рабочую скорость агрегата, тип и размеры распылителей. Затем по формуле 1 определяют расход рабочей жидкости через один распылитель

$$q = B \cdot Q \cdot V_p / 600 \times n,$$

где q - расход рабочей жидкости через один распылитель, л/мин; B - ширина захвата опрыскивателя, м; Q - заданная норма расхода рабочей жидкости, л/га; V_p - рабочая скорость движения агрегата, км/час; n - количество распылителей на штанге опрыскивателя, шт.

Проверяют расчетный и фактический расход воды и определяют отклонения. В случае необходимости изменяют скорость движения агрегата или давление в гидравлической системе опрыскивателя и снова проверяют его на воде. Повторяют наладку, пока не достигнут соответствия агротехническим требованиям. Некоторые модели тракторов оснащают цифровой системой. Если один из указанных параметров не соответствует требуемому, контрольная цифровая система выключает питание электромагнитного клапана на топливном насосе и подача топлива к двигателю прекращается. Кроме того, для измерения действительной скорости движения используются радарные датчики, точно определяющие скольжение колес (в процентах) в любых условиях (представляется в виде графика). Удержание заданного скольжения позволяет повысить эффективность работы, точность дозировки (например, удобрений, семян) и тем самым снизить затраты и сохранить окружающую среду.

Необходимость анализа бортовых систем МЭС с учетом их адаптированности к особенностям используемых машин можно привести применительно к выполнению и других операций.

При выборе конструктивных вариантов адаптеров, позволяющих расширить возможности измерительного комплекса при использовании парка отечественной и зарубежной техники, необходимо учитывать особенности схем бортовых средств диагностирования. Для улучшения контроля состояния машин отечественные и зарубежные фирмы широко применяют множество встроенных элементов: стрелочных приборов, световых и звуковых сигнализаторов для предупреждения об аварийном состоянии агрегатов и в случае необходимости остановки машин с использованием электрических и электронных приборов, микропроцессорной техники. Адаптирование мобильного измерительного комплекса для совместной работы со схемами бортового контроля мобильных энергетических средств (МЭС) зарубежных фирм, (Клаас, Джон Дир, Нью Холланд и др.) позволяет получить дополнительную информацию об исследуемых процессах. Монтажные, принципиальные, электрические и другие схемы по измерительным системам МЭС должны сопровождаться пояснительной документацией по характеристике получаемых и преобразуемых сигналов, а также с описанием стыковочных узлов [4].

Таким образом, исходя из обзора и анализа научно-технических публикаций и возможных путей развития сельскохозяйственной техники, следует, что бортовые измерительные системы становятся надежной основой технического прогресса в сельскохозяйственном машиностроении. Можно утверждать, что технический уровень выполнения операций (транспортных и технологических) сельскохозяйственного производства будет определяться микропроцессорными системами контроля и управления. Это объясняется тем, что такие системы дают возможность существенно расширить возможности различных агрегатов машин и навесных орудий. Изменяющиеся принципы земледелия, коренное изменение технологии обработки почвы, посева и выполнения других операций требуют коренного изменения в принципах управления МТА в процессе выполнения работ. Уже сейчас практика земледелия нуждается не просто в энергосредствах, а в МТА, способном автоматически управлять технологическими процессами [2]. Энергетическое средство должно управлять через рабочие ору-

для всеми технологическими процессами, давая возможность осуществлять работы, которые нельзя выполнять при ручном управлении.

Роль мобильных измерительных комплексов в обеспечении эффективного функционирования МТА заключается в том, что для конкретных условий выполнения операций задаются критерии их оценки. Датчики в мобильных машинах с учетом специфики их использования должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь необходимые качественные характеристики (чувствительность, точность, линейность, воспроизводимость, скорость отклика, взаимозаменяемость, отсутствие гистерезиса);
- соответствовать нормативным требованиям по надежности, сроку службы, устойчивости к внешней среде, устойчивости показаний;
- соответствовать по габаритам и массе, иметь простую конструкцию и низкую себестоимость при изготовлении.

Персональный компьютер (ПК), используемый в измерительном комплексе, должен быть объединяющим компонентом всех составных частей электронного оборудования системы. Функции, выполняемые ПК (рис.1) в рассматриваемой системе, должны сводиться к диагностированию всего электронного оборудования системы и выдаче необходимой информации на информационное табло оператора [5]. Прием и предварительное хранение информации, поступающей от всех первоисточников системы, обработка полученной информации по программам, заложенным в программное обеспечение системы, выработка управляющих воздействий и выдача информации оператору, повторное диагностирование системы должны выполняться также с помощью компьютера.

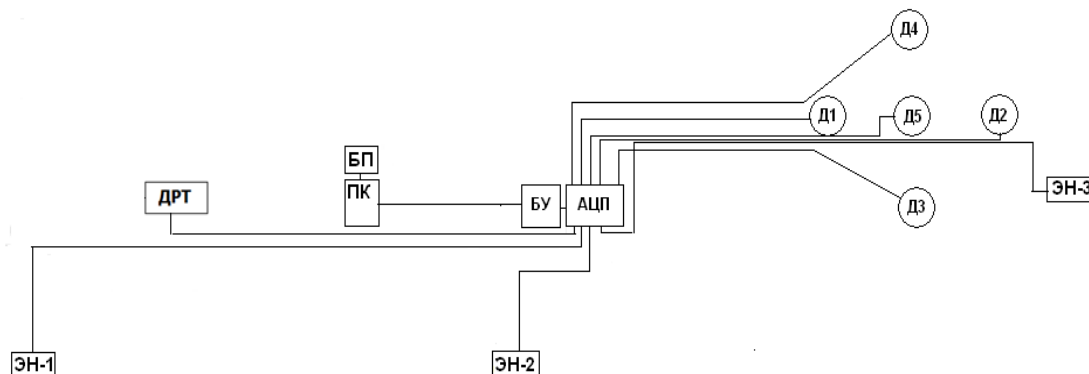


Рис. 1. Общая схема измерительной системы.

ДРТ – датчик расхода топлива; ЭН-1, ЭН-2, ЭН-3 – датчики для определения перемещений и угловых скоростей вращающихся узлов и деталей (энкодеры);

Д-1...Д-5 – измерители энергосиловых показателей; ПК – персональный компьютер;

БП – блок питания; БУ – блок управления; АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Выводы.

1. В процессе исследований проведен анализ бортовых электрических систем отечественных и зарубежных мобильных энергетических средств.
2. Выполнено анализ конструктивных вариантов адаптеров для проведения измерений на отечественных и зарубежных мобильных энергетических средствах.

Список литературы

1. Величкин И. Н. Анализ воспроизведения эксплуатационных факторов при ускоренных испытаниях // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1999. – № 10. – С. 167-205.
2. Проблемы технического сервиса в АПК России. – М.: РАСХН и ГОСНИТИ, 2000ю – С. 156-184
3. Рыжков А.В. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин.-Л.: Машиностроение, 2007. – С. 26-45.
4. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы: Структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование. – М.: Энерго-атомиздат, 1985. – С. 36-64.
5. Чернышев А. Ю.. Синдромное декодирование и проверочные матрицы двоичных линейных блочных кодов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – №2. – С. 8-9.

ANALYSIS OF THE BOARD OF ELECTRICAL SYSTEMS OF DOMESTIC AND FOREIGN POWER OF MOBILE

Galeev Sultan Hafizynovich, Salapina Irina Andreevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

This paper analyzes the on-board electrical system of mobile power adapters, tools and options for the use of the measurement equipment.

Keywords: on-board system, mobile power tool, the optimal mode of operation, machine-tractor unit, adapter, measuring complex.

УДК 631.171

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ

Галеев Султан Хафизьянович, Кораблёв Александр Геннадьевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия,
Йошкар-Ола

GaleevSH@volgatech.net

Предлагается проведение исследований влияния геометрических параметров машины на показатели механизма навески.

Ключевые слова: центр тяжести, нагрузочный момент, механизм навески.

Введение. Проведение исследований при проектировании является важнейшим звеном технического прогресса, связывающим науку с производством. При проектировании есть возможность реализации результатов многих научных исследований. Часть научных достижений всегда откладывается из-за слишком дорогих материалов, применяемых в конструкции, из-за низкой перспективы сбыта и сложности организации производства, невозможности изготовления некоторых изделий на существующем оборудовании и т.д. От качества исследования зависит судьба орудия (машины) – получит оно широкое распространение или выпуск

ограничится опытной партией. Проведение исследований по выбору геометрических и кинематических параметров имеют особую роль на стадии проектирования.

Цель работы: провести теоретические расчеты по определению центра тяжести почвообрабатывающей машины и определения нагрузочного момента.

Решаемые задачи: 1) проведение расчетов для построения графика зависимости расположения центра тяжести от вылета нижних кронштейнов; 2) выполнение расчетов по определению нагрузочного момента.

Техническое моделирование. При проектировании технологических машин, предназначенных для агрегатирования с мобильными энергетическими средствами, необходимо соблюдать требования, обусловленные с особенностями их навесных устройств. Это обстоятельство связано с тем, что любое навесное устройство имеет ограничения по значениям допустимой вертикальной нагрузки и координатам расположения центра тяжести агрегируемой машины. Схема для расчета расположения центра тяжести в зависимости от длины нижних кронштейнов приведена на рис. 1.

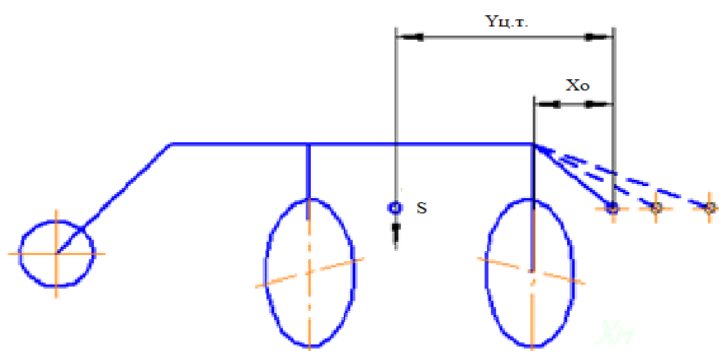


Рис. 1. Схема для расчета расположения центра тяжести в зависимости от вылета нижних кронштейнов: S - центр тяжести почвообрабатывающей машины, X - длина вылета нижнего кронштейна, $Y_{ц.т.}$ - расстояние до центра тяжести

При проектировании элементов конструкции почвообрабатывающего агрегата необходимо соблюдение предъявляемых требований по выбору геометрических и кинематических параметров. После проведения энергосиловых и прочностных расчетов выполняется определение характеристик применяемых сечений используемых материалов [1].

Техника эксперимента. По полученным результатам производится общая компоновка машины. Для возможности надежной эксплуатации проектируемой машины с агрегируемым энергетическим средством выполняется проверка допускаемой вертикальной нагрузки на навесное устройство.

В таблице 1 приведены данные выполненных расчетов для построения графика изменения расположения центра тяжести почвообрабатывающей машины в зависимости от длины нижних кронштейнов.

Таблица 1

Результаты расчетов для построения графика изменения центра тяжести в зависимости от вылета нижних кронштейнов

X_o , мм	150	160	170	180	190	200,6	210	220	230	240	250	260	270	280
$Y_{ц.т.}$, мм	552	562	572	582	592	602,6	612	622	632	642	652	662	672	682

График изменения расположения центра тяжести в зависимости от вылета нижних кронштейнов, построенный по результатам выполненных расчетов, показан на рис. 2.

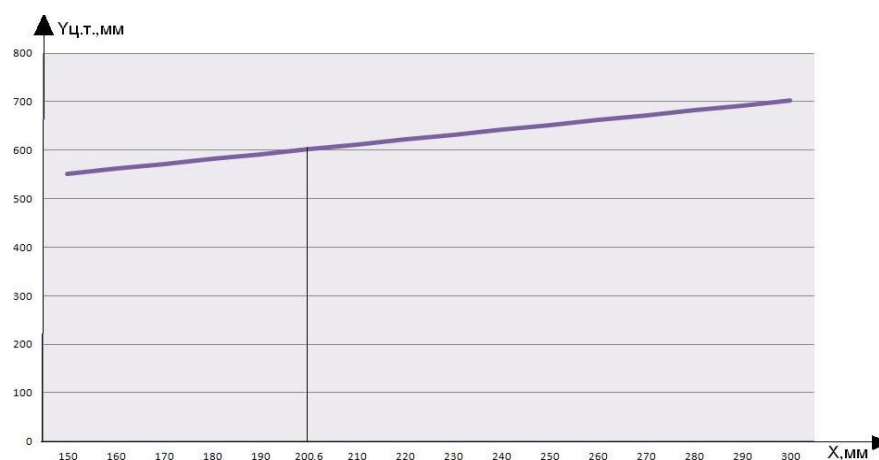


Рис. 2. График изменения расположения центра тяжести в зависимости от вылета нижних кронштейнов

Из рассмотрения графика следует, что величина вылета нижних кронштейнов оказывает существенное влияние на координату расположения центра тяжести. Определение расчетного значения текущего расположения центра тяжести позволяет корректировать предельный вес проектируемой технологической машины [2].

В соответствии с технической характеристикой мини-тракторов тягового класса 2кН, вертикальная нагрузка в точке крепления шарниров нижних продольных тяг не должна превышать 2кН [3]. Для разработки механизма крепления почвообрабатывающей машины к навеске трактора необходимо выполнить расчеты по исследованию параметров, влияющих на изменение координат центра тяжести и нагрузки, приходящейся на заднюю навеску трактора [4].

Расчетная схема для определения параметров навески приведена на рис. 3.

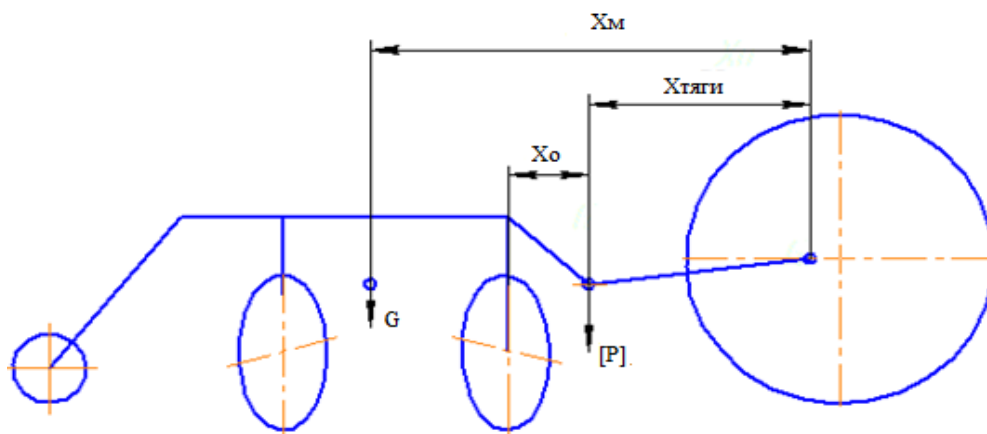


Рис. 3. Расчетная схема для определения параметров навески:

G – вес почвообрабатывающей машины, $[P]$ – допустимая максимальная нагрузка, $X_{тяги}$ – расстояние от точки крепления нижней тяги до точки подвеса, X_m – расстояние от точки крепления нижней тяги до центра тяжести почвообрабатывающей машины

Интерпретация результатов. Допустимая масса проектируемой почвообрабатывающей машины определяется из следующего выражения [5]:

$$[G] = \frac{[P] \times X_{\text{тяги}}}{X_{\text{м}}}, \quad (1)$$

где $[P]$ – допустимая вертикальная нагрузка на навесное устройство в точке подвеса, Н; $X_{\text{тяги}}$ – расстояние от точки крепления нижней тяги до точки подвеса, м; $X_{\text{м}}$ – расстояние от точки крепления нижней тяги до центра тяжести почвообрабатывающей машины, м.

Максимальный момент, создаваемый задней навеской трактора КМЗ-012, определяется по следующей формуле:

$$M_{\text{max}} = P \times X_{\text{тяги}}, \quad (2)$$

где $[P]$ – допустимая вертикальная нагрузка на навесное устройство в точке подвеса, Н.

Тогда максимальный момент будет равен

$$M_{\text{max}} = 2000 \times 0,39 = 780 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Для оценки возможностей навески по созданию требуемого усилия в вертикальном направлении необходимо проведение анализа результатов проведенных расчетов.

Первую серию расчетов выполняем по выражению (2). Результаты расчетов по определению нагрузочного момента, действующего на механизм навески, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов по определению нагрузочного момента, действующего на механизм навески

$X_{\text{м}}, \text{м}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
$[M], \text{Н} \times \text{м}$	1300	1114,3	975	866,7	780	709,1	650

График изменения нагрузочного момента, действующего на механизм навески, изображен на рис. 4.

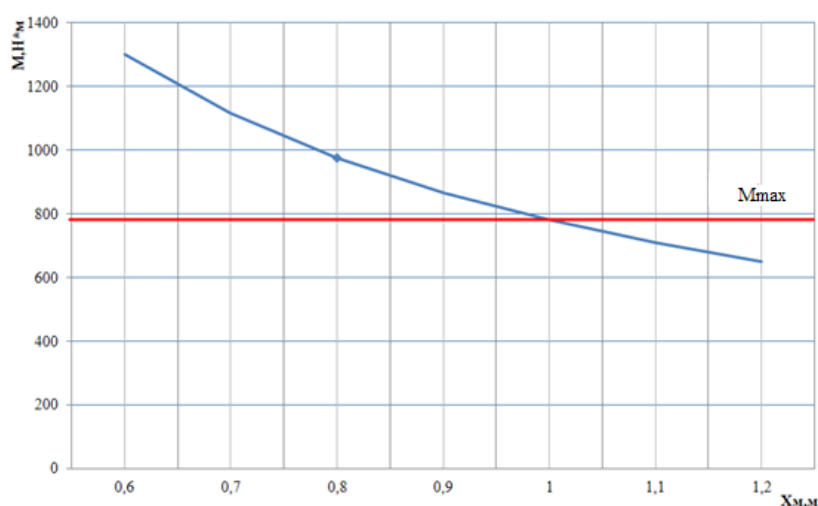


Рис. 4. График изменения нагрузочного момента, действующего на механизм навески

Из анализа рис. 4 следует, что допускаемый нагрузочный момент находится в обратной зависимости от расстояния, от точки крепления нижней тяги до точки подвеса. По рис.4 определяем расстояние от точки крепления нижней тяги до расположения центра тяжести почвообрабатывающей машины с допустимым весом: $X_m = 0,99$ м.

Определение допускаемого веса машины выполняем по формуле (3).

$$[G] = \frac{780}{x_{m1}} \quad (3)$$

Выводы.

1. Проведенные теоретические исследования позволяют определить степень влияния геометрических параметров машины на показатели механизма навески.
2. Обоснован выбор допустимых нагрузок на механизм навески.

Список литературы

- 1.Иванов Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 2008. – 158-167 с.
- 2.Спирин А.П., Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 2009. – С. 119-127.
- 3.Рыжков А.В. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л.: Машиностроение, 2007. – С. 56-64.
- 4.Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие машины. – М.: Машиностроение, 2009. – С. 45-59.
- 5.Чернышев А. Ю.. Синдромное декодирование и проверочные матрицы не двоичных линейных блочных кодов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – №2. – С. 8-9.

INVESTIGATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE MACHINE PERFORMANCE LINKAGE MECHANISM

Galeev Sultan Hafizynovich, Korablev Aleksand Gennadevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The scientific studies of the effect of geometrical parameters of the machine on the performance of the linkage mechanism.

Keywords: center of gravity, load torque, gear linkage.

УДК 631.3.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Галеев Султан Хафизьянович, Салапина Ирина Андреевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
GaleevSH@volgatech.net

Проведены исследования технологических и транспортных операций с использованием мобильного измерительного комплекса.

Ключевые слова: *энергозатраты, измерительное устройство, машинно-тракторный агрегат, почвообрабатывающая операция, транспортный агрегат, погрузочно-разгрузочные работы, сельскохозяйственный груз, расход топливо-смазочных материалов.*

Введение. Проведение исследований технологических и транспортных операций в агропромышленном производстве является весьма трудоемкой задачей вследствие их многообразия. Для более эффективного выполнения поставленных задач необходимо в первую очередь сформулировать критерии оценки выполняемых операций. Эти критерии должны отражать основные технико-экономические показатели исследуемых процессов.

Цель работы: провести исследование технологических и транспортных операций с использованием мобильного измерительного комплекса.

Решаемые задачи: 1) провести исследование технологических и транспортных операций в сельском хозяйстве с использованием мобильного измерительного комплекса; 2) разработать рекомендации по выбору оптимальных режимов работы агрегатов на выполнении операции в сельском хозяйстве.

Аналитическое моделирование. В общем объеме сельскохозяйственных работ, предусматриваемых технологическими картами на их выполнение, транспортные процессы занимают до 35-40 % всех затрат труда на возделывание сельскохозяйственных культур, а по затратам энергоматериальных ресурсов - до 40%. Транспортные расходы составляют около 20-25 % издержек, определяющих себестоимость важнейших видов производимой сельскохозяйственной продукции. Перевозки сельскохозяйственных грузов оказывают влияние на сроки проведения полевых работ и, в конечном счете, на урожайность сельскохозяйственных культур [1]. Задержка в проведении транспортных работ вызывает простои агрегатов, снижение качества или порчу продукции, нарушение технологии производства. В конечном итоге это приводит к нарушению агротехнических требований на выполнение запланированных работ. При этом себестоимость получаемой продукции возрастает, что снижает конкурентоспособность ее на рынке.

Грузопотоки в различных регионах страны распределены неравномерно и зависят от характера и направлений специализации агропромышленных предприятий, обеспечения транспортом, сроков созревания и урожайности сельскохозяйственных культур. В период уборки урожая нагрузки на транспортные средства максимально возрастают. Сезонность и неравномерность использования во времени, зависимость

от состояния дорог и погодных условий характеризуют особенности работы транспорта в сельскохозяйственном производстве. Большой удельный вес в общем объеме перевозок сельскохозяйственных грузов занимает транспортировка продукции полеводства.

Техника эксперимента. При выборе объектов для проведения исследований необходимо исходить из того, что наибольший экономический эффект будет получен в случае оптимизации расходов на выполнении трудоемких и энергозатратных операций.

Комплектование измерительного комплекса датчиками для определения искомым показателей должно выполняться с учетом поставленной задачи при исследовании той или иной операции [2]. Например, исследование энергозатратных технологических операций необходимо производить с использованием датчиков, фиксирующих энергосиловые показатели процесса, и устройств, позволяющих оценивать параметры режима работы машинотракторного агрегата. В качестве примера на рис. 1 приведена схема расположения датчиков, предназначенных для оценки режимов работы машинотракторного агрегата.

В качестве датчиков использованы устройства, позволяющие фиксировать кинематику движения ведущих и ведомых элементов движителей мобильного энергетического средства и машинотракторного агрегата в целом (ЭН-1, ЭН-2 и т.д.).

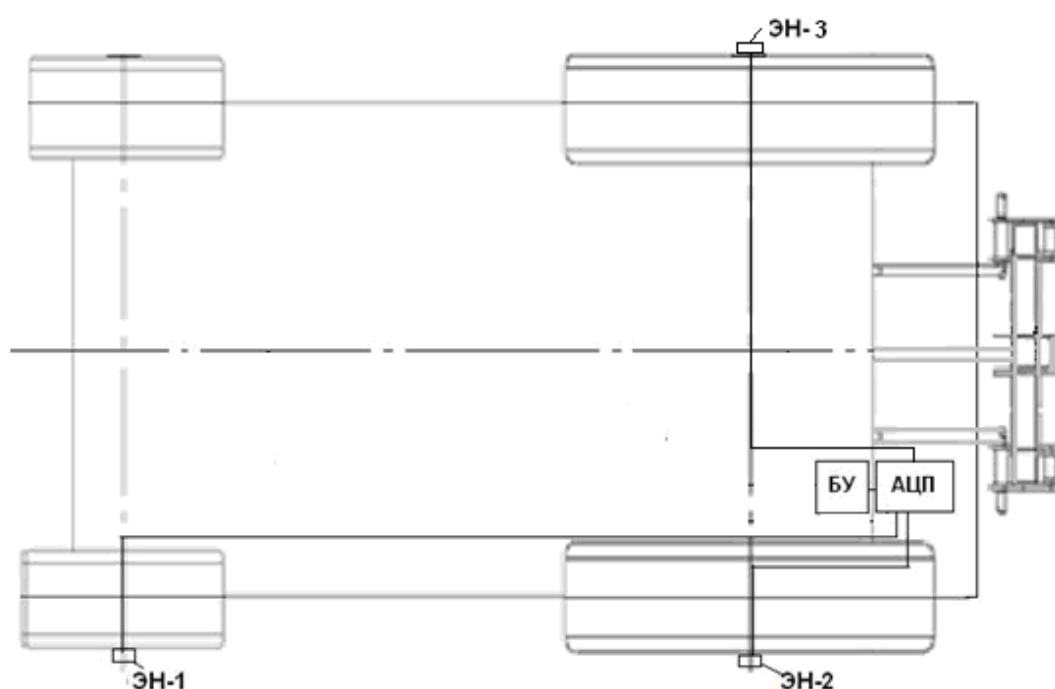


Рис. 1. Схема расположения датчиков, предназначенных для оценки режимов работы машинотракторного агрегата: ЭН-1, ЭН-2, ЭН-3 - устройства для фиксирования показателей кинематики движения ведущих и ведомых элементов движителей

Исследование технологических операций с использованием широкого спектра технологических машин, применяемых в агропромышленном производстве, должно проводиться с учетом их особенностей эксплуатации. При этом необходимо иметь в

виду, что энергозатраты при использовании этих машин зависят от режимов их работы. Для возможности фиксирования показателей работы используемых машин при выполнении технологических операций наряду с измерительными устройствами, установленными на мобильном энергетическом средстве, нужно предусматривать их использование и установку и на технологических машинах. В качестве примера можно привести вариант применения энергосиловых датчиков [1] при исследовании почвообрабатывающих операций различными типами орудий (рис. 2).

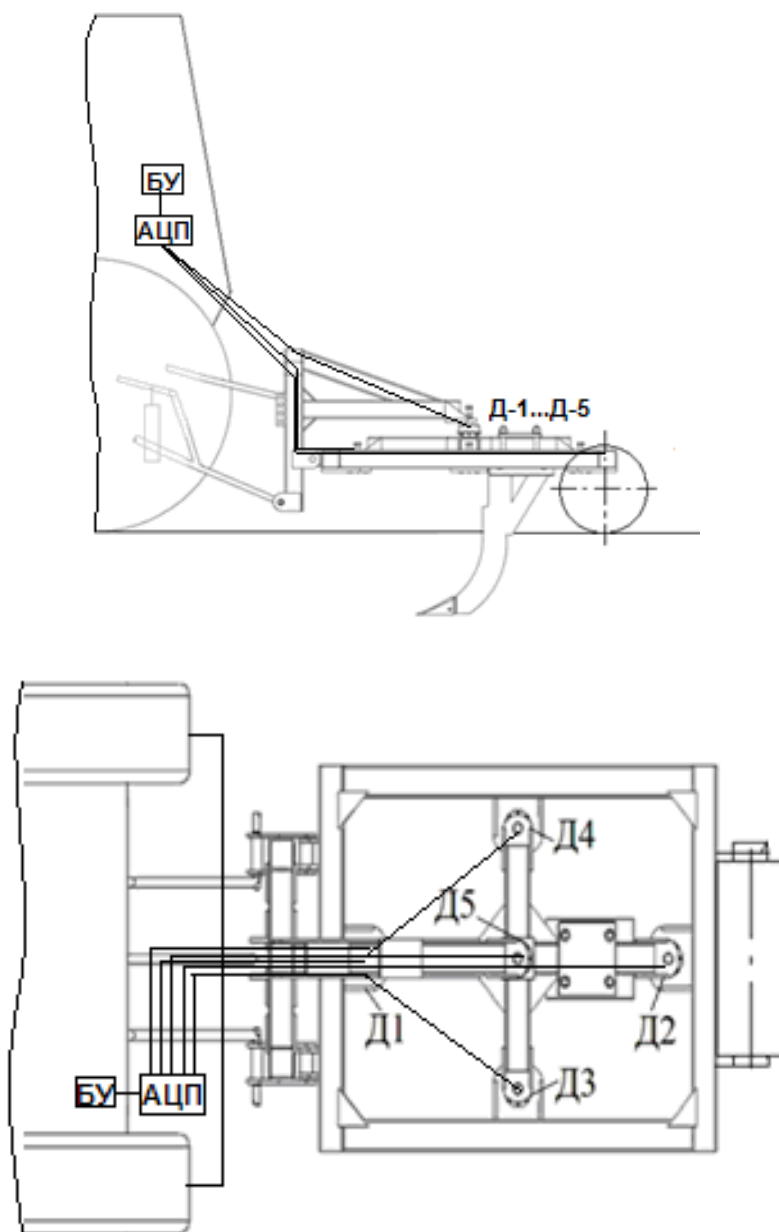


Рис 2. Схема расположения датчиков, предназначенных для оценки выполнения технологических операций при исследовании энергозатрат: а) схема расположения датчиков в продольно-вертикальной плоскости; б) схема расположения на виде сверху; Д1, Д2 - датчики, предназначенные для фиксации силовых составляющих в продольно-вертикальной плоскости в направлении движения МТА; Д3, Д4 - датчики, предназначенные для фиксации силовых составляющих в поперечно-вертикальной плоскости; Д5 - датчик для фиксации усилий, действующих в вертикальном направлении

С использованием вышеприведенных схем расположения датчиков и разработанной измерительной системы были проведены исследования технологических операций с использованием мобильного измерительного комплекса. В результате анализа полученной информации разработаны рекомендации по выбору оптимальных режимов работы машинно-тракторного агрегата на выполнении определенного вида технологической операции. Транспортный процесс объединяет комплекс операций по погрузке, транспортированию и разгрузке различных грузов. В общем цикле выполнения транспортных операций есть значительные резервы его сокращения за счет выбора оптимальных режимов эксплуатации мобильных энергетических средств. Основной задачей исследования транспортных операций является выявление резервов, обеспечивающих снижение расхода топливо-смазочных материалов на единицу выполненной работы [2]. Выполнение рассматриваемых операций с использованием оптимальных режимов эксплуатации позволит существенно увеличить производительность транспортных агрегатов при одновременном повышении их межремонтного пробега.

По степени участия транспорта в производственном процессе перевозки классифицируют на технологические (доставка семян к сеялкам, отвоз зерна от комбайна и т.д.) и общего назначения. Большинство сельскохозяйственных грузов требует сжатых сроков перевозок. Их доставка обусловлена графиком выполнения производственных операций. Дорожные условия в значительной мере определяют производительность транспортных средств, себестоимость перевозок, сохранность грузов и безопасность движения [3]. В сельскохозяйственном производстве наряду с автомобильным транспортом широко используют транспортные агрегаты, в которых задействованы мобильные энергетические средства всех тяговых классов, типов и назначения. Динамические показатели мобильных энергетических средств, как транспортных средств, определяются его тяговым классом, энергонасыщенностью, числом и диапазоном транспортных передач и конструктивными особенностями, в первую очередь ходовой части. Поэтому, чем выше тяговый класс мобильного энергетического средства а, тем больше грузоподъемность транспортного агрегата для конкретных дорожных условий [4].

Вследствие специфических условий работы транспортных агрегатов к мобильному энергетическому средству предъявляют специальные и повышенные требования с точки зрения охраны труда и безопасности движения. Применение гидрофицированных прицепных крюков для соединения мобильного энергетического средства с прицепом позволяет сделать процесс сцепки быстрым и безопасным. Этим же целям служит управление пуском двигателя с рабочего места водителя. Вышеперечисленные мероприятия позволяют в значительной степени увеличить производительность технических средств на выполнении транспортных операций. Производительность транспортных агрегатов в большей степени зависит от времени, затрачиваемого на погрузку и разгрузку, т.е. уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ. Это происходит вследствие снижения затрат времени на выполнение полного цикла. Транспортные агрегаты часто работают на дорогах в общем потоке с автомобилями, маршруты их проходят по населенным пунктам [5]. Поэтому к тормозным системам, световой и звуковой сигнализации транспортных агрегатов предъявляются повышенные требования.

Целью исследования транспортных операций с использованием мобильного измерительного комплекса является проведение широкого спектра работ. Обработка и анализ полученной информации позволяют выработать рекомендации по выбору оптимальных режимов эксплуатации транспортных агрегатов. Схема расположения датчи-

ков и измерительных приборов, предназначенных для реализации вышепоставленных задач, приведена на рис. 3.

С использованием вышеприведенных схем расположения датчиков и разработанной измерительной системы были проведены исследования транспортных операций с использованием мобильного измерительного комплекса. В результате анализа полученной информации разработаны рекомендации по выбору оптимальных режимов работы транспортного агрегата на выполнении определенного вида операции.

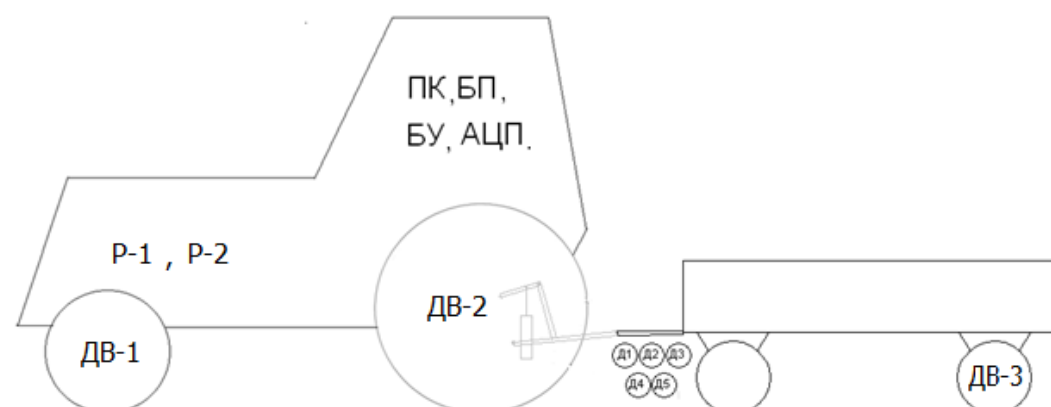


Рис. 3. Схема использования мобильного измерительного комплекса при выполнении транспортных операций: Р-1, Р-2 – датчики расхода топлива; ДВ-1, ДВ-2, ДВ-3 – датчики для определения перемещений и угловых скоростей вращающихся узлов и деталей; Д-1...Д-5 – датчики давления; ПК – персональный компьютер; БП – блок питания; БУ – блок управления; АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Выводы. Выполнены исследования основных видов технологических и транспортных операций в сельском хозяйстве с использованием мобильного измерительного комплекса, а также разработаны рекомендации по выбору оптимальных режимов работы агрегатов на выполнении каждого вида операций.

Список литературы

1. Груздев С.В., Прошин Е. М. Импульсная тензометрия. М., «Энергия», 1976. 88 с. с ил. (Б-ка по автоматике. Вып. 576). – С. 8-9.
2. Величкин И.Н. Анализ воспроизведения эксплуатационных факторов при ускоренных испытаниях // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1999. – № 10 – С. 18-22.
3. Иофинов С.А., Цырин А.А. Эксплуатация тракторов и автомобилей на транспортных работах в сельском хозяйстве. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л., «Колос» (Ленингр. отд-ние), 1975. – С. 155-189.
4. Рыжков А.В. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин.-Л.: Машиностроение, 2007. – С. 56-64.
5. Чернышев. А.Ю. Синдромное декодирование и проверочные матрицы не двоичных линейных блочных кодов// Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – №2. – С. 56-59.

STUDY OF TECHNOLOGICAL AND TRANSPORT OPERATIONS WITH THE USE OF A MOBILE MEASURING COMPLEX

Galeev Sultan Hafizynovich, Salapina Irina Andreevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The paper studied the technological and transportation operations using mobile measuring system.

Keywords: energy, the measuring device, machine-tractor, tillage operation, the transport assembly, material handling, agricultural goods, consumption of fuel and lubricants.

УДК 631.31

К ВОПРОСУ ВЫБОРА СПОСОБОВ ПОДПАХОТНОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВ

Галеев Султан Хафизьянович, Сафаргалеев Наиль Накипович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
GaleevSH@volgatech.net

Выполнен анализ способов почвообработки, оказывающих влияние на ее плотность. Рассматривается процесс подпахотного рыхления уплотненных слоев почвы.

Ключевые слова: машинно-тракторные агрегаты, уплотнение почвы, почвенная подошва, пахотный горизонт.

Введение. Использование энергонасыщенных и тяжелых МТА приводит к увеличению уплотнения почвы и ускоренному образованию почвенной подошвы. Во время сельскохозяйственных работ ходовые системы машинно-тракторных агрегатов покрывают следами от 40 до 80% площади поверхности поля, а поворотные полосы подвергаются многократному воздействию движителей. Все это приводит к уплотнению нижних слоев почвы, что отрицательно сказывается на почвенном плодородии и урожайности сельскохозяйственных культур. Из-за увеличения массы тракторов и сельхозмашин уплотняется не только пахотный, но и подпахотный горизонты на глубину 1 - 1,5 м. В результате уплотнения усиливаются эрозионные процессы, объемная масса почвы. Удельное сопротивление при работе рабочих органов повышается соответственно в 1,5 - 2 раза, снижается общая и капиллярная пористость плодородного слоя. Повышение плотности и твердости почвы ведет к снижению жизнедеятельности почвенной микрофлоры и в конечном результате к недобору 20 - 40 % урожая [1].

Цель работы: анализ способов почвообработки, оказывающих влияние на ее плотность.

Решаемые задачи: 1) изучение влияния способов почвообработки на ее плотность; 2) рассмотрение процесса подпахотного рыхления глубокорыхлителями.

Техническое моделирование. Неумеренное применение отвальных плугов и ежегодная обработка на одинаковую глубину приводят к образованию плужной подошвы, которая препятствует проникновению выпавших осадков в нижележащие слои и испа-

рению излишков влаги из нижних горизонтов. Это способствует развитию водной эрозии на склоновых землях, а на равнинах и в низинах — образованию мокрых участков, в которых застаиваются талые и дождевые воды.

Использование отвальной обработки приводит к нарушению естественного расположения слоев почвы, снижает их водопроницаемость и ухудшает условия для деятельности микроорганизмов почвы. Аэробные бактерии, которым требуется насыщение почвы кислородом, оказываются в глубине почвы и угнетаются в анаэробных условиях, а анаэробные микроорганизмы, напротив, попадают в условия избытка кислорода. Это обстоятельство приводит к тому, что активность участия аэробных бактерий в разложении растительных остатков резко сокращается.

Все перечисленные негативные факторы приводят к деградации плодородного слоя почвы и расширению ареала эрозионных процессов [2]. Особую опасность представляет водная эрозия, так как размыв плодородного слоя почвы склоновых земель дождями и талыми водами наносят огромный вред сельскому хозяйству. А так как в России до 50% сельхозугодий находятся на склонах, то проблемы борьбы с переуплотнением почв и водной эрозией становятся еще актуальнее.

В настоящее время борьбу с уплотнением почвы проводят по трем направлениям: снижением уплотнения почвы, разуплотнением уплотненной почвы и предотвращением уплотнения почвы. По первому направлению ведутся работы по совершенствованию ходовой системы МТА, снижению их массы, применению широкозахватных и комбинированных машин. Наряду со снижением веса машин и агрегатов, необходимо проведение приемов, способствующих уменьшению объемной массы почвы. К ним относятся различные способы щелевания (глубокое, полосное, по следам колес), глубокое рыхление, бороздование и лункование. Уменьшению объемного веса почвы способствует задернение междурядий с последующей заделкой дернины, мульчирование, внесение органических удобрений, особенно в вертикальные щели. Борьба с переуплотнением почвы должна проводиться систематически, планомерно и дифференцированно по видам угодий, с учетом специфики ее проявления и возможных последствий.

Способов предотвращения уплотнения почв разработано пока еще недостаточно. В определенной мере к этому направлению может быть отнесена технология "нулевой" обработки почвы, а также предложения по внедрению машин на воздушной подушке и мостового земледелия. Однако для практического использования двух последних способов требуется проведение значительных НИОКР. На данном этапе развития науки и техники наиболее эффективный прием разуплотнения почвы — механическое рыхление на глубину 0,5—0,6 м с помощью глубокорыхлителей.

Разуплотнение почвы с помощью глубокорыхлителей весьма перспективное направление, так как только в РФ в нем нуждаются более половины сельскохозяйственных угодий, а в зонах водной эрозии — все пахотные площади [3]. Необходимо отметить, что если разуплотнение пахотного слоя и плужной подошвы на глубину до 0,3 м в настоящее время освоено и для этого разработаны и используются чизельные плуги и культиваторы-рыхлители, то разуплотнение более глубоких слоев (>0,4 м) из-за отсутствия соответствующих орудий применяется пока недостаточно.

В процессе глубокого рыхления почва разуплотняется, изменяется ее структура, чем достигается оптимальное соотношение между пористостью капиллярной системы почвы и атмосферным воздухообменом, активизируются биологические процессы в почве, повышается плодородие, происходит накопление запасов продуктивной влаги, предупреждается развитие ветровой и водной эрозии почв. Схема разрушения плуж-

ной подошвы при использовании глубоких хлительных рабочих органов представлена на рис. 1.

Техника эксперимента. В почвенном горизонте следует различать 3 слоя: верхний – пахотный горизонт; плужная подошва – разделительный слой, располагающийся ниже лезвий рабочих органов; подпахотный – почвенный слой, располагающийся ниже плужной подошвы. В результате многократной обработки почвы плугом на одинаковую глубину плужная подошва при каждой последующей обработке подвергается к еще большему уплотнению. Толщина плужной подошвы обычно составляет 12-17 см и зависит не только от числа обработок на одну и ту же глубину, но и от конструкции рабочих органов, массы орудий, влажности почвы и гранулометрического состава.

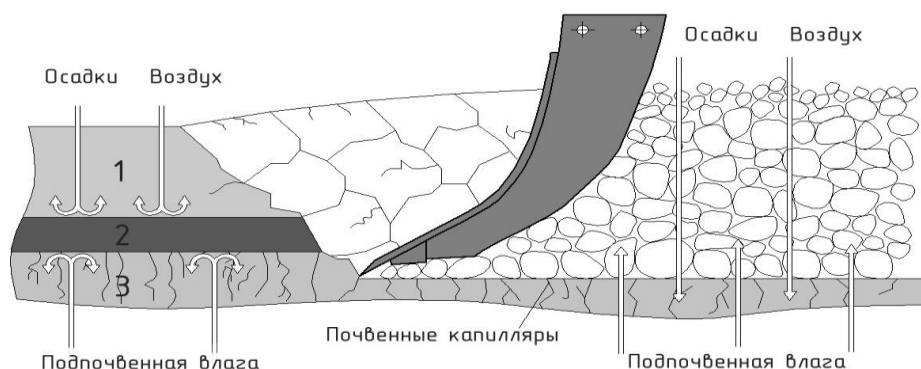


Рис. 1. Схема разрушения плужной подошвы:

1 – возделываемый слой; 2 – плужная подошва; 3 – нижележащие слои почвы

Из рис.1 следует, что осадки и воздух, присутствующие в верхнем обрабатываемом слое, доходя до верхней границы раздела плужной подошвы, не могут проникать в нижележащие слои. Это обстоятельство усугубляет развитие корневой системы возделываемых культур. При значительном выпадении интенсивных дождевых осадков увеличивается вероятность смыва поверхностного плодородного слоя почвы, что приводит к возникновению водной эрозии. В периоды длительного отсутствия осадков происходит уменьшение влажности верхнего почвенного слоя ниже критических значений, при которых прекращается поступление почвенной влаги в корневую систему растений. Запасы влаги, располагающиеся в нижележащих горизонтах, при этом, остаются для растений недоступными.

Интерпретация результатов. Исследованиями по изучению подпахотного рыхления почвы установлено, что после выполнения этих операций происходит нарушение целостности уплотненного слоя и восстановление системы капилляров по всей глубине обработки [4]. В подпочвенной влаге, поступающей из нижних слоев, присутствует доля щелочных растворов, способствующих в последующем раскислению верхнего плодородного слоя. Снижение уровня кислотности почвы при этом может быть 0,3-0,4 единиц pH.

Эффективность выполнения данной операции заключается еще и в том, что во много уменьшаются затраты для осуществления культуртехнических операций по выполнению известкования почвы. Для условий РМЭ рассматриваемая операция является актуальной вследствие того, что значительная доля возделываемой пашни имеет суглинистую основу.

Выводы.

1. Уменьшение плотности почвенного слоя возделываемых полевых площадей возможны выбором приемлемых способов почвообработки.
2. Использование глубокорыхлительных органов существенно снижает плотность почвы при одновременном создании благоприятных условий для жизнедеятельности почвенных бактерий.

Список литературы

1. Князев Б.М. Культуртехнические мелиорации: технологии и машины. – М.: Ассоциация Экост, 2003. – С. 37-46.
2. Извеков В. П. Предотвратить экологическую катастрофу // Земледелие. – 1991, № 4. – С. 14-16.
3. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. – М.: ВИМ, 1998. – С. 29-42.
4. Ресурсосберегающие технологии в растениеводстве Республики Марий Эл. Галеев С.Х., Егшин А.Я., Сидыганов Ю.Н. и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства: ежемесячный теоретический и научно-практический журнал, №10, 2007. – С. 27-30.
5. Эколого-биологические особенности адаптации древесных и травянистых растений в условиях интенсивной техногенной нагрузки / Бухарина И.Л., Ведерников К.Е., Двоеглазова А.А. и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2009. – №3. – С. 84-90.
6. Леонтьев Ю.П. Физические основы рыхления грунта и расчет тягового усилия объемного рыхлителя // Природообустройство. – М., № 5, 2011. – С. 87-92.
7. Исследование универсального чизеля в полевых условиях / Пархоменко Г.Г., Камбулов С.И., Рыков В.Б., Твердохлебов С.А. // Техника в сельском хозяйстве. – № 5. – 2012. – С. 8-12.
8. Рахимов З.С., Файрушин Д.З., Рахимов И.Р. Универсальные орудия для безотвальной обработки почвы // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2004, №5, -С. 10-11.

A PROBLEM OF CHOOSING METHODS OF SUBSURFACE TILLAGE

Galeev Sultan Hafizynovich, Safargaleev Nail Nakipovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Analysis of tillage methods influences soil density. Process of subsoil loosening compacted soil layers.

Keywords: machine-tractor aggregate, soil compaction, soil base, plough-layer.

УДК 631.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА С ПОЧВЕННОЙ СРЕДОЙ

Галеев Султан Хафизьянович, Муртазин Рустам Шамильевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия,
Йошкар-Ола
GaleevSH@marstu.net

Предлагается численная реализация моделирования процесса взаимодействия рабочего органа с почвенной средой с помощью программного комплекса SolidWorks FlowSimulation.

Ключевые слова: процесс взаимодействия рабочего органа, теоретическое моделирование, программный комплекс SolidWorks FlowSimulation, почвообрабатывающая машина, чизельный рабочий орган.

Введение. Исследование процесса взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих машин с обрабатываемой средой имеет огромное значение при их разработке и проектировании. Качество работы почвообрабатывающих машин, их производительность и энергоемкость процесса зачастую зависят от степени соответствия рабочих органов их конкретному назначению. Благодаря теоретическому моделированию процесса взаимодействия рабочих органов с почвой обеспечивается возможность разработки направлений совершенствования и обоснования конструктивных параметров рабочих органов и устройств для достижения требуемых показателей качества выполнения технологического процесса в зависимости от исходного состояния почвы.

Цель работы: повышение качества обработки почвы путем рационального выбора и комбинирования рабочих органов и обоснования их параметров на основе моделирования технологического процесса работы.

Решаемые задачи: 1) установить начальные и граничные условия функционирования модели технологического процесса взаимодействия рабочих органов с почвенной средой; 2) установить силовые характеристики и кинематические параметры рабочих органов; 3) провести теоретические исследования взаимосвязи между основными параметрами чизельных рабочих органов.

Техническое моделирование. При выполнении работ по численной реализации моделей сплошных сред, подвергающихся деформации рабочими органами, требуется определение границ расчетной области. Расчетная область при выполнении задач почвообработки представляется в виде параллелепипеда, размеры сторон которой будут зависеть от зон деформации почвы рассматриваемым рабочим органом. Схема граничных условий при численной реализации разрабатываемой модели приведена на рис. 1. Размеры сторон параллелепипеда должны быть больше зон деформаций, создаваемых рабочим органом или группой рабочих органов.

Система уравнений динамики сплошной деформируемой многофазной почвенной среды в обобщенном виде имеет достаточно сложный вид. Она представляет собой систему дифференциальных уравнений в частных производных, характеризующих протекание исследуемого процесса в зависимости от граничных условий и параметров [1, 2].

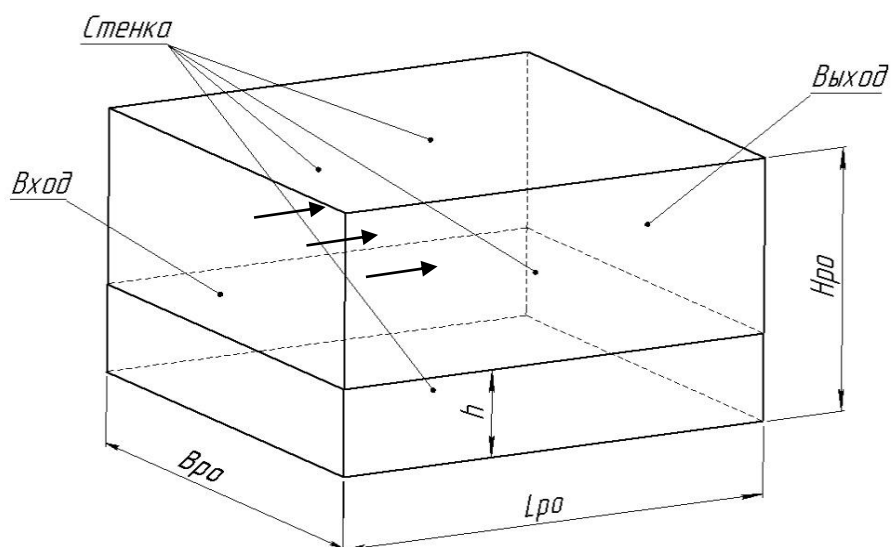


Рис. 1. Схема граничных условий при численной реализации разрабатываемой модели

Например, для нашего случая полная система уравнений для рассматриваемой среды будет иметь следующий вид:

$$\frac{d\rho}{dt} + \text{div}\rho V = 0, \quad (1)$$

$$\rho \frac{dV}{dt} = \rho f - \nabla p + \mu \Delta V + \left(\xi + \frac{\mu}{3} \right) \nabla \text{div} V, \quad (2)$$

$$\rho \frac{dE}{dt} - p \text{div} V + \Phi + \text{div}(\lambda \nabla T), \quad (3)$$

где V – скорость среды; ρ – плотность среды; f – плотность массовой силы, действующей на одну материальную точку среды; p – напряжение в рассматриваемой точке среды; T – температура; E – внутренняя энергия сплошной среды; Φ – диссипативная функция.

$$\Phi = \xi (\text{div} V)^2 + 2\mu V_{ik}^0 V_{ik}^0, \quad (4)$$

где μ – коэффициент первой вязкости; ξ – коэффициент второй вязкости.

Таким образом, имея полную систему уравнений механики сплошных сред и схему граничных условий при численной реализации разрабатываемой модели, можно получить модель движения любого рабочего органа в почве. Интегрирование полученной системы уравнений позволяет определить векторное поле скоростей, скалярное поле давлений в любой момент времени, траектории движения почвенных частиц.

При проведении исследований по моделированию условно принимаем, что рабочий орган неподвижен, а перемещается почва, структура которой рассматривается как сплошная деформируемая среда. Движение рабочего органа можно рассматривать с помощью программного комплекса SolidWorks FlowSimulation. С учетом установленного коэффициента запаса, учитывающего неоднородность и анизотропность почвенной среды в продольно-вертикальной плоскости, а также роль динамического фактора давления почвенного пласта на рабочую поверхность можно установить, что длина расчетной области (рис.1) будет

$$L_{po} = L + 2\mu L'_{zp}, \quad (5)$$

где L - геометрический размер (рис.2) рабочего органа, м; L_{zp} - минимальное расстояние от рабочего органа до стенок расчетной области (параллелепипеда) в продольно-вертикальной плоскости; $\mu=1,5..2$ — коэффициент запаса.

В рассматриваемой плоскости ширина расчетной области B_{po} (рис. 1) должна быть установлена с учетом ширины захвата рабочего органа B_p или всего орудия (если рассматривается взаимодействие всего орудия) как

$$B_{po} = B_p + 2 \frac{a}{\operatorname{tg}(45^\circ - 0,5\varphi)}, \text{ м} \quad (6)$$

где φ - угол внутреннего трения почвы, град.

Высота расчетной области H_{po} должна быть больше размера рабочего органа h_p по вертикали. После определения границ области можно установить начальные условия. В качестве начальных условий необходимо задавать значение скорости потока V_0 почвенной среды на входе в расчетную область. Как установлено из условия подобия [3] скорость среды должна быть равной скорости V_p рабочего органа

$$V_0 = V_p \quad (7)$$

Так как граница расчетной области установлена за пределами зоны деформации среды рабочим органом, можно предположить, что возмущение на границах области не происходит, поэтому на границах «вход» и «выход» (рис. 1) действует только давление веса почвенного пласта $p_{гет}$, а давление со стороны рабочего органа равна нулю. В связи с этим на границах «вход» и «выход» должны соблюдаться условий $P_{вх}=0$, $P_{вых}=0$.

Также необходимо задать в качестве начальных условий значения плотности и вязкости среды. Геометрические параметры исследуемого рабочего органа определяются при отдельном построении в системе автоматизированного проектирования, поддерживающем систему твердотельного построения, в частности SolidWorks.

При движении рассматриваемого твердого тела (рабочего органа) в среде граничные условия должны выполняться в области контакта с его поверхностью (рис. 2). Условия протекают таким образом, что в любой точке, принадлежащем границе тела, составляющая скорости V_t , перпендикулярная к поверхности, должна быть равной нулю [4].

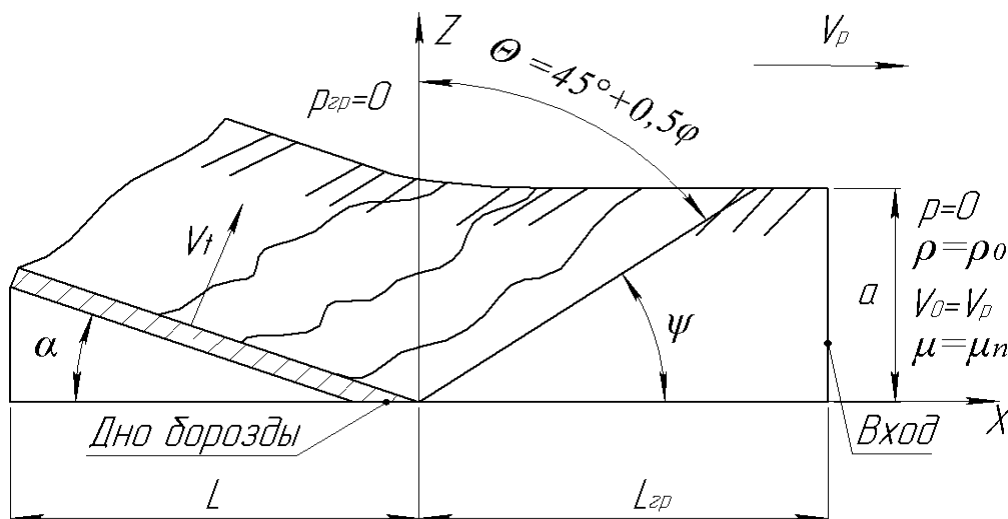


Рис. 2. Начальные и граничные условия взаимодействия рабочего органа с почвой

Граничное условие раздела почвенной среды и воздуха определяется таким образом, что численное значение давления на поверхности почвы должно быть равно нулю. Граничное условие дна борозды должно быть установлено с учетом значения давления подпора со стороны нижних слоев почвы, возникающего как сопротивление объемному сжатию почвы рабочими поверхностями рабочего органа.

Граничные условия при решении задачи механического воздействия рабочих органов на почву являются описанием конструктивно-технологических параметров рабочего органа (орудия), а начальные условия - описанием свойств среды и скорости движения.

В результате этого появляется возможность реализации модели для разработки методов расчета и проектирования рабочих органов почвообрабатывающих машин с учетом как энергетических затрат, так и почвенных условий, ведущих к изменению степени воздействия на деформируемый пласт.

Интерпретация результатов. Спроектированная в системе SolidWorks 3-D модель рабочего органа импортируется в среду SolidWorks FlowSimulation, где определена область расчета (рис. 3).

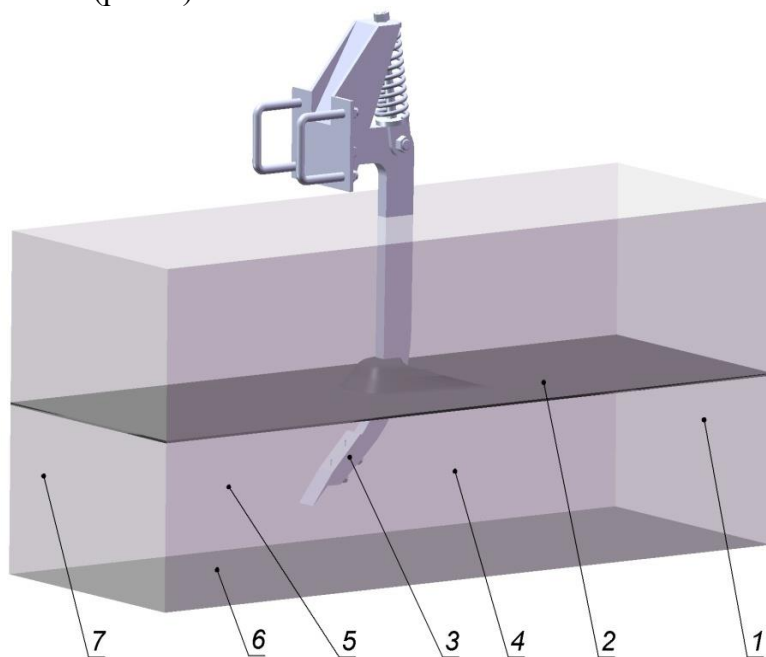


Рис. 3. Схема расчетной области и граничных условий:
1 - выход; 2 - свободная поверхность; 3 - тело; 4,5,6- стенка; 7 – вход

Технологические параметры, такие как глубина обработки a , угол установки α , устанавливаются при импортировании рабочего органа.

На основе этой модели можно рассмотреть процесс взаимодействия рабочего органа с почвенной средой и получить объемную картину ее напряженно-деформированного состояния. Расчет в программном комплексе дает возможность определить значения скоростей частиц среды (рис. 4), распределение давлений перед рабочим органом (рис. 5) и непосредственно на ее рабочей поверхности, траектории движения частиц, значения давлений на рабочий орган со стороны почвы, а также значения сил и моментов, действующих на рабочий орган.

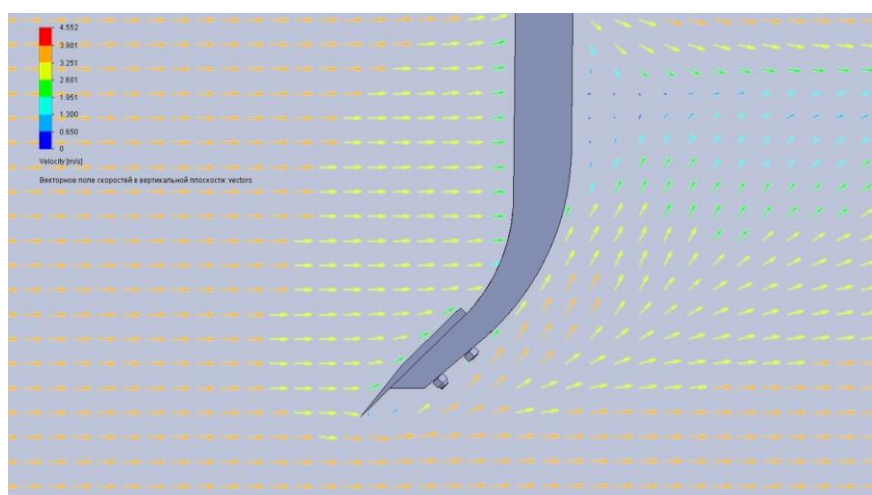


Рис. 4. Векторное поле скоростей в вертикально-продольной плоскости

Модель позволяет изучить и получить непосредственную картину взаимодействия не только рабочего органа, но и почвообрабатывающего орудия в целом. Для расчета можно изменять физические параметры почвенной среды (плотность ρ , вязкость μ), начальную скорость движения почвообрабатывающего рабочего органа V и его технологические параметры (угол установки α , глубина хода a и т.д.).

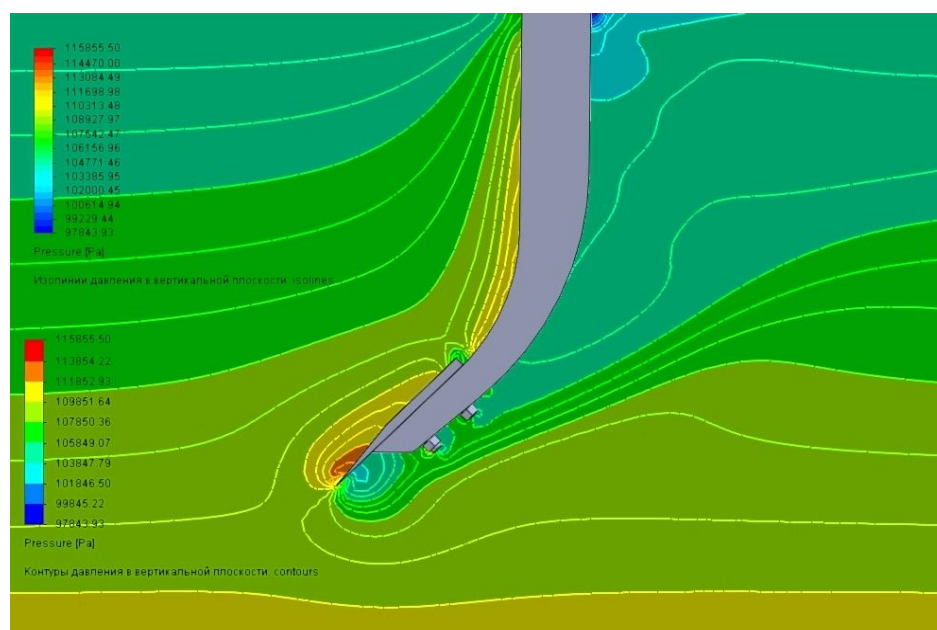


Рис. 5. Распределение давления в вертикально-продольной плоскости

Выводы.

1. Разработанная модель позволяет установить силовые характеристики и кинематические параметры рабочих органов.
2. Интегральная сумма давлений, оказываемых почвенной средой на всю рабочую поверхность рабочего органа, дает результирующую силу реакции рабочего органа,

т.е. значение его тягового сопротивления, что соответственно будет характеризовать энергоемкость процесса почвообработки.

3. Полученные значения сил, моментов и скоростей могут быть приняты в качестве уже известных параметров при обосновании новой конструктивной схемы почвообрабатывающего орудия.

Список литературы

1. Кулен А., Куиперс Х. Современная земледельческая механика. – М.: Агропромиздат, 1986. – 349 с.
2. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. – М.: Мир, 1974. – С. 85-89.
3. Оценка технологического процесса обработки почвы на основе уравнений динамики сплошных сред // С.Г., Мударисов З.С. Рахимов, М.М. Ямалетдинов, И.М. Фархутдинов // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №1. – С. 63-65.
4. Огибалов П.М., Мирзаджанзаде А.Х. Нестационарные движения вязкопластичных сред. – М., Изд-во МГУ, 1970. – С. 31-34.
5. Чемоданов А. Н., Гайнуллин Р. Х. Определения силовых характеристик процесса продольного резания древесины на шпон // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2010. – № 2. – С. 68–75.

MODELING OF THE INTERACTION OF SOIL BODY WORK ENVIRONMENT

Galeev Sultan Hafizanovich, Murtazin Rustam Shamilevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

We propose a numerical simulation of the interaction of the implementation of the working body with the tillage of the soil environment by using software package SolidWorks FlowSimulation.

Keywords: *the interaction of the working body, the theoretical modeling software package SolidWorks FlowSimulation, tillage machine, chisel working body.*

УДК 630*375.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЦИКЛА ПОДТРЕЛЕВКИ ДРЕВЕСИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МОДУЛЕМ С ЛЕБЕДКОЙ

Зверев Илья Владимирович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

Приведены результаты экспериментальных исследований времени цикла подтрелевки древесины технологическим модулем. Представлена формула расчета производительности для подтрелевки древесины. Получено регрессионное уравнение распределения производительности при подтрелевке древесины технологическим модулем с лебедкой.

Ключевые слова: труднодоступные лесные территории, объём лесозаготовок, подтрелевка древесины, производительность.

Введение. В настоящее время средний годовой объём лесозаготовок многих предприятий РФ составляет менее 10 тыс. м³. На рис.1 показано распределение лесозаготовительных предприятий по годовому объёму лесозаготовок. Согласно этому распределению предприятия с объёмом лесозаготовок до 10 тыс. м³ в год составляют 76 % общего количества лесопользователей [1].

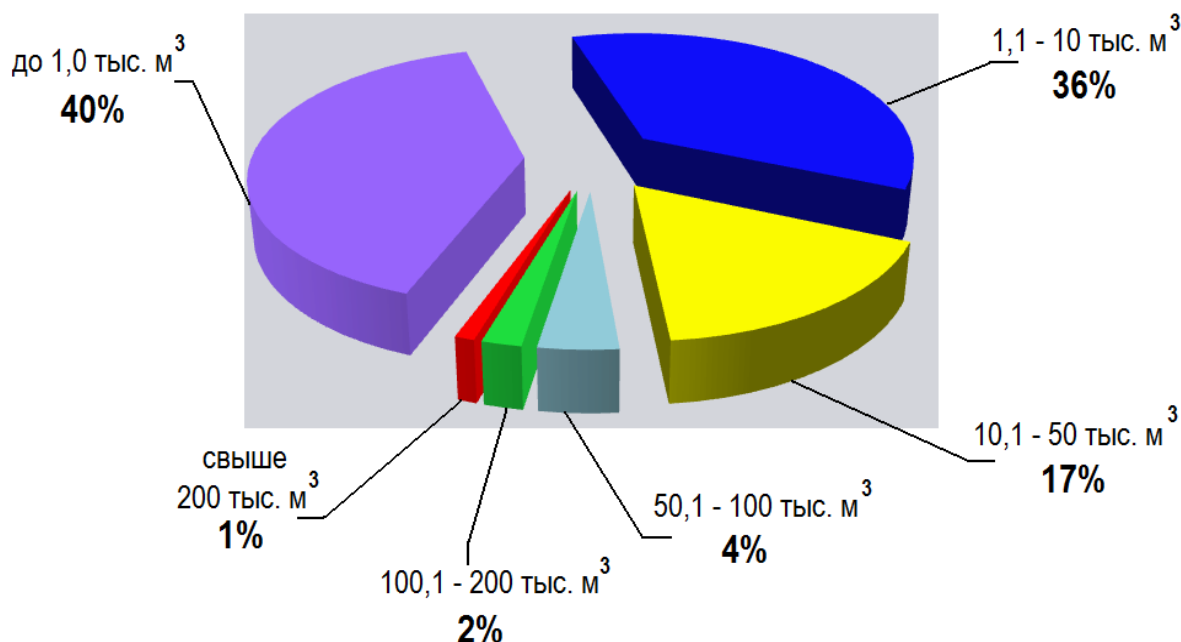


Рис. 1. Распределение лесозаготовительных предприятий по годовому объёму лесозаготовки

Сменная производительность форвардера зависит от условий работы и колеблется в пределах от 40 до 140 м³. При этом наиболее эффективно использование лесозаготовительных машин, в частности форвардеров, при двух – трехсменном режиме работы.

Тогда за 251 день при трехсменной работе в течение года бригада, использующая при выполнении переместительных операций форвардер, сможет заготовить 30...100 тыс. м³ древесины. Вследствие выше сказанного полную загрузку форвардера обеспечить невозможно в большинстве лесозаготовительных предприятий.

Согласно Лесному кодексу РФ, лесозаготовители, наряду с лесозаготовками, должны заниматься и лесовосстановительными работами. Необходимо учитывать, что лесовосстановительные работы носят сезонный характер, в результате чего оборудование, задействованное на этих операциях, значительную часть времени года простаивает.

В связи с этим, можно сделать вывод об эффективности и перспективности создания для малообъемных лесных предприятий модульных лесозаготовительных и лесохозяйственных технологических машин, выполняющих комплекс лесосечно-лесовосстановительных работ [3].

Цель работы: определение технологических параметров процесса канатной подтрелевки древесины при переменных значениях расположения опорного блока на дереве-мачте и объема трелюемой пачки.

Решаемые задачи: получение данных и уравнения регрессии, определяющих продолжительность канатной подтрелевки древесины трелевочным технологическим модулем.

Техника эксперимента и принцип работы технологического модуля. На рис. 2 представлен экспериментальный образец трелевочного модуля, а на рис. 3 – схема трелевки. Основными частями технологического модуля являются: захватное устройство, используемое для зажима дерева, редуктор привода лебедки и барабан с трелевочным тросом. Данный технологический модуль может использоваться совместно с базовым трактором МТЗ (энергетическим модулем). Работа трелевочного модуля осуществляется в следующем порядке: на клещевом захвате манипулятора 1, установленного на энергетическом модуле, закрепляют опорный блок 2, через который пропускается трелевочный канат 3, лебедки 4 технологического модуля. Прежде чем производить трелевку происходит фиксация трелевочного модуля у дерева-мачты захватным устройством 5. Далее происходит растаскивание каната 6 с чокерами 7. Посредством чокеровки формируется трелюемая пачка деревьев 8. Затем включается лебедка, и происходит подтрелевка пачки деревьев к дереву-мачте, где осуществляется снятие чокеров. Далее цикл подтрелевки повторяется.



Рис. 2. Экспериментальный образец

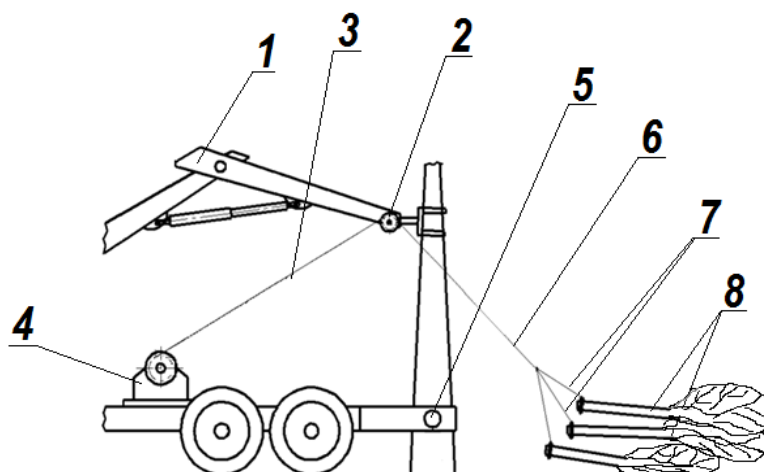


Рис. 3. Схема работы трелевочного модуля

В таблице представлены данные о результатах замера времени цикла подтрелевки хлыстов технологическим модулем.

Данные времени цикла подтрелевки технологическим модулем

Номер столбца	1	2	3	4	5	6
Объём трелюемой пачки, м ³	0,6	0,9	1	1,5	2	2,5
Время чокировки хлыстов, с	130	130	130	130	260	260
Время на движения каната с грузом, с	375	375	400	400	430	445
Время снятия чокиров, с	90	90	90	90	180	180

При проведении эксперимента объём пачки менялся от 0,6 м³ до 2,5 м³ (столбцы 1-6 табл.). Длина растаскивания каната составляла 55 м (канатоёмкость барабана лебедки). Время следующих операций менялось не существенно, поэтому были взяты их средние значения:

- время на растаскивание каната – 300 с;
- время маневров на лесосеки – 360 с;
- время на установку блока на мачте при помощи манипулятора – 420с;
- время на закрепление платформы-захвата на дереве – 300 с.

Анализ полученных результатов. В работе [2] представлена формула для определения производительности технологического модуля с лебедкой, но без фиксирующего устройства 5 (рис.3). С учетом затрат времени на фиксирование технологического модуля у дерева-мачты устройством 5 эта формула была доработана, и приняла следующий вид

$$P_{cm} = \frac{3600 \cdot m \cdot \varphi_1 \cdot M}{\frac{10^4 \cdot V_{cp} \cdot z}{A \cdot B \cdot q} \cdot \left(\frac{2 \cdot l}{U_x} + t_{mc} \right) + \frac{2 \cdot 10^4 \cdot V_{cp} \cdot z}{A \cdot B_{II} \cdot q} \cdot \left(t_{ml} + t_{yb} + t_{II} + \frac{B_{II}}{U_x} \right) + \left(\frac{l_k}{U_p} + \frac{l_k}{U_t} \right) + z \cdot (t_{ch} + t_{cch})}$$

где: m – количество часов в смене, ч; M – объём трелюемой пачки, м³; φ_1 – коэффициент использования рабочего времени, 0,8; V_{cp} – средний объём хлыста, м³; z – количество чокиров; A – ширина делянки, м; B – длина делянки, м; q – средний запас леса на 1 га, м³; l – расстояние от верхнего склада до первой пачки, м; B_{II} – ширина пачки, м; t_{mc} – время маневров на верхнем складе, с; t_{ml} – время маневров на лесосеки, с; t_{yb} –

время на установку блока на дереве-мачте при помощи манипулятора, с; $t_{п}$ – время на закрепление захватного устройства на дереве-мачте, с; U_x – средняя скорость трелевочной машины без груза, м/с; l_k – средняя длина растаскивания каната на пасеке, м; U_p – средняя скорость движения трелевочного каната без груза, м/с; U_t – средняя скорость движения каната с грузом, м/с; t_{ch} – время чокеровки хлыстов, с; t_{cch} – время снятия чокеров, с.

Используя формулу, построен график зависимости производительности от объёма трелюемой пачки, который представлен на рис. 4 линия 1.

На основе рассчитанных по формуле значений производительности, используя данные полученные в ходе эксперимента, при помощи программы EXCEL была построена линия тренда, позиция 2 на рис.4. Данная линия отображает тенденцию динамики изменения производительности в зависимости от объёма трелюемой пачки. На основе полученных данных и зависимости было выведено уравнение закона распределения. Как видно по построенной зависимости значения производительности увеличивается от возрастания объёма трелюемой пачки по логарифмическому закону.

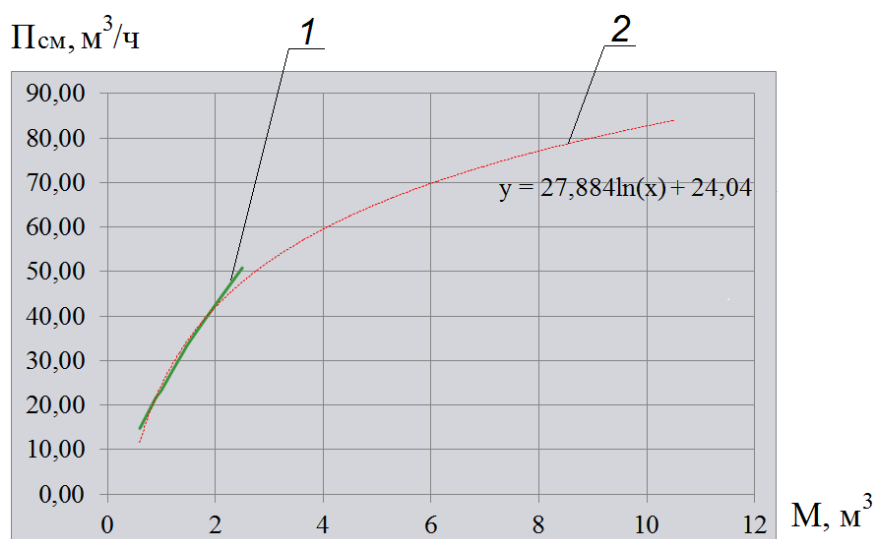


Рис. 4 График зависимости производительности от объёма трелюемой пачки

Выводы.

1. Полученные данные по времени цикла, показали, что наиболее продолжительными являются операции установки опорного блока на дереве-мачте и трелевка пачки древесины.

2. Полученную формулу производительности можно использовать для нормирования труда рабочих при подтрелевке древесины к магистральному волоку с использованием технологического модуля с лебедкой.

3. Представленный технологический модуль может быть рекомендован малообъёмным лесозаготовительным предприятиям для проведения рубок ухода и возможности работы на труднодоступных территориях.

4. По построенным графикам видно, что уже при объёме трелюемой пачки в $2 м^3$ сменная производительность составляет около $45 м^3/ч$. При этом годовая производительность с учетом 251 рабочего дня составит $11295 м^3/ч$. Полученное значение, исхо-

для из статистических данных, удовлетворяет 76% лесозаготовительных предприятий нашей страны.

Список литературы

1. Суханов В.С. О сезонном характере лесозаготовок // Интернет журнал «Международная биоэнергетика». 09.06.2011. URL: <http://infobio.ru/analytics/1070.html> (дата обращения 22.04.2013).
2. Ширнин А.Ю. Исследование технологии комбинированной трелёвки древесины // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2005. – № 6. – С. 90-98.
3. Ширнин Ю.А. Моделирование энергозатрат при комбинированной трелевке древесины адаптивно-модульными // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 3(13). – С. 50-58.
4. Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю. Комбинированная трелевка древесины со сменными технологическими модулями / Лесной журнал № 2 2010 г. // Сер.: Лесозэксплуатация. – Архангельск, 2010. – 156 с.
5. Ширнин Ю.А. Технология и оборудование лесопромышленных производств / Ч. 1. Лесосечные работы: учеб. пособие. – М.: МГУЛ, 2004. – 446 с.

STUDY OF CYCLE TIME LATERAL HAULING WOOD TECHNOLOGY BOARD WITH A WINCH

Zverev Ilya Vladimirovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The experimental results in cycle time lateral hauling wood technology board. Presented a formula for calculating the performance lateral hauling timber. Obtained regression equation distribution performance lateral hauling wood technology board with a winch.

Keywords: *inaccessible forest areas, timber harvesting, lateral hauling timber, productivity.*

УДК 539.9

ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

Иванов Сергей Павлович, Иванова Анастасия Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
IvanovSP@volgatech.net

Предлагается методика расчета призматических оболочек на динамическую устойчивость.

Ключевые слова: оболочка, физическая нелинейность, устойчивость.

Введение. В статье предлагается методика расчета призматических оболочек на динамическую устойчивость. Статический расчет таких оболочек в упругой среде был рассмотрен ранее [1]. Динамическая устойчивость стержней, пластин и цилиндрических оболочек с учетом геометрической нелинейности разрабатывалась в [2].

Цель работы: разработать метод расчета пластинчатых систем на динамическую устойчивость при наличии физической нелинейности материала.

Решаемые задачи: 1) разработать методику расчета призматических систем; 2) получить основные дифференциальные уравнения равновесия; 3) численная реализация поставленной задачи.

Математическое моделирование. Для решения поставленной задачи получим уравнения устойчивости. Диаграмму деформирования материала оболочки аппроксимируем следующей зависимостью между интенсивностями напряжений σ_i и интенсивностями деформаций e_i

$$\sigma_i = E \cdot e_i - E_1 e_i^3, \quad (1)$$

где E – начальный модуль упругости, а E_1 – постоянная, учитывающая степень физической нелинейности материала.

Перемещения точек оболочки обозначим: u – в направлении оси x , v – оси y , w – оси z .

Запишем выражения для деформаций:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} - z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} - z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \varepsilon_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - 2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \quad (2)$$

Составим выражение интенсивности деформаций e_i и объемной деформации θ с учетом гипотез Кирхгофа-Лява ($\sigma_z = 0$, $\varepsilon_{xz} = 0$, $\varepsilon_{yz} = 0$):

$$e_i = \frac{1}{\sqrt{2(1+\nu)}} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \frac{3}{2} \varepsilon_{xy}^2}, \quad (3)$$

$$\theta = \frac{1-2\nu}{1-\nu} (\varepsilon_x + \varepsilon_y).$$

С учетом гипотезы принимаем

$$\varepsilon_z = \frac{-\nu}{1-\nu}(\varepsilon_x + \varepsilon_y). \quad (4)$$

Для вывода используем энергетический метод. Составим выражение удельной энергии изменения объема и формы [3].

$$\Phi = \frac{1}{2} K \theta^2 + \frac{2}{3} (1+\nu) \int_0^{\varepsilon_i} \sigma_i \cdot d\varepsilon_i, \quad (5)$$

где $K = E/[3(1-2\nu)]$ – модуль объемного сжатия, E – модуль упругости, ν – коэффициент Пуассона материала оболочки.

Определим работу, отнесенную к единице площади поверхности оболочки

$$A = \int_{-\delta/2}^{\delta/2} \Phi dz, \quad (6)$$

где δ – толщина составляющих пластин оболочки.

Составляется выражение для полной энергии L системы

$$L = \Pi - T, \quad (7)$$

где Π – потенциальная энергия, T – кинетическая энергия.

Потенциальная энергия системы равна

$$\Pi = \iint \left[A - \frac{1}{2} P(t) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) + q_y \cdot w \right] dy dx, \quad (8)$$

где q_y – нагрузка, действующая в направлении оси y .

Кинетическая энергия системы равна

$$T = \frac{1}{2} \iint \frac{\rho \delta}{g} \left[\left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 \right] dy dx, \quad (9)$$

где ρ – объемный вес материала, g – ускорение свободного падения.

Перемещения u, v, w представим в виде разложений [4]:

$$\begin{aligned} u(x, y, t) &= \sum_i U_i(t) \varphi_i(x, y); \\ v(x, y, t) &= \sum_k V_k(t) \psi_k(x, y); \\ w(x, y, t) &= \sum_d W_d(t) f_d(x, y); \\ (i &= 1, 2, 3, \dots, m; \quad k, d = 1, 2, 3, \dots, n), \end{aligned} \quad (10)$$

где $U_i(t)$, $V_k(t)$, $W_d(t)$ являются искомыми функциями и обобщенными перемещениями в направлении осей x , y и z , а $\varphi_i(x,y)$, $\psi_k(x,y)$, $f_d(x,y)$ – координатные функции, которые выбираются по виду деформированного состояния системы.

Из условий совместности деформаций в узловых точках контура системы можно принять, что при $d = k$,

$$W_d(t) = V_k(t). \quad (11)$$

Учитывая соотношение (10), определим минимум функционала (7), используя уравнения Лагранжа[5]:

$$\frac{\partial L}{\partial U_i} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial U_{i,t}} = 0; \quad \frac{\delta L}{\partial V_k} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial V_{k,t}} = 0. \quad (12)$$

Раскрывая (12), получим систему дифференциальных уравнений динамической устойчивости призматических систем:

$$\begin{cases} \sum_i (\gamma_1 a_{ji} - b_{ji}) U_i - \sum_k c_{jk} V_k - \frac{\rho}{gG} \sum_i a_{ji} U_{i,t} = \Phi_j; \\ \sum_k \left[-\gamma_1 e_{hk} + r_{hk} + \frac{P(t)}{a^* G} e_{hk}^* - n_{hk} \right] V_k + \sum_i c_{hi} U_i - \frac{\rho}{gG} \sum_k d_{hk} V_{k,t} - Q_k = \Phi_h; \\ (i, j = 1, 2, 3, \dots, m; \quad k, h = 1, 2, 3, \dots, n), \end{cases} \quad (13)$$

где $\gamma_1 = \gamma / (1 - \nu^2)$, $\gamma = E / G$ – отношение модуля упругости к модулю сдвига G , $G = E / [2(1 + \nu)]$ – модуль сдвига. Нагрузка Q_k позволяет учитывать начальное несовершенство оболочки. Φ_j , Φ_h учитывают физическую нелинейность материала [1].

Получим систему $(m+n)$ дифференциальных уравнений для исследования динамической устойчивости призматических оболочек. В системах уравнений (12) и (13) в функциях $U_{i,t}$ и $V_{k,t}$ индексы после запятой указывают на дифференцирование по времени t . Величина a^* – длина контура оболочки, на которую приходится динамическая нагрузка $P(t)$.

Коэффициенты уравнений (13) имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} a_{ji} &= \iint_{x,y} \varphi_{j,x} \varphi_{i,x} \delta \, dy \, dx; & b_{ji} &= \iint_{x,y} \varphi_{j,y} \varphi_{i,y} \delta \, dy \, dx; & c_{jk} &= \iint_{x,y} \varphi_{j,y} \psi_{k,x} \delta \, dy \, dx; \\ c_{hi} &= \iint_{x,y} \psi_{h,x} \varphi_{i,y} \delta \, dy \, dx; & e_{hk} &= \iint_{x,y} J f_{h,xx} f_{k,xx} \, dy \, dx; & r_{hk} &= \iint_{x,y} \psi_{h,x} \psi_{k,x} \delta \, dy \, dx; \\ d_{hk} &= \iint_{x,y} (J f_k f_h + \psi_k \psi_h \delta) \, dy \, dx; & e_{hk}^* &= \iint_{x,y} f_{h,xx} f_{k,xx} \, dy \, dx; \\ n_{hk} &= \iint_{x,y} J f_{h,yy} f_{k,yy} \, dy \, dx; & J &= \delta^3 / 12. \end{aligned} \quad (14)$$

Интерпретация результатов. В качестве примера исследуем динамическую устойчивость П-образной оболочки (рис. 1), которая опирается торцами на диафрагмы. Геометрические параметры оболочки: $\delta = 0.1a$ – толщина пластин оболочки; $l = 5a$ – длина оболочки.

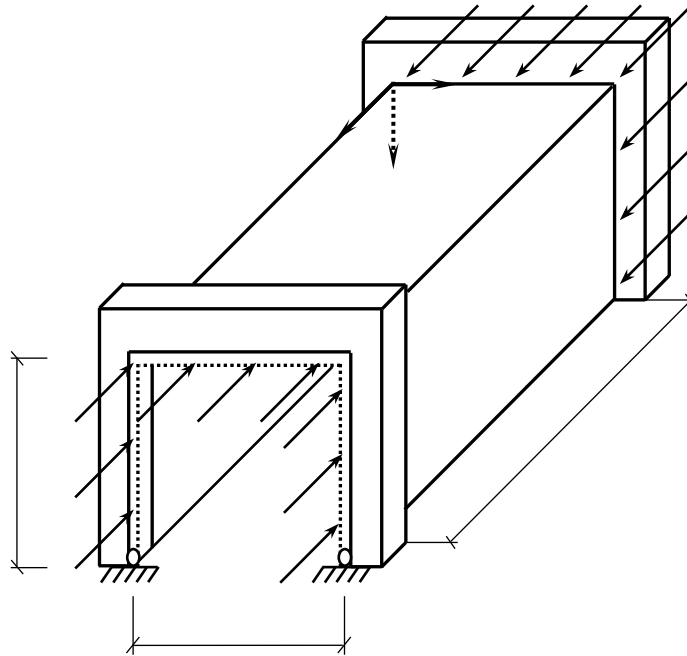


Рис. 1. Общая схема П-образной оболочки с действующими нагрузками

Динамическая нагрузка изменялась по закону

$$P(t) = s \cdot t \cdot a^* \cdot \delta, \quad (15)$$

где s – величина, характеризующая скорость изменения сжимающего напряжения.

Тогда дифференциальные уравнения динамической устойчивости (13) для данной призматической оболочки принимают следующий вид:

$$\begin{aligned} (\gamma_1 a_{11} - b_{11}) U_1 - c_{11} V_1 - \frac{\rho}{gG} a_{11} U_{1,\text{т}} &= \Phi_1; \\ (r_{11} + \frac{P(t)}{a^* G} e_{11}^* - \gamma_1 n_{11}) V_1 + c_{11} U_1 - \frac{\rho}{gG} d_{11} V_{1,\text{т}} - Q_1 &= \Phi_2. \end{aligned} \quad (16)$$

Введем следующие обозначения:

$$P_{кр} = 0,00713 E a^2; \quad t^* = \frac{P(t)}{P_{кр}}; \quad \zeta = \frac{V_1}{\delta}; \quad S^* = 23,81 \frac{\delta^2 l \rho \cdot s^2 (t^*)^2}{g \cdot G}, \quad (17)$$

где $P_{кр.}$ – величина статической критической нагрузки; t^* – параметр времени или его можно принять за коэффициент динамичности K_d ; ζ – безразмерная величина стрелы прогиба; S^* – параметр скорости изменения напряжения; G – модуль сдвига.

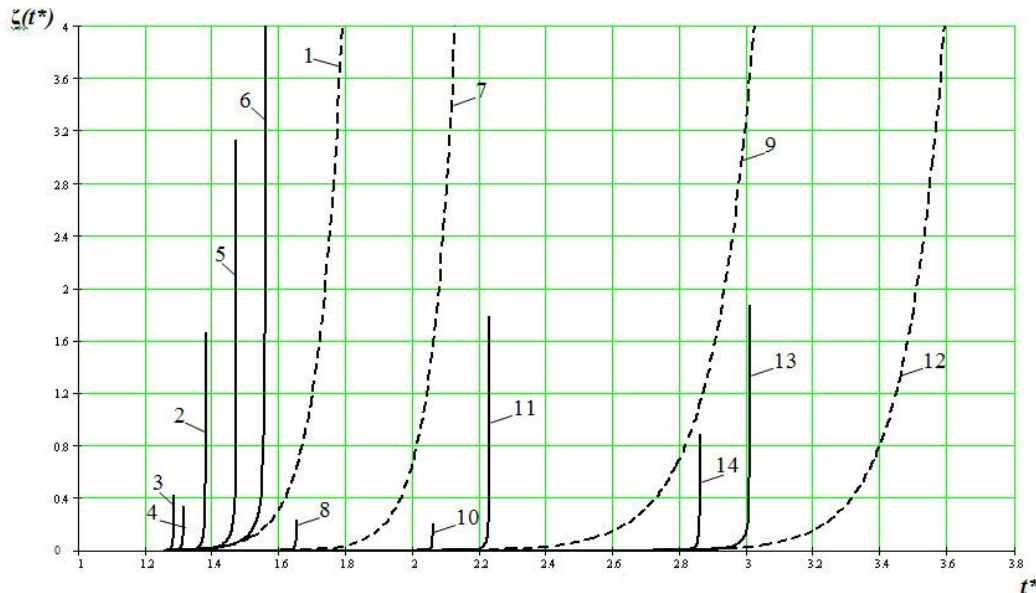


Рис. 2. Графики зависимости стрелы прогиба ζ от параметра времени t^* .

Используя новые обозначения (17) в уравнении (15) и преобразуя, получим окончательно уравнение для исследования динамической устойчивости призматической оболочки

$$(1 + 0,656t^*) \cdot \zeta - S^* \frac{d^2\zeta}{dt^{*2}} + Q = \Phi_{нел.} \quad (18)$$

Правая часть уравнения (18) учитывает физическую нелинейность материала.

Интегрирование дифференциального уравнения (18) выполнено численным методом Рунге-Кутты на ПЭВМ.

По результатам расчета построены графики зависимости стрелы прогиба ζ от параметра времени $t^* = P(t)/P_{кр.}$ (рис.1). Кривые 1, 7, 9, 12 получены по линейной теории расчета соответственно для $E_1/E = 10^{-6}$ и $s = 10^5$ МПа/сек², $Q=10^{-8}$ и $s = 10^5$ МПа/сек², $Q=10^{-6}$ и $s = 2 \cdot 10^5$ МПа/сек², $Q=10^{-8}$ и $s = 2 \cdot 10^5$ МПа/сек². Кривые 3, 4, 5, 6 получены с учетом физической нелинейности при $Q=10^{-6}$ и $s = 10^5$ МПа/сек², $E_1/E=10^5, 10^6, 5 \cdot 10^5, 10^4, 10^3$. Кривые 10, 11 соответствуют - $Q=10^{-6}$ и $s = 2 \cdot 10^5$ МПа/сек², $E_1/E=10^6, 10^5$. Кривые 13, 14 соответствуют $Q=10^{-8}$ и $s = 2 \cdot 10^5$ МПа/сек², $E_1/E=10^4, 10^5$. Кривая 8 построена для $Q=10^{-8}$ и $s = 2 \cdot 10^5$ МПа/сек², $E_1/E=10^6$.

Выводы.

По результатам проведенных расчетов П-образной оболочки на динамическую устойчивость можно сделать следующие выводы:

1. Из графика 1 на рис. 2 видно, что резкое выпучивание оболочки наблюдается при динамической нагрузке $P(t)$, превышающей статическую критическую нагрузку $P_{кр.}$ примерно в 2 раза (см. кривую 1) и в 3,5 раза (см. кривую 12). Данные получены,

когда диаграмма деформирования материала оболочки соответствует закону Гука и при различных значениях начальных несовершенств Q .

2. При учете физической нелинейности материала кривая зависимости $\zeta(t^*)$ смещается влево (см. графики 3 - 6). Коэффициент динамичности K_d уменьшается.

3. Результаты расчета показывают, что если материал физически нелинейный, то сильное выпучивание оболочки наступает раньше, по сравнению с оболочкой, имеющей линейную диаграмму деформирования.

4. На коэффициент динамичности K_d существенно влияет и начальное несовершенство оболочки, учитывающей величиной Q . С его уменьшением K_d существенно увеличивается.

Список литературы

1. Иванов, С. П. Расчет тоннелей на основе вариационного метода В. З. Власова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2007. – №1. – С. 82-86.
2. Вольмир А. С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. – М., Наука, 1972. – 432 с.
3. Лукаш, П. А. Основы нелинейной строительной механики. – М., Стройиздат, 1978. – 204 с.
4. Власов, В. З. Тонкостенные пространственные системы. – М., Госстройиздат, 1958. – 502 с.
5. Смирнов В. И. Курс высшей математики, т. IV. – М.-Л., ГИТТЛ, 1951. – 452 с.

THE DYNAMIC STABILITY OF PRISMATIC SHELLS

Ivanov Sergey Pavlovich, Ivanova Anastasya Sergeevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoschkar Ola

In the article, the technique of dynamic stability analysis of prismatic shells having the nonlinear diagram deformation of material is presented. The example of calculation of a flat-topped shell is given.

Keywords: *dynamic stability, physical nonlinear, prismatic shells.*

УДК 621.311:658.562

К ВОПРОСУ ИСКАЖЕНИЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Карчин Виктор Васильевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KarchinVV@volgatech.net

Рассматривалось явление влияния негативного воздействия потребителей на электромагнитную обстановку. Установлено, что источниками помех, вызывающими несинусоидальность, несимметрию, колебания и отклонения напряжения являются электроприемники.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электромагнитная помеха, электромагнитная обстановка, качество электроэнергии, система электроснабжения.

Введение. Электрические приборы, аппараты и электрооборудование предназначены для нормального функционирования в различных эксплуатационных условиях. При этом происходит их взаимодействие с окружающей средой (обстановкой) в которой и проявляются функциональные характеристики электрических приборов. Окружающая среда может воздействовать на технические средства агрессивно или благоприятно, ограничивая или расширяя функциональные возможности приборов. В свою очередь, технические средства могут воздействовать на среду. Если взаимодействие имеет агрессивный характер, то среда технические средства несовместимы, что приводит к недопустимому нарушению функциональных свойств электрооборудования [1].

Цель работы: выявить и изучить влияние электроприемников (ЭП) в электрических схемах на качество электрической энергии.

Решаемые задачи: 1) определить причины возникновения отклонений параметров электрической энергии от номинальных значений; 2) определить систему контроля качества электроэнергии (КЭ); 3) определение диагностики системы электроснабжения (СЭС) для разработки основных направлений для определения ее состояния; 4) определение мероприятий по обеспечению КЭ.

Техника эксперимента. *Электромагнитная совместимость (ЭМС)* характеризуется не только взаимодействием между электрическими приборами, аппаратами, электрооборудованием и электромагнитной средой, но и взаимодействием этих технических средств. Под ЭМС понимают способность электротехнических средств или их элементов нормально функционировать в данной *электромагнитной среде*, не внося недопустимых электромагнитных помех в эту среду и не испытывая таковых с ее стороны. Если ЭМС не обеспечена, т.е. отдельные элементы электротехнических средств или прибор не обладают заданной *помехоустойчивостью* к внутренним (между элементами) и внешним (по отношению к прибору) помехам, то тем самым создаются условия для:

- функциональных нарушений с большими или меньшими последствиями, связанными с отказами, сокращениями срока службы и выходом из строя оборудования, браком продукции, авариями, ложными срабатываниями защиты и автоматики и т.п.;
- повреждений средств защиты и безопасности людей;

- ухудшения качества электроэнергии;
- ухудшения электромагнитной обстановки в окружающем пространстве;
- поражения обслуживающего персонала.

Электромагнитная помеха (ЭМП) – это случайное электромагнитное воздействие, способное вызвать в электротехническом устройстве нарушение функционирования, отказ, разрушение. Помеха может проявляться в виде импульсов тока, напряжения, электромагнитного поля. Различают *кондуктивные* и *полевые* ЭМП. Первые помехи распространяются по проводам, в частности по электрической сети. Например, приводы электродвигателей с регулируемой скоростью вращения, импульсные источники питания, электродуговые печи, пускорегулирующие аппараты для питания люминесцентных ламп и множество других устройств создают высокое содержание гармоник в токе, который должны поставлять электросети [2]. Вторые распространяются через окружающее пространство. Помехи создаются источниками помех, которыми могут быть как электротехнические средства, так и электротехнологические процессы.

Электромагнитная обстановка как совокупность электромагнитных явлений, существующих в рассматриваемой среде, описывается характеристиками источников помех, параметрами их воздействия, особенностями электротехнических средств, мероприятиями, направленными на обеспечение ЭМС, а также внешними факторами, влияющими на указанные характеристики (климатические, механические, производственные и т.п.). Важными характеристиками электромагнитной обстановки являются: *уровень ЭМС, помехоустойчивость, помеховосприимчивость и время воздействия ЭМП.*

В последнее время все большее внимание уделяется КЭ, поставляемой энергоснабжающими организациями. Проблемы с КЭ, особенно связанные с возмущением напряжения, могут возникать на четырех уровнях по СЭС: 1) уровень электростанций и магистральных линий электропередачи; 2) уровень местных линий электропередачи и крупных подстанций; 3) уровень распределительных подстанций и трансформаторов; 4) уровень оборудования пользователей, включая вспомогательное оборудование и электропроводку внутри здания [3].

В настоящее время аудиторскими, энергоснабжающими и эксплуатирующими организациями проводятся многочисленные замеры показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Для проведения такого контроля необходимы специализированные средства измерения (СИ). Все СИ должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97 в части, касающейся алгоритмов измерений ПКЭ и допускаемых погрешностей.

Нормы КЭ, т.е. их допустимые значения в электрических сетях СЭС общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети или приемники электрической энергии (точки общего присоединения), устанавливает стандарт [4].

В электрической цепи с линейными элементами несинусоидальный ток возникает, если в ней действует несинусоидальное напряжение (ЭДС – электродвижущая сила). Электрический генератор переменного тока может иметь кривую ЭДС, несколько отличную от синусоиды, вследствие несинусоидального распределения магнитной индукции под полюсом или в связи с наличием пазов и зубцов в сердечниках статора и ротора.

Несинусоидальный ток и напряжение на отдельных участках цепи появляются и при синусоидальном напряжении источника, когда в цепи имеются элементы с нелинейной вольт-амперной характеристикой (ВАХ). Например, ток в катушке с ферро-

магнитным сердечником получается несинусоидальным вследствие нелинейной зависимости между магнитным потоком и намагничивающим током.

Приводы электродвигателей с регулируемой скоростью вращения (частотные приводы), импульсные источники питания, электродуговые печи, пускорегулирующие аппараты для люминесцентных ламп и др. создают высокое содержание гармоник в токе. Срабатывания мощных рубильников и автоматических выключателей у потребителей добавляют помехи и дополнительно ухудшают показатели электроэнергии.

Большая часть используемого оборудования в настоящее время восприимчива к плохому КЭ. При этом возможно не только нарушение работоспособности оборудования, но и его повреждение. Например, гармоники в сети питания могут вызвать сбои в работе компьютеров и создавать помехи при работе чувствительных аналоговых цепей. Точность измерительных приборов также страдает от воздействия гармоник, при этом ошибка может оказаться как в одну сторону, так и в другую.

Выпрямитель, служащий для преобразования переменного тока в постоянный, является наиболее распространенным видом нелинейной нагрузки в электрических системах. Диапазон мощностей выпрямителей простирается от 100 Вт в персональных компьютерах до 10000 кВт в системах регулирования скорости вращения электродвигателей.

Высокочастотные импульсные устройства, такие как импульсные источники питания, схемы коррекции коэффициента мощности и управления скоростью вращения электродвигателей, создают в цепях питания *высокочастотные помехи*. Эти помехи могут излучаться в форме радиопомех и воздействовать на находящиеся неподалеку от источника помех другие электронные устройства. Медицинское оборудование особенно подвержено воздействию радиопомех ввиду низкого уровня сигналов, с которыми оно работает. Телефонные линии связи также могут страдать из-за наводимых в них помех.

Стандарт *Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE) 5190 – 1992*, введенный в 1981 г. и обновленный в 1992 г., содержит практические рекомендации по контролю гармоник в электрических системах. Институт также выпустил стандарт IEEE 1159-1995, который описывает рекомендованные методы измерения и контроля КЭ [5].

Плохое КЭ, как правило, определяется как степень отклонения формы напряжения от идеальной. При управлении режимами работы СЭС практически невозможно поддерживать параметры КЭ на уровне номинальных значений в любой момент времени. Стандарт на КЭ ГОСТ 13109-97 регламентирует нахождение в определенных пределах показателей электроэнергии.

КЭ на шинах электростанций не гарантирует ее качество в точке присоединения потребителя. Оно может быть различно до и после включения потребителя, изменяться в зависимости от режима как СЭС в целом, так и технологии производства. Как известно, ЭП и электрооборудование должны работать при номинальных параметрах: частоте, напряжении, токе и т.д. изменяющихся по синусоидальному закону. При синусоидальном источнике напряжение на элементах электрической цепи с линейной вольт-амперной характеристикой (ВАХ), имеет синусоидальную форму $u = U_m \sin \omega t$. Согласно ГОСТ Р 51137-98 электроприводы должны обеспечивать нормальную работу с сохранением номинальной мощности при отклонении напряжения питающей сети от номинального значения до $\pm 10\%$; отклонение частоты питающей сети до $\pm 2,5\%$ [6].

Несинусоидальный ток и напряжение на отдельных участках появляются, если в цепи появляются элементы с нелинейной ВАХ. Ток в катушке с ферромагнитным сер-

дечником получается несинусоидальным вследствие нелинейной зависимости между магнитным потоком и намагничивающим током. ЭП с нелинейной ВАХ являются источниками высших гармоник тока. На рис. изображены графики напряжения (а) и тока – в цепи с индуктивностью (б) и в цепи с емкостью (в).

Для оценки состояния СЭС по КЭ необходима ее диагностика, как на этапе проектирования электроустановок, так и в условиях их эксплуатации. В условиях эксплуатации в сложившейся СЭС необходимо выявить причины несоответствия ПКЭ установленным требованиям в точке присоединения, определить местоположение источника искажения, его вклад в ухудшение КЭ.

Интерпретация результатов. Распространение высших гармоник по электрической сети вызывает падение напряжения от соответствующих гармоник на участках сети и искажения синусоидальной формы кривой напряжения в узлах сети. Такие искажения напряжения характеризуются согласно ГОСТ 13109-97 *коэффициентом искажения синусоидальной формы кривой напряжения*:

Для характеристики формы кривой напряжения используют *коэффициент n -ой гармонической составляющей*:

$$K_U = \frac{U(n)}{U(1)} \cdot 100\%,$$

где n – порядок гармоники; $U(n)$ – действующее значение n -й гармоники, В; $U(1)$ – то же для 1-й (основной) гармоники, В.

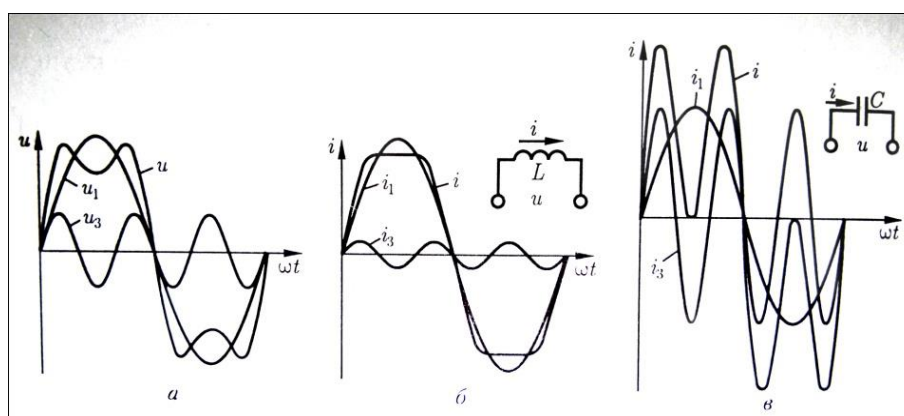


Рис. Графики изменения напряжения и токов при наличии 1-й и 3-й гармоник:
а, б – напряжение и ток в цепи с индуктивностью, в – ток в цепи с емкостью

Для оценки K_U определяют гармонический состав напряжения. Учитывая, что частота в сети может изменяться, при расчете гармонического состава кривой напряжения учитывают не частоту гармоники в герцах, а ее порядок, т.е. кратность по отношению к основной частоте. Это условие соответствует практическим расчетам, т.к. нелинейные ЭП генерируют гармоники тока кратные основной частоте, которая может отличаться от промышленной равной 50 Гц. В соответствии с ГОСТ 13109-97 диапазон учитываемых гармоник ограничен 40-й (2 кГц), т.к. амплитуды гармоник более высокого порядка незначительны.

Допустимые значения K_U для сетей напряжением 0,38 кВ составляют 8%. Значения коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения для сетей напряжением 0,38 кВ составляют для 2-й, 3-й, 5-й гармонических соответственно 2%, 5% и

6%. Предельно допустимое значение коэффициента n -ой гармонической составляющей вычисляют по формуле:

$$K_{U(n)\text{пред}} = 1,5 K_{U(n)\text{норм}},$$

где $K_{U(n)\text{норм}}$ – нормально допустимое значение коэффициента n -ой гармонической составляющей напряжения из табл.

ГОСТ не требует полной компенсации токов высших гармоник. Допустимые величины этих токов должны определяться соответствующим расчетом по приведенным в ГОСТ формулам (табл.).

Допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в процентах

Нормально допустимое значение при $U_{\text{ном}}$, кВ				Предельно допустимое значение при $U_{\text{ном}}$, кВ			
0,38	6-20	35	110-330	0,38	6-20	35	110-330
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

Для выполнения расчетов необходимо знать характеристику сети, состав и мощность нелинейной нагрузки, процентное содержание гармонических составляющих в ее токе. Возникает также необходимость исследования СЭС в связи с возрастающим внедрением в эксплуатацию большого количества энергосберегающих ламп. Основными мероприятиями по обеспечению КЭ являются: проведение СИ сертифицированными приборами с привлечением высококвалифицированных специалистов; проведение технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение КЭ, включая этапы проектирования, монтажа и эксплуатации; внедрение новых современных технических средств обеспечения КЭ, в том числе средств измерения ПКЭ.

Выводы.

1. Выяснено влияние электроприемников на качество электроэнергии.
2. Следует проводить систематический мониторинг в системах электроснабжения на предмет всестороннего влияния различных видов потребителей.
3. Необходимы современные способы и технические средства обеспечения контроля качества электроэнергии.
4. На основании достоверных, обследованных и изученных данных предлагать конкретные пути решения возникающих проблем с качеством электроэнергии на различных объектах.

Список литературы

1. Управление качеством электроэнергии / Карташев И. И., Тульский В. Н., Шамонов Р. Г., Шаров Ю. В. и др. – М., Издательский дом МЭИ, 2008. – С.15-18.
2. Куско А., Томпсон М.Т. Качество энергии в электрических сетях. – М., Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. – С.13-16.
3. Reliability Models for Electric Power Systems. Whitepaper #23, American Power Conversion (APC), 2003.
4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – С. 2.
5. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. IEEE Std. 519-1992, revision of IEEE Std. 519-1981.

6. Буканова Т.С., Савиных А.Б. Устройство и характеристики электропривода с дифференциальным торможением // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – №2. – С. 77-84.

TO THE QUESTION OF DISTORTION SINE WAVE VOLTAGE SUPPLY NETWORKS

Karchin Viktor Vasilevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Examined the influence of the negative impact of the phenomenon of consumers in the elect the phenomenon of influence of negative influence of consumers on electromagnetic conditions was considered. It is established, that by the sources of handicaps causing a non-sinusoidal, asymmetry, fluctuations and deviations of a pressure are electroreceivers.

Keywords: Electromagnetic compatibility, electromagnetic handicap, electromagnetic conditions, quality of the electric power, system of electrosupply.

УДК 66.071.6

МЕТОДИКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕМБРАННО-АБСОРБЦИОННЫХ ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УЛУЧШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ БИОГАЗА

Костромин Денис Владимирович, Сидыганов Юрий Николаевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KostrominDV@volgatech.net

Разработка имитационной математической модели функционирования мембранно-абсорбционных газоразделительных систем, обеспечивающих улучшение потребительских свойств биогаза.

Ключевые слова: мембранные технологии, биогаз, имитационное моделирование.

Введение. Имитационная модель предназначена для замены натурного эксперимента и частично точного и сложного вычислительного эксперимента по исследованию свойств мембранно-абсорбционных установок на более простые приближительные и достаточно физически обоснованные имитации. При построении имитационной модели мембранно-абсорбционных газоразделительных систем в ее основу положены разработанные физико-математические модели процессов массопереноса в газо-жидкостных системах и численные методики решения систем уравнения массопереноса [1,2]. Разработанная физико-математическая модель максимально учитывает конструктивные особенности элементов мембранно-сорбционных аппаратов и физико-химические свойства мембраны, жидкого сорбента и очищаемого биогаза.

Цель работы: разработка методики получения информации об основных характеристиках процессов массопереноса в мембранно-абсорбционных газоразделительных системах.

Решаемые задачи: 1) проектирование мембранно-абсорбционной газоразделительной установки (*Задача проектирования*); 2) установление основных закономерностей реакции мембранно-абсорбционной газоразделительной системы на изменение параметров (*Задача анализа*); 3) определение способов восстановления рабочих характеристик мембранно-абсорбционной газоразделительной системы (*Задача восстановления*).

Аналитическое моделирование. Блок-схема имитационной модели приведена на Рис. 1. Структурно блок-схема имитационной модели содержит четыре главных алгоритмических процедуры, на которых производится подготовка данных и непосредственно имитация трех поставленных целевых задач – **Проектирования, Анализа и Восстановления**.

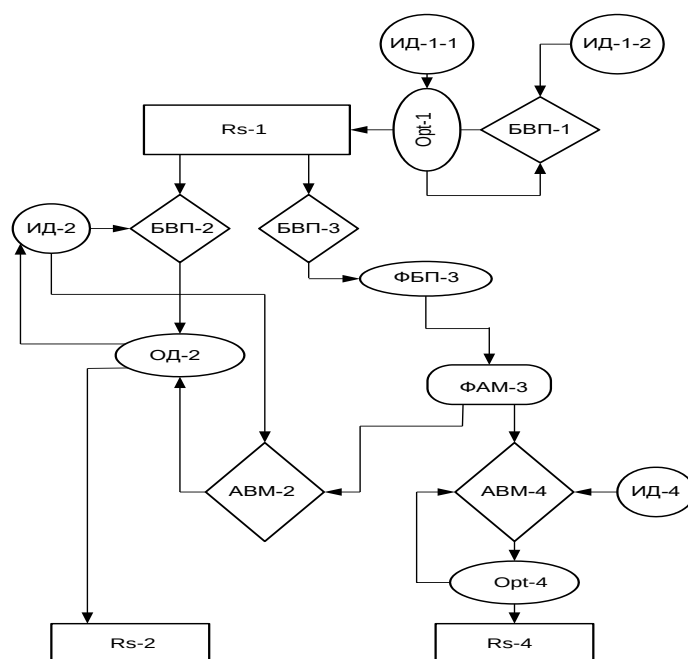


Рис. 1. Блок-схема имитационной модели

Процедура имитации Задачи проектирования (Процедура 1).

Для имитации **Задачи проектирования** используются блоки **ИД-1-1**, **ИД-1-2**, **БВП-1**, **Оп-1** и **Rs-1**, приведенные на рис. 1.

Блок **ИД-1-1** содержит исходные данные по сырьевому биогазу – его химический состав, температуру, влажность, давление, а также планируемую величину объемного потока биогаза q_F , поступающего на переработку. Фактически здесь задаются исходные данные для проектирования будущего производства.

Блок **ИД-1-2** содержит данные и вид целевой функции Θ эффективности функционирования мембранно-абсорбционной газоразделительной системы, используемой при ее проектировании, например, требуемое содержание метана g_{R2} в продукте (в очищенном биогазе), которое определяет качество очищенного биогаза по такому параметру, как его теплотворная способность. Целевая функция эффективности функционирования может иметь более сложный комплексный вид, дополнительно учитывающий оптимизацию по производительности в виде величины потока продукта q_R и по обратной величине потока жидкого абсорбента L^{-1} , которые определяют себестоимость подготовки

топливного газа (основные энергозатраты при использовании мембранно-абсорбционных методов приходится на прокачку жидкого абсорбента в сравнительно тонких жидкостных каналах и пропорциональны величине потока жидкости).

В блоке **БВП-1** осуществляется базовая вычислительная процедура по решению системы уравнений массопереноса в мембранно-абсорбционной системе. В качестве параметров здесь используются геометрические характеристики мембранно-контакторных модулей, включая рабочую площадь мембраны, величины газового и жидкостного зазоров, ширину и длину каналов для протекания жидкости и газа, физико-химические свойства жидкого абсорбента, величина потока жидкости, а также температура и давление.

В блоке **Opt-1** осуществляется организация итерационного процесса по нахождению параметров мембранно-абсорбционной системы, удовлетворяющих выбранной целевой функции Θ .

Блок **Rs-1** представляет собой файлы, в которые записываются рассчитанные параметры оптимальной мембранно-абсорбционной системы, которые также используются в качестве исходных данных для имитационного моделирования **Задачи анализа** и **Задачи восстановления**. В файлы также могут быть записаны промежуточные решения и зависимости, получаемые в процессе решения оптимизационной задачи.

Таким образом, после имитации **Задачи проектирования** в Блоке **Rs-1** будет сохраняться полный набор данных, соответствующих оптимальной мембранно-абсорбционной газоразделительной системе, удовлетворяющей планируемому потоку сырьевого биогаса и его покомпонентному составу.

Блок **Rs-1** также содержит расчетные параметры, которые определяют очистные и разделительные характеристики газоразделительной системы. Сюда относится величина потока биогаза на выходе газоразделительной системы (поток газового продукта q_R) и концентрации газовых компонентов в этом потоке g_{ri} . Естественно, наибольший интерес представляет величина концентрации метана g_{r1} .

Все данные, содержащиеся в Блоке **Rs-1**, представляются в размерном виде, но на их основе нетрудно вычислить и величины безразмерных параметров, характеризующих газоразделительный процесс в абсорбционной системе.

Информация, содержащаяся в Блоке **Rs-1**, является решением оптимизационной задачи и по этой причине является максимально конкретной и не позволяет проанализировать основные закономерности процессов массопереноса.

Процедура имитации Задачи анализа (Процедура 2).

Задача анализа предназначена для получения информации об основных закономерностях изменения разделительных свойств мембранно-абсорбционной системы в зависимости от величин параметров и создать наиболее общие представления о мембранно-абсорбционной системе в целом. При реализации данной имитации необходимо получать основные зависимости, соответствующие спроектированной системе в различных режимах эксплуатации. Для этого в Блок-схеме на рис.1 используются блоки **ИД-2**, **БВП-2**, **ОД-2** и **Rs-2**.

Блок **ИД-2** это блок исходных данных для проведения требуемой серии вычислительных экспериментов. Здесь в размерном виде задаются все исходные параметры для получения (расчета) функциональных зависимостей. Например, если требуется анализ реакции системы с заданными конструктивными параметрами, то анализу подлежит снятие зависимостей величины потока продукта и его состава от потока питания сырьевым биогазом, его состава и вида абсорбирующей жидкости и величины его

потока. В качестве фиксированных параметров задаются геометрические параметры, а в качестве варьируемых – все вышеперечисленные параметры и физико-химические свойства абсорбента. В блоке ИД-2 входные данные формируются в виде двумерных или многомерных массивов.

В блоке **БВП-2**, как и прежде осуществляется базовая вычислительная процедура по решению системы уравнений массопереноса в мембранно-абсорбционной системе. При этом выходные данные формируются в виде массивов данных, соответствующих введенным из блока ИД-2 исходным данным.

В блоке **ОД-2** проводится обработка полученных результатов вычислительных экспериментов, которая сводится к формированию массивов результатов после их просмотра и анализа и сортировки. По результатам анализа в случае необходимости может быть выполнена дополнительная коррекция массива исходных данных **ИД-2** с последующим его использованием в расчетном блоке **БВП-2**.

В блоке **Rs-2** происходит формирование отчетов с результатами вычислительных экспериментов. Результаты в отчетах представляются как в табличном, так и в графическом виде.

В целом, данные получаемые при использовании данной процедуры имитации по своему принципу во многом аналогичны данным приведенном в разделе 8 отчета за второй этап выполнения работ и раздела 3 настоящего отчета, но могут быть представлены в значительно более расширенном, более соответствующем практическим целям и удобном для пользователя виде.

Процедура формирования аппроксимационных решений (Процедура 3).

Процедура формирования аппроксимационных решений предназначена в основном для имитации **Задачи восстановления**, хотя эти же решения могут быть использованы для быстрого проведения ряда аналитических исследований свойств мембранно-абсорбционных газоразделительных систем.

В основу аппроксимационных решений положено то, что они находятся не для поля величин исходных данных, представленных в размерном виде, а для набора безразмерных параметров, часть которых является критериями подобия. Переход к безразмерным параметрам позволяет максимально обобщить решение **Задачи восстановления** и сократить число переменных оптимизации. Для формирования аппроксимационных решений используются следующие блоки (см. рис. 1): **БВП-3**, **ФБП-3** (Формирование Безразмерных Параметров), **ФАМ-3** (Формирование аналитической модели).

Процедура имитации Задачи восстановления (Процедура 4).

Процедура имитации **Задачи восстановления** предназначена для использования в тех случаях, когда мембранно-абсорбционная газоразделительная система эксплуатируется в нештатном режиме, при котором нарушаются ее разделительные характеристики и, соответственно, изменяются показатели эффективности. Самой тривиальной причиной таких нарушения может быть изменения в питающем систему потоке сырьевого биогаза. Изменяется его величина и/или газовый состав, например, повышается или понижается концентрация углекислого газа. Повышение концентрации углекислого газа часто приводит к тому, что в потоке продукта также повышается его содержание и снижается теплотворная способность биогаза. Снижение концентрации углекислого газа может приводить к тому, что поток абсорбирующей жидкости оказывается избыточным, т.е. установка потребляет избыточную энергию на прокачку жидкого абсорбента. Концентрация углекислого газа при этом снижается, что приводит к росту теплотворной способности биогаза, но в силу нелинейности зависимости (см. следу-

ющий параграф) потери в энергозатратах не компенсируются ростом теплотворной способности.

В подобной ситуации эффективность газоразделительной системы должна быть восстановлена [3]. Если целевой функцией Θ , определяющей величину эффективности, является только величина концентрации углекислого газа в продукте, то при изменении его концентрации в потоке питания необходимо изменить поток жидкого абсорбента и/или величину потока питания. Если целевая функция зависит также и от производительности поток продуктового биогаза q_R , то необходимо решать более сложную оптимизационную задачу. **Процедура имитации Задачи восстановления** включает в себя следующие блоки: **Блок ИД-4, АВМ-4** (Аналитическая Вычислительная Модель), **Opt-4, Rs-4**.

Основным результатом, получаемым при использовании **Процедуры 4**, является требуемая для достижения оптимального значения целевой функции величина потока жидкого абсорбента L , а также, если это необходимо, скорректированная величина потока питания сырьевым биогазом q_F . Как следует из вышесказанного, алгоритмы, используемые в **Процедуре 4**, целиком и полностью определяются видом аппроксимационных зависимостей, а также видом целевой функции Θ , как показателя эффективности функционирования мембранно-абсорбционных газоразделительных систем.

Вывод. Разработанная методика имитационного моделирования позволяет анализировать мембранно-газоразделительную систему на стадии ее проектирования, получать разделительные характеристики системы в зависимости от величин различных технологических параметров и проводить исследования по способам восстановления разделительных характеристик при нарушениях режима, связанных с изменением состава сырьевого биогаза и его потока на входе в систему.

Список литературы

1. Разработка и исследование работы мембранно-абсорбционной газоразделительной системы обеспечивающей улучшение потребительских свойств биогаза / Сидыганов Ю. Н., Шамшуров Д. Н., Костромин Д. В. и др. – Известия СПбГАУ, 2011. – №23. – С. 377-384.
2. Интенсивная технология производства биогаза: монография / Сидыганов Ю. Н., Костромин Д. В., Шамшуров Д. Н. и др. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2013. – 332 с.
3. Медяков А. А., Каменских А. Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – №3. – С. 88-95.

METHOD SIMULATION MEMBRANE-ABSORPTION OF GAS SEPARATION SYSTEMS, PROVIDING IMPROVED HANDLING OF BIOGAS

Kostromin Denis Vladimirovich, Sidyganov Yuri Nikolaevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola
KostrominDV@volgatech.net

Development of a simulation mathematical model of the functioning of the absorption of gas separation membrane systems to provide improved consumer properties of biogas.

Keywords: *membrane technology, biogas, simulation.*

УДК 66.071.6

АППРОКСИМАЦИОННЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РАБОТЫ МЕМБРАННО-АБСОРБЦИОННОЙ ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Костромин Денис Владимирович, Шамиуров Дмитрий Николаевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KostrominDV@volgatech.net

Рассмотрена методика построения аппроксимационных аналитических решений работы мембранно-абсорбционной газоразделительной системы

Ключевые слова: мембранные технологии, биогаз, имитационное моделирование.

Введение. Основной целью проведения вычислительных экспериментов является получение информации об основных характеристиках процессов массопереноса в мембранно-абсорбционных газоразделительных системах. Преимущество вычислительных экспериментов на разработанной математической модели функционирования мембранно-абсорбционных газоразделительных систем заключается в том, что с их помощью возможно проведение масштабного исследования разделительных характеристик в широком, практически не ограниченном диапазоне изменения технологических параметров газоразделительных систем без использования дорогостоящего и громоздкого экспериментального оборудования.

Разработанная физико-математическая модель процессов массопереноса в газожидкостных системах и численные методики решения систем уравнения массопереноса [1] позволяет провести имитационное моделирование параметров проектирования мембранно-абсорбционных газоразделительных систем.

Цель работы: проведение аналитических исследований свойств мембранно-абсорбционной газоразделительной системы.

Решаемые задачи: 1) постановка исходных требований; 2) построение массивов безразмерных параметров; 3) аппроксимация параметров мембранно-абсорбционного газоразделительного модуля и их анализ.

Имитационное моделирование. Рассмотрим очистку исходной сырьевой биогазовой смеси, состоящей из 60% объемных метана CH_4 и 40% объемных углекислого газа CO_2 . В качестве жидкого абсорбента используется вода, а процесс очистки проводится на мембранно-абсорбционном аппарате с непористой мембраной на основе поливинилтириметилсилана (ПВТМС). Рабочая площадь мембраны составляет $S=1 \text{ м}^2$ при длине канала $l=0,2 \text{ м}$. При проектировании имитационной модели найдено, что оптимальными для осуществления процесса очистки являются толщина жидкостного зазора $b_{\text{liq}}=100 \text{ мкм}$, а толщина газового зазора – $b_{\text{gas}}=1000 \text{ мкм}$. Тем самым тип абсорбента, его физико-химические свойства и геометрические параметры газоразделительного модуля являются определенными. Площадь модуля 1 м^2 выбрана как некоторая базовая площадь. Дело в том, что мембранно-абсорбционный процесс газоразделения является масштабируемым и площадь, требуемая для обеспечения требуемой производительности, пропорциональна отношению этой производительности к производительности базового модуля.

Для построения аппроксимационных аналитических решений положим, что в качестве одного из условий, используемого в целевой функции, является условие того, что концентрация углекислого газа не должна превышать 5% объемных. Концентрации ниже 1% также не желательна, поскольку ее достижение может заметно повысить себестоимость очистки.

Для таких параметров и условий при использовании имитационной модели установлено, что оптимальное число Пекле находится в области $Pe_1 \in [2,7 - 3,0]$, а безразмерное отношение потоков жидкости и газа в области $\varphi_1 \in [1,7 - 1,9]$ (Индекс «1» здесь относится к компоненту газовой смеси – углекислому газу. Метан будет иметь индекс «2»).

Поскольку речь идет об имитации восстановления системы при заметных нарушениях концентраций и потоков, аналитические аппроксимационные зависимости должны быть построены в интервалах безразмерных параметров, превышающих приведенные выше. Что касается интервала возможного изменения концентрации углекислого газа g_{F1} , то он должен быть задан в довольно широких пределах, поскольку при анаэробном брожении, при котором производится биогаз, величина концентрации углекислого газа очень сильно зависит от условий проведения процесса и от используемого биологического сырья и штаммов бактерий. На практике эта концентрация может изменяться от 10 % до 50% и немного более.

При формировании безразмерных параметров строятся массивы данных, полученных с помощью расчетов по точной физико-математической модели. На рис. 1-3 приведены графические зависимости, соответствующие части, формируемых массивов данных.

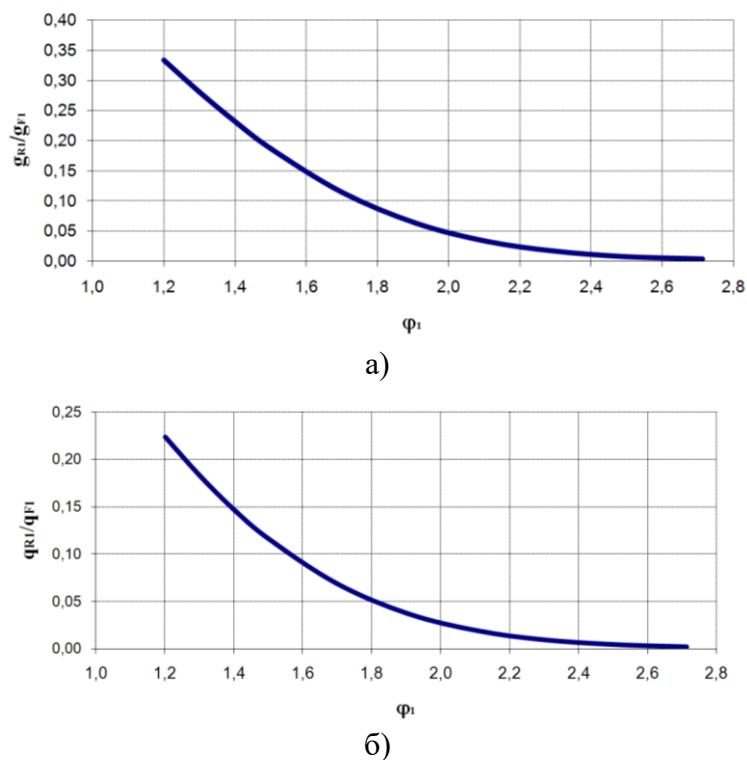
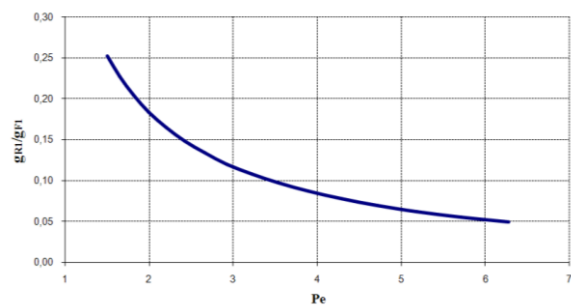
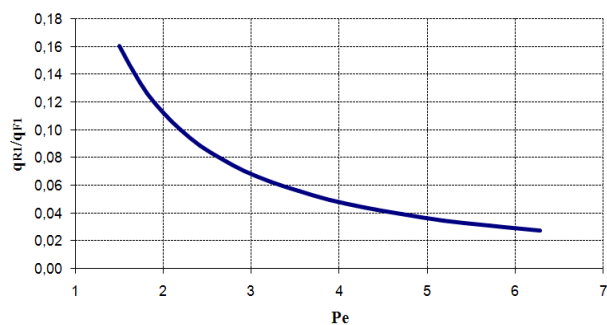


Рис. 1. Зависимость относительной концентрации углекислого газа в потоке продукта (а) и относительного потока углекислого газа в продукте (б) от отношения потока жидкости к газу

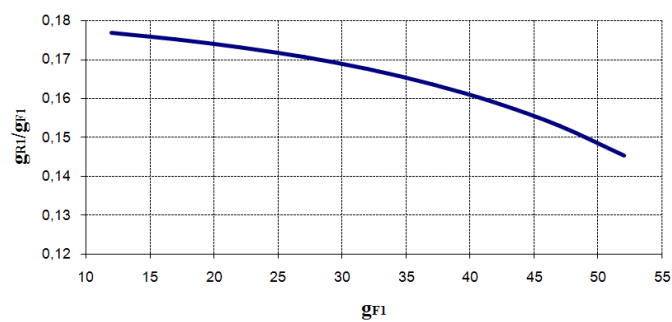


а)

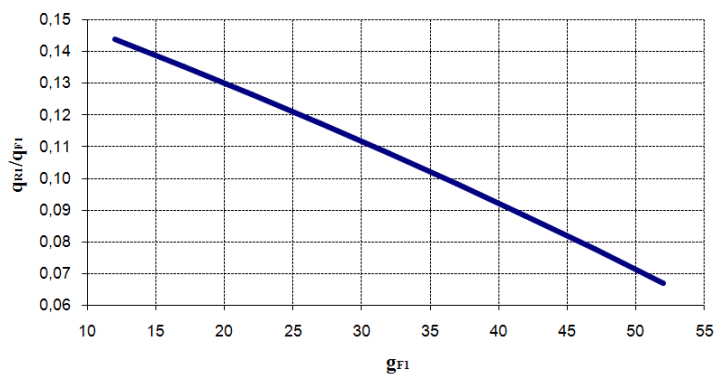


б)

Рис.2. Зависимость относительной концентрации углекислого газа в потоке продукта (а) и относительного потока углекислого газа в продукте (б) от отношения числа Пекле



а)



б)

Рис. 3. Зависимость относительного потока углекислого газа в продукте а) от концентрации углекислого газа в потоке питания (б) от концентрации углекислого газа в потоке питания

Для иллюстраций использованы зависимости относительной концентрации g_{R1}/g_{F1} углекислого газа в продукте и его относительного потока в продукте q_{R1}/q_{F1} . Эти зависимости могут быть пересчитаны на метан, для чего используются условия баланса

$$\begin{cases} q_F = q_{F1} + q_{F2} \\ q_R = q_{R1} + q_{R2} \\ g_{F1} + g_{F2} = 1 \\ g_{R1} + g_{R2} = 1 \end{cases}, \quad (1)$$

где q_F – полный поток питания биогазом, а q_R – полный поток продукта.

Выбор углекислого газа связан с тем, что именно этот компонент является наиболее хорошо сорбируемым и оказывается основным в процессах массопереноса в мембранно-абсорбционной газоразделительной системе. Например, если использовать абсорбент, практически не сорбирующий метан, то система уравнений массопереноса записывается только для углекислого газа. Для рассмотренного примера, в котором сорбентом является вода, при температуре 20 °С объемная растворимость углекислого газа примерно в 30 раз больше растворимости метана.

Из приведенных графиков следует, что в использованных интервалах изменения аргументов разделительные параметры мембранно-абсорбционного газоразделительного модуля представляют собой гладкие функции и могут быть аппроксимированы достаточно простыми аналитическими зависимостями. В таблице, приведен набор соответствующих аналитических функций, полученных с помощью редактора Microsoft Excel.

Аналитические функции, описывающие газоразделительные характеристики мембранно-абсорбционного газоразделительного модуля для углекислого газа

Переменная $x =$	Функция
Pe	$\Phi_3^1 = q_R / q_F = 0,0004x^4 - 0,0067x^3 + 0,0475x^2 - 0,1625x + 0,7932$
Pe	$\Phi_4^1 = q_{R1} / q_{F1} = 0,2647x^{-1,2344}$
Pe	$\Phi_6^1 = g_{R1} / g_{F1} = 0,4036x^{-1,1322}$
Pe	$\Phi_5^1 = g_R = 0,161x^{-1,1322}$
φ_1	$\Phi_3^2 = q_R / q_F = -0,028x^3 + 0,2199x^2 - 0,604x + 1,1264$
φ_1	$\Phi_4^2 = q_{R1} / q_{F1} = -0,0724x^3 + 0,5673x^2 - 1,4944x + 1,3258$
φ_1	$\Phi_6^2 = g_{R1} / g_{F1} = -0,071x^3 + 0,6164x^2 - 1,7756x + 1,7025$
φ_1	$\Phi_5^2 = g_R = -2,84 \cdot 10^{-2}x^3 + 0,247x^2 - 0,71x + 0,681$
g_{F1}	$\Phi_3^3 = q_R / q_F = -0,0088x + 0,9224$
g_{F1}	$\Phi_4^3 = q_{R1} / q_{F1} = -0,0019x + 0,1681$
g_{F1}	$\Phi_6^3 = g_{R1} / g_{F1} = -2 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0003x + 0,1755$
g_{F1}	$\Phi_5^3 = g_R = -1,3 \cdot 10^{-4}x^2 + 2,217 \cdot 10^{-3}x - 3,977 \cdot 10^{-2}$

Индексация функций Φ_m^n в таблице соответствует следующему правилу. Нижний индекс m соответствует индексу формируемых массивов данных, а верхний индекс n соответствует параметрам: $n=1$ – числу Пекле Pe , $n=2$ – отношению потоков ϕ_1 , $n=3$ – входной концентрации углекислого газа g_{F1} .

Численные коэффициенты в приведенных в таблице аналитических зависимостях получены для рассмотренного конкретного случая, в котором в качестве жидкого абсорбента используется вода, в качестве мембраны выбрана мембрана на основе ПВТМС и заданы определенная площадь мембраны и толщины жидкостного и газового зазоров. При переходе к другим параметрам эти коэффициенты изменятся и должны быть определены при формировании аналитической модели [2]. Главное здесь в том, что тип аналитических зависимостей для имитации Задачи восстановления при переходе к мембранно-абсорбционному модулю с другими характеристиками сохраняется и оказывается достаточно простым для нахождения параметров Pe и ϕ_1 , и решения оптимизационной задачи по определению потока жидкого абсорбента и коррекции потока питания модуля при изменении состава исходного питающего потока сырьевого биогаза. Уравнения, приведенные в таблице, имеют аналитические решения и не требуют использования сложных итерационных процедур.

Вывод. Найденные зависимости разделительных характеристик от концентрации углекислого газа в потоке питания g_{F1} являются полиномами максимум второй степени, что практически не усложняет математическую процедуру нахождения значений параметров Pe и ϕ_1 в условиях, когда основным фактором нарушения режима работы мембранно-абсорбционной газоразделительной установки является изменение содержания углекислого газа.

Список литературы

1. Разработка и исследование работы мембранно-абсорбционной газоразделительной системы обеспечивающей улучшение потребительских свойств биогаза / Сидыганов Ю. Н., Шамшуров Д. Н., Костромин Д. В. и др. – Известия СПбГАУ, 2011. – №23. – С. 377-384.
2. Медяков А. А., Каменских А. Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – №3. – С. 88-95.

APPROXIMATION ANALYTICAL SOLUTIONS OF MEMBRANE-ABSORPTION GAS SEPARATION SYSTEMS

Kostromin Denis Vladimirovich, Shamshurov Dmitri Nikolaevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola
KostrominDV@volgatech.net

The method of constructing the approximation of analytic solutions of the gas separation membrane absorption system

Keywords: *membrane technology, biogas, simulation.*

УДК 539.3

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ АНИЗОТРОПНОЙ ПОЛОСЫ, ЛЕЖАЩЕЙ НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ

Кудрявцев Сергей Геннадьевич, Булдакова Юлия Михайловна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KudryavcevSG@volgatech.net

Представлены результаты исследования напряженного состояния двухслойной ортотропной полосы, лежащей на жестком основании при наличии и отсутствии между ними сил сцепления.

Ключевые слова: двухслойная полоса; жесткое основание; ортотропия; напряжение.

Введение. Многослойные конструкции используются при проектировании объектов в различных технических областях. Например, транспортные средства, стеновые панели зданий, автомобильные дороги и аэродромы [1]. Поэтому, вопрос об оптимальном проектировании слоистых конструкций представляет научный и практический интерес. Задачи по определению напряженно-деформированного состояния в многослойной полосе рассматривались в ряде работ. Например, в работе [2] асимптотическим методом получено решение краевой задачи для трехслойной анизотропной полосы при различных вариантах контакта между слоями.

Цель работы: на основе уравнений плоской задачи теории упругости определить напряжения и перемещения в двухслойной полосе, лежащей на жестком основании и составленной из различных ортотропных материалов.

Решаемые задачи: проверка методики расчета, учитывающая работу двухслойной ортотропной полосы, как при наличии, так и при отсутствии сил сцепления на линии контакта полосы с жестким основанием.

Математическое моделирование. На рис. 1 представлена расчетная схема задачи. Ось x направлена вдоль нижней плоскости полосы, ось y – перпендикулярно к границе основания. Направления осей ортотропии для каждого слоя совпадают с координатными осями. Положительные направления напряжений и перемещений совпадают с обозначениями [3]. Статическая поверхностная нагрузка: нормальная $q(x)$ и касательная $\tau(x)$, прикладывается к верхней плоскости полосы. Толщина двухслойной полосы h по длине не меняется. Обозначим модули упругости первого слоя – E_1^I , E_2^I , второго – E_1^{II} , E_2^{II} , толщину первого слоя – h_1 , второго – h_2 .

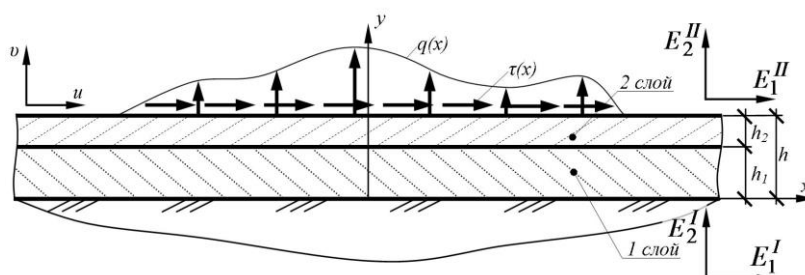


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия двухслойной полосы и жесткого основания

При определении напряжений и перемещений в произвольной точке двухслойной ортотропной полосы исходим из уравнений, полученных в [4]. Для полосы, жестко скрепленной с основанием, используем следующие граничные условия: перемещения точек, расположенных на нижней плоскости первого слоя $u_0^I(x, y=0) = v_0^I(x, y=0) = 0$; на границе контакта слоев выполняются условия полного сцепления $u_0^{II} = u^I(x, y=h_1)$, $v_0^{II} = v^I(x, y=h_1)$, $\sigma_{y0}^{II} = \sigma_y^I(x, y=h_1)$, $\tau_{xy0}^{II} = \tau_{xy}^I(x, y=h_1)$; на верхней плоскости полосы $\sigma_y^{II}(x, y=h_2) = q(x)$ и $\tau_{xy}^{II}(x, y=h_2) = \tau(x)$. Индекс "0" относится к нижней плоскости каждой полосы. При взаимодействии полосы с жестким основанием без трения полагаем $\tau_{xy0}^I(x, y=0) = v_0^I(x, y=0) = 0$, а на верхней плоскости действует только нормальная поверхностная нагрузка. Используя граничные условия и интегральное преобразование Фурье [5] получим выражения функций напряжений и перемещений, которые записываются через заданную поверхностную нагрузку отдельно для первого и второго слоя в виде несобственных интегралов.

Интерпретация результатов. Для иллюстрации полученных уравнений рассматривается частный случай, когда на верхней плоскости в сечении $\tilde{x} = 0$ действует сосредоточенная сила F перпендикулярно границе двухслойной полосы, составленной из разных изотропных материалов. Коэффициент Пуассона для обоих слоев принимается $\nu=0,25$. Высота первого и второго слоя одинаковая. На рисунках 2-8 представлены результаты исследования характера распределения параметров напряжений $\tilde{\sigma}_x$, $\tilde{\sigma}_y$ и $\tilde{\tau}_{xy}$ по длине полосы на линии контакта полосы с жестким основанием ($\tilde{y}=0$) в зависимости от характеристик материала слоев. Графики распределения напряжений по длине полосы, построенные для случая $E^{II}/E^I=1$ при полном сцеплении полосы с жестким основанием, сопоставлены с данными полученными в [4].

На рисунке 2 показаны графики изменения параметра нормального напряжения $\tilde{\sigma}_y$ при наличии сил сцепления между двухслойной полосой и жестким основанием. Параметр $\tilde{\sigma}_y$ достигает максимального значения под силой и по мере удаления от линии приложения силы затухает. Из сравнения кривых видно, что максимальное значение безразмерного параметра $\tilde{\sigma}_y$ уменьшается, а зона распространения его вдоль оси $\tilde{x}$ увеличивается при увеличении модуля упругости верхнего слоя. При отсутствии сил сцепления (рис. 3) на линии контакта полосы с жестким основанием значение параметра нормального напряжения $\tilde{\sigma}_y$ увеличивается.

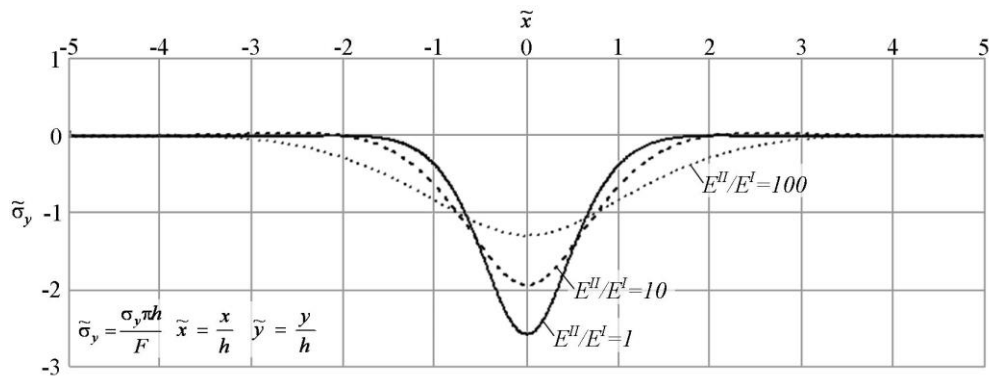


Рис. 2. Изменение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_y$ на линии контакта полосы с жестким основанием при полном сцеплении полосы с жестким основанием

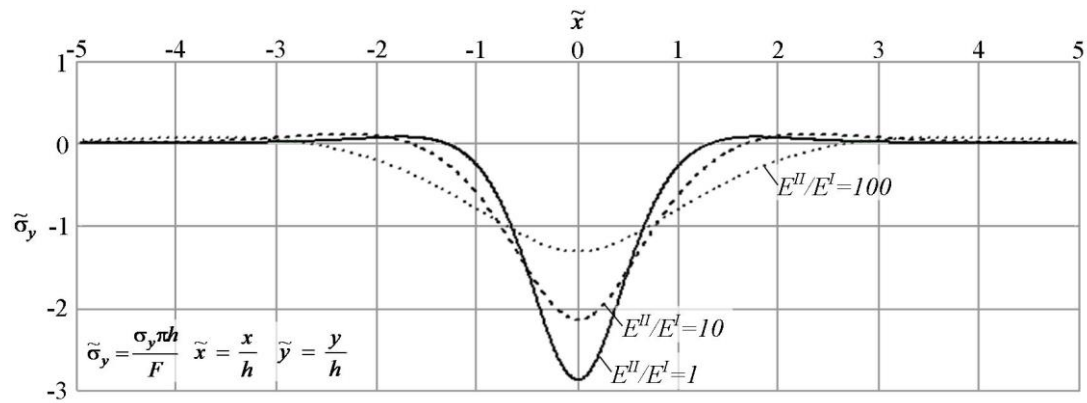


Рис. 3. Изменение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_y$ на линии контакта полосы с жестким основанием при отсутствии трения между полосой и жестким основанием

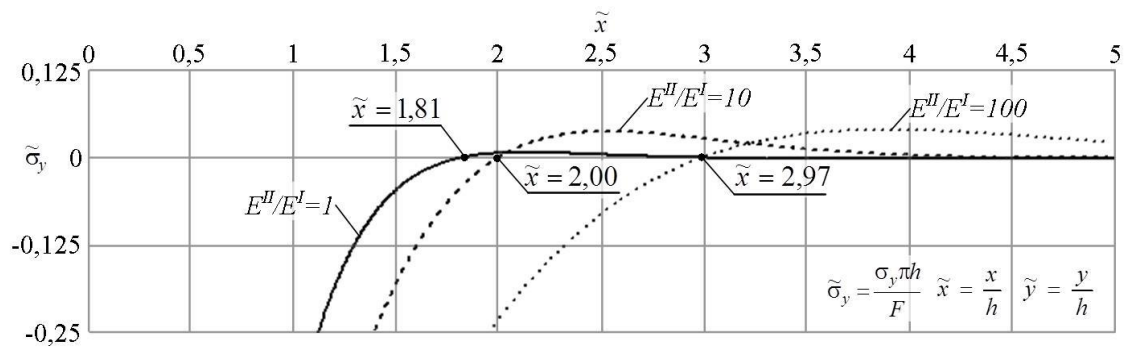


Рис. 4. Изменение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_y$ на линии контакта полосы с жестким основанием при полном сцеплении полосы с жестким основанием

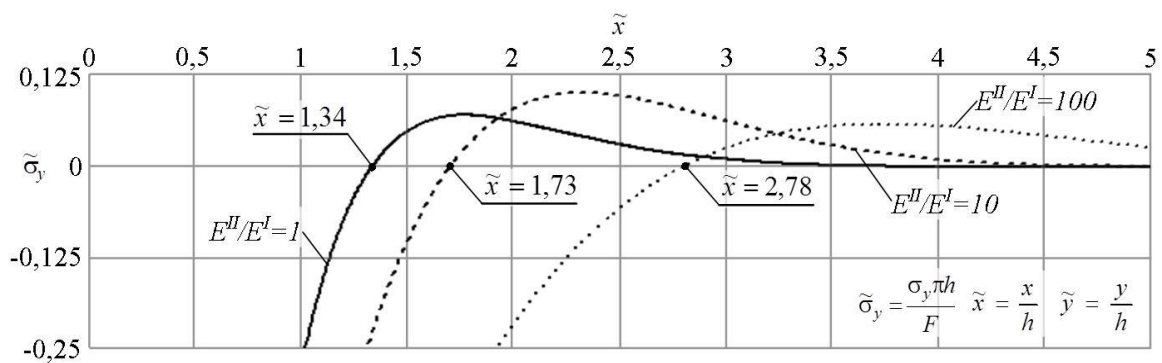


Рис. 5. Изменение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_y$ на линии контакта полосы с жестким основанием при отсутствии трения между полосой и жестким основанием

На рисунках 4 и 5, в увеличенном масштабе, показаны графики изменения безразмерного параметра нормального напряжения $\tilde{\sigma}_y$ при значении $\tilde{y} = 0$. При значениях указанных на рисунках, параметр $\tilde{\sigma}_y = 0$, а далее сжатие сменяется растяжением.

На рисунке 6 показаны результаты расчета изменения безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_x$ при наличии сил сцепления между двухслойной полосой и жестким основанием. Сопоставляя кривые, заключаем, что максимальное значение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_x$ уменьшается, а зона распространения его вдоль оси $\tilde{x}$ увеличивается при увеличении модуля упругости верхнего слоя. Параметр нормального напряжения $\tilde{\sigma}_x$ имеет отрицательное значение.

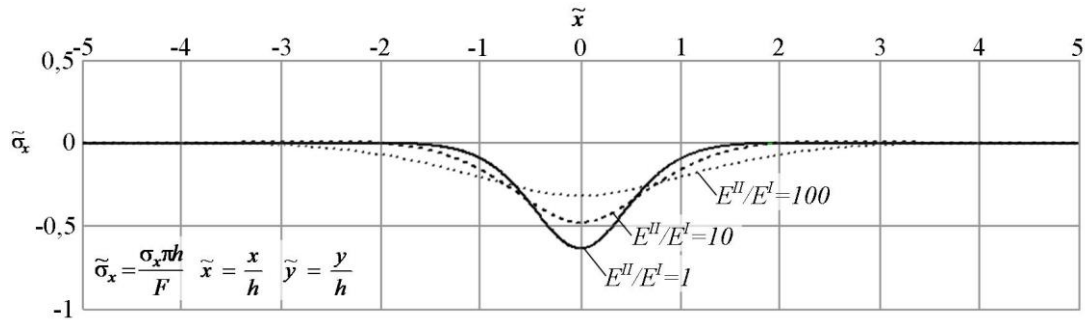


Рис. 6. Изменение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_x$ по длине на линии контакта полосы с жестким основанием при полном сцеплении полосы с жестким основанием

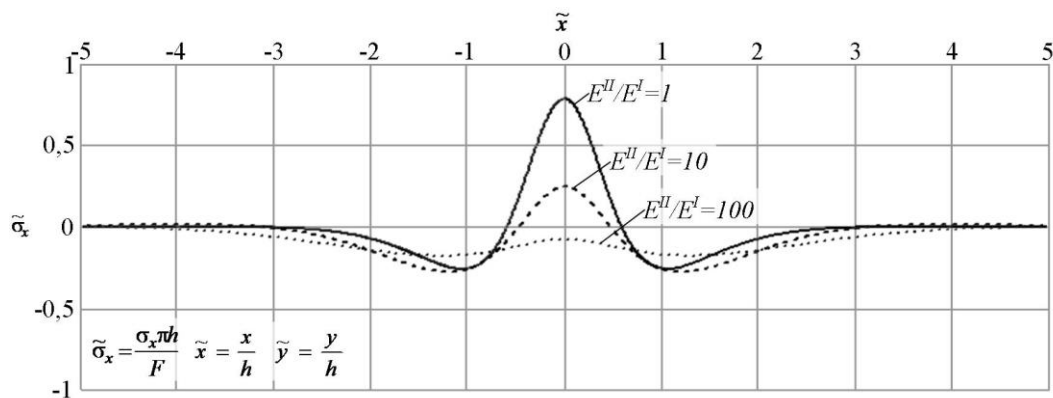


Рис. 7. Изменение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_x$ на линии контакта полосы с жестким основанием при отсутствии трения между полосой и жестким основанием

На рис. 7 показаны графики изменения безразмерного параметра напряжения $\tilde{\sigma}_x$ при отсутствии сил сцепления между двухслойной полосой и жестким основанием. В зоне приложения сосредоточенной силы при отношении $E^{II}/E^I=1$ и $E^{II}/E^I=10$ параметр нормального напряжения $\tilde{\sigma}_x$ имеет положительное значение, которое меняется на отрицательное значение. При отношении $E^{II}/E^I=100$ параметр нормального напряжения $\tilde{\sigma}_x$ по длине полосы имеет отрицательное значение.

Характер изменения параметра касательного напряжения при полном сцеплении полосы с жестким основанием показан на рисунке 8. Параметр касательного напряжения достигает максимума на некотором расстоянии от линии приложения силы и по мере удаления от нее затухает. При увеличении модуля упругости верхнего слоя максимальное значение параметра касательного напряжения смещается вдоль оси $\tilde{x}$ от сечения, в котором приложена сила. Значение максимального безразмерного параметра

ра напряжения $\tilde{\tau}_{xy}$ уменьшается, а зона распространения его вдоль оси $\tilde{x}$ увеличивается при увеличении модуля упругости верхнего слоя.

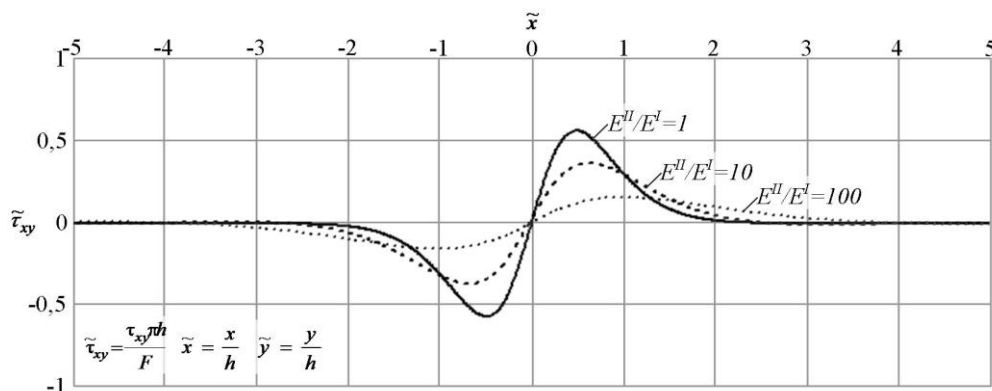


Рис. 8. Изменение безразмерного параметра напряжения $\tilde{\tau}_{xy}$ на линии контакта полосы с жестким основанием при полном сцеплении полосы с жестким основанием

Выводы. Полученные расчетные формулы позволяют проанализировать напряженное состояние в двухслойной ортотропной полосе, варьируя упругими и геометрическими характеристиками слоев, достигая при этом заранее прогнозируемых прочностных свойств, наилучшим образом соответствующих условиям при эксплуатации.

Список литературы

1. Вайнштейн Е. В., Вайнштейн В. М., Нехорошков П. А. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожной одежды лесовозной автодороги по касательным напряжениям методом конечных элементов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – №1(15). – С. 64-73.
2. Барсегян В. М., Хачатрян А. М. Об асимптотическом решении смешанной краевой задачи для трехслойной полосы при различных условиях контакта слоев // Известия НАН Армении, 2001. – №1(54). – С. 17-25.
3. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука, 1977. – 416 с.
4. Кудрявцев С. Г., Булдакова Ю. М. Взаимодействие анизотропной полосы и жесткого основания // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, 2012. – №4. – С. 29-35.
5. Уфлянд Я. С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 368 с.

THE ANALYSIS OF THE TENSION OF THE TWO-LAYER ANISOTROPIC STRIP LYING ON THE RIGID BASIS

Kudryavtsev Sergey Gennadevich, Buldakova Julia Mikhaelovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Results of research of a tension of the two-layer ortotropny strip lying on the rigid basis at existence and lack of forces of adhesion between them are presented.

Keywords: two-layer strip; rigid basis; ortotropiya; tension.

УДК 630*31

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ В ООО «ПАЙН»

Куклин Николай Иванович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KuklinNI@volgatech.net

Проанализированы фотохронометражные наблюдения за работой лесовозных автопоездов на вывозке лесоматериалов.

Ключевые слова: *фотохронометражные наблюдения, лесовозные автопоезда, лесоматериал.*

Введение. Лесозаготовительная промышленность является одной из важнейших отраслей народного хозяйства нашей страны. Практически ни одно производство не обходится без использования лесоматериалов или продуктов ее переработки. Лесозаготовительная отрасль является начальным этапом, без которого невозможно обеспечить потребности промышленности в древесине.

Россия располагает огромными запасами леса. На лесной площади, занимающей более 877 млн. га, запас леса составляет более 80 млрд м³, ежегодный прирост – 891млн. м³. Примерно 25 % мировых лесных запасов составляют запасы леса в России, однако объем лесозаготовок составляет менее 50 % расчетной лесосеки. Одной из причин низкого использования расчетной лесосеки является слаборазвитая транспортная инфраструктура в основных лесозаготовительных регионах страны.

В технологическом цикле лесопромышленного производства сухопутный транспорт является связующим звеном и обеспечивает непрерывность производства и сбыта лесопроductии. Заготовленную в лесу древесину подвозят по первичным путям к местам погрузки на лесовозные автомобильные или железнодорожные поезда и по магистральным лесовозным дорогам доставляют к пунктам первичной переработки – нижним складам. Трудоёмкость лесотранспорта в составе всего цикла производственных операций лесозаготовок доходит до 25...30%, а его доля в себестоимости лесопроductии до 50% [1].

Эффективность работы лесозаготовительного предприятия зависит от рационального размещения путей транспорта леса в эксплуатационном лесном массиве, качества строительства, содержания и ремонта лесовозных дорог, обоснованного выбора подвижного состава, системы управления вывозкой древесины.

Эффективность использования транспортных средств на вывозке древесины может быть обеспечена только при рационально организованном процессе содержания и своевременном ремонте дорог, организации оперативного управления транспортным процессом с использованием современных информационных систем.

Вместе с тем за последние годы в структуре лесозаготовок и лесотранспорта произошли значительные перемены: меняется структура заготавливаемых и вывозимых лесоматериалов; увеличивается использование для вывозки дорог общего пользования; возрастает мощность двигателей и грузоподъёмность лесовозных автомобилей; совершенствуется конструкции лесопогрузочных механизмов. В результате этого про-

блемы рационального комплектования состава лесозаготовок автопоездов и оптимизации их загрузки лесоматериалами стали особенно значительными. Поэтому совершенствования техники и технологии лесовозного погрузочно-транспортного комплекса является актуальной проблемой [2, 3].

Цель работы: провести фотохронометражные наблюдения за работой лесовозных автопоездов для анализа использования рабочего времени.

Решаемые задачи: 1) выбор комплектации лесовозных автопоездов для фотохронометражных наблюдений; 2) проведение фотохронометражных наблюдений за работой автопоездов; 3) обработка полученных результатов в среде Excel.

Математическое моделирование. Для анализа движения лесовозных автопоездов была разработана математическая модель.

Техника эксперимента. Фотохронометражные наблюдения проведены при вывозке лесоматериалов с 171 кв. Красноярского лесного участка, общая протяженность пути 40 км, в том числе по дороге общего пользования с асфальтобетонным покрытием 18 км, по лесовозной дороге 22 км [4, 5].

Интерпретация результатов. Для анализа использования рабочего времени обработаны фотохронометражные наблюдения за работой лесовозных автопоездов КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802 и КамАЗ-53228 в течение 5-ти полных рабочих смен при движении на один и тот же погрузочный пункт. Результаты фотохронометражных наблюдений и их обработки представлены в табл. 1-6.

Таблица 1

**Обработка фотохронометражных наблюдений автопоезда
КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802**

Классификация рабочего времени	Наименование затрат рабочего времени	№ смены			Средние значения
		1	2	3	
		время, мин			
1) Оперативная работа	а) Движение порожним:				
	по дороге общего пользования с асфальтобетонным покрытием	19	20	18	19
	лесовозная дорога	54	65	56	58,3
	б) Погрузка ГМ с подсортировкой	35	51	38	41,3
	в) Движением с грузом				
	лесовозная дорога	61	75	72	69,3
	по дороге общего пользования с асфальтобетонным покрытием	25	21	19	21,7
г) Разгрузка ГМ с подсортировкой	43	41	50	44,7	
Итого по оперативной работе		237	273	253	254,3
2) Подготовительно-заключительное время	а) осмотр, заводка машины, проверка работоспособности	32	16	20	22,7
	б) Заправка машины	6	5	8	6,3
	в) получение путёвки	17	16	19	17,3
	г) установка под погрузку	7	2	4	4,3
	д) установка под разгрузку	3	4	2	3,0
Итого		65	43	53	53,7
3) Перерывы по организационным причинам	а) Ожидание погрузки				
	б) ожидание разгрузки			21	21,0
	в) нет древесины				
4) По техническим причинам	а) сломалась машина				
	б) сломался манипулятор				

Окончание табл. 1

Классификация рабочего времени	Наименование затрат рабочего времени	№ смены			Средние значения
		1	2	3	
		время, мин			
5) На личные надобности		9	21	4	11,3
Итого перерывов		9	21	25	18,3
Всего рабочего времени		311	337	331	326,3

Проанализировав фотохронометражные наблюдения за работой самозагружающегося автопоезда КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802 можно отметить, что продолжительность простоев автопоездов под погрузкой и разгрузкой для различных смен составляет 33-35% от оперативной работы или 25-27% от общей продолжительности работы лесовозного автопоезда. Подготовительно-заключительное время оставляет 13-21% от общей продолжительности работы лесовозного автопоезда. Перерывы составляют 3-8% от общей продолжительности работы лесовозного автопоезда.

Таблица 2

Расчет скоростей движения автопоезда КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802

Расстояние движения	км	Средняя скорость, км/ч		
		1смена	2смена	3смена
По дороге общего пользования в порожнем направлении	18	56,8	54,0	63,53
По дороге общего пользования в грузовом направлении	18	43,2	54,0	56,84
По лесовозной дороге в порожнем направлении	22	24,4	20,3	23,57
По лесовозной дороге в порожнем направлении	22	21,6	17,6	18,33

Анализ табл. 2-3 показывает, что объём перевозимой пачки не оказывает существенного влияния на скоростные показатели по обоим участкам дорог.

Таблица 3

Полезная рейсовая нагрузка, м³

№ смены	1смена	2смена	3смена
Автопоезд КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802	19,84	21,44	21,5

Изменение скорости движения происходило вследствие изменения дорожного покрытия, а именно образованием колеи и заносов, это в свою очередь было связано с погодно-климатическими изменениями.

Проанализировав фотохронометражные наблюдения за работой звена лесовозных автопоездов в составе КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802 и КамАЗ-53228 можно отметить, что продолжительность простоев автопоездов под погрузкой и разгрузкой для различных смен составляет 37-40% от оперативной работы или 30-34% от общей продолжительности работы лесовозного автопоезда.

Подготовительно-заключительное время оставляет 11-13% от общей продолжительности работы лесовозного автопоезда. Перерывы составляют 2-7% от общей продолжительности работы лесовозного автопоезда.

Таблица 4

**Обработка фотохронометражных наблюдений автопоездов
КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802+ КамАЗ-53228**

Классификация рабочего времени	Наименование затрат рабочего времени	№ смены		Средние значения
		1	2	
		Время, мин.		
1) Оперативная ра- бота	а) Движение порожним:			
	по дороге общего пользования с ас- фальтобетонным покрытием	19	18	18,5
	лесохозяйственная дорога	61	64	62,5
	б) Одновременная погрузка ГМ с подсортировкой	50	69	59,5
	в) движение с грузом:			
	лесохозяйственная дорога	73	75	74
	по дороге общего пользования с ас- фальтобетонным покрытием	19	19	19
	г) Одновременная разгрузка ГМ с подсортировкой	52	50	51
Итого по оператив- ной работе		274	295	284,5
2) Подготовительно- заключительное время	а) осмотр, заводка машины, провер- ка работоспособности	15	22	18,5
	б) Заправка машины	11	5	6,5
	в) получение путёвки	11	12	8,5
	г) установка под погрузку	2	3	2,5
	д) установка под разгрузку	2	2	2
Итого		38	44	38
3) Перерывы по ор- ганизационным при- чинам	а) Ожидание погрузки			
	б) ожидание разгрузки		4	4
	в) нет древесины			
4) По техническим причинам	а) сломалась машина			
	б) сломался манипулятор	17		17
5) На личные надоб- ности		7	4	5,5
Итого перерывов		24	8	16
Всего рабочего вре- мени		336	347	341,5

Таблица 5

Расчет скоростей движения для звена автопоездов

Расстояние движения	км	Средняя скорость, км/ч	
		1 смена	2 смена
По дороге общего пользования в порожнем направлении	18	60,00	60,00
По дороге общего пользования в грузовом направлении	18	56,84	54,00
По лесовозной дороге в порожнем направлении	22	21,64	25,38
По лесовозной дороге в порожнем направлении	22	18,08	17,60

Таблица 6

Полезная рейсовая нагрузка, м³

№ смены	1 смена	2 смена
Автопоезд КамАЗ-4310+ТМЗ-802+ЛВ-185	19,84	21,44
Автомобиль КамАЗ-53228	13,8	14,4
Сменная производительность $P_{см}$	33,64	35,84

Из анализа табл. 5 и 6 можно сделать вывод, что объём перевозимой пачки так же как и в случае движения одного самозагружающегося автопоезда не оказывает существенного влияния на скоростные показатели по обоим участкам дорог. Изменение скорости движения происходило вследствие изменения дорожного покрытия.

Выводы.

1. В работе лесовозных автопоездов в ООО «Пайн» имеются недостатки с организацией рабочего времени. Много времени приходится на подготовительно-заключительное время, погрузку и разгрузку лесоматериалами, перерывы по различным причинам.

2. Анализ скоростных режимов движения лесовозных автопоездов показал, что скорость движения по лесовозной дороге значительно ниже скорости движения по дороге общего пользования, это связано с изменениями дорожного покрытия в зависимости от погодных условий.

3. При работе самозагружающегося автопоезда КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802 в среднем на рабочую смену затрачивалось 326 мин., а при работе звена состоящего из КамАЗ-43101+ЛВ-185+ТМЗ-802 и КамАЗ-53228 затрачивалось 341 мин., что больше на 15 мин.

Список литературы

1. Транспорт леса: в 2 т. – Т. 1 Сухопутный транспорт: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / Э. О. Салминен, Г. Ф. Грехов, Н. А. Тюрин и др.; под ред. Э. О. Салминена. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 368 с.
2. Смирнов М. Ю., Бакулина И. Р. Результаты экспериментальных исследований продолжительности погрузки и выгрузки лесоматериалов навесными гидроманипуляторами // Лесной вестник. – 2008. – №4. – С. 43-47.
3. Смирнов М. Ю. Бакулина И. Р. Анализ границ экономической эффективности погрузки, вывозки и выгрузки лесоматериалов звеньями автопоездов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – №1. – С. 39-51.
4. Инженерно-практические исследования на лесотранспорте / М. Ю. Смирнов, В. В. Савельев, А. Д. Кирсанов, В. И. Чернякевич: учебное пособие; под ред. М. Ю. Смирнова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 92 с.
5. Смирнов М. Ю. Организация вывозки лесоматериалов: учеб. Пособие / Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 80 с.

THE STUDY OF FOREST ROAD TRAINS IN "PINE"

Kuklin Nikolay Ivanovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Reviewed by fotohronometražnye forest monitoring felled timber on trucks.

Keywords: *fotohronometražny, Timber road trains, timber.*

УДК 66.097.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

**Медяков Андрей Андреевич, Каменских Александр Дмитриевич,
Онучин Евгений Михайлович**

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KamenskihAD@volgatech.net

Описывается разработанная имитационная математическая модель функционирования технико-технологических систем для теплоснабжения животноводческого комплекса.

Ключевые слова: *имитационная математическая модель, биогенное топливо, животноводческий комплекс.*

Введение. В рамках математического моделирования для оптимизации конструктивно-технологических параметров технико-технологических систем на базе каталитических устройств сжигания биогенных газообразных топлив для теплоснабжения животноводческого комплекса, необходимо исследовать нестационарный процесс передачи тепловой энергии от системы теплоснабжения к помещению животноводческого комплекса [1-9].

Цель работы: разработать имитационную математическую модель функционирования технико-технологических систем для теплоснабжения животноводческого комплекса, которая позволит установить взаимосвязь между конструктивными и технологическими параметрами технико-технологической системы и параметрами, характеризующими эффективность их функционирования в процессе передачи тепловой энергии при теплоснабжении животноводческого комплекса.

Решаемые задачи: установление взаимосвязей между конструктивными и технологическими параметрами технико-технологической системы и параметрами на разработанной математической модели функционирования технико-технологических систем для теплоснабжения животноводческого комплекса.

Техническое моделирование. Для упрощения описания нестационарных процесса передачи тепловой энергии при функционировании каталитических систем предлагается использовать метод элементарных балансов, который заключается в том, что объем помещения животноводческого комплекса разбивается на элементарные геометрические формы, в пределах каждой из которых параметры приближенно принимаются одинаковыми. Величины тепловых потоков, средние за элементарный промежуток време-

ни, являются пропорциональными среднему для этого промежутка температурному градиенту при условии равномерности изменения температур в течение элементарного промежутка времени, а повышение теплосодержания объема пропорциональным повышению его температуры. Это позволяет представить задачу в виде системы уравнений, решение которой представляет собой состояние системы на следующем элементарном промежутке времени.

Таким образом, принимаются следующие допущения:

- помещение животноводческого комплекса заменяется дискретной моделью;
- модель времени является дискретной с шагом в интервал моделирования;
- состояние объекта изменяется равномерно за интервал моделирования.

В результате помещение животноводческого комплекса и процесс передачи тепловой энергии при обогреве представляются в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

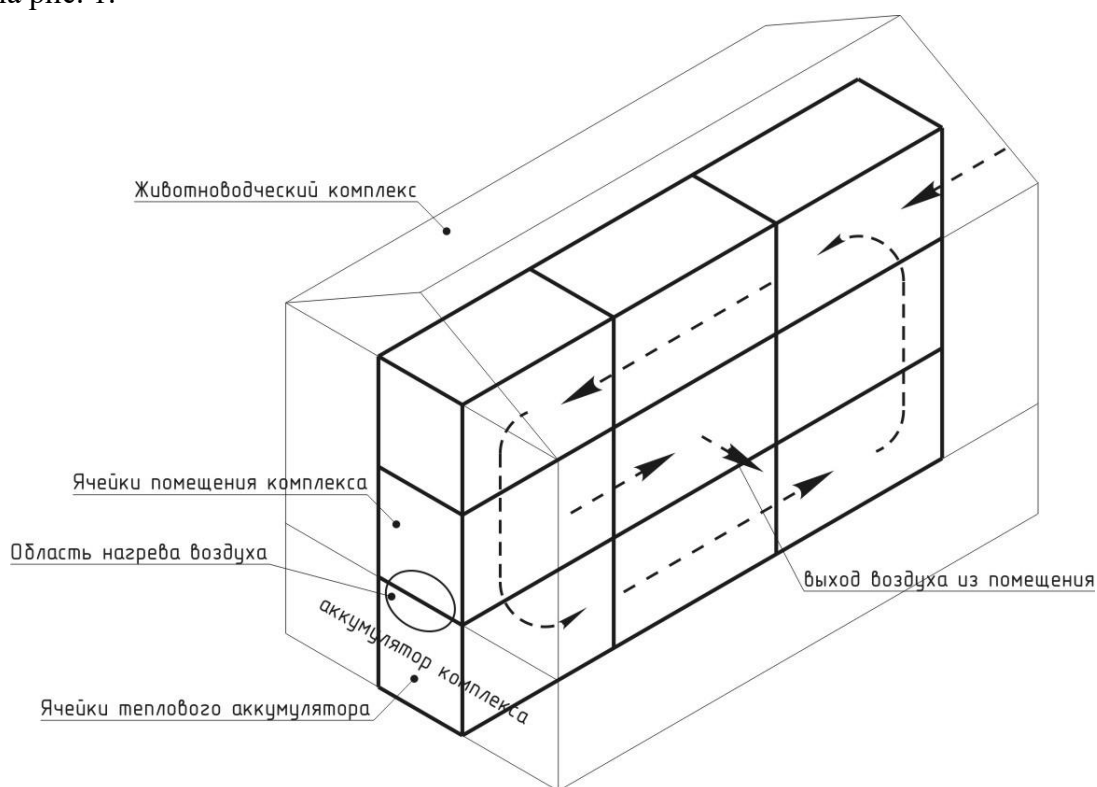


Рис. 1. Общая схема, принятая при моделировании

Для моделирования был выбран метод, представленный на рис. 2. Сначала осуществляется ввод входных величин, которые представляют собой конструктивные и технологические параметры технико-технологической системы теплоснабжения животноводческого комплекса. Шаг моделирования выбирается с учетом требуемой точности моделирования. При расчетах в рамках шага моделирования принимается, что условия являются постоянными, и расчет ведется по формулам для стационарных процессов передачи тепловой энергии. Полученные на текущем шаге результаты необходимо записываются в отдельную таблицу ввиду того, что в результате повторения циклов моделирования текущие значения многократно переписываются. Измененные в течение шага входные параметры подставляются в расчетную часть на следующем шаге моделирования.

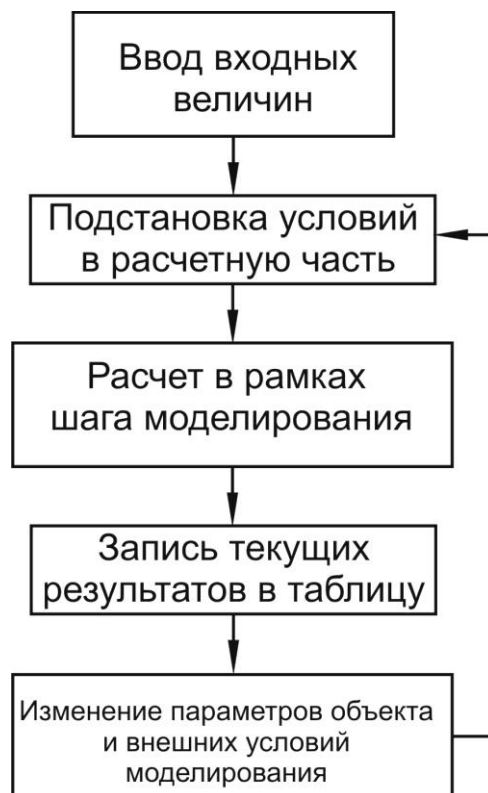


Рис. 2. Общий принцип имитационного моделирования функционирования технико-технологической системы для теплоснабжения животноводческого комплекса

В соответствии с принятыми допущениями имитационная математическая модель функционирования технико-технологической системы для теплоснабжения животноводческого комплекса была реализована на ЭВМ в среде Microsoft Office Excel с использованием возможностей встроенного пакета Visual Basic for Application.

Для описания изменения температуры внутри каталитической системы в расчетной части имитационной модели использовались следующие зависимости.

Общий тепловой баланс для ячеек дискретной модели помещения животноводческого комплекса и аккумулятора, расположенного под комплексом, с учетом принятых допущений будет иметь следующий вид:

$$Q_{\text{яч}} = Q_{\text{теплопр}} + Q_{\text{вх.воз}} + Q_{\text{окр}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{яч}}$ – количество теплоты, поступившей в ячейку; $Q_{\text{тепло пр.}}$ – теплота, поступившая от соседних ячеек с помощью теплопроводности; $Q_{\text{вх.воз}}$ – теплота, поступившая с входящим в ячейку потоком воздуха; $Q_{\text{окр}}$ – теплота, поступившая от окружающей среды.

При этом количество теплоты, поступившей в ячейку ($Q_{\text{яч}}$) за единицу времени может быть выражено через изменение ее энтальпии следующим образом:

$$Q_{\text{яч}} = M_{\text{яч}} \times C_{\text{яч}} \times \Delta t_{\text{яч}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{яч}}$ – масса ячейки, в случае помещения принимается масса воздуха в ячейке, в случае аккумулятора – масса галечной засыпки в ячейке; $C_{\text{яч}}$ – теплопроводность ячейки; $\Delta t_{\text{яч}}$ – изменение температурного состояния ячейки за интервал моделирования ($\Delta t_{\text{яч}} = T^1 - T^0$).

Количество теплоты, поступившей от соседних ячеек в процессе передачи теплоты теплопроводностью, ($Q_{\text{теплопр.}}$) может быть выражено следующим образом:

$$Q_{\text{теплопр.}} = \sum_{n=1}^m (k_n * F_n * \Delta t_n * \tau_{\text{модел.}}) , \quad (3)$$

где m – количество соседних ячеек; k_n – коэффициент теплопередачи n -ой соседней ячейке; F_n – площадь контакта с n -ой соседней ячейкой; Δt_n – температурный перепад между текущей и n -ой соседней ячейкой; $\tau_{\text{модел.}}$ – период моделирования.

Количество теплоты, поступившей с входящим в ячейку потоками нагретого воздуха, ($Q_{\text{вх.воз}}$) для ячеек помещения будет выражаться следующим образом:

$$Q_{\text{вх.воз}} = \tau_{\text{модел.}} \times (G_{\text{воз}} \times C_{\text{воз}}) \times \Delta t_{\text{воз}}, \quad (4)$$

где $G_{\text{воз}}$ – массовый расход потока воздуха; $C_{\text{воз}}$ – теплоемкость входящего воздуха; $\Delta t_{\text{воз}}$ – температурный перепад между воздухом текущей ячейки и ячейки, из которой он приходит.

Количество теплоты для аккумулятора, поступившей с входящим в ячейку потоками нагретого воздуха, ($Q_{\text{вх.воз ак}}$) будет выражаться следующим образом:

$$Q_{\text{вх.воз ак}} = k_{\text{ак}} \times F_{\text{ак}} \times \Delta t_{\text{ак}} \times \tau_{\text{модел.}}, \quad (5)$$

где $k_{\text{ак}}$ – коэффициент теплопередачи от воздуха к аккумулятору; $F_{\text{ак}}$ – площадь контакта воздуха с аккумулятором; $\Delta t_{\text{ак}}$ – температурный перепад между воздухом, проходящим через аккумулятор, и наполнителем аккумулятора.

При этом составляется еще тепловой баланс для определения изменения состояния воздуха при прохождении через аккумулятор:

$$Q_{\text{вх.воз ак}} = Q_{\text{ак}}$$

$$Q_{\text{вх.воз ак}} = G_{\text{воз}} \times C_{\text{воз}} \times \Delta t_{\text{воз}} \times \tau_{\text{модел.}}, \quad (6)$$

где $G_{\text{воз}}$ – расход горячего воздуха через ячейку аккумулятора; $C_{\text{воз}}$ – теплоемкость горячего воздуха; $\Delta t_{\text{воз}}$ – изменение температуры воздуха при прохождении через аккумулятор.

Количество теплоты, переданной в окружающую среду, ($Q_{\text{окр.}}$) можно выражается следующим образом:

$$Q_{\text{окр.}} = k_{\text{окр.}} \times F_{\text{окр.}} \times \Delta t_{\text{окр.}} \times \tau_{\text{модел.}}, \quad (7)$$

где $F_{\text{окр.}}$ – площадь контакта окружающей среды с ячейкой; $k_{\text{окр.}}$ – коэффициент теплопередачи к окружающей среде; $\Delta t_{\text{окр.}}$ – температурный перепад между ячейкой и окружающей средой.

С использованием зависимостей для ячеек модели (1-7) была составлена часть математической модели, основанная на возможностях итеративных вычислений Microsoft Office Excel, в рамках которой описывается изменения температуры внутри каталитической системы, представленная на рис. 3.

Температура средняя за шаг						8,574667	12,78141	8,574667
						30,58605	37,17571	30,58605
						7,41372	11,8654	7,41372
						7,935948	13,4995	7,935948
						32,09821	38,14544	32,09821
воздух	6,223903542	10,867	6,223904	29,73238	37,1219	29,73238		
	6,965511425	11,96179	6,965511	36,98892	41,7498	36,98892		
аккумулятор	32,7825479	39,12958	32,78255					
воздух	42,53864217	45,28919	42,53864					
Притоки теплоты, дж						1146,876	1092,754	1146,876
						-1494,63	-1770,53	-1494,63
						86,61177	-40,646	86,61177
						2214,14	2111,79	2214,14
воздух	100,7552043	-71,9935	100,7552	493,8901	-7677,2	493,8901		
	2581,227373	2492,825	2581,227					
аккумулятор	-308,2147438	-7281,38	-308,215					
воздух								
Потери теплоты, дж						2790,034	2128,387	2790,034
						1785,322	332,8283	1785,322
						2520,048	1879,44	2520,048
						881,5351		881,5351
воздух	2594,686701	2020,54	2594,687	12531,56		12531,56		
	1026,673451	197,8575	1026,673					
аккумулятор	15875,90909	2936,629	15875,91					
воздух								
Притоки воздуха, дж						1643,176	1035,664	1643,176
						3279,975	2103,397	3279,975
						2433,466	1920,15	2433,466
						-1332,49	-2111,4	-1332,49
воздух	2493,977257	2092,645	2493,977	12037,68	7677,17	12037,68		
	-1554,486513	-2294,79	-1554,49					
аккумулятор								
воздух	16184,12786	10218,02	16184,13					

Рис.3. Элемент математической модели, описывающий притоки и потери энергии при теплоснабжении животноводческого комплекса

Элемент математической модели, реализующий изменение температуры внутри животноводческого комплекса в процессе моделирования, представлен на рис. 4.

Температура текущая						8,574667	12,78141	8,574667
						30,58605	37,17571	30,58605
						7,41372	11,8654	7,41372
						7,935947	13,4995	7,935947
						32,09821	38,14544	32,09821
кг/с								
0,068245								
воздух	6,223903359	10,867	6,223903	29,73238	37,1219	29,73238		
	6,965511154	11,96179	6,965511	36,98892	41,7498	36,98892		
аккумулятор	32,78254787	39,12958	32,78255					
воздух	42,53864216	45,28919	42,53864					
Температура следующая						8,574667	12,78141	8,574667
						30,58605	37,17571	30,58605
						7,41372	11,8654	7,41372
						7,935948	13,4995	7,935948
						32,09821	38,14544	32,09821
воздух	6,223903726	10,867	6,223904	29,73238	37,1219	29,73238		
	6,965511695	11,96179	6,965512	36,98892	41,7498	36,98892		
аккумулятор	32,78254794	39,12958	32,78255					
воздух	42,53864219	45,28919	42,53864					

Рис.4. Элемент математической модели, описывающий изменение температуры внутри животноводческого комплекса

Выводы.

Разработанная имитационная математическая модель функционирования технико-технологических систем для теплоснабжения животноводческого комплекса позволяет установить взаимосвязь между конструктивными и технологическими параметрами технико-технологической системы и параметрами, характеризующими эффективность их функционирования в процессе передачи тепловой энергии при теплоснабжении животноводческого комплекса.

Список литературы

1. Лукьянов Б. Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах // Химия в интересах устойчивого развития, 2001. – №9. – С. 667 – 677.
2. Van Giezen J.C., Intven M., Meijer M. D. et al. The development of novel metal-based combustion catalysts // Catal. Today, 1999. - № 47. – p. 191-197
3. Zhi-yong P., Chao-yang D., Shi S.- novel two-stage process for catalytic oxidation of methane to synthesis gas // Ranshao Huaxue Xuebao, 2000. – № 4. – p. 348.
4. Theophilos P., Xenophon V. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas // Catal. Today, 1998. – № 46. – p. 71-81.
5. Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН – РЕВЕРС-ПРОЦЕСС - Каталитическая очистка отходящих газов [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=3&SECTION_ID=1483, свободный (дата обращения 7.05.2013).
6. Ismagilov Z. R., Kerzhentsev M. A. Fluidized bed catalytic combustion / // Catal. Today. – 1999. – № 47. – p. 339-346.
7. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).
8. Повышение эффективности разрабатываемых каталитических систем для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).
9. Медяков А.А., Каменских А.Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 3. – С. 88-94.

SIMULATION OF THE HEAT SUPPLY SYSTEM BREEDING CENTER

***Medyakov Andrey Andreevich, Onuchin Evgeniy Mihailovich,
Kamenskih Aleksandr Dmitrievich***

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The paper presents the developed mathematical simulation model of the technical and technological systems for heating livestock complex.

Keywords: *mathematical simulation model, biogenic fuels, livestock complex*

УДК 66.097.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ СЖИГАНИЯ

*Медяков Андрей Андреевич, Онучин Евгений Михайлович,
Каменских Александр Дмитриевич*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, г. Йошкар-Ола
MedyakovAA@volgatech.net

Описываются подходы математического моделирования производства тепловой энергии в технико-технологических системах на базе каталитических устройств сжигания.

Ключевые слова: тепловой баланс, элементарный промежуток времени, период моделирования, итерационные вычисления.

Введение. Математическое моделирование все глубже проникает не только в технику, но и во все сферы человеческой деятельности. Под математическим моделированием в технике понимают адекватную замену исследуемого технического устройства или процесса соответствующей математической моделью и ее последующее изучение методами вычислительной математики с привлечением средств вычислительной техники [1]. Различные варианты конструктивного исполнения каталитических систем для процессов окисления углеводородов рассматриваются в статьях [2-9], однако в них не описываются особенности моделирования функционирования систем, направленного на выявление зависимостей между параметрами эффективности функционирования систем и их конструктивным исполнением.

Цель работы: разработать математическую модель производства тепловой энергии в технико-технологических системах на базе каталитических устройств сжигания.

Решаемые задачи: 1) выбор подходов для имитационной математического моделирования; 2) реализация математической модели на ЭВМ.

Имитационное моделирование. Существенным факторами, влияющим на эффективность функционирования технико-технологических систем на базе каталитических устройств сжигания биогенных жидких и газообразных топлив для теплоснабжения различных производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов, являются:

- обеспечение оптимальной температуры в каталитической системе для процесса конверсии органосодержащего газа с выделением тепла;
- обеспечение полной конверсии органических составляющих газа для последующего использования для теплоснабжения различных производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов (при непосредственной подаче дымовых газов в обогреваемый объект необходимо обеспечивать полную конверсию углеводородов для обеспечения экологических условий);
- обеспечение минимального перепада давления при прохождении газа через каталитическую систему для обеспечения минимальных затрат на подачу газа;
- обеспечение на выходе каталитической системы требуемого количества нагретого теплоносителя для использования его при теплоснабжении различных производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов.

Для оптимизации конструктивно-технологических параметров технико-технологических систем на базе каталитических устройств сжигания биогенных жидких и газообразных топлив для теплоснабжения различных производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов, необходимо исследовать нестационарный процесс производства тепловой энергии при функционировании каталитической системы.

Для упрощения описания нестационарных процессов производства тепловой энергии при функционировании каталитических систем предлагается использовать метод элементарных балансов, который заключается в том, что объем каталитической системы разбивается на элементарные геометрические формы, в пределах каждой из которых параметры приблизительно принимаются одинаковыми. Величины тепловых потоков, средние за элементарный промежуток времени, являются пропорциональными среднему для этого промежутка температурному градиенту при условии равномерности изменения температур в течение элементарного промежутка времени, а повышение теплосодержания объема пропорциональным повышению его температуры. Это позволяет ограничить тепловое воздействие гранул катализатора элементарным объемом.

Таким образом, допущения будут следующими:

- каталитическая система заменяется дискретной моделью;
- модель времени является дискретной с шагом в интервал моделирования;
- состояние объекта изменяется равномерно за интервал моделирования.

В соответствии с принятыми допущениями имитационная математическая модель производства тепловой энергии в технико-технологических системах на базе каталитических устройств сжигания была реализована на ЭВМ в среде Microsoft Office Excel с использованием возможностей встроенного пакета Visual Basic for Application.

В рамках модели каталитическую систему и протекающие в ней при производстве тепловой энергии процессы представляются в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

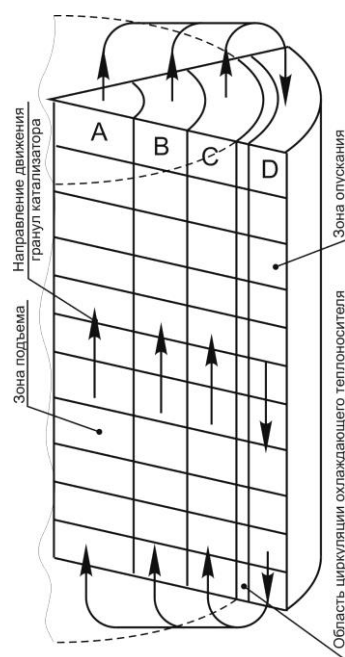


Рис. 1. Общая схема, принятая при моделировании

Для моделирования был выбран метод, представленный на рис. 2. Сначала осуществляется ввод входных величин, которые представляют собой конструктивные и технологические параметры каталитических систем.

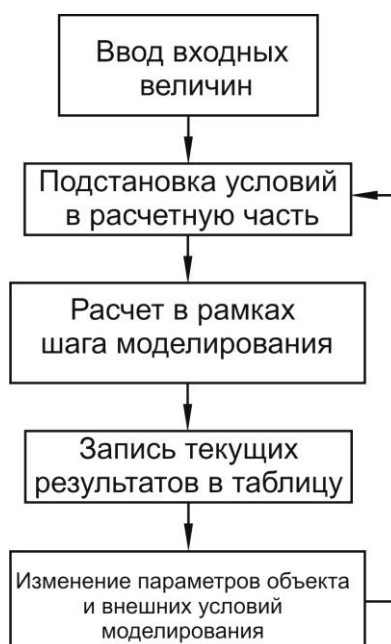


Рис. 2. Общий принцип имитационного моделирования функционирования каталитических систем

Шаг моделирования выбирается с учетом требуемой точности моделирования. При расчетах в рамках шага моделирования принимается, что условия являются постоянными, и расчет ведется по формулам для стационарных процессов производства тепловой энергии. Полученные на текущем шаге результаты необходимо записывать в отдельные таблицы ввиду того, что в результате повторения циклов моделирования текущие значения многократно переписываются. Измененные в течение шага входные параметры подставляются в расчетную часть на следующем шаге моделирования.

Общий тепловой баланс для ячеек дискретной модели каталитической системы с учетом принятых допущений будет иметь следующий вид:

$$Q_{\text{яч}} = Q_{\text{теплопр.}} + Q_{\text{вх.газ}} + Q_{\text{охл.}} + Q_{\text{окр}} + Q_{\text{сгор.}} + Q_{\text{вх.кат.}},$$

где $Q_{\text{яч}}$ – количество теплоты, поступившей в ячейку; $Q_{\text{теплопр.}}$ – теплота, поступившая от соседних ячеек с помощью теплопроводности; $Q_{\text{вх.газ}}$ – теплота, поступившая с входящим в ячейку потоком газа; $Q_{\text{охл.}}$ – теплота, поступившая от охладителя; $Q_{\text{окр}}$ – теплота, поступившая от окружающей среды; $Q_{\text{сгор.}}$ – теплота, выделившаяся в ячейке при сжигании органической составляющей газа; $Q_{\text{вх.кат.}}$ – теплота, поступившая с входящими в ячейку гранулами каталитического наполнителя.

С помощью программы Wolfram Mathematica 8.0 составленные тепловые балансы были решены относительно величины T_1 (конечное состояния ячейки в интервале моделирования). Пример решения теплового баланса для ячеек ряда «А»:

$$\left\{ T_1 \rightarrow \left\{ -(-CH_{kon} + CH_{nach}) G_{gaz} Q_{rv} - \right. \right. \\ \left. \left(C_{pkat} m_{kat} + \left(\frac{1}{2} C_{ch} (CH_{kon} + CH_{nach}) + \frac{1}{2} C_{co} (CO_{kon} + CO_{nach}) + \frac{1}{2} C_{ho} (HO_{kon} + HO_{nach}) + \frac{1}{2} C_o (O_{kon} + O_{nach}) \right) \right. \right. \\ \left. \left. \text{rogaz} \left(-\frac{m_{kat}}{r_{okat}} + A S_{niz} \right) \right) T_0 + \frac{1}{2} (C_{pgaz} G_{gaz} + C_{pkat} G_{kat}) T_0 t_{model} + \right. \\ \frac{\lambda_{Sniz} T_0 t_{model}}{2 A} + \frac{\lambda_{Sprav} T_0 t_{model}}{2 R A} + \frac{\lambda_{Sverh} T_0 t_{model}}{2 A} - \frac{\lambda_{Sniz} T_{0niz} t_{model}}{2 A} - \\ \frac{\lambda_{Sprav} T_{0prav} t_{model}}{2 R A} - \frac{\lambda_{Sverh} T_{0verh} t_{model}}{2 A} - \frac{\lambda_{Sniz} T_{1niz} t_{model}}{2 A} - \\ \left. \frac{1}{2} (C_{pgaz} G_{gaz} + C_{pkat} G_{kat}) (T_{0niz} + T_{1niz}) t_{model} - \frac{\lambda_{Sprav} T_{1prav} t_{model}}{2 R A} - \frac{\lambda_{Sverh} T_{1verh} t_{model}}{2 A} \right\} / / \\ \left\{ -C_{pkat} m_{kat} - \left(\frac{1}{2} C_{ch} (CH_{kon} + CH_{nach}) + \frac{1}{2} C_{co} (CO_{kon} + CO_{nach}) + \frac{1}{2} C_{ho} (HO_{kon} + HO_{nach}) + \frac{1}{2} C_o (O_{kon} + O_{nach}) \right) \right. \\ \left. \text{rogaz} \left(-\frac{m_{kat}}{r_{okat}} + A S_{niz} \right) - \frac{1}{2} (C_{pgaz} G_{gaz} + C_{pkat} G_{kat}) t_{model} - \right. \\ \left. \frac{\lambda_{Sniz} t_{model}}{2 A} - \frac{\lambda_{Sprav} t_{model}}{2 R A} - \frac{\lambda_{Sverh} t_{model}}{2 A} \right\} \} \}$$

С использованием полученных зависимостей для ячеек рядов «А», «В», «С», «D» была составлена часть математической модели, основанная на возможностях итеративных вычислений Microsoft Office Excel, в рамках которой описывается изменения температуры внутри каталитической системы, представленная на рис. 3.

						Т кат на вых.		400			
Начальные значения Т, оС						газ		катал			
10	400	400	400	400	400						
9	400	400	400	400	400						
8	400	400	400	400	400						
7	400	400	400	400	400						
6	400	400	400	400	400						
5	400	400	400	400	400						
4	400	400	400	400	400						
3	400	400	400	400	400						
2	400	400	400	400	400						
1	400	400	400	400	400						
Тсмеси вх		400									

Текущие значения Т, оС						газ		катал		П
10	399,1285	399,1284534	397,5330679	398,6836633	400					
9	399,0163	399,0162664	397,5070814	398,6958294	400					
8	398,8874	398,8873164	397,4756245	398,6958296	400					
7	398,7415	398,7414591	397,4400306	398,6958296	400					
6	398,5649	398,5648059	397,388084	398,6958296	400					
5	398,2958	398,2958109	397,2601291	398,6958296	400					
4	397,9915	397,9914919	397,1153178	398,6958296	400					
3	397,6472	397,6472032	396,9514266	398,6958296	400					
2	397,2577	397,2576871	396,7659374	398,6958294	400					
1	396,817	396,816993	396,5559998	398,6836633	400					
Тсмеси вх		396,3204341								

Рис. 3. Элемент математической модели, описывающий изменение температуры внутри каталитической системы

Выводы. Разработанная имитационная математическая модель функционирования технико-технологических систем на базе каталитических устройств сжигания биогенных жидких и газообразных топлив позволяет установить взаимосвязь между конструктивными и технологическими параметрами на базе каталитических устройств сжигания и параметрами, характеризующими эффективность их функционирования в процессе производства тепловой энергии при теплоснабжении различных производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов.

Список литературы

1. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
2. Van Giezen J.C., Intven M., Meijer M. D. et al. The development of novel metal-based combustion catalysts // Catal. Today. – 1999. - № 47. – p. 191-197

3. Zhi-yong P., Chao-yang D. A novel two-stage process for catalytic oxidation of methane to synthesis gas // *Ranliao Huaxue Xuebao*. – 2000. – № 4. – p. 348.

4. Theophilos P., Xenophon V. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas // *Catal. Today*. – 1998. – № 46. – p. 71-81.

5. Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН – РЕВЕРС-ПРОЦЕСС - Каталитическая очистка отходящих газов [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=3&SECTION_ID=1483, свободный (дата обращения 7.05.2013).

6. Ismagilov Z. R., Kerzhentsev M. A. Fluidized bed catalytic combustion // *Catal. Today*. – 1999. – № 47. – p. 339-346.

7. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).

8. Повышение эффективности разрабатываемых каталитических систем для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).

9. Медяков А.А., Каменских А.Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. № 3. – С. 88-94.

MODELING OF THERMAL ENERGY PRODUCTION IN TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS BASED ON CATALYTIC COMBUSTION DEVICES

*Medyakov Andrey Andreevich, Onuchin Evgeniy Mihailovich,
Kamenskih Aleksandr Dmitrievich*

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The paper describes the approaches of mathematical modeling of thermal energy production in the technical and technological systems based on catalytic combustion systems.

Keywords: *heat balance, elementary time interval, the simulation period, iterative calculations*

УДК 66.097.3

РАЗРАБОТКА ИНФРАКРАСНОГО ОБОГРЕВАТЕЛЯ С НЕСТАЦИОНАРНЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

*Медяков Андрей Андреевич, Онучин Евгений Михайлович,
Каменских Александр Дмитриевич*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
MedyakovAA@volgatech.net

Предлагается конструкция каталитического устройства сжигания с нестационарным наполнителем, реализующая преимущества инфракрасного обогрева.

Ключевые слова: каталитическое сжигание, циркулирующий слой, локальный обогрев, инфракрасное излучение.

Введение. В настоящее время разработаны различные конструкции каталитических устройств сжигания [1-9]. Однако предлагаемые технические решения каталитических систем предполагали использование промежуточного теплоносителя, который представлял собой либо жидкость, обогреваемую за счет рекуперативного обогрева, либо газ, пропускаемый непосредственно через каталитическую систему. Использование промежуточного теплоносителя требует создания систем транспортировки и распределения теплоносителя по обогреваемому помещению или отопительным приборам, что усложняет конструкцию системы обогрева и повышает ее материалоемкость.

Цель работы: разработать конструкцию каталитического устройства сжигания с нестационарным наполнителем, осуществляющего обогрев за счет инфракрасного излучения.

Решаемые задачи: разработка технических решений, реализующих преимущества инфракрасного обогрева на базе нестационарного каталитического устройства сжигания.

Техническое моделирование. Инфракрасные обогреватели позволяют образовывать локальные системы обогрева, при которых происходит обогрева только требуемых рабочих или производственных поверхностей или участков, при котором не происходит значительного обогрева циркулирующего в рамках одного объекта воздуха. Для использования указанного преимуществ инфракрасных обогревателей разработана каталитическая система локального обогрева, представленная на рис. 1, 2.

В процессе функционирования в каталитическую систему поступает сжигаемая смесь. Сжигаемая смесь подводится в нижней части корпуса через входное сопло, которое позволяет повысить скорость движения смеси и интенсифицировать процесс движения наполнителя. Корпус каталитической системы представляет собой конус, который играет роль отражателя для инфракрасного излучения и направляющей поверхности, по которой осуществляется возврат циркулирующего наполнителя к входному соплу. Корпус может быть теплоизолирован для исключения тепловых потерь с тыльной стороны обогревателя. Корпус устанавливается на горизонтальной поверхности за счет подставки для напольного размещения. После подачи сжигаемой смеси в корпус обогревателя поток смеси взаимодействует с каталитическим наполнителем. При осуществлении реакции окисления выделяется теплота, которая нагревает напол-

нитель, и образуются продукты сгорания. Затем продукты сгорания удаляются через верхнюю часть корпуса. При движении сжигаемой смеси и продуктов сгорания также организуется движение каталитического наполнителя, направленное из каталитической системы. Для исключения ситуаций уноса наполнителя из системы верхняя часть корпуса закрывается сетчатой преградой, пропускающей уходящие газы, но не пропускающей каталитический наполнитель. В результате при контакте с сетчатой преградой наполнитель распределяется по периферии конического корпуса, откуда под действие силы тяжести постепенно скатывается к входному соплу. В результате каталитический наполнитель нагревается до состояния, при котором начинает излучать инфракрасное излучение, которое, проходя через сетчатую преграду, поступает в обогреваемое помещение.

Перемещение каталитического наполнителя между зонами *предварительного подогрева*, которая расположена у входного сопла, *интенсивного горения и догорания*, которые расположены в области подъема каталитического наполнителя, и *возврата*, которая находится на периферии конического корпуса, позволяет обеспечить стабильные условия эксплуатации наполнителя, полноту использования реакционной и излучающей поверхностей наполнителя.

В результате в обогреваемое помещение поступает длинноволновое инфракрасное излучение, которое характеризуется неглубоким проникновением в организм человека и практически отсутствующим воздействием на внутренние органы. Длинноволновый спектр инфракрасного излучения обуславливается особенностями процесса каталитического окисления, позволяющего снизить температуру окисления углеводородов ниже $600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Более низкие температуры процесса окисления по сравнению с факельным сжиганием топлива позволяют использовать менее жаростойкие материалы для изготовления корпуса.

При необходимости поддержания в производственном объекте или в некоторой его части стабильных температурных условий следует использовать каталитические системы, позволяющие обеспечить равномерный тепловой поток на значительных площадях, в отличие от локальных систем обогрева, представленных на рис. 1 и 2.

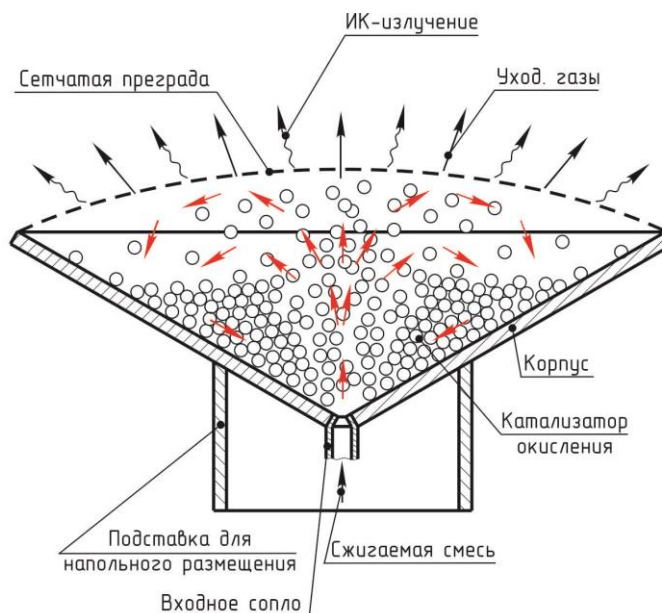


Рис. 1. Локальный инфракрасный обогреватель в напольном исполнении

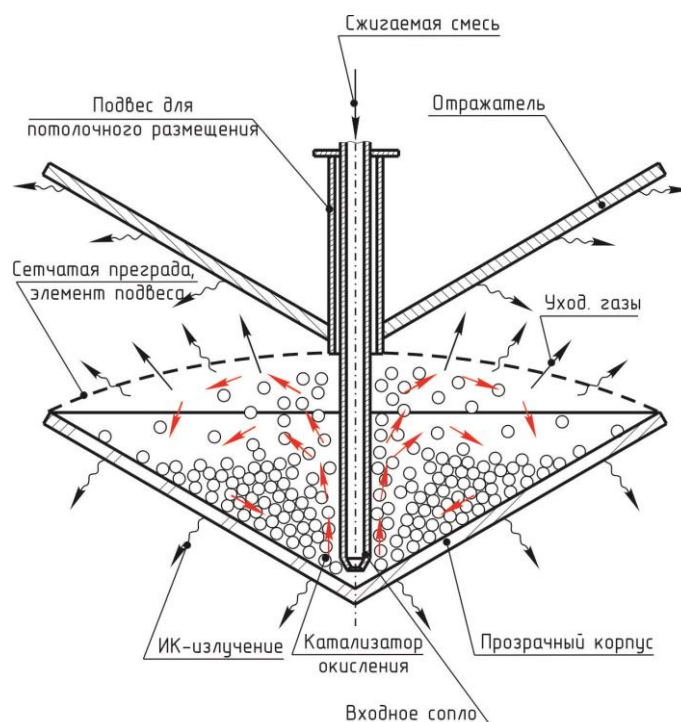


Рис. 2. Локальный инфракрасный обогреватель в потолочном исполнении

При использовании локальных систем обогрева для покрытия значительных площадей производственного объекта необходимо использовать совокупность устройств. В результате неизбежно будет происходить перекрытие обогреваемых площадей для предотвращения ситуаций недогрева, что будет приводить к колебаниям температуры поверхностей на границах локально обогреваемых участков. Для исключения подобных ситуаций был предложен вариант инфракрасного обогревателя с нестационарным каталитическим наполнителем (рис. 3), позволяющий обеспечить равномерный обогрев значительных площадей за счет своей протяженной конструкции.

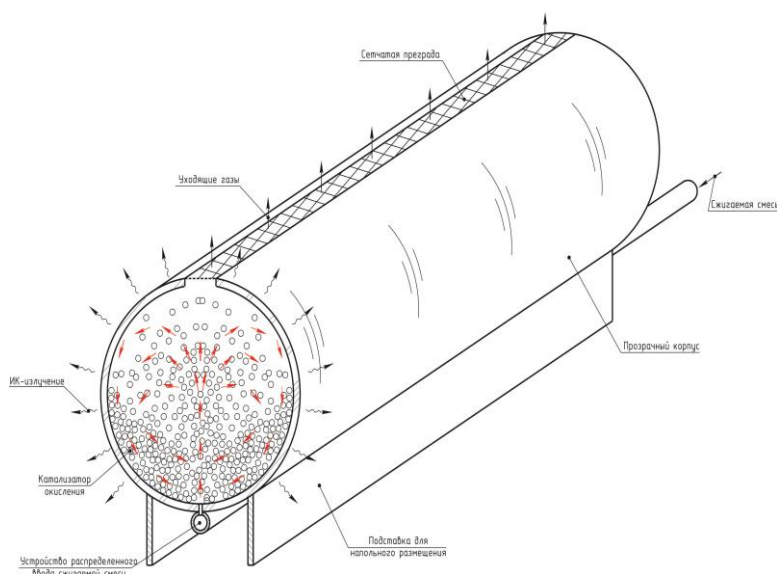


Рис. 3. Конструкция инфракрасного обогревателя

Каталитическая система представляет собой протяженный лучепрозрачный корпус, выполненный в виде трубы. Корпус устанавливается на горизонтальной поверхности за счет подставки для напольного размещения. Сжигаемая смесь подводится в каталитическую систему с помощью устройства распределенного ввода, которое представляет собой трубопровод, прикрепленный к нижней части корпуса и соединенный с корпусом каналами, равномерно распределенными по длине. Через устройство распределенного ввода сжигаемая смесь равномерно распределяется по длине каталитической системы. После подачи сжигаемой смеси в корпус обогревателя поток смеси взаимодействует с каталитическим наполнителем, организуется циркулирующее движение наполнителя в системе и в результате осуществления реакции окисления выделяется теплота и уходящие после процесса горения газы. Нагретый в процессе реакции каталитический наполнитель начинает испускать инфракрасное излучение, которое, проходя через лучепрозрачный корпус системы, распространяется в обогреваемое помещение. Продукты сгорания удаляются через сетчатую преграду, установленную в верхней части каталитической системы, которая предотвращает унос наполнителя вместе с уходящими газами.

При циркуляции каталитический наполнитель проходит следующие зоны: *предварительного подогрева*, которая расположена в нижней части корпуса у устройства распределенного ввода; *интенсивного горения и догорания*, которые расположены в области подъема каталитического наполнителя, и *возврата к устройству ввода*, которая находится на боковых участках каталитической системы.

Выводы.

1. Совместное использование потолочных и напольных локальных инфракрасных обогревателей на базе каталитических устройств сжигания позволяет организовать высококачественное теплоснабжение производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов, учитывающее особенности конкретного объекта и производственного цикла в тепловой энергии, и основанное на выделении в объекте локальных участков с индивидуальными потребностями в теплоснабжении.

2. Каталитическая система в виде протяженного инфракрасного обогревателя позволяет создать равномерный тепловой поток по всей своей длине, что позволяет использовать ее в объектах с повышенными требованиями к равномерности температурных условий.

Список литературы

1. Лукьянов Б.Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах // Химия в интересах устойчивого развития, 2001. – №9. – С. 667-677.
2. Van Giezen J.C., Intven M., Meijer M. D. et al. The development of novel metal-based combustion catalysts // Catal. Today. – 1999. – № 47. – p. 191-197.
3. Zhi-yong P., Chao-yang D. A novel two-stage process for catalytic oxidation of methane to synthesis gas // Ranliao Huaxue Xuebao, 2000. – № 4. – p. 348.
4. Theophilos P., Xenophon V. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas // Catal. Today, 1998. – № 46. – p. 71-81.
5. Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН – РЕВЕРС-ПРОЦЕСС - Каталитическая очистка отходящих газов [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=3&SECTION_ID=1483, свободный (дата обращения 7.05.2013).

6. Ismagilov Z. R., Kerzhentsev M. A. Fluidized bed catalytic combustion // Catal. Today. – 1999. – № 47. – p. 339-346.

7. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).

8. Повышение эффективности разрабатываемых каталитических систем для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).

9. Медяков А.А., Каменских А.Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 3. – С. 88-94.

DEVELOPMENT OF INFRARED HEATER WITH NONSTATIONARY CATALYTIC FILLER

Andrey Andreevich Medyakov, Evgeniy Mihailovich Onuchin, Aleksandr Dmitrievich Kamenskih

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The paper proposes the design of catalytic burning device with a non-stationary filler implementing the benefits of infrared heating.

Keywords: *catalytic incineration, circulating layer, local heating, infrared radiation.*

УДК 66.097.3

РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ СЖИГАНИЯ

**Медяков Андрей Андреевич, Онучин Евгений Михайлович,
Каменских Александр Дмитриевич**

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, г. Йошкар-Ола
MedyakovAA@volgatech.net

Описываются результаты математического моделирования производства тепловой энергии в технико-технологических системах на базе каталитических устройств сжигания.

Ключевые слова: статистическая обработка, регрессионная модель, входные факторы, выходные факторы.

Введение. На основании обзора статей [1-9] авторами были предложены варианты конструктивного исполнения каталитических систем с нестационарным наполнителем, разработана математическая модель функционирования, устанавливающая взаимосвязь между параметрами эффективности и конструктивным исполнением систем, проведен вычислительный эксперимент.

Задачей вычислительного эксперимента на математической модели производства тепловой энергии в технико-технологических системах на базе каталитических устройств сжигания является получение в виде регрессионных уравнений эмпирических зависимостей параметров, характеризующих эффективность функционирования, от трех групп факторов, являющихся входными регулирующими факторами активного вычислительного эксперимента.

Цель работы: анализ результатов математического моделирования производства тепловой энергии в технико-технологических системах на базе каталитических устройств сжигания.

Решаемые задачи: статическая обработка результатов вычислительного эксперимента, получение регрессионных уравнений.

Анализ результатов. В табл. 1 приведен полный план и результаты многофакторного вычислительного эксперимента по определению зависимостей между входными величинами и средней температурой внутри каталитической системы (Y^1), средним содержанием метана на выходе каталитической системы (Y^2), средним перепадом давления на каталитической системе (Y^3), средним расходом охлаждающего теплоносителя (Y^4).

Статистическая обработка результатов вычислительного эксперимента показала, что зависимость средней температура внутри каталитической системы (Y^1) от входных факторов «длина каталитической системы» (X_1) и «массовый расхода органосодержащего газа» (X_2) может быть описана двухфакторной нелинейной регрессионной моделью в натуральном виде (рис.1):

$$cpT = 397.8 + \frac{0.9208 + G(480.8166 + 50887.9G)}{-0.0145 + G(42.16 + 4981.86)} + \frac{5.8121}{(0.959 + 224.46G)^{0.221} (0.555 + 0.888L)^2},$$

где $срТ$ – средняя температура внутри каталитической системы, L – длина каталитической системы, G – массовый расход органосодержащего газа.

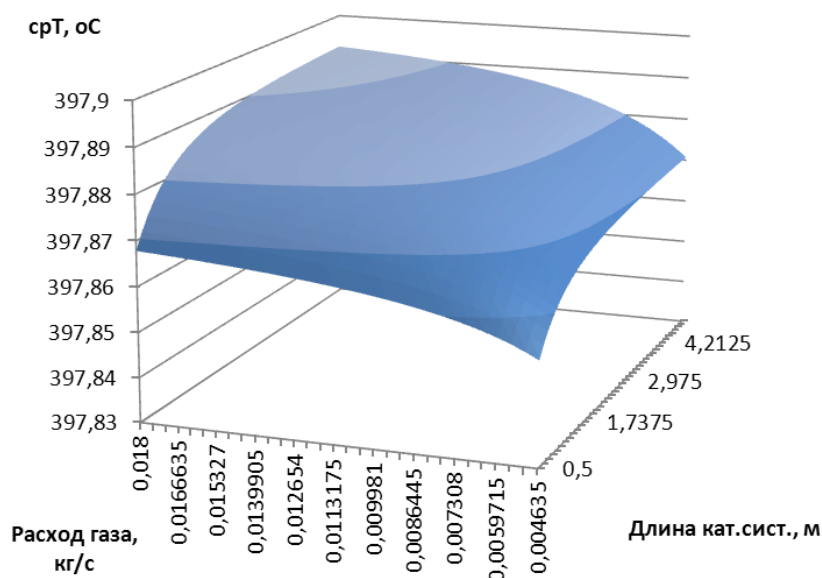


Рис. 1. График зависимости, построенный по регрессионному уравнению

Зависимость среднего содержания метана на выходе каталитической системы (Y^2) от входных факторов «длина каталитической системы» (X_1) и «массовый расход органосодержащего газа» (X_2) может быть описана двухфакторной нелинейной регрессионной моделью в натуральном виде (рис. 2):

$$срСН_4 = -0.0195 - 0.3412G - 0.039L + (0.01155 + 0.0185L)\text{Log}[0.99 + 224.467G],$$

где $срСН_4$ – среднее содержание метана на выходе каталитической системы, L – длина каталитической системы, G – массовый расход органосодержащего газа.

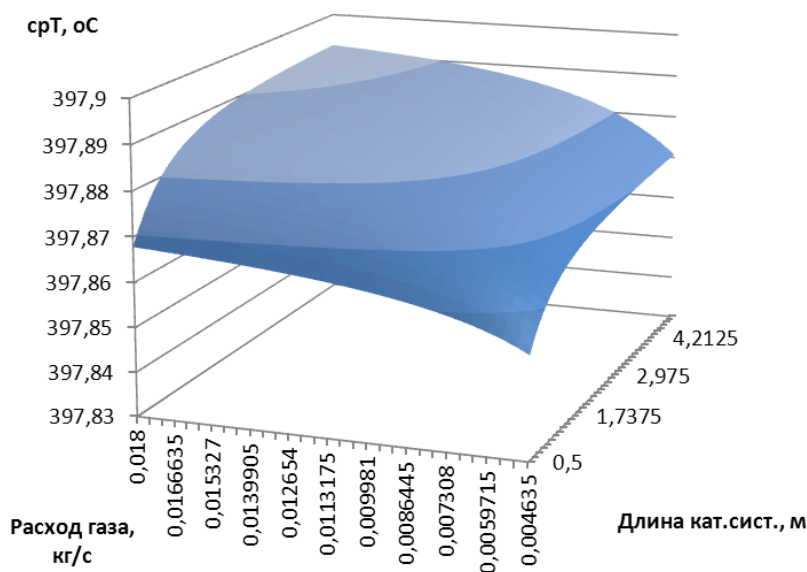


Рис. 2. График зависимости, построенный по регрессионному уравнению

Таблица 1

Полный план и результаты многофакторного вычислительного эксперимента

№ опыта	Входные факторы (значение/уровень)		Отклик, Y^1	Отклик, Y^2	Отклик, Y^3	Отклик, Y^4
	X_1	X_2				
1	0,5/1	0,00018/1	-	0	0,067464	-
2	0,5/1	0,004635/2	397,8509	0,030249	38,44883	0,000824
3	0,5/1	0,00909/3	397,8626	0,039929	147,3904	0,000824
4	0,5/1	0,013545/4	397,8659	0,043241	326,8922	0,000824
5	0,5/1	0,018/5	397,8675	0,044914	576,9544	0,000824
6	1,625/2	0,00018/1	-	0	0,219259	-
7	1,625/2	0,004635/2	397,8699	0	125,0214	0,00268
8	1,625/2	0,00909/3	397,8803	0,017269	479,1542	0,00268
9	1,625/2	0,013545/4	397,8824	0,028034	1062,601	0,00268
10	1,625/2	0,018/5	397,8835	0,033471	1875,369	0,00268
11	2,75/3	0,00018/1	-	0	0,371087	-
12	2,75/3	0,004635/2	397,8704	0	211,6116	0,004535
13	2,75/3	0,00909/3	397,8852	0	811,0949	0,004535
14	2,75/3	0,013545/4	397,8871	0,012827	1798,588	0,004535
15	2,75/3	0,018/5	397,8876	0,022027	3174,153	0,004535
16	3,875/4	0,00018/1	-	0	0,522871	-
18	3,875/4	0,00909/3	397,8856	0	1143,071	0,00639
19	3,875/4	0,013545/4	397,8899	0	2534,84	0,00639
20	3,875/4	0,018/5	397,8902	0,010584	4473,307	0,00639
21	5/5	0,00018/1	-	-	0,674708	-
22	5/5	0,004635/2	397,8667	0	384,7895	0,008245
23	5/5	0,00909/3	397,8853	0	1475,05	0,008246
24	5/5	0,013545/4	397,8902	0	3271,151	0,008246
25	5/5	0,018/5	397,8922	0	5772,819	0,008246

Зависимость среднего перепада давления на каталитической системе (Y^3) от входных факторов «длина каталитической системы» (X_1) и «массовый расход органосодержащего газа» (X_2) может быть описана двухфакторной нелинейной регрессионной моделью в натуральном виде (рис. 3):

$$cpP = -4.3884 - 7.0655L + G(2429.8 + 4033.9L + G(-101627.3 + 3396781.1L)),$$

где cpP – средний перепад давления на каталитической системе, L – длина каталитической системы, G – массовый расход органосодержащего газа.

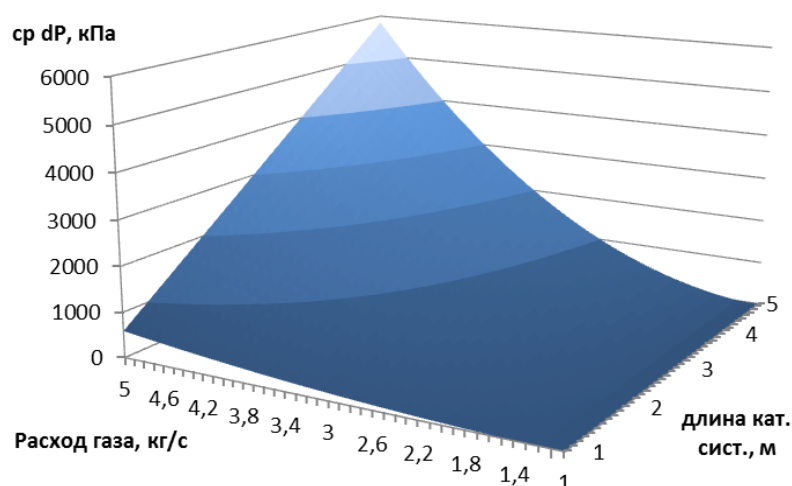


Рис. 3. График зависимости, построенный по регрессионному уравнению

Зависимость среднего расхода охлаждающего теплоносителя (Y^4) от входных факторов «длина каталитической системы» (X_1) и «массовый расход органосодержащего газа» (X_2) может быть описана однофакторной линейной регрессионной моделью в натуральном виде (рис. 4):

$$\text{ср}G = -1.78 \times 10^{-7} + 0.00165L,$$

где $\text{ср}G$ – среднее содержание метана на выходе каталитической системы, L – длина каталитической системы, G – массовый расход органосодержащего газа.

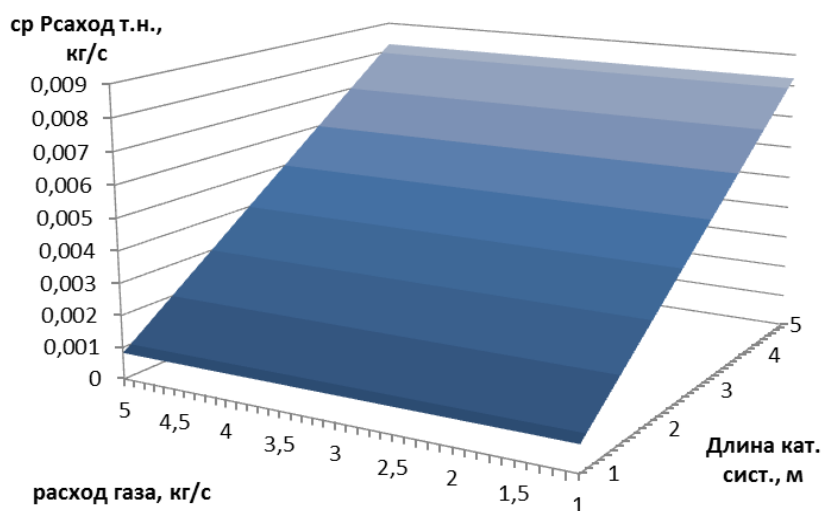


Рис. 4. График зависимости, построенный по регрессионному уравнению

Выводы. Полученные уравнения регрессии устанавливают количественную связь между конструктивно-технологическими параметрами (длина каталитической системы, массовый расход органосодержащего газа) и параметрами эффективности функционирования каталитической системы: средний расход охлаждающего теплоносителя, среднее содержание метана на выходе каталитической системы, перепад давления на каталитической системе, средний расход охлаждающего теплоносителя.

Список литературы

1. Лукьянов, Б.Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах // *Химия в интересах устойчивого развития*, 2001. – №9. – С. 667 – 677
2. Van Giezen J.C., Intven M., Meijer M. D. et al. The development of novel metal-based combustion catalysts // *Catal. Today*, 1999. – № 47. – p. 191-197
3. Zhi-yong P., Chao-yang D. A novel two-stage process for catalytic oxidation of methane to synthesis gas // *Ranliao Huaxue Xuebao*, 2000. – № 4. – p. 348.
4. Theophilos P., Xenophon V. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas // *Catal. Today*, 1998. – № 46. – p. 71-81.
5. Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН – РЕВЕРС-ПРОЦЕСС - Каталитическая очистка отходящих газов [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=3&SECTION_ID=1483, свободный (дата обращения 7.05.2013).
6. Ismagilov Z.R., Kerzhentsev M.A. Fluidized bed catalytic combustion / // *Catal. Today*. – 1999. - № 47. – p. 339-346.
7. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).
8. Повышение эффективности разрабатываемых каталитических систем для утилизации биогаза. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, свободный (дата обращения 7.05.2013).
9. Медяков А.А., Каменских А.Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование*, 2011. – № 3. – С. 88-94.

**RESULTS OF MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL ENERGY
PRODUCTION IN TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS BASED CATALYTIC COM-
BUSTION DEVICES**

***Medyakov Andrey Andreevich, Onuchin Evgeniy Mihailovich,
Kamenskih Aleksandr Dmitrievich***

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

This paper describes the results of mathematical modeling of thermal power production in technical and technological systems based on catalytic combustion systems.

Keywords: statistical analysis, regression model, input factors, output factors.

УДК 630.383

ПОДГОТОВКА ОПЕРАТОРОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА БАЗЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА

Онучин Евгений Михайлович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
OnuchinEM@volgatech.net

Созданные специализированные учебные полигоны позволяют усовершенствовать подготовку рабочих кадров для лесной отрасли.

Ключевые слова: операторы лесозаготовительных машин, рабочие кадры, полигон, стенд.

Введение. Важнейшей составляющей технического и технологического перевооружения отраслей экономики, так или иначе связанных с лесом, являются рабочие кадры. При этом предприятиям отрасли необходимы не просто хорошо подготовленные и квалифицированные рабочие, а собственно «экономически доступные» кадры. Такие кадры могут появиться только в условиях структурированного и конкурентного рынка труда, а для его формирования нужна достаточно массовая профессиональная подготовка рабочих, которой к сожалению в настоящее время в отрасли по большому счёту нет. Для предприятий-работодателей это влечёт такие негативные последствия как диктат работника, которого невозможно уволить, так как нечем заменить, и как следствие снижение производительности и эффективности работы машин [1].

Цель работы: подготовка на базе ресурсного центра структуры кадрового обеспечения инноваций в лесном комплексе, в частности в лесном образовании, конкурентоспособных высококвалифицированных рабочих кадров.

Решаемые задачи: 1) Активизация процессов внедрения инновационных методов обучения; 2) Внедрение многоуровневой системы профессиональной ориентации и подготовки, сущность которой заключается в том, что обучающийся не выбирает один раз и навсегда свою специальность при поступлении в образовательное учреждение, а в процессе обучения корректирует выбор в соответствии со своими индивидуальными психофизическими особенностями; 3) Подготовка операторов лесозаготовительных машин на автоматизированных учебных стендах, воспроизводящих в виде упражнения одну из операций технологического процесса лесной машины.

Анализ процессов подготовки операторов лесозаготовительных машин. Заинтересованность в образовательном процессе подготовки операторов современных лесозаготовительных машин вызвана следующими причинами: кадровый голод в образовательных учреждениях СПО и морально устаревшая материально-техническая база для формирования у обучающихся практических навыков; ускорение темпов обновления технологического обеспечения на предприятиях лесного комплекса, необходимость своевременной актуализации учебных курсов; отсутствие доступа у значительной части студентов специальностей СПО к новейшим образовательным ресурсам; базовые сдвиги в ожиданиях профессиональных компетенций и прикладных квалификаций рабочих со стороны работодателей лесного комплекса; необходимость ускорен-

ного внедрения инновационной техники и технологий на базе опережающей подготовки рабочих кадров.

Таким образом, необходимость инновационного пути обусловлена с одной стороны кризисными явлениями в системе среднего профессионального образования, на фоне резко возросших ожиданий со стороны работодателей к качеству подготовки рабочих, обусловленных внедрением современной техники и технологий в лесном комплексе, а с другой стороны – возможностью создания структурированного и упорядоченного рынка труда квалифицированных рабочих как основы совершенствования развития отрасли. Решение этой задачи в той или иной степени затронуло практически все коллективы университетского комплекса, и положительный результат во многом был достигнут на базе имевшихся заделов [2].

Для соответствия ожиданиям работодателей необходимы новые подходы к подготовке рабочих кадров. Скачок ожиданий со стороны работодателей проиллюстрирован на примере лесозаготовительного производства, в котором в первой половине XX века преобладал ручной труд, а во второй – неавтоматизированные машины первого поколения (рис. 1).

На этих этапах получаемые в процессе образования квалификации рабочих практически не влияли на производительность труда в силу наличия других ограничивающих факторов. Кроме того в это время преобладала бригадная организация труда и новичок, оказавшийся в тесном коллективе бригады, мог достаточно быстро перенять нехитрые трудовые навыки от своих старших товарищей.



Рис. 1. Неавтоматизированные машины первого поколения

В XXI веке в лес пришли дорогостоящие, автоматизированные и высокопроизводительные машины, технические возможности которых могут быть полностью раскрыты только качественно подготовленными операторами. При этом серьёзно изменилось содержание понятия трудовой бригады. Теперь подавляющую часть своего рабочего времени оператор лесозаготовительной машины проводит в гордом одиночестве. Если новичок на машине первого поколения выдавал производительность лишь на 20...30% меньше, чем у квалифицированного оператора и в течение нескольких месяцев работы выходил на максимальный по техническим возможностям машины уровень, то новичок на машине второго поколения выдаёт производительность

примерно в 10 раз меньшую, чем у профессионала и самостоятельно, без специального обучения, выходит на профессиональный уровень только в течение 3...5 лет [3].

Концепция организации подготовки квалифицированных операторов. Для соответствия актуальным ожиданиям работодателей в ресурсном центре внедряется многоуровневая система профессиональной ориентации и подготовки, сущность которой заключается в том, что обучающийся не выбирает один раз и навсегда свою специальность при поступлении в образовательное учреждение, а в процессе обучения корректирует выбор в соответствии со своими индивидуальными психофизическими особенностями. Эти корректировки вносятся по результатам квалификационных испытаний и психофизиологических тестов. Естественно, что результаты испытаний носят обязательный характер, а результаты тестов – рекомендательный. Решение о выборе возможной траектории принимает только сам студент. Организационно данная система реализуется в учреждениях сети, в которых студенты получают базовые и специальные знания и умения, после чего группы студентов, выдержавших соответствующие квалификационные испытания, получают узкоспециальные знания и умения на специализированных учебных полигонах и становятся высококвалифицированными рабочими.

Современная техника требует от операторов навыков специальной мышечной моторики и навыка «интуитивного» планирования технологических действий в текущей производственной ситуации. При этом навык планирования является определяющим и его тренировка у курсанта возможна только путём многократных повторений действий в различной обстановке [4]. Материально-техническая база формирования базовых и специальных квалификаций базируется на универсальном учебном оборудовании учреждений сети, и на мобильных учебных стендах, при необходимости развёртываемых в тех или иных учреждениях, то завершающий этап обучения должен осуществляться на специализированных учебных полигонах. Эти полигоны должны быть оснащены автоматизированными учебными стендами, для отработки определённых практических навыков. Пример такого стенда для выполнения упражнения «Сортировка лесоматериалов» представлен на рис. 2.

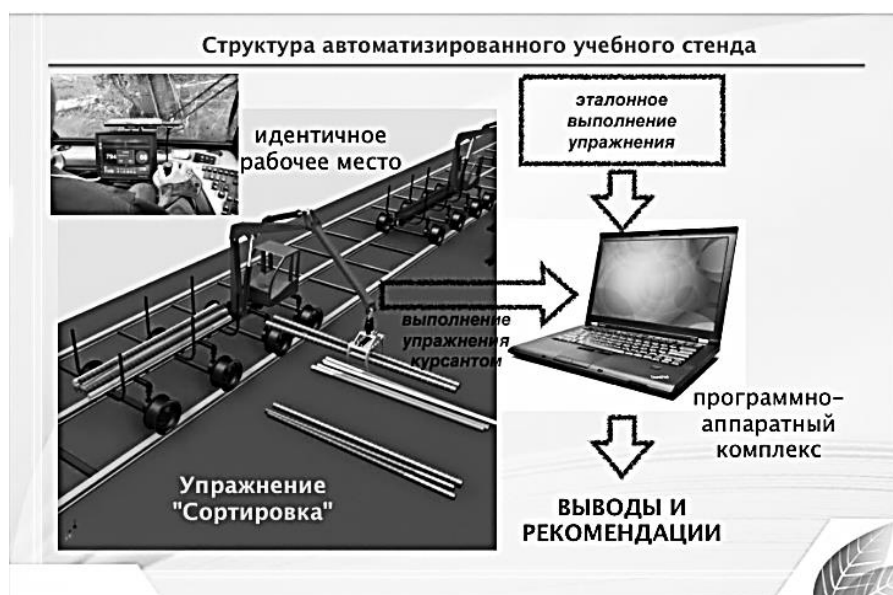


Рис. 2. Стенд для выполнения упражнения «Сортировка лесоматериалов»

Стенд имеет рабочее место оператора, воспроизводящее в своих базовых чертах рабочее место на реальной технологической машине, и необходимое для выполнения данного упражнения технологическое оборудование. Органы управления технологическим оборудованием у учебного стенда связаны с соответствующими приводами не напрямую как в машине, а через программно-аппаратный комплекс, который через систему датчиков контролирует безопасность воздействий курсанта на органы управления технологическим оборудованием перед их выполнением. Непосредственно в процессе обучения программно-аппаратный комплекс сравнивает процесс выполнения упражнения курсантом с эталонным процессом в случае наличия отклонений выдаёт необходимые рекомендации. Такая организация учебного процесса позволяет значительно снизить требования к количеству и качеству учебно-вспомогательного персонала, а также во многом снизить затраты на создание учебной базы.

На рис. 3 представлен проект учебного полигона, общей стоимостью примерно 30 млн. руб., который позволяет вести подготовку 500 курсантов в год. Для сравнения на реальном комплексе такой же стоимости можно подготовить не более 30 курсантов в год соответствующей квалификации.

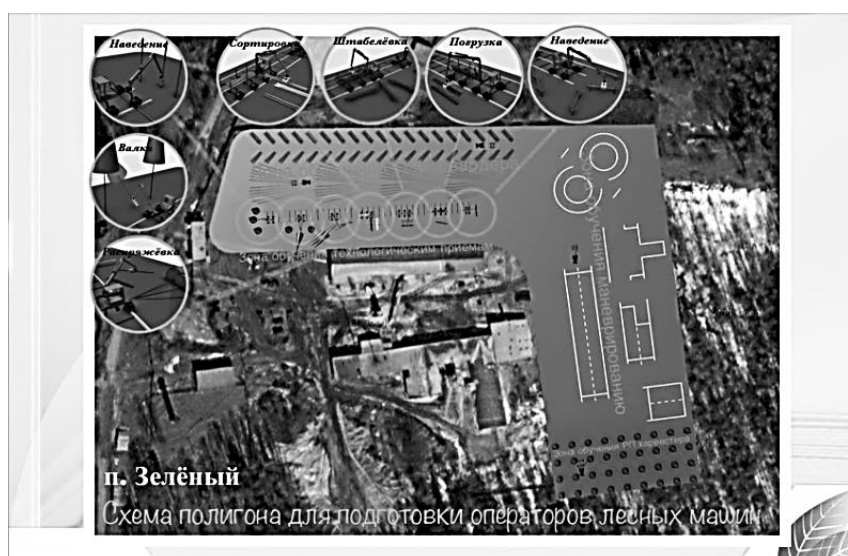


Рис. 3. Схема полигона для подготовки операторов лесных машин.

Автоматизированные стенды имеют следующие преимущества: достаточно полное воспроизведение ощущений курсантом (так как это полноразмерные физические объекты); более низкие требования к квалификации и количеству тренеров-инструкторов (это достигается за счёт использования интеллектуального программного обеспечения, в функции которого входит контроль действий курсанта и недопущение потенциально опасных команд); более низкая стоимость (по сравнению с самой технологической машиной).

В процессе реализации данного проекта был выявлен ряд проблем, решение которых невозможно поддержкой в той или иной форме со стороны таких заинтересованных лиц, как государство и работодатели.

Проблема 1: Необходимость значительных капитальных вложений на формирование современной материально-технической базы элитной и опережающей подготовки рабочих кадров.

Проблема 2: Недостаточный уровень научных исследований в области психофизиологического тестирования обучающихся и тренажёрной подготовки операторов машин и оборудования лесного комплекса.

Эти проблемы во многом обусловлены тем, что внутри отрасли нет достаточных ресурсов для создания системы качественной подготовки рабочих кадров и необходимо государственное участие, при этом большинство предприятий отрасли готово к частно-государственному партнёрству [5].

Концепция учебных стендов нашла поддержку у ведущих производителей лесной техники, совместно с ними в настоящее время в ресурсном центре ведётся опытная эксплуатация двух экспериментальных образцов таких учебных стендов. Полученные предварительные результаты позволяют утверждать, что специализированные учебные полигоны это будущее подготовки рабочих кадров для лесной отрасли.

Выводы.

1. Автоматизированные стенды имеют ряд преимуществ, соответственно для подготовки операторов необходимы специализированные полигоны с комплектом учебных стендов.

2. Дальнейшее развитие данного направления является приоритетным в программе развития всего университетского комплекса, при этом перечисленные мероприятия на ближайшие годы имеют ресурсное обеспечение.

3. Ресурсный центр Поволжского государственного технологического университета в рамках реализации государственного контракта № 12.P20.11.0001 от 24.08.2011 г. с Министерством образования и науки Российской Федерации по Федеральной целевой программе развития образования на 2011–2015 годы активно внедряет инновационные подходы к подготовке высококвалифицированных и элитных рабочих кадров и специалистов со средним профессиональным образованием для лесного комплекса.

Список литературы

1. Коптев С.В., Терещенко С.В., Данилова М.В. Модель улучшения образовательной системы в лесном секторе на региональном уровне // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2008. – №1. – С. 43-50.
2. Романов Е. М., Онучин Е.М. Подходы к разработке и исследованию инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 3. – С. 3-9.
3. Селиверстов А. А., Сюнев В.С., Герасимов Ю.Ю., Соколов А.П. Повышение эффективности использования Харвестеров // Системы. Методы. Технологии, 2010. – № 8. – С.133-139.
4. Пучков В.В. Пути преодоления кризиса в лесопромышленном комплексе // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов, 2010. – № 2. – С. 34-39.
5. Макаре С.В. Инновационные аспекты эффективной реализации лесного потенциала России // Биржа интеллектуальной собственности, 2011. – № 3. – С. 25-34.

FOREST MACHINE OPERATOR TRAINING BASED ON A SPECIALIZED TRAINING GROUND

Onuchin Evgenii Mihailovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

By specialized training areas can improve the training of personnel for the timber industry.

Keywords: forest machine operators, personnel, training ground, stand

УДК 519.876.5

СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗИМОВНИКА ПАСЕЧНОГО ХОЗЯЙСТВА НА БАЗЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА СЖИГАНИЯ БИОГЕННЫХ ТОПЛИВ

Онучин Евгений Михайлович¹, Остащенко Алексей Петрович²

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола

²ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет»,
Россия, Йошкар-Ола
OnuchinEM@volgatech.net

Предложена общая идеализированная модель количественной оценки эффективности технико-технологической системы на базе каталитического устройства сжигания биогенных топлив.

Ключевые слова: каталитические устройства сжигания, биогенное топливо, оценка эффективности

Введение. Теплоснабжение объектов сельского хозяйства имеет специфику, связанную с особенностями функционирования и размещения хозяйств [1]. Последнее предусматривает применение автономного технологического оборудования ввиду отсутствия или значительного износа сетей централизованного энергоснабжения [2]. Стоит также заметить, что обеспечение нормируемых показателей микроклимата внутри помещений для размещения животных предполагает наличие системы контроля микроклимата. В связи с этим необходимо рассматривать систему теплоснабжения как часть сложного комплекса технических систем, применяемых для регулирования нормируемых показателей микроклимата животноводческих помещений.

При проектировании системы теплоснабжения объектов для содержания пчел (зимовников) следует учитывать перспективы применения в качестве топлива для обеспечения функционирования теплогенерирующего оборудования местных возобновляемых источников энергии [3]. В контексте рассмотрения пасечных хозяйств таким источником может служить биогенное топливо, получаемое за счет переработки сельскохозяйственных культур [4] - медоносов, размещение которых и определяет местоположение пасечных хозяйств [5]. Для получения тепловой энергии перспективно использовать устройства для каталитического окисления топлив, что позволит повысить эффективность системы теплоснабжения за счет полного сжигания биогенного топлива [6].

Цель работы: определение эффективности функционирования системы теплоснабжения на базе каталитических устройств окисления биогенных топлив.

Решаемые задачи: 1) математическое моделирование суточного потребления тепловой энергии зимовником пасечного хозяйства в течение рабочего периода функционирования; 2) анализ критериев эффективности системы теплоснабжения на базе каталитических устройств сжигания биогенных топлив.

Математическое моделирование. Для построения математической модели суточного потребления тепловой энергии зимовником пасечного хозяйства нужно определить величины, воздействующие на объект исследования, и величины, характери-

зующие его состояние или результат функционирования. Первые называют входными величинами, или факторами, а вторые – выходными или откликом. Входными факторами являются: связанные с содержанием биологических организмов (медоносных пчел) – мощность неуправляемого источника теплоты P_v , источник влажности с влагосодержанием w_v и газовыделением G_v , относящиеся к внешним факторам – температура, влажность и концентрация углекислого газа в наружном воздухе, относящиеся к конструктивным параметрам – объем помещения, материал теплоизоляции, характеризующийся коэффициентом тепловых потерь через стены, пол и потолок помещения. Выходными факторами (откликами) являются потребляемая тепловая мощность, воздухоподача приточных и вытяжных вентиляторов.

Принципы моделирования. Вначале осуществляется ввод входных величин, которые представляют собой параметры объекта моделирования (размеры помещения и т.д.) и внешние параметры моделирования (совокупность внешних условий, присущих району на разных этапах моделирования – температура, влажность, концентрация углекислого газа в наружном воздухе). Внешний вид окна ввода конструктивных параметров объекта теплоснабжения представлен на рис. 1.

	A	B
1		
2	Параметры помещения для размещения ульев	
3	высота, м	3,0
4	длина, м	12,0
5	ширина, м	9,0
6		
7		
8	количество ульев размещенных в помещении, шт	250,0
9	Объем помещения, м ³	324,0
10	Суммарная выделяемая влага, г/ч	416,667
11	Суммарное выделяемое количество CO ₂ , л/ч	416,6665
12	Суммарная мощность неуправляемого источника, Вт/ч	3900
13	Константы	
14	Температура внутри помещения, °C	5,0
15	Абсолютная влажность внутри помещения, г/м ³	5,4
16	Содержание углекислого газа, л/м ³	40,0
17	количество влаги выделяемое единичным неуправляемым источником, г/ч	1,667
18	количество CO ₂ выделяемое единичным неуправляемым источником, л/ч	1,667
19	единичная тепловая мощность неуправляемого источника, Вт/ч	15,600
20	теплоемкость сухого воздуха, Дж/(кг*К)	1005
21	плотность сухого воздуха при +4 °C, кг/м ³	1,269
22	Количество углекислого газа в наружном воздухе, л/м ³	0,300

Рис. 1. Внешний вид окна ввода конструктивных параметров

Затем следует подстановка параметров в расчетную часть, в рамках которой определяется характер влияния (функциональный, случайный) и условия изменения параметров с течением времени. При расчетах в рамках шага моделирования принимается, что условия являются постоянными, и расчет ведется по формулам для стационарных процессов изменения параметров микроклимата помещения. Шаг моделирования выбирается с учетом соблюдения постоянства условий в течение него. Далее осуществляются запись значений для шага моделирования в таблицу результатов. Производится изменение внешних условий в зависимости от их колебаний с течением времени. Измененные в течение шага входные параметры подставляются в расчетную часть на следующем шаге моделирования. Далее процесс повторяется вплоть до последнего шага моделирования. В результате расчета математической модели получается таблица выход-

ных данных, состоящая из значений расчетных параметров на каждом шаге моделирования.

При построении математической модели теплового режима зданий одним из условий является учет динамики возмущающих воздействий [7]. Расчетная формула для определения тепловой мощности, необходимой для поддержания нормируемого температурного режима, имеет вид [8]:

$$P = c_B \rho M ((T - T_0)(2(v + u) + \delta) + \gamma(w - w_0) - p_B)$$

где $p_B = \frac{P_B}{c_B \rho M}$, $\gamma = \frac{2.25}{c_B \rho}$, $\delta = \frac{\varepsilon}{c_B \rho}$, $v = \frac{V}{M}$, $u = \frac{U}{M}$; P - мощность управляемого источни-

ка тепла; c_B – теплоемкость сухого воздуха; ρ – плотность воздуха; M – объем помещения; T – температура внутри помещения; T_0 – температура наружного воздуха; U – воздухоподача вытяжных вентиляторов; V – воздухоподача приточных вентиляторов; ε – коэффициент тепловых потерь; w – влагосодержание внутри помещения [9]; w_0 – влагосодержание наружного воздуха; P_B – мощность неуправляемого источника тепла [10].

Формула для определения объема вентиляции по содержанию углекислоты, при условии равенства объемов приточного и вытяжного воздуха, имеет вид:

$$U = \frac{G_B}{(G - G_0)},$$

где G_B – суммарное количество углекислого газа, которое выделяют животные, л/ч; G – допустимое количество углекислого газа в 1 м³ воздуха – 40 л/м³ или 4 %; G_0 – количество углекислого газа в 1 м³ атмосферного воздуха – 0,3 л/м³ или 0,03 %.

Формула для определения объема вентиляции по влажности, при условии равенства объемов приточного и вытяжного воздуха, имеет вид:

$$U = \frac{W_B}{(W - W_0)},$$

где W_B – суммарное количество влаги, которое выделяют животные, г/ч; W – абсолютная влажность воздуха внутри помещения при 5°C, равная 5,4 г/м³; W_0 – абсолютная влажность атмосферного воздуха, г/м³.

Техника эксперимента. Для оценки эффективности функционирования системы теплоснабжения использовались следующие критерии: коэффициент загрузки по номинальной мощности, материалоемкость. Используя значения максимальной потребляемой мощности в течение самой холодной недели за рабочий период функционирования зимовника пасечного хозяйства, определим коэффициент загрузки по номинальной мощности.

Формула для расчета коэффициента загрузки имеет вид:

$$K_{\text{заг}} = Q_{\text{max}} / Q_{\text{уст}},$$

где $K_{\text{заг}}$ – коэффициент загрузки по номинальной мощности; Q_{max} – максимальная нагрузка системы теплоснабжения за шаг моделирования; $Q_{\text{уст}}$ – установленная мощность технико-технологической системы.

Материалоемкость, как критерий эффективности технико-технологической системы на базе каталитического устройства сжигания биогенных топлив, можно определить с помощью формулы:

$$m = M / Q_{\text{уст}}$$

где m – материалоемкость; M – масса технико-технологической системы на базе каталитического устройства сжигания биогенных топлив; $Q_{\text{уст}}$ – генерируемая тепловая мощность технико-технологической системы.

Интерпретация результатов. На рисунке 2 представлен график зависимости коэффициента загрузки технико-технологической системы на базе каталитического устройства сжигания биогенных топлив от потребляемой зимовником тепловой мощности.

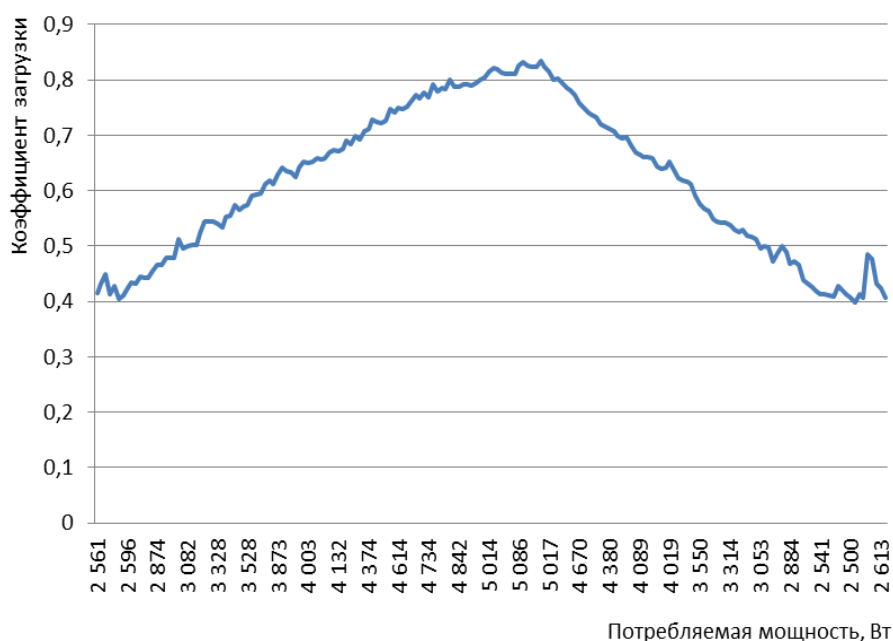


Рис. 2. Коэффициенты загрузки технико-технологической системы в течение рабочего режима

Вид графика позволяет сделать вывод о том, что максимум коэффициента загрузки приходится на самую холодную неделю за период рабочего режима функционирования зимовника.

На рис. 3 представлен график зависимости материалоемкости от генерируемой тепловой мощности.

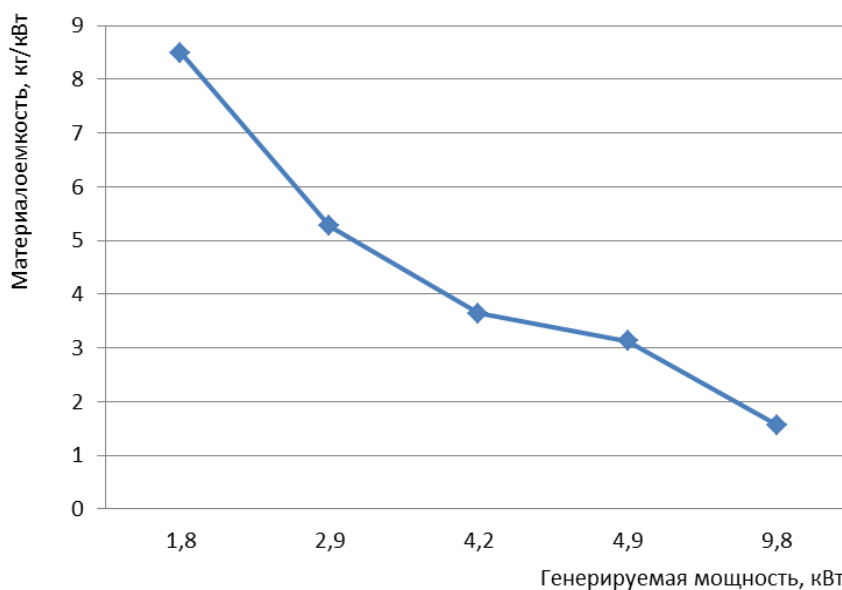


Рис. . Зависимость материалоемкости системы теплоснабжения от генерируемой тепловой мощности

Вид графика позволяет сделать вывод о том, что с увеличением генерируемой тепловой мощности материалоемкость снижается, и, следовательно, повышается эффективность использования технико-технологической системы.

Выводы.

1. Разработанная математическая модель суточного потребления тепловой энергии зимовником пасечного хозяйства в течение рабочего периода функционирования позволяет оценить период максимальной загрузки технико-технологической системы на базе каталитического устройства сжигания биогенных топлив.

2. Предложенные критерии эффективности системы теплоснабжения на базе каталитического устройства сжигания биогенных топлив позволяют выполнить количественную оценку потенциала использования рассматриваемых технико-технологических систем для условий конкретного пасечного хозяйства.

Список литературы

1. Биоэнергетика России в XXI веке. Российское энергетическое агентство. ФГБУ РЭА МИНЭНЕРГО РФ, 2012. – С. 3-7.
2. Математическое моделирование процессов автономного энергообеспечения теплично-го комплекса на базе местных возобновляемых источников энергии. Сидыганов Ю.Н., Онучин Е.М., Шамшуров Д.Н., Костромин Д.В. и др. // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17288379> (дата обращения 5.05.2012).
3. Несиоловский О.Г., Корева И.И. Перспективы использования топлив биологического происхождения // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=16217971> (дата обращения 5.05.2013).
4. Онучин Е.М., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза / Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2012. – С. 345.
5. Харченко Н.А. Пчеловодство: учеб. для студ. вузов. – М., 2003. – 268 с.

6. Медяков А.А., Каменских А.Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – №3, 2011. – С. 88-95.
7. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю., Нагорная А.Н. К теории математического моделирования теплового режима зданий // Вестник ЮУрГУ. – 2006. – №14. – С. 128.
8. Воронин Е.А., Зимнов С.С. Математическое описание системы микроклимата как объекта автоматического управления // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=11738849> (дата обращения 5.05.2013).
9. Сканава А.Н., Махов Л.М. Отопление: уч. для вузов // АСВ. – М., 2008. – 376 с.
10. Лаврехин Ф.А., Панкова С.В. Биология медоносной пчелы. – М., 2003. – 203 с.

HEAT SUPPLYING SYSTEM OF BUILDINGS FOR PLACEMENT OF BEES BASED ON CATALYTIC DEVICES FOR BURNING BIOGENIC FUELS

Onuchin Evgenii Michailovich,¹ Ostashenkov Aleksey Petrovich²

¹Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

²Mariel State University, Russia, Ioshkar-Ola

Offered a general idealized model of quantifying the effectiveness of technical-technological system based on catalytic devices for burning biogenic fuels

Keywords: catalytic burning devices, biogenic fuel, estimation of efficiency

УДК 574.36

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ АГРОЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КАК ФОРМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ УГОДИЙ

Онучин Евгений Михайлович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола

OnuchinEM@volgatech.net

Предлагаемый комплекс ТАЛБЭК позволяет оптимизировать технологические процессы и повысить эффективность производства.

Ключевые слова: биоэнергетика, биомасса, энергогенерирующий комплекс.

Введение. Проблема территориальных биоэнергетических комплексов имеет для России особенно важное значение. В ряде субъектов РФ реализуются пилотные проекты по созданию биогазовых установок для переработки отходов сельхозпроизводства, принимаются программы развития биоэнергетики. Региональным органам управления АПК рекомендовано при реализации экономически значимых программ в области растениеводства и животноводства, включать в состав программ объекты биоэнергетики по переработке отходов сельхозпроизводства. Отходы сельхозпроизводства в российском агропромышленном комплексе ежегодно составляют более 770 млн. тонн и являются существенным энергетическим ресурсом, при переработке кото-

рого возможно получение биогаза, электроэнергии и тепла, высокобелковых кормов для животноводства и птицеводства. К примеру, в результате их переработки можно получить 66 млрд. кубометров газа, что эквивалентно 33 млрд. литрам бензина и около 120 млн. тонн высококачественного гранулированного удобрения [1,2], а по оценкам Национального союза по биоэнергетике, возобновляемым источникам энергии и экологии, учреждённым компаниями, входящими в состав ГК Корпорация «ГазЭнергоСтрой» и объединяющего более 50 государственных и общественных организаций, коммерческих структур из России и Европы потенциал производства биогаза в нашей стране составляет даже 72 млрд. кубометров в год.

Внимание сельскохозяйственной биоэнергетики сосредоточено на получении энергоносителей (биогаз, пеллеты) из сельскохозяйственных органических отходов, а также биодизеля и биоэтанола из сельскохозяйственных энергетических культур, а внимание лесной биоэнергетики сконцентрировано, как правило, на получении энергоносителей (дрова, топливная щепа, брикеты и пеллеты, древесный уголь, угольные пеллеты) из древесных отходов, образующихся в лесном комплексе. При этом собственно лесонасаждения, как правило, не рассматриваются в качестве источников энергии и практически не исследованной является проблема формирования лесных насаждений в первую очередь энергетического назначения.

Успешный и устойчивый территориальный биоэнергетический комплекс должен быть в первую очередь не только энергонезависимым, но и энергоизбыточным, что позволит ему участвовать в торговом обмене, поставляя на внутрисекторный и зарубежный рынки универсальный товар, повсеместно пользующийся спросом – энергоносители. Эти энергоносители безусловно должны быть конкурентоспособны и допускать возможность как длительного хранения, так и дальних перевозок. В наибольшей степени в настоящее время соответствуют древесные гранулы – пеллеты. В тоже время для собственных нужд внутри территориального биоэнергетического комплекса вполне обоснованно использование менее качественных, но доступных местных энергоносителей (топливной щепы, биогаза).

Цели работы: 1) вовлечь сельскохозяйственные земли в активную экономическую жизнь; 2) сформировать на них территориальные агролесоводственные биоэнергетические комплексы, основным видом деятельности которых является производство энергоносителей на основе биоресурсов энергетических лесных культур.

Энергетические лесные культуры представляют собой лесонасаждения искусственного происхождения, структура и параметры которых оптимизированы для получения максимального количества энергии в видах, востребованных как внутри территориального биоэнергетического комплекса, так и на внешних рынках.

Решаемые задачи: 1) организация и функционирование территориального агролесоводственного комплекса путем их взаимодействия; 2) организация работы комплекса агротехнических приёмов выращивания энергетической биомассы; 3) использование наиболее эффективных и перспективных технологий производства энергии.

Принципы функционирования комплекса. Организация и функционирование территориального агролесоводственного комплекса осуществляется путем взаимодействия следующих комплексов: комплекс по выращиванию энергетических лесных культур, включающий в себя подготовку посадочного материала; комплекс по заготовке энергетических культур и производству пеллет; комплекс потребителей (инфраструктура поселка, тепличное хозяйство, животноводческий комплекс) (рис. 1).



Рис. 1. Схема территориального агролесоводственного биоэнергетического комплекса

Ресурсной базой социально-экономических отношений в таком комплексе являются энергетические лесные культуры, весь процесс создание, выращивания и заготовки которых осуществляется специализированной организацией с технико-технологическим оснащением на базе адаптивно-модульных машинно-технологических комплексов. Затем заготовленная биомасса поставляется в качестве сырья на основное и вспомогательные производства. Основным производством в территориальном биоэнергетическом комплексе является производство энергоносителей на экспорт – обычных или термообработанных топливных гранул (простых или угольных пеллет).

Главными вспомогательными производствами являются тепличное хозяйство, где выращивается посадочный материал для создания энергетических лесных культур, а также сельскохозяйственная продукция, животноводческие фермы (при наличии доступных кормовых ресурсов), жилищно-коммунальное хозяйство [4, 5].

Минимальный комплекс агротехнических приёмов выращивания энергетической биомассы включает в себя работы по обработке почвы и посадке семян растений. Эти операции могут проводиться как раздельно с применением различных машин, так и совмещённо, при этом большинство перспективных разработок в этой области ориентировано именно на совмещённое выполнение этих работ. Способы заготовки энергетической биомассы наиболее распространённые в настоящее время как правило предполагают её измельчение в щепу непосредственно у пня, однако такое выполнение данной операции имеет ряд недостатков, в частности измельчается влажная древесина, что требует больших затрат энергии, а также затраты энергии покрываются за счёт «дорого» в рассматриваемом контексте ископаемого топлива для машин. Исходя из указанных соображений, более перспективной является технология заготовки биомассы, предполагающая срезание деревьев, их пакетирование, трелёвку и укладку в штабель для естественной сушки на верхнем складе, с последующей погрузкой и вывозкой уже сухой биомассы (рис. 2).

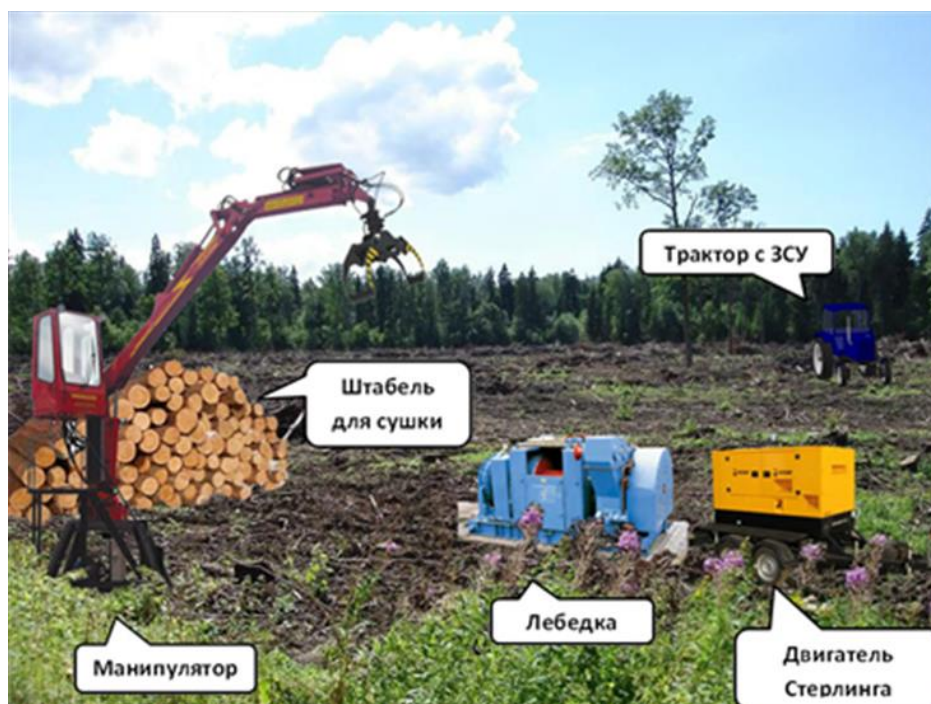


Рис. 2. Перспективная технология заготовки биомассы

Подходы к моделированию наиболее эффективных и перспективных технологий производства энергии. В рамках энергосистемного уровня территориального агролесоводственного биоэнергетического комплекса предусмотрено использование наиболее эффективных и перспективных технологий производства энергии. Для генерации тепловой энергии предусмотрено использование каталитических теплофикационных установок, позволяющих повысить энергетическую и экологическую эффективность сжигания топлива. Для генерации электрической энергии предусмотрено использование Стирлинг-когенерационных установок, позволяющих повысить электрический КПД установок и использовать в качестве топлива - щепу и пеллеты. Для охлаждения в технологическом цикле предусмотрено использование абсорбционного бромистолитиевого теплового насоса, который позволяет использовать низкопотенциальную теплоту для обогрева на производстве или в коммунально- бытовом секторе [6, 7].

Интерпретация результатов. Применение рассмотренных технических устройств для производства энергии совместно позволяет использовать как преимущества каждого из устройств по отдельности так и в рамках комплекса. В частности при использовании теплоты сжигаемого топлива для производства электрической и тепловой энергии образуется значительное количество дымовых газов, которые удаляют в атмосферу. Однако использование теплового насоса позволяет утилизировать теплоту дымовых газов вплоть до их конденсации, что позволяет повысить эффективность сжигания топлива в рамках энергогенерирующего комплекса. Так же для эффективной работы Стирлинг-когенерационной установки необходимо осуществлять постоянное охлаждение его рабочего тела. Тем самым теплонасосная установка может быть использована так же для повышения эффективности работы Стирлинг-когенерационной установки [8].

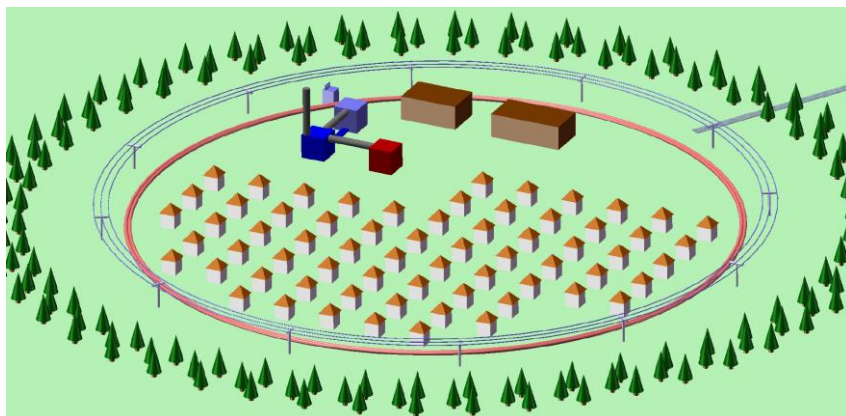


Рис. 3. Общий вид энергетической системы ТАЛБЭК

Общий вид энергетической системы ТАЛБЭК приведен на рис. 3. Система представляет собой энергогенерирующий комплекс, состоящий из генерирующих и утилизирующих установок, который подключен с помощью линий электропередач и трубопроводов к потребителям.

Выводы.

1. Подобный энергогенерирующий комплекс ТАЛБЭК, расположенный в непосредственной близости от производства, позволяет оптимизировать технологические процессы.

2. Использование дымовых газов генерирующих установок для сушки сырой щепы на производстве позволяет снизить потери с уходящими газами и повысить эффективность производства, а так же использование теплонасосной установки для охлаждения готовой продукции позволяет повысить энергетическую эффективность и пожарную безопасность.

3. Совместное использование генерирующих и утилизирующих установок в совокупности с оптимизацией технологического процесса позволяет повысить эффективность всего комплекса за счет исключения необоснованных тепловых потерь, в том числе низкопотенциального тепла [9, 10].

Список литературы

1. Правительство Архангельской области окажет поддержку проектам, позволяющим отказаться от привозного топлива и стабилизировать тарифы:

<http://www.wood.ru/ru/lonews.html?sd=20&sm=4&sy=2012&ed=20&em=4&ey=2012&beg=10>. (дата обращения: 3.05.2013).

2. Романов Е. М., Онучин Е.М. Подходы к разработке и исследованию инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 3. – С. 3–9.

3. Романов Е. М., Онучин Е.М., Семенов К. Д. Подходы к моделированию территориальных биоэнергетических комплексов// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 82. – С. 209-218.

4. Онучин Е.М. Перспективы формирования территориальных агролесоводственных биоэнергетических комплексов // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 5. –С. 82-88.

5. Энергетическая система территориального агролесоводственного биоэнергетического комплекса / А.А. Медяков, Е.М., Онучин А.Д. Каменских, П.Н. Анисимов // Политематиче-

ский сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 82. – С. 414-425.

6. Математическая модель энергетической системы ТАЛБЭК / А.А. Медяков, Е.М. Онучин, А.Д. Каменских, П.Н. Анисимов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 82. – С. 426-436.

7. Онучин Е.М., Мухортов Д.И., Медяков А.А. Формирование территориальных агролесоводственных биоэнергетических комплексов на основе технологий интенсивного лесопользования // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 82. – С. 510-520.

8. Анапольский А.Б. Развитие биоэнергетики в России // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 12. – С. 18-22.

9. Шегельман И.Р., Щукин П.О., Морозов М.А. Место биоэнергетики в топливно-энергетическом балансе лесопромышленного региона // Перспективы науки. – 2011. – № 27. – С.187-190.

10. Суханов Ю.В. Система моделирования лесозаготовок с учетом потребностей биоэнергетики // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2013. – № 1. – С. 152-157.

TERRITORIAL AGROSILVICULTURAL BIOENERGETICALLY SYSTEM AS A FORM OF FOREST LANDS

Onuchin Evgenii Mihailovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The proposed set of TALBEK to optimize processes and improve productivity.

Keywords: *bioenergy, biomass, power-generating complex*

УДК 624.012.45

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО АРМИРОВАНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Рахмонов Ахмаджон Джамолиддинович,
Соловьев Николай Павлович*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар Ола
RahmonovAD@volgatech.net

Приведены результаты экспериментальных исследований напряженно- деформированного состояния статически неопределимых неразрезных балок с комбинированным армированием.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, комбинированное армирование, статически неопределимые неразрезные балки.*

Введение. Одним из перспективных направлений развития железобетона является применение в качестве рабочего армирования композитной арматуры (базальто-

пластиковой, углепластиковой и т.п.), которая позволяет снизить материалоемкость конструкций и обеспечить экономию стали. Ежегодно увеличивающийся темп роста объемов производства композитной арматуры свидетельствует о том, что российский рынок по этому направлению является динамично развивающимся [1]. В виду отсутствия глубоких исследований напряженно деформированного состояния железобетона, армированного композитной арматурой, в настоящее время наблюдается ограниченное использование указанных элементов при проектировании зданий и сооружений.

Таким образом, дальнейшие исследования в области использования композитной арматуры в строительстве является актуальной задачей. Это, прежде всего, связано с тем, что в России пока не разработаны соответствующие нормативные документы, регламентирующие правила проектирования, испытания и применения такой арматуры.

Цель работы: выявить напряженно деформированное состояние неразрезных железобетонных балок с комбинированным армированием; выявить степень и возможность перераспределения усилий между пролетными и опорным сечением.

Решаемые задачи: 1) выполнить экспериментальные исследования железобетонных неразрезных балок с комбинированным армированием; 2) установить напряженно деформированное состояние балок по всем стадиям их работы; 3) установить значения прогибов и ширины раскрытия трещин в балках по этапам загрузки.

Техническое моделирование. Для достижения поставленных целей были изготовлены три серий бетонных балок с размерами поперечного сечения $10,0 \times 16,0$ (h) см длиной 350,0 см. Для изготовления балок использовался тяжелый бетон класса В25.

Всего было изготовлено шесть балок объединенных в три серии. В балках первой серии (условное обозначение БТ-1,2) пролетное и опорное армирования выполнено из мягкой стальной арматуры 2Ø10 мм класса А400. Во второй и в третьей серии использовано комбинированное армирование: нижняя арматура (пролетная) выполнена из арматуры 2Ø10 мм класса А400; верхняя (опорная) - базальтопластиковая арматура 2Ø8 мм (серия БЛ-3,4) и 2Ø6 мм (серия БЛ-5,6) производства ООО «Гален» г. Чебоксары.

Поперечная арматура балок представляется собой замкнутые хомуты Ø5 мм класса В500. Шаг поперечной арматуры на различных участках балок принимался с тем расчетом, чтобы исключить возможность разрушения их по наклонному сечению. У торцов балок для исключения смятия установлены сварные сетки с шагом 55 мм.[2]

Техника эксперимента. Испытание балок производилось на действие двух сосредоточенных сил, создаваемых винтовым домкратом ДВ-25. Нагрузка подавалась этапами по 1 тс с последующей выдержкой 5....8 мин. Схема испытания и расположение приборов приведена на рис.1.

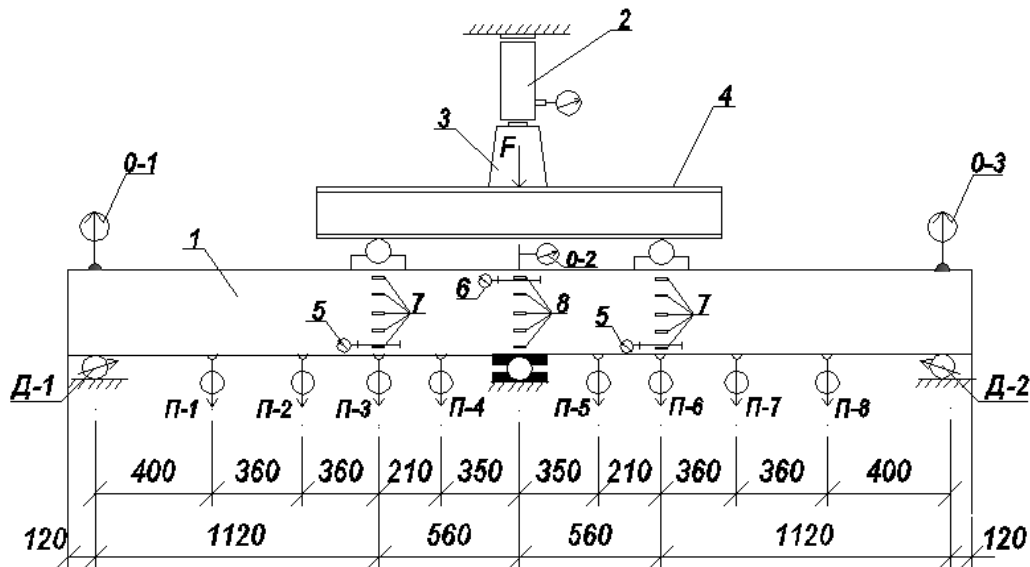


Рис.1. Схема испытания и расположения приборов: 1 – исследуемая балка; 2 – динамометр; 3 – домкрат ДОС-50; 4 – траверса; 5, 6 – индикаторы на арматуре ИЧ-10; 7, 8 – тензодатчики для измерения деформаций бетона и арматуры в пролетном и опорном сечении; О-1, О-2, О-3 – индикаторы для измерения осадки опор; Д-1, Д-2 – механические динамометры ДОСМ-3-5; П-1...П-8 – индикаторы для измерения прогибов

Интерпретация исследования. Основными результатами, полученными при испытании двухпролетных балок-близнецов, являются экспериментальные зависимости между нагрузкой и значениями изгибающих моментов в местах образования пластических шарниров: на средней опоре и в пролетах. Кроме этого определены моменты образования нормальных трещин в опорном и в пролетных сечениях, установлена динамика ширины раскрытия трещин, зафиксированы прогибы балок местах приложения нагрузки и реакции крайних опор.

На рис. 2, 3, 4 представлены экспериментальные зависимости «нагрузка – момент».

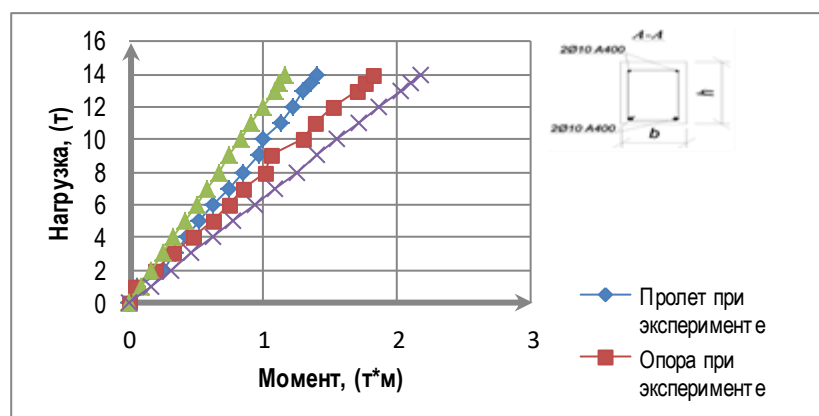


Рис.2. Экспериментальная зависимость «нагрузка – момент» балки БТ-1,2.

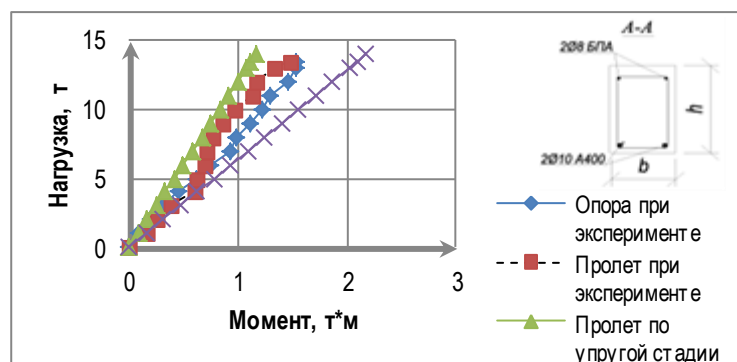


Рис. 3. Экспериментальная зависимость «нагрузка – момент» балки БЛ-3,4

Указанные зависимости характеризуют напряженное состояние исследуемых зон балок в процессе их нагружения.

При этом следует отметить, что работа указанных зон находится в пределах теоретических расчетных параметров. При нагрузке 12 тс начинают нарастать неупругие деформации в зонах образования пластических шарниров, что говорит о наступлении момента перераспределения усилий между опорным и пролетными сечениями.

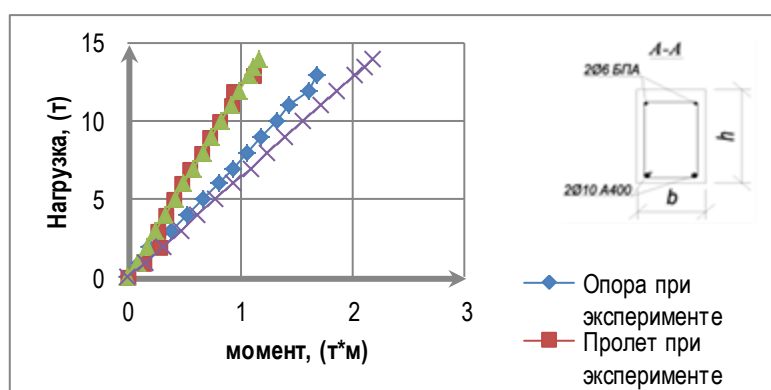


Рис. 4. Экспериментальная зависимость «нагрузка – момент» балки БЛ-5,6.

На рис. 5 представлен график «нагрузка - прогиб» в местах приложения сосредоточенных сил. При условной эксплуатационной нагрузке (10 тс) прогиб балок серии БТ-1,2 составляет 7,0 мм, балок серии БЛ-3,4 и БЛ-5,6 около 9,0 мм, т.е. комбинированное армирование несколько снижает жесткости исследуемых элементов.

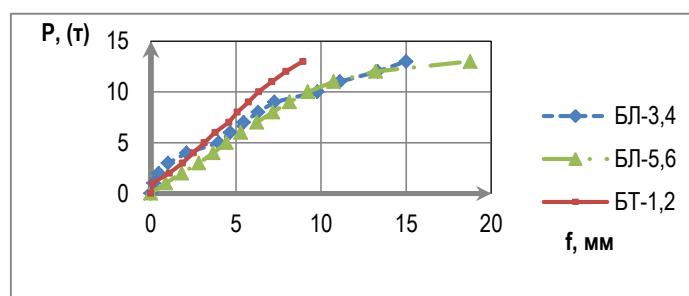


Рис. 5. Экспериментальная зависимость «нагрузка - прогиб»

Ширина раскрытия нормальных трещин в опорном и пролетных сечениях фиксировалась микроскопом МБ с 25 кратным увеличением на уровне растянутой арматуры. Динамика раскрытия трещин показана на рис. 6,7.

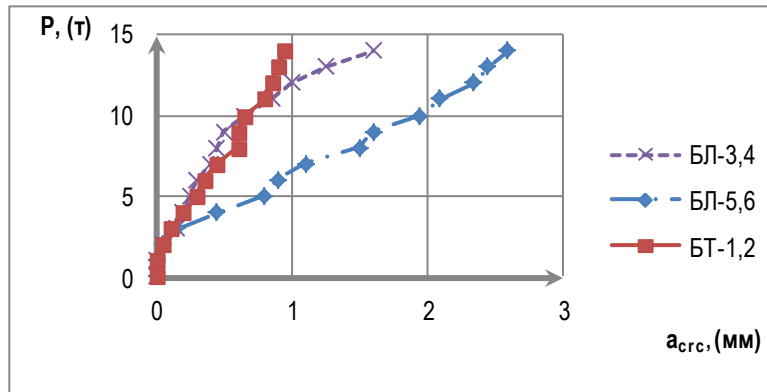


Рис. 6. Зависимость «нагрузка - ширина раскрытия нормальных трещин» в опорном сечении

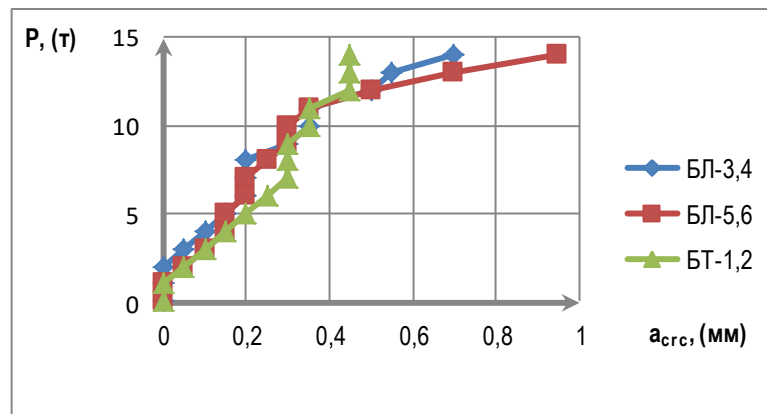


Рис. 7. Зависимость «нагрузка - ширина раскрытия нормальных трещин» в пролетном сечении

Наибольшая ширина раскрытия трещин наблюдается в балках с минимальным коэффициентом армирования по базальтопластиковой арматуре. Длина трещин при нагрузке 10 тс достигала в пролетных сечениях $1/3 - 1/2$ высоты балок, в опорном сечении $1/3 - 2/3$. При дальнейшем увеличении внешней нагрузки развитие трещин по высоте сечений замедлялось, а ширина раскрытия их значительно возрастала.

Выводы.

1. Экспериментальным путем установлен характер разрушения балок с комбинированным армированием, вид распределения опорных и пролетных моментов в процессе загрузки, характер трещиностойкости и деформации.
2. Не смотря на ограниченные пластические свойств БПА установлена возможность полного перераспределения между пролетным и опорным сечениям.
3. Найдены величины соотношении между опорным и пролетным моментом позволяющих получить необходимое перераспределений усилий при обеспечении трещиностойкости и жесткости.

Список литературы

1. Сафронов Г.Н., Урусова К.М. Формирование и развитие региональных рынков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес, экология, природопользование, 2011. – №2(12). – С. 38-42.
2. Рахмонов А.Д., Соловьев Н.П. Прочность изгибаемых элементов с комбинированным армированием на основе нелинейной деформационной модели // Материалы I международной (VII Всероссийской) конференции. Новое в архитектуре, проектирование строительных конструкций и реконструкции. – Чебоксары: ЧГУ, 2012. – С. 101-106.
3. Рахмонов А.Д., Соловьев Н.П. Перераспределение усилий в неразрезных балках, армированных металлической и композитной арматурой // Исследования, технологии, инновации: сб. статей. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – С. 217-218.

EFFECT OF COMBINED REINFORCEMENT ON STRESS - STRAIN STATE OF BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

Rakhmonov Akhmadjon Dzhamoliddinovich, Solovyov Nikolai Pavlovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The paper presents the results of experimental studies of stress - strain state of statically indeterminate continuous beams with combined reinforcement.

Keywords: *the stress - strain state, a combined reinforcement, statically indeterminate continuous beams.*

УДК 630.308

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕСАДКИ ПОДРОСТА

*Рукомойников Константин Павлович,
Соловьев Сергей Николаевич, Малков Дмитрий Сергеевич*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
RukomojnikovKP@volgatech.net

Рассмотрены конструкции устройств для пересадки подростка из-под полога леса. Предлагается конструкция, позволяющая модернизировать устройство и снизить вероятность повреждений при выкопке и посадке подростка. Используются методы патентного поиска и экспериментальных наблюдений.

Ключевые слова: *лесовосстановление; подрост; пересадка.*

Введение. Каждый из существующих в настоящее время способов лесовосстановления имеет свои преимущества и недостатки [1, 2, 4]. Задача лесовода – правильно определить оптимальное соотношение способов лесовосстановления, основываясь на лесорастительных и экономических условиях и при минимальных затратах обеспечить выращивание лесов лучшего качества.

В настоящее время известны различные устройства для пересадки подроста из-под полога леса. Данный способ сочетает в себе возможности как искусственного, так и естественного лесосовосстановления. Конструкция выкапывающего устройства не должна разрушать глыбку почвы при выкопке подроста, а выкопанная глыбка должна соответствовать размерам и форме, соответственно равным размерам и форме корневой системы пересаживаемого деревца.

Наиболее близким по технической сущности является устройство [3], имеющее рабочий орган, состоящий из двух одинаковых ножей. Ножи в закрытом положении имеют форму полусферы. Основания ножей жестко соединены с двумя параллельными горизонтальными осями, установленными внутри корпуса, на которых размещается двухсторонняя зубчатая рейка, жестко связанная со штоком гидроцилиндра, закрепленным на корпусе.

Недостатками данной конструкции являются: сложности, возникающие при наведении устройства с открытыми ножами на выкапываемый подрост сбоку, при котором возможно повреждение подроста, ввиду того, что его ствол должен попасть в узкое пространство, ограниченное двумя параллельными горизонтальными осями вращения ножей и корпусом устройства.

Цель работы: конструктивное увеличение технологической зоны безопасности для выкапываемого подроста при наведении на него захватных челюстей устройства.

Решаемые задачи. 1) Модернизация устройства для пересадки подроста машинным способом. 2) Конструктивное увеличение технологической зоны безопасности для выкапываемого подроста при наведении на него захватных челюстей устройства.

Техническое моделирование. Предлагаемое устройство навешивается через проушины (1) на рукоять (2) манипулятора машины (рис.1, 2). Устройство для пересадки подроста содержит несущий корпус (3), к несущему корпусу жестко присоединена неподвижная нижняя рама дугообразной формы (10), на концах которой закреплены оси вращения (11) нижней захватной челюсти (4) и верхняя рама дугообразной формы (5) с закрепленными на концах осями вращения (11) верхней захватной челюсти (6). Поворот нижней захватной челюсти возможен за счет усилия направленного на нее гидроцилиндра (9), расположенного на нижней части несущего корпуса. Поворот верхней захватной челюсти возможен за счет усилия гидроцилиндров (8), расположенных на обоих концах дуги верхней рамы, которая в свою очередь под действием усилия гидроцилиндров (7), соединяющих ее с несущим корпусом устройства, имеет возможность прижима к неподвижной нижней раме.

К несущему корпусу устройства жестко присоединена неподвижная нижняя рама дугообразной формы, на концах которой закреплены оси вращения нижней захватной челюсти, и верхняя рама дугообразной формы, с закрепленными на концах осями вращения верхней захватной челюсти, шарнирно закрепленная на середине дуги неподвижной нижней рамы в месте ее соединения с несущим корпусом устройства. Радиусы дуги, образуемые верхней и нижней рамами дугообразной формы, больше радиуса искривления захватных челюстей, что дает возможность свободного движения захватных челюстей внутри каждой из рам. Поворот нижней захватной челюсти возможен за счет усилия направленного на нее гидроцилиндра, расположенного на нижней части несущего корпуса. Поворот верхней захватной челюсти возможен за счет усилия гидроцилиндров, расположенных на обоих концах дуги верхней рамы, которая в свою очередь под действием усилия гидроцилиндров, соединяющих ее с несущим корпусом устройства, имеет возможность прижима к неподвижной нижней раме.

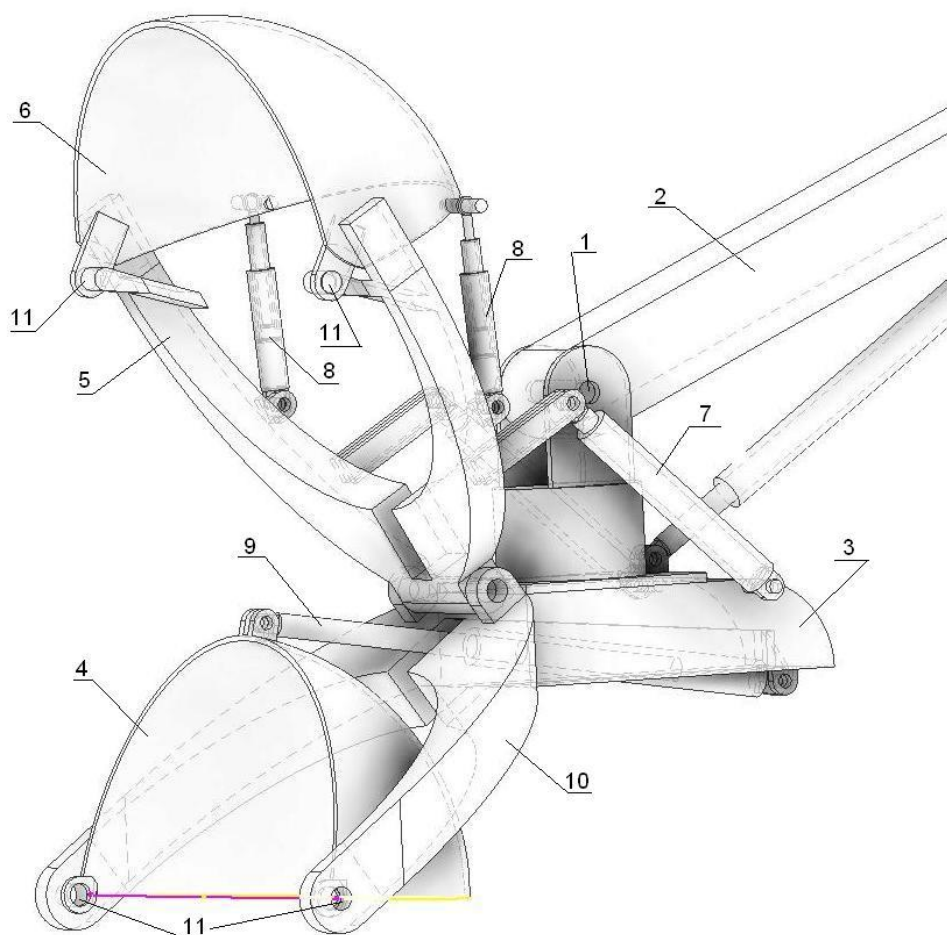


Рис.1. Устройство для пересадки подроста (вид при открытом положении захватных челюстей)

Устройство работает следующим образом. Манипулятор с навешенным на него устройством для пересадки подроста подводится к подросту сбоку. При этом подрост оказывается в центре зоны действия захватных челюстей. Захватные челюсти устройства разведены. Верхняя рама отведена от нижней рамы. Нижняя захватная челюсть наведена на подрост. Верхняя захватная челюсть находится в стороне от центра зоны действия захватных челюстей. Включаются гидроцилиндры прижима верхней рамы к нижней неподвижной раме, в результате работы которых верхняя захватная челюсть наводится на подрост, полностью касаясь грунта режущей кромкой. Включаются гидроцилиндры смыкания захватных челюстей. Захватные челюсти внедряются в грунт. При полном выдвижении штоков гидроцилиндров движение захватных челюстей прекращается и осуществляется подъем устройства вместе с перемещением выкопанного подроста с глыбкой почвы. Размыкание захватных челюстей и перевод их в первоначальное положение при укладке подроста или его посадке, осуществляется при обратном ходе гидроцилиндров смыкания челюстей. Верхняя и нижняя захватные челюсти начинают движение вокруг оси. Разводка верхней рамы с нижней рамой осуществляется за счет обратного хода гидроцилиндров.

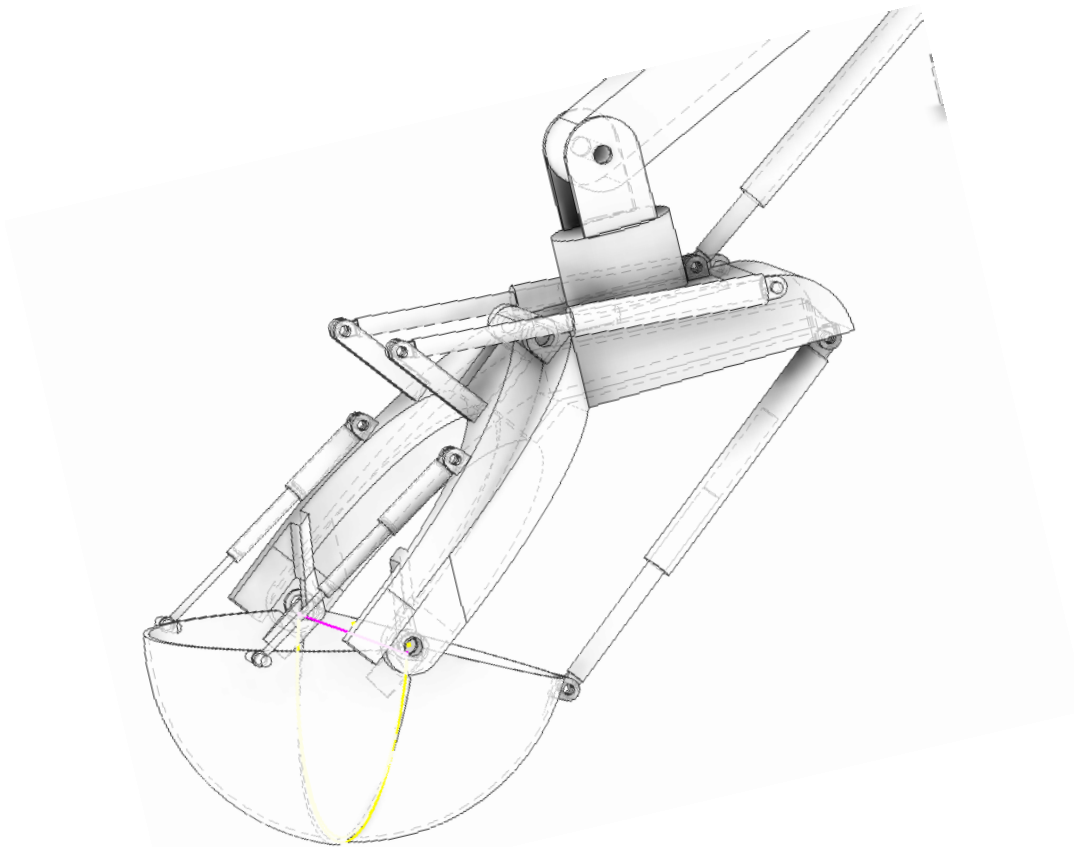


Рис.2. Устройство для пересадки подроста (вид при сомкнутом положении захватных челюстей)

Интерпретация результатов и их анализ. Решение поставленных задач достигнуто за счет того, что к несущему корпусу устройства жестко присоединена неподвижная нижняя рама дугообразной формы, на концах которой закреплены оси вращения нижней захватной челюсти, и верхняя рама дугообразной формы, с закрепленными на концах осями вращения верхней захватной челюсти, шарнирно закрепленная на середине дуги неподвижной нижней рамы в месте ее соединения с несущим корпусом устройства, причем радиусы дуги, образуемые верхней и нижней рамами дугообразной формы, больше радиуса искривления захватных челюстей, что дает возможность свободного движения захватных челюстей внутри каждой из рам.

Выводы. Использование предложенного устройства для пересадки подроста машинным способом позволяет увеличить технологическую зону безопасности для выкапываемого подроста при наведении на него захватных челюстей устройства и повысить сохранность подроста в процессе его выкопки и пересадки.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет» по заданию Министерства образования и науки РФ № 7.1846.2011. по теме «Разработка основных технико-технологических подходов к внедрению и реализации промышленной технологии освоения лесных участков на базе комплексного решения задач технологическо-

го процесса лесосечно-лесовосстановительных работ с совмещенным лесовосстановлением».

Список литературы

1. Калинин К. К. Закономерности естественного лесовозобновления в сосновых насаждениях на крупных гарях Среднего Заволжья / Вестник Марийского государственного технического университета, Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2008. – №3 (4). – С.29-43.
2. Калинин К. К. Особенности искусственного лесовосстановления в сосновых насаждениях на крупных гарях Среднего Заволжья / Вестник Марийского государственного технического университета, Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2009. – №1 (5). – С.19-23.
3. Ширнин Ю.А., Шестаков Я.И. Гаджиев Г.М. Рабочий орган для выкопки подроста/ Патент России № 99113548/13. 1999. Бюл. №25.– 4 с.
4. Усольцев В. А., Семышев М. М. Продукционные характеристики с учетом конкуренции деревьев в искусственных и естественных сосняках: сравнительный анализ // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2010. – №2 (9). – С.5-14.

DEVICE FOR TRANSPLANTATION OF YOUNG UNDERGROWTH

Rukomoynikov Konstantin Pavlovich, Solovyov Sergey Nikolaevich, Malkov Dmitry Sergeyevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The designs of devices for transplanting of young undergrowth under shelterwood are considered. The design allowing to modernize the device and to lower probability of damages during outplanting and planting of young undergrowth is offered. The methods of patent search and experimental supervision are used.

Keywords: reforestation, young undergrowth, transplanting.

УДК 621.316

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ УЧАСТКА КОНТАКТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТРОЛЛЕЙБУСНОЙ СЕТИ

Соколова Валентина Николаевна, Ильин Максим Владимирович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
SokolovaVN@volgatech.net

Предлагается возможность проектирования модульного измерителя величины ударных нагрузок от контактной сети троллейбуса на элементы токоприемника.

Ключевые слова: *токоприемники; участок контактной сети; ударные нагрузки; переходное сопротивление; пьезоэлектрический датчик ударных нагрузок (акселерометр).*

Введение. Токо­съемник – это устройство, обеспечивающее получение транспортным средством электрической энергии от контактной сети. Токо­съемник штангового типа используется на троллейбусах, который снимает ток с контактного провода. При резком толчке происходит сход штанги с контактного провода. Штанга может срываться с контактного провода при неправильных манёврах транспорта или неисправностях в контактной сети, а также сходить на поворотах при большой скорости.

Федеральный закон специального технического регламента "О безопасной эксплуатации трамваев и троллейбусов" регламентирует перечень неисправностей, при наличии которых троллейбус не допускается к эксплуатации по условиям безопасности движения и перевозки пассажиров. Одной из таких неисправностей, является крыше­вое оборудование троллейбуса, в частности детали токо­приемника, которые могут иметь трещины или изломы, что приводит к появлению условий небезопасного движения троллейбуса и перевозки пассажиров, повышает вероятность возникновения аварийных ситуаций.

В настоящее время выявление неисправностей крыше­вого оборудования производится визуальным осмотром без профилактических испытаний троллейбуса. Важной задачей является диагностика системы «контактная подвеска – токо­приемник». Для диагностики элементов системы используются статические и динамические (непрерывные) способы. Известны нормативный документ [1] и работы, в которых описаны статические способы выявления неисправностей [2, 3]. Анализ статических способов показывает, что они проводятся в пункте технического осмотра подвижного состава при выпуске последнего на линию или при заходе в депо на техобслуживание, а также при периодическом осмотре. Особое место при диагностике системы занимают динамические способы, которые используются в системах железнодорожного транспорта, позволяют непрерывно контролировать состояние элементов контактной системы, принимать оперативные решения об их замене или ремонте, получать наиболее объективную информацию о характере взаимодействия токо­приемника с контактным проводом, учитывая особенности построения участков контактной сети [4]. К недостаткам современных динамических способов выявления неисправностей следует отнести отсутствие изучения возможности их использования для диагностики системы «контактная подвеска – токо­приемник» троллейбуса. Учитывая, что неисправности системы возникают в результате движения троллейбуса, поэтому необходимо исследование

динамических способов выявления неисправностей системы «контактная подвеска – токоприемник» троллейбуса. Технический результат исследования – повышение достоверности диагностики участка контактной сети троллейбуса. Наиболее ответственным этапом при разработке динамических способов является выбор диагностических параметров и разработка динамического датчика.

Цель работы: проектирование узла токоприемника с интегрированным динамическим датчиком.

Решаемые задачи: 1) выбор диагностических параметров динамического способа диагностики системы «контактная подвеска – токоприемник» троллейбуса; 2) разработка мобильного диагностического модуля, интегрированного в узел токоприемника троллейбуса, для диагностики участка контактной сети, вызывающего критичные ударные нагрузки.

Техническое моделирование. Для контроля работоспособности системы «контактная подвеска – токоприемник» выбран наименее надежный элемент – токосъемный узел троллейбуса (рис.1).

Надежная работа токосъемного узла зависит от эксплуатационного состояния участка контактной сети. При этом наиболее ответственным этапом является анализ формы дефектов [5]. Одной из основных задач исследования является выбор диагностического параметра системы «контактная подвеска – токоприемник» троллейбуса.



Рис.1. Токосъемный узел троллейбуса

В процессе эксплуатации под действием различного рода факторов происходят структурные изменения элементов токоприемника, которые приводят к развитию дефектов. Формальное описание диагностической модели объекта может быть принято с помощью табличного представления, позволяющего в определенных пределах имитировать изменение свойств реального объекта. Анализ производился на основании статистических данных. Результаты исследования видов воздействия на систему «контактная подвеска – токоприемник» троллейбуса представлены в таблице.

Виды воздействия на систему «контактная подвеска – токоприемник» троллейбуса

Фактор воздействия	Виды воздействия
Тепловой	Повышенная температура нагрева
Электрический	Рабочее напряжение, повышенное напряжение, поверхностные электрические разряды
Механический	Виброэлектродинамические, ударноэлектродинамические, вибромеханические, ударномеханические
Нагрузка	Длительная, кратковременная, повторно-кратковременная

Сравнительный анализ показал, что основной причиной отказа системы «контактная подвеска – токоприемник» троллейбуса является механический фактор воздействия, характеризующийся виброэлектродинамическими, ударноэлектродинамическими, вибромеханическими, ударномеханическими видами воздействий. Трещины и изломы элементов токосъемного узла возникают в основном по причине вибромеханического и ударномеханического воздействия от участка контактной сети на элементы токосъемного узла. Установлено, что характерным дефектом является механическое разрушение детали или узла. Нарушение целостности токоприемного оборудования приводит к увеличению переходного сопротивления системы «контактная подвеска – токоприемник», в результате которого возникает повышенное дугообразование.

Исходя из этого в качестве основного свойства, характеризующего работоспособность системы «контактная подвеска – токоприемник», рассматривается механическая прочность узла токоприемника, от которой зависит нормальное эксплуатационное состояние элементов токосъемного узла. Поэтому в качестве диагностического параметра принята величина ударной нагрузки.

Исследования показали, что процесс изменения состояния системы «контактная подвеска – токоприемник» является случайным, поэтому граничные значения диагностического параметра рассчитываются в виде статистических оценок по результатам наблюдения [6, 7].

Для диагностического параметра определены заданные нормированные допуски. Вероятность безотказной работы токосъемного узла определяется вероятностью невыхода значения диагностического параметра за допустимый уровень и характеризуется функцией распределения случайной величины

$$P_i(t) = P(z_i(t) < z_{imax}), \quad (1)$$

где z_i – диагностический параметр; $z_i(t)$ – тенденция изменения во времени диагностического параметра; z_{imax} – допустимый верхний уровень диагностического параметра, при котором может произойти отказ токосъемного узла.

Для изучения влияния ударных нагрузок от элементов контактной сети на работу токосъемного узла троллейбуса использовался метод, основанный на механике деформированного твердого тела. Расчет характеристик колебаний конструкции с учетом величины переходного сопротивления в системе «контактная подвеска – токоприемник» троллейбуса производился на основе построения математической модели системы «контактная подвеска – токоприемник». При этом измерения потенциальных ударных нагрузок на участке контактной сети можно проводить во время работы подвижного состава, для этого датчики должны быть интегрированы в токоприемники. В основе программного комплекса для оценки состояния системы лежит механико-математическая модель системы «контактная подвеска – токоприемник», основанная на решении краевых задач теории упругости.

Техника эксперимента. Для изучения влияния ударных нагрузок от элементов контактной сети на работу токосъемного узла троллейбуса используются датчики ударных нагрузок. При движении троллейбуса производится измерение ударных нагрузок на участке контактной сети, для этого пьезоэлектрические ИСР (Integrated Circuit – Piezoelectric) – датчики должны быть интегрированы в токоприемники. С помощью датчиков ударных нагрузок измеряется реакция поверхности узла токосъемного устройства на источник воздействия ударных нагрузок. Ударные нагрузки являются источниками динамического воздействия, спектр ударного воздействия на узел токосъемного устройства троллейбуса является достаточно широкополосным и механическая прочность узла тесно связана с амплитудно – временной характеристикой и амплитудно – частотной характеристикой (АХЧ) [8]. Экспериментальная амплитудно – временная и

Список литературы

- 1.ГОСТ Р ИСО 10816-3-99. Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях. – М: Стандарт, 1998.
- 2.Пат. №124635. Российская Федерация: МКП В60L 5/00(2006.01). Передвижная установка для диагностики контактной пары троллейбуса /Соколова В. Н., Ильин М.В. заявитель и патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. Учреждение ВПО «Поволжский гос.техн. ун-т». – № 2012133066/11. заявл. 01. 08. 12, опубл. 10. 02. 13, бюл. № 4. – 7 с.
- 3.Пат. №124813. Российская Федерация: МКП G01R 31/02(2006.01). Передвижная установка для диагностики участка контактной электрической троллейбусной сети / Соколова В.Н., Ильин М.В. заявитель и патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. Учреждение ВПО «Поволжский гос. техн. ун-т». – № 2011154261/11. заявл. 28. 12. 11, опубл. 10.02.13, бюл. № 4. – 7с.
- 4.Жицкий В.Е., Щедрин В.И. Датчик вибрации ВД03А со встроенным усилителем.– Приборы и системы, 2003.– № 6
- 5.Хафизов Р.Г., Багаутдинов И.Н., Охотников С.А. Применение контурного анализа изображений для решения задач дефектоскопии пиломатериалов. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2011. – №2. –С.30-35.
- 6.Калявин В.П. Основы теории надежности и диагностики: учебник для вузов. СПб: Элмор, 2009.
- 7.Гуменюк В.М., Гуменюк П.В. Эффективность корабельного электрооборудования: Учеб. пособие для вузов. – Владивосток: ТОВМИ – ДВГТУ, 2004. – 120 с.
- 8.Иванов Д.В., Иванов В.А., Чернов А.А. Теоретические основы метода цифрового синтеза радиосигналов для цифровых систем связи // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2012. №1. –С. 3-34.

**PROBLEM OF DIAGNOSTIC AREA OF CONTACT TROLLEYBUS
ELECTRICAL SYSTEM**

Sokolova Valentina Nicolaevna, Ilyin Maksim Vladimirovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Offers the possibility to design modular meter of magnitude of the shock of the contact network of trolley-buses on the elements of a current collector.

Keywords: *current collectors, area of contact trolleybus electrical system, transitional resistance, impact load, piezoelectric sensor of impact load.*

УДК 621.762.8

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИНФИЛЬТРАЦИИ

Соловьева Екатерина Вениаминовна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
SolovevaEV@volgatech.net

Предлагается технология получения наноструктурированных композиционных материалов методом инфильтрации. Описаны его структура и свойства.

Ключевые слова: инфильтрация, псевдосплав, поры, спекание, прямое прессование

Введение. Одним из распространенных способов получения высокопрочных порошковых деталей является инфильтрация жидкой медью или латунью пористых прессовок из железа, железогранита или железомарганца. Материалы типа псевдосплавов позволяют получать изделия с уникальными потребительскими свойствами. Хотя псевдосплавы уступают большинству армированных композитов по прочности, но обладают рядом других ценных характеристик – демпфирующей способностью, износостойкостью, способностью к самосмазыванию при трении, теплостойкостью и др. Характерную для псевдосплавов высокую износостойкость, но низкий коэффициент трения – сочетание этих свойств трудно реализовать.

Псевдосплавы получают жидкофазным, твердофазным спеканием, а также пропиткой. Наибольшее распространение получил метод пропитки.

Основными операциями получения псевдосплавов является производство тугоплавкого пористого каркаса и его заполнение более легкоплавким металлом (сплавом) с получением беспористой структуры композиционного материала.

Пористые каркасы могут быть получены из порошков (гранул), волокон, сеток их уплотнением и последующим спеканием.

Каркасы также могут быть получены только уплотнением (прессование, прокатка, вибрация, шликерное литье) или только спеканием. При этом формируется открытая, тупиковая и закрытая пористость. Соотношение видов пористости определяет проницаемость каркаса, т.е. его способность пропускать через поры жидкий металл, который может проникать только в открытые или тупиковые поры. [1-4]

В настоящее время известен широкий спектр составов псевдосплавов с различными эксплуатационными свойствами.

Прочность таких деталей находится в пределах 400-1000 МПа в зависимости от состава и термической обработки. Преимущества пропитки перед другими способами получения порошковых деталей заключаются в возможности прессования заготовок при более низких давлениях, что увеличивает стойкость пресс-форм, а также в изготовлении деталей с точными размерами из-за отсутствия усадки. При пропитке пористое тело нагревают до температуры жидкого пропитывающего материала. Вследствие того, что нагрев заготовки и материала пропитки должен происходить в защитной среде, то технология пропитки погружением пористого тела в расплавленный металл пока не нашла широкого промышленного использования. Более часто пористую

заготовку и соприкасающийся с нею пропитывающий брикет нагревают в защитной среде печи спекания. [2]

Цель работы: разработка технологии получения наноструктурированного композиционного материала на основе железа с повышенным комплексом прочностных, теплофизических и триботехнических свойств путем создания структуры высокоплотного псевдосплава инфильтрацией медным сплавом.

Решаемые задачи: 1) анализ процессов получения композиционных порошковых материалов на основе железа для тяжелых условий работы и разработка технологии их структуры и методов ее формирования. 2) изучение закономерностей кинетики инфильтрации железного каркаса медным сплавом и разработка установки для высокотемпературной инфильтрации. 3) исследование свойств композиционных порошковых инфильтрованных материалов на основе железа в зависимости от режимов получения, состава порошкового каркаса и инфильтрата.

Техническое моделирование. В последние годы продолжают развиваться технологии изготовления деталей сложной формы путем формования и спекания композиций, состоящих из высокодисперсных порошков металлов и связующего, с дальнейшей инфильтрацией. Применяют методы инфильтрации пористых деталей в ваннах с расплавленными металлами без использования защитных сред. При этом пористое тело из тугоплавкого материала вначале пропитывается наполнителями — органическими или неорганическими веществами, температура плавления которых ниже, чем температура плавления пропитывающего металла. Потом деталь погружается в ванну с расплавленным металлом, вытесняющим из пор изделия наполнитель. При пропитке пористой меди свинцом в качестве наполнителя можно применять углеводороды, а при пропитке пористого железа и его сплавов медью и ее сплавами (латунью, бронзой, сплавами типа Cu - Fe, Cu - Mn - Fe) в качестве наполнителей следует использовать галоиды NaCl, KCl, ZnCl и их смеси. [5-7]

Вместе с тем указанные процессы еще не нашли широкого применения из-за высокой стоимости высокодисперсных порошков. Известно, что при размерах частиц 1-30 мкм, порошки оксидов железа в 10 и более раз дешевле железных порошков. Анализ достижений современного материаловедения позволяет сделать вывод, что материалы нового поколения должны иметь гетерогенную структуру и состоять из компонентов, существенно различающихся по твердости. Такому строению в большей степени отвечают композиционные порошковые материалы, так называемые псевдосплавы, получаемые инфильтрацией медным сплавом каркаса на основе железа. Процесс изготовления псевдосплавов сложный и включает целый ряд операций, при которых формируется структура и фазовый состав, обеспечивающие необходимый комплекс механических и триботехнических свойств. [6]

Нами предложена технология получения из порошков изделий сложной формы, основанная на процессах формования композиций из порошков металлов, их оксидов и термореактивной пластмассы.

Технологическая схема получения фасонных, сложной формы стальных изделий включает операции смешивания порошков оксидов, порошков железа, и связующего, формования путем прямого прессования или литья, двухстадийной термической обработки формовок с целью пиролиза связующего и восстановления оксидов и высокотемпературного активированного спекания, с дальнейшей высокотемпературной инфильтрацией порошкового железного каркаса медным сплавом. Изделия получают с применением технологической схемы, приведенной на рис. 1.

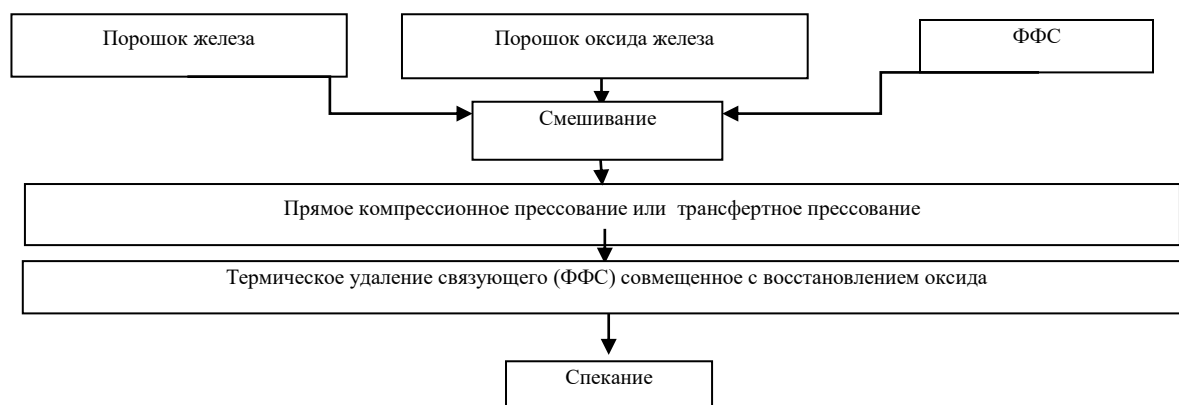


Рис. 1. Технологическая схема получения образцов

Для спекания применяются высокотемпературные печи (температура спекания 1300-1350⁰С).

Механические и триботехнические свойства определяются: низкой пористостью, получаемой при высокотемпературной инфильтрации; прочностью каркаса, достигаемое легированием и микролегированием; морфологией медной фазы, формируемой в процессе изотермической выдержки после инфильтрации; составом инфильтрата и его содержанием. Вместе с тем сведения о свойствах и структуре псевдосплавов весьма разрознены и даже противоречивы, отсутствуют данные о систематизированных исследованиях механизма формирования структуры на всех стадиях получения материала и взаимосвязи ее со свойствами, что сдерживает широкое применение таких материалов.

Техника эксперимента. Для инфильтрации пористое тело было нагрето до температуры жидкого пропитывающего материала. Пористую заготовку и соприкасающийся с ней пропитывающий брикет нагревают в защитной среде печи спекания. Чтобы пропитывающий материал не растекался, каждую пару деталь - пропитывающий брикет отделяют от другой, укладывая в отдельную форму.

Образцы для исследований были изготовлены по технологической схеме рис. 1 в виде шайб с размерами $D_{нар} = 31$ мм, $d_{вн} = 15$ мм, $h = 3,5$ мм.

У образцов определялась пористость, и на основе полученных данных определялось количество медного сплава для инфильтрации.

Для исследования свойств, полученного композиционного материала у образцов определялась твердость, и были изготовлены шлифы.

Интерпретация результатов. В настоящее время имеются научные результаты и определённые практический опыт получения псевдосплавов на основе железа с пропиткой медными сплавами. Пропитка пористых железных заготовок, полученных традиционными методами порошковой металлургии, с точки зрения получения изделий сложной формы имеют ряд недостатков:

- необходимость высоких давлений прессования (600-700 МПа);
- необходимость оформления каждого перехода по высоте отдельным пуансоном, что существенно усложняет оснастку и удорожает процесс формования;
- невозможность получения деталей с тонкими стенками, подобно МИМ технологии.

Высокотемпературное спекание существенно удорожает процесс. Поэтому представляет интерес получения малопористых изделий с применением активации спека-

ния за счет образования жидкой фазы, а также использования инфильтрации. Исследование таких процессов до сих пор не проводились. В настоящей работе ставилась задача исследования структуры материалов, полученных формованием композиций Fe-Fe_xO_y-ФФС с заменой процесса спекания инфильтрацией латуни.

Структура (рис. 2) полученных композиционных материалов имеет прочную твердую основу с включениями твердых смазок, обеспечивающие необходимые прочностные свойства, пластичная фаза в виде непрерывных включений, переходные слои между составляющими материала, практическое отсутствие пор.

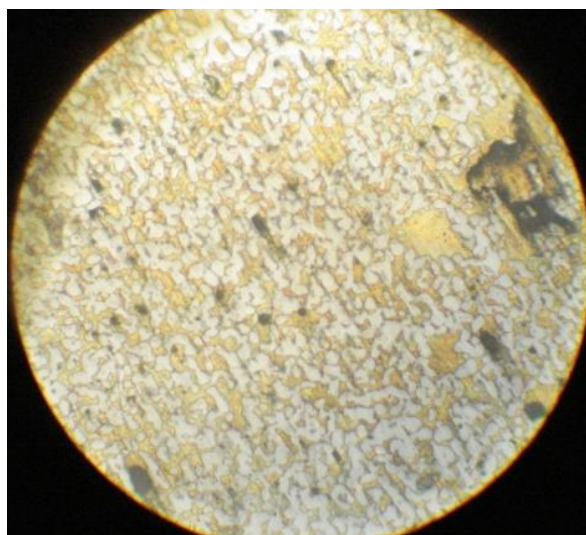


Рис. 2. Микроструктура порошкового композиционного материала

За время инфильтрации, которое, как было установлено, составляет 30-60 с, не успевают пройти процессы формирования структуры в стальном каркасе, что не позволяет достичь необходимого уровня свойств псевдосплава, поэтому проводилась изотермическая выдержка при температуре инфильтрации в течении 5-60 мин. Исследование структуры псевдосплава непосредственно после инфильтрации показало, что медная фаза располагается главным образом на стыках железных частиц в местах расположения пор. После изотермической выдержки в течении 10 мин в псевдосплаве, вследствие взаимной диффузии меди и железа, происходит проникновение медной фазы по границам зерен стального каркаса. С увеличением выдержки толщина прослоек медного сплава увеличивается, происходит разделение зерен и заполнение медным сплавом микропор. Скорость проникновения медной фазы в межчастичное пространство и толщина медных прослоек определяются совершенством межчастичных и межзеренных границ в железном каркасе.

Наличие меди существенно влияет на формирование структуры каркаса из углеродистой стали при изотермической выдержке. В особенности при инфильтрации неспеченного каркаса, когда процессы образования твердого углерода в железе и инфильтрации протекают практически одновременно.

При изотермической выдержке 5 мин прочность псевдосплава практически не меняется, при 10 мин выдержке изменений прочности тоже не наблюдается. Изотермическая выдержка в течение 30-60 мин обеспечивает максимальную прочность псевдосплава, а при более длительной выдержке к некоторому снижению прочности.

Формирующаяся при инфильтрации и последующей изотермической выдержке в псевдосплаве практически беспористая структура с равномерным распределением медной фазы в стыках и частично в виде тонких прослоек по границам частиц, наличие пе-

реходных слоев твердых растворов железа и меди переменной концентрации обеспечивает более чем в 2 раза большую прочность, чем прочность порошковой стали.

Медные сплавы имеют высокую теплопроводность и хорошо смачивают железо, а также хорошо взаимодействуют с железом с образованием твердых растворов различной концентрации на межфазных границах. Преимуществом таких материалов является возможность в широких пределах варьировать их свойства изменением состава стального каркаса, состава и морфологии медной фазы.

Выводы.

1. Разработана технология получения псевдосплавов на основе железа и меди, путем инфильтрации высокодисперсного губчатого железа, полученного низкотемпературным восстановлением оксидов железа пиролизическим углеродом.

2. Впервые установлены закономерности изменения структуры псевдосплавов в зависимости от дисперсности исходных компонентов и количества инфильтрата. Показано, что проникновение инфильтрата в межчастичное пространство осуществляется сначала в высокодисперсные поры губчатого железа, с последующим заполнением все более крупных пор.

3. Установлено, что дисперсность структуры восстановленного оксида не зависит от дисперсности железного порошка, применяемого в качестве наполнителя.

4. Показано, что в зависимости от количества инфильтрата могут быть получены материалы, имеющие как пористую структуру с открытыми порами, так и беспористую структуру, не имеющую открытых пор. Соответственно изменяются механические свойства, в зависимости от количества инфильтрата могут использоваться в качестве высокопрочных конструкционных, а также в качестве пористых антифрикционных с порами, в последующем заполненными смазкой.

Список литературы

1. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов (Синергетика от прошлого к будущему). – М. КомКнига, 2006. – 592 с.
2. Довыденков В.А. МИМ-технология: новые возможности изготовления заготовок / Заготовительные производства в машиностроении, 2006 - №8 – С. 47-50.
3. Довыденков В.А. Получение металлических деталей путем формования и спекания металлополимерных композиций / Технология металлов, 2008. - №6. – С. 28-31.
4. Онучин Е.М., Медяков А.А.. Наноструктурированные наполнители каталитических систем для установок анаэробной переработки органических отходов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. № 3(13). – С. 95-101.
5. Борок Б.А. и Ольхов И.И., Порошковая металлургия. М.. Металлургиздат, - 144 с., ил.
6. Айзенкольб Ф. Порошковая металлургия. М., Металлургиздат 1959. – 520 с.
7. Андриевский Р.А. Пористые металлокерамические материалы. М., Металлургия, 1964. - 187 с.

RECEIVING THE NEW NANOSTRUCTURED MATERIALS BY THE INFILTRATSY METHOD

Soloveva Ekaterina Veniaminovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The technology of receiving the nanostructured composite materials is offered by an impregnation method. Are described its structure and properties.

Keywords: *Infiltration, pseudo-alloy, time, agglomeration, direct pressing.*

УДК556.043

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОТБОРА ПРОБ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Тарасова Ольга Германовна, Носова Анжелика Николаевна

ФГБУЗ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола

TarasovaOG@volgatech.net, NosovaAN@volgatech.net

Выполнен анализ документов по стандартизации содержащих требования на отбор проб воды для оценки качества. Сделаны некоторые замечания и предложены мероприятия, позволяющие получать достоверные данные мониторинга.

Ключевые слова: документы по стандартизации, отбор проб питьевой воды, мониторинг, оценка качества.

Введение. Отсутствие технических регламентов в области водоснабжения, обеспечивающих безопасность жизни и здоровья, и значительное количество стандартов разного уровня затрудняют осуществление мониторинга и получение достоверных данных о состоянии воды. Анализ документов по стандартизации (ДС) содержащих требования по отбору проб питьевой воды позволил выявить, что имеется несколько документов устанавливающих стандартные требования к данной процедуре. Учитывая отечественный и зарубежный опыт, следует создать правовую базу, базирующуюся на актуализированных ДС.

Цель работы: создание предпосылок для формирования единого документа, предусматривающего отбор питьевой воды для разных типов источников, видов и периодичности отбора проб в зависимости от места водозабора и показателя.

Решаемые задачи: 1) анализ ДС на отбор проб питьевой воды; 2) обоснование изменения периодичности отбора с учетом природных особенностей местности.

Техника эксперимента. Аналитическим методом установлено, что к ДС, устанавливающим стандартные требования по отбору питьевой воды относятся ГОСТ Р 51592-2000 [1], ГОСТ Р 51593-2000 [2] и СанПиН 2.1.4.1074-01 [3].

Интерпретация результатов. При анализе документов [1, 2, 3] было выделено пять групп основных требований: к самому отбору, периодичности и объему выборки, оформлению процедуры и хранению образцов.

В декабре 2002 года был принят Федеральный закон «О техническом регулировании». Разработка и принятие этого закона направлены на решения в основном технических и организационных проблем. Рассматривая вопросы обеспечения безопасности жизни и здоровья следует учитывать особенности водопользования, в частности, при гармонизации с европейскими нормами в области нормирования качества воды, выработки требований к технологиям очистки воды, с учётом высокой степени износа оборудования и особенно распределительных сетей и требований к нормативным документам.

Технический регламент в области водоснабжения для обеспечения безопасности питьевой воды должен:

- создать правовую основу водоснабжения, базирующуюся на отечественном и международном опыте и гармонизированную с аналогичными подходами, действующими в Европейском Союзе;

- устанавливать минимально-необходимые требования к безопасности питьевой воды, при этом свести к минимуму влияния субъективного фактора;
- стимулировать производителей питьевой воды к обеспечению её безопасности и, как следствие, повышение ее качества.

Действующие СанПиН 2.1.4.1074-01 содержат более 700 параметров качества воды и носят скорее научный, чем конструктивный характер. Обязательный перечень контролируемых параметров выделен и состоит из 50 ингредиентов, однако может быть изменён на местах с учётом региональных условий. В результате государственный надзор и контроль за питьевыми водами осуществляется на основании ведомственных и региональных перечней нормируемых загрязняющих веществ. Законодательная база позволяет на региональном уровне сокращать перечень контролируемых показателей безопасности питьевой воды.

В таблице приведено количество параметров качества питьевой воды, подлежащих обязательному контролю в некоторых странах [5].

Установлено, что даже в развитых странах обязательному контролю подлежат не более 60 параметров, по мнению некоторых гигиенистов, их число должно быть не менее 100, безусловно, это более соответствует желаниям потребителей воды.

Количество нормируемых показателей

Нормативный документ	Количество нормируемых показателей		
	всего	химические	микробиологические
Руководство ВОЗ, 2004 г.	68	63	1 (+4 дополнительных)
Директива ЕС 98/83/ЕС, 1998	45	40	5
Постановление от 21 мая 2001 г., Германия	43	37	6
ЕРА 816-F-03-016, версия: июнь 2003 г., США	60	54	6
СанПиН 2.1.4.1974-01, Россия	50	44	6

Однако проверка по такому количеству показателей весьма накладно для организаций, и следовательно, для потребителей, поскольку повышается оплата коммунальных услуг за пользование водой, что в настоящее время актуально для всех городов России. Выходом из этого противоречия может быть либо введение региональных нормативов, что противоречит закону «О техническом регулировании», либо введение такого порядка мониторинга, при котором часть параметров контролируется периодически в централизованных санитарных лабораториях. Это, впрочем, не избавляет производителей воды от административной и другой ответственности при превышении хотя бы одного параметра. Определённым компромиссом было бы введение принципа наилучших доступных технологий очистки, при котором утверждается обязательный перечень контролируемых параметров питьевой воды, сформулированный гигиенистами. При этом водоканалы могут освобождаться от ответственности, если докажут, что в сложившихся региональных условиях применили наилучшую технологию очистки воды. Однако, принцип наилучших доступных технологий пока не проработан ни в научно-техническом, ни в законодательном плане и немедленное его внедрение приведёт к росту неформальных отношений в системе водопотребления.

Поэтому эффективность внедрения технических регламентов будет зависеть от решения ряда организационно-технических задач по: разработке методических материалов по наилучшим доступным технологиям очистки, обеспечивающим безопасность воды; законодательному определению статуса СНиП и разработке методических и юридических материалов по их применению; разработке и законодательному утверждению стратегии водоснабжения населения России питьевой водой с учётом новой нормативно-правовой базы.

Проблема обеспечения населения России питьевой водой соответствующего качества и в достаточном количестве стала одной из главных во многих регионах страны. Без ее кардинального решения невозможно сохранение санитарно-эпидемиологического благополучия населения, решения многих социальных проблем, связанных с повышением уровня жизни людей. Каждая пятая исследованная проба питьевой воды из разводящих водопроводных сетей не соответствует санитарным нормам по санитарно-химическим и каждая десятая – по микробиологическим показателям. Поэтому, одним из важных моментов является отбор проб воды.

Отбор проб воды по стандарту [2] проводят при контроле обеззараживания, стабильности технических процессов водоподготовки и воды, используемой для приготовления пищевых продуктов и напитков при этом регламентируются только требования к типу отбора, в частности из резервуара, расфасованных емкостей, распределительной и внутридомовой сети, на правила проверки по остальным требованиям дается ссылка на [2].

Анализ ГОСТ Р 51592-2000 [1] показал, что документ содержит методы и типы отбора: периодический и непрерывный; отбор точечных проб, сериями, составными пробами и пробами большого объема. Периодичность устанавливается в соответствии с программой исследования в зависимости от водного объекта, а объем - от определяемых показателей и вида анализа по стандартам на методы контроля. Документ устанавливает также требования к оформлению акта отбора и хранению проб; проведению фильтрования, охлаждения и консервации проб (при необходимости).

Санитарные правила и нормы [3] устанавливают периодичность отбора проб в зависимости от места водозабора и показателя. Следует отметить, что документ предусматривает осуществление контроля качества воды только раз в квартал. Несомненно, этого не достаточно для получения достоверных данных мониторинга для оценки качества питьевой воды. Для подтверждения данного предположения был проведен анализ качества питьевой воды взятой из подземных источников (не очищенной) в апреле 2012 г. по мониторинговым точкам в республике Марий Эл (рис.1).

Результаты исследования показателей качества питьевой воды показывают превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) веществ, в частности, по минерализации, содержанию сульфатов и хлоридов в апреле (период интенсивного таяния снегов), тогда как в мае ПДК соответствует нормативным значениям. Следовательно, например, в апреле (для нашего региона), необходимо обеспечить оперативный отбор проб и обработку результатов, для принятия мер по интенсивной очистке воды.

Как видно из диаграммы удельный вес проб воды, не соответствующих гигиеническим требованиям в Звениговском, Моркинском, Сернурском, Горномарийском районах, а также в г. Волжск.

Основными причинами неудовлетворительного качества питьевой воды Республики Марий Эл по санитарно-химическим показателям, по-прежнему, является наличие в подземных водах химических веществ природного характера: железа, марганца,

аммиака, нитритов, а также низкое содержание в воде фтора, которое связано с природными особенностями подземных вод, а также жесткость и минерализация [4].

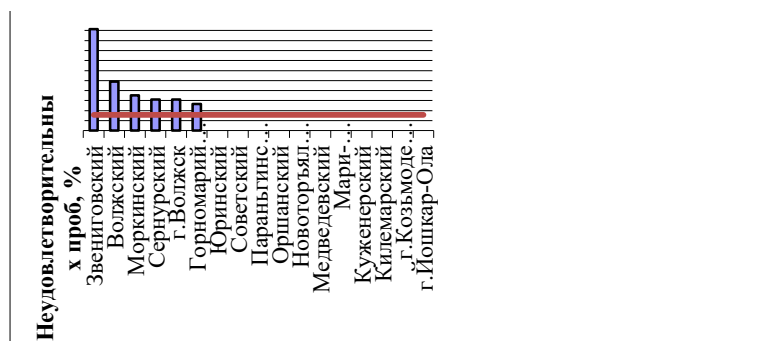


Рис. 1. Удельный вес проб питьевой воды на мониторинговых точках централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, не соответствующих гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям в 2012 году

Аналогичная ситуация складывается и по микробиологическим показателям, наихудшее качество воды в 2012 году отмечалось в городе Йошкар-Ола — 4,8% проб не соответствовали гигиеническим нормативам (в 2011 году — 1,2% проб). Наибольшее число проб (выше средне республиканского уровня), не соответствующих гигиеническим требованиям по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, в 2012 году отмечалось в сельских населенных пунктах.

Выводы.

1. Утверждение проекта технического регламента по качеству питьевой воды позволит повысить ответственность Водоканалов за безопасность и бесперебойное снабжение населения питьевой водой, расширит нормативно-правовую базу документов, ускорит использование надёжных технологий очистки природной воды
2. Анализ документов по стандартизации показал, что для осуществления мониторинга качества питьевой воды необходимо снижение трудоемкости проведения отбора образцов проб путем создания единой методики, объединяющей требования вышеперечисленных документов;
3. Внести изменения в документ [3] и увеличить частоту периодичности отбора проб для подземных вод с одного в квартал на 2-3 в месяц (в весенний период). График отбора проб по стандартным методикам целесообразно устанавливать Центрам Роспотребнадзора самостоятельно, в зависимости от географического расположения региона и погодных условий (интенсивность таяния снегов, дожди, паводки и т.д.).

Список литературы

1. ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». [Текст]. – Введ. 2001.07.01 – М.: Госстандарт России, 2000. – С.35.

2. ГОСТ Р 51593-2000 «Вода питьевая. Отбор проб». [Текст]. – Введ. 2001.07.01 – М.: Госстандарт России, 2000. – С.8.
3. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». [Текст]. – М.: МЗ РФ, 2001.
4. Федюков В.И, Носова А.Н., Бахраков С.И., Петрова Т.И. Экологические и социально-технические аспекты обеспечения качества и безопасности питьевой воды на примере Республики Марий Эл // IV Международной научно-практической конференции «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг»: материалы. – Орел, 2007. – С. 53–56.
5. Войтко П.Ф. Использование лесов Республики Марий Эл для строительства и эксплуатации искусственных водных объектов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – №1. – С.29-36.
6. Контроль качества питьевой воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://soyuzproekt.narod.ru/ntd_v/sanpin.2.1.4.1074-01-04.htm (дата обращения: 13.05.13).

ANALYSIS METHODS OF SAMPLING OF DRINKING WATER

Tarasova Olga Germanovna, Nosova Angelica Nikolaevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola
TarasovaOG@volgatech.net, NosovaAN@volgatech.net

The analysis of the standardization documents containing requirements for sampling water quality assessment. Made some comments and suggestions wife actions allowing to obtain reliable data monitoring.

Keywords: *standardization documents, sampling of drinking water, monitoring, quality assessment.*

УДК 330.15

ЗНАЧЕНИЕ ЛОГИСТИКИ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Филенко Юлия Александровна, Каменских Александр Дмитриевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
 Россия, Йошкар-Ола
FilenkoYA@volgatech.net

Предложено повышение эффективности логистической системы в лесопромышленном комплексе.

Ключевые слова: *логистика, микрологистическая подсистема, макрологистическая подсистема, лесозаготовка.*

Введение. На сегодняшний день предприятия лесопромышленного комплекса являются перспективным сектором экономики Приволжского региона, что обусловлено экспортным потенциалом данной отрасли. Их деятельность связана с большим объемом логистических операций, выполняемых непосредственно от лесохозяйственных учреждений региона к потребителям через цепочку лесопромышленных

организации. В итоге получается продукция с высокой добавленной стоимостью. Одним из основных направлений повышения эффективности работы данных предприятий будет являться совершенствование логистической деятельности в лесопромышленном комплексе.

Анализ деятельности предприятий региона лесного комплекса показал, что в современных условиях хозяйствования используются отдельные, не интегрированные, элементы логистической системы, отсутствует согласованность во взаимодействии маркетинга и логистики, что приводит к снижению эффективности деятельности предприятий.

Цель работы: повысить эффективность логистической системы в лесном комплексе производств, осуществляя доставку грузов "точно в срок" при минимальных затратах трудовых и материальных ресурсов.

Решаемые задачи: 1) разработка механизма направленного на создание макро- и микрологистических подсистем; 2) оптимизация инновационных подходов для эффективного функционирования логистической системы в лесопромышленном комплексе.

Системный анализ. Основное условие логистики для соблюдения принципа доставки грузов "точно в срок" требует, чтобы сырьевые материалы, полуфабрикаты, товары и их компоненты, прежде всего, были готовы для комплектации заказов, их отправления и доставки, когда возникает спрос как в границах производства, так и за его пределами.

Исследования трудов отечественных и зарубежных ученых позволили сделать вывод о том, что имеет место двойственность трактовки категории «логистическая система»: с одной стороны, логистическая система – это сеть, состоящая из цепей поставок, предприятий, посредников и т. п., целью функционирования которой является полное удовлетворение спроса за счет предоставления товаров с максимальной потребительской ценностью и рациональными логистическими затратами, а с другой, – интегрированная система, объединяющая в себе все логистические операции в организациях и с наибольшей эффективностью обеспечивающая движение материального и информационного потоков, начиная от закупки сырья и комплектующих и заканчивая распределением готовой продукции. Учитывая рассмотренные подходы к трактовке и особенности логистической деятельности на предприятиях, категорию «логистическая система» можно представить как совокупность микро- и макрологистических подсистем, функционирование которых связано с управлением материальными, информационными, финансовыми потоками и направлено на максимизацию потребительской ценности товара при рациональных логистических затратах [1].

Для решения поставленной задачи предлагается разработать механизм, направленный на создание макро- и микрологистических подсистем. В первой подсистеме будет сделан акцент на управление логистической деятельностью при взаимодействии предприятия с поставщиками и покупателями, во второй - управление логистических операций, протекающих внутри предприятия. Взаимодействие данных систем можно выстроить в виде схемы представленной на рис. 1.

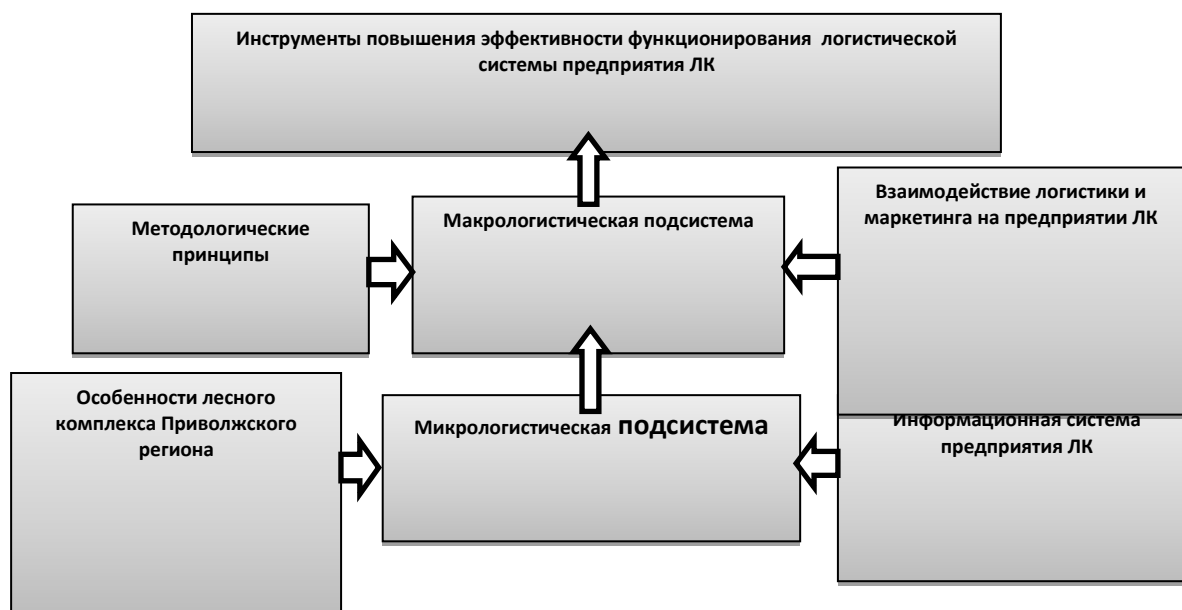


Рис. 1. Модель формирования и эффективного функционирования логистической системы предприятия лесного комплекса

Особенности лесного комплекса Поволжского региона включают в себя: источник сырья, находящийся на территории региона; значительный удельный вес в деятельности лесного комплекса, составляющий внешнеэкономические операции; на территории республики имеется в наличии полный комплекс переработки древесины, осуществляющий большой объем транспортных операций и т.п.

Методологические принципы основаны на принципах системности, комплектности и целостности, адаптивности, интегрированности, конкретности, надежности.

Для повышения эффективности деятельности логистической системы используются следующие инструменты: методика определения эффективности функционирования логистической системы, выбор рациональной схемы снабжения производства и распределения готовой продукции, планирования товарного ассортимента и методы совершенствования выполнения логистических операций. Применение перечисленных инструментов позволит улучшить качество обслуживания покупателей при рациональных логистических затратах и повысить результативность деятельности предприятий лесного комплекса в целом [2,3].

Осуществление интеграции подобным образом позволит вырабатывать управленческие решения, которые учитывают интересы покупателей, поставщиков и предприятия.

Логистическая концепция организации эффективного функционирования системы. Применение инновационных подходов приведет к эффективному функционированию логистической системы в лесопромышленном комплексе.

Например, поставка материалов, сырья, готовой продукции "точно в срок" оказывает благоприятное влияние на функционирование всей экономической системы, позволяет существенно (иногда в 3-4 раза) сократить запасы на складах промышленных предприятий.

Большим плюсом для того, чтобы усовершенствовать и ускорить процесс лесозаготовки является внедрение на предприятиях "скандинавских технологий", то есть заготовка леса будет полностью производиться машинами харвестерами и форвардерами.

Преимущества использования харвестеров и форвардеров при проведении лесозаготовки:

1. Лесозаготовка производится харвестером в любое время года, не взирая на погодные условия и время суток.

2. Харвестер, в связи с тем, что ствол дерева распиливается по размерам на месте, дает возможность поставлять сортименты определенных отмеренных размеров прямо на лесозаготовительный склад.

3. Лесозаготовительная продукция, стрелеванная форвардером, не загрязняется и не портится грунтом и камнями.

4. Форвардер оказывает минимальное давление на почву во время трелевки и уборки отходов лесозаготовки.

5. Для перевозки грузов на форвардере требуются минимальные тяговые усилия, и существует возможность обойтись наименьшим количеством топлива на единицу продукции лесозаготовки. Это значит, что лесозаготовки проводятся малозатратно[4].

К сожалению, Республика Марий Эл, как и соседние регионы Приволжского федерального округа, обладает истощенным лесным фондом, который не позволяет производить масштабные промышленные лесозаготовки с применением современной высокопроизводительной, но дорогостоящей техники. Между тем необходимость в таких машинах остро ощутима. Из 30-40 предприятий Республики Марий Эл, ведущих систематические лесозаготовки, лишь у 3-5 годовой объем вывозки сортиментов превышает 25 тыс. куб. м, что является необходимым минимумом для рентабельной эксплуатации форвардеров (причем не новых, а дорабатывающих свой ресурс после 7-12-летней эксплуатации за рубежом), а уровень рентабельности харвестера (120-150 тыс. куб. м в год заготавливаемой древесины) просто не достигим.

Перспективным направлением качественного роста показателей эффективности производства работ по рубкам ухода и лесовосстановлению является разработка нового поколения лесных машин для рубок ухода и лесовосстановления, построенных на принципах эксплуатационной модульности и широкого использования современных информационных технологий для автоматизации выполняемых технологических процессов. При этом полностью сохраняют свое значение требования энергоэффективности и экологичности машин [5,6].

Еще одно преимущество логистического подхода к оптимизации организации и управления материальным потоком способствует внедрению малоотходных и безотходных технологических процессов в лесозаготовительном производстве, решает проблему рационального использования сырьевых ресурсов, обеспечивает загрузку оборудования и рабочих, повышает качество и эффективность лесозаготовительного производства [7].

В процессе прореживания лесных площадей создается большое количество древесных отходов. Сегодня они зачастую остаются гнить на месте, в то время как древесные отходы могут быть собраны, высушены и использованы в качестве топлива частными и местными промышленными потребителями. Следующим источником древесных отходов является обработка деловой древесины. Сухие опилки и другие отходы, возникающие в процессе распиловки, представляют собой качественное топливо.

Внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов позволят создать производство древесного биотоплива, как возобновляемого энергетического ресурса.

Успешная реализация производства позволит:

1. Решить задачу рационального и неистощительного использования лесов, комплексного использования древесины за счет увеличения глубины переработки;

2. Создать новые рабочие места на предприятиях по производству древесных гранул и брикетов;
3. Снизить нагрузку регионального бюджета по поставке энергоресурсов в удаленные от централизованного электро- и теплоснабжения районы в результате изменения топливного баланса;
4. Обеспечить экологическую безопасность при освоении лесов, повысить эффективность мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов.

Так же для наиболее эффективной и продуктивной работы лесозаготовительного предприятия требуется иметь первоклассный транспорт и хорошие дороги. При условии неплохих дорог, автомобильный лесотранспорт позволяет развить плотную систему дорог, что заметно снижает расстояние трелевки от участка лесозаготовки. Для зимнего времени существует возможность прокладки временных дорог (срок их службы составляет до 5 лет) к месту лесозаготовки [8].

Длительное хранение лесопроductии снижает ее качество, а значит и цену реализации. Затраты растут, а цена падает - это "горькая теорема" лесного комплекса. Наиболее актуальным в данном случае будет кросс-докинг. Наиболее распространенная схема кросс-докинга это прямая перегрузка из одного транспортного средства в другое, в некоторых случаях сопровождаемая одновременной перетаркой и некоторыми другими возможными операциями с лесной продукцией. Таким образом, данная услуга позволяет получить значительное сокращение издержек (затрат) на складское хранение леса, а также исключить долговременные простои транспортных средств [9, 10].

Выводы.

1. Комплексный логистический подход в сфере лесозаготовок, транспорта леса, складирования и распределения обеспечивает адаптивность лесозаготовительного производства к рынку, позволяет минимизировать производственные издержки и получить дополнительные преимущества в конкурентной борьбе.
2. Техническое перевооружение предприятий лесного комплекса радикально повысит качество продукции, что позволит расширить нишу на внешнем рынке. Для этого необходимо широко внедрять самые прогрессивные технологии и технические средства, обеспечивающие полную механизацию труда и автоматическое управление.
3. Оптимизация организации и управления материальным потоком способствует внедрению малоотходных и безотходных технологических процессов в лесозаготовительном производстве, что в свою очередь решает проблему рационального использования сырьевых ресурсов, обеспечивает загрузку оборудования и рабочих, а так же повышает качество и эффективность лесозаготовительного производства.

Список литературы

1. Шишло С.В. Теоретические основы формирования и эффективного функционирования логистических систем на предприятиях лесного комплекса // Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь, 2012. – № 1.
2. Ельдештейн Ю.М., Болотов О.В. Решение задач макрологистики в лесном комплексе// Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2007. – № 1. – С. 21-25.
3. Малицкая С.И. Эффективная система управления логистикой // Экономика и управление: новые вызовы и перспективы, 2010. – № 1. – С. 291-292.
4. Селиверстов А. А., Сюнев В.С., Герасимов Ю. Ю., Соколов А.П. Повышение эффективности использования Харвестеров // Системы. Методы. Технологии, 2010. – № 8. – С. 133-139.

5. Онучин Е.М. Адаптивно-модульные машинно-технологические комплексы для интенсивного лесопользования // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 82. – С. 357–370.
6. Манукян А.Г. Актуальные вопросы оптимального развития и размещения предприятий лесной промышленности // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник [Текст], 2011. – № 1. – С. 123-124.
7. Кузнецов А.В., Скрыпин В.И., Шегельман И.Р. Метод снижения затрат на транспортировку древесины по путям первичного транспортного леса // Наука и бизнес: пути развития, 2012. – № 1. – С. 62-65.
8. Левина И.В. Региональные проблемы развития лесопромышленного комплекса // Региональная экономика: теория и практика [Текст], 2009. – № 7. – С. 12-15.
9. Тимашев А. Л. Как сделать логистику эффективнее // Транспорт Российской Федерации [Текст], 2007. – № 10. – С. 43-43.
10. Романов Е. М., Онучин Е.М. Подходы к разработке и исследованию инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 3. – С. 3–9.

IMPORTANCE OF LOGISTICS THE LUMBER INDUSTRY

Filenko Yulia Alexandrovna, Kamenskih Aleksandr Dmitrievich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Proposed increase in the efficiency of the logistics system lumber industry.

Keywords: logistics, micrologistical subsystem, macrologistical subsystem, logging.

УДК 630*08(07)

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРОЦЕССА ВЫДАЧИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Царев Павел Евгеньевич, Чемоданов Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
TcarevPE@volgatech.net

Предлагается конструкция буферного магазина с отсекателем с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения, проведение экспериментов и расчет разрешающей способности данного оборудования.

Ключевые слова: отсекабель, буферный магазин, разрешающая способность, лесоматериал, деревообработка, щель бревен.

Введение. Исследования, проводимые для лесной и деревообрабатывающей промышленности, направлены на выявление оптимальных условий протекания различных процессов обработки лесоматериалов и режимов работы машин и оборудования [1]. В настоящее время деревообрабатывающая промышленность стоит перед трудностью: с одной стороны существует огромный спрос на оборудование, которое позволит повы-

сдать энергосбережение технологии, повысить автоматизацию труда и увеличить диапазон обрабатываемых лесоматериалов, а с другой – соответствующее оборудование, которое есть на рынке, не обладает теми возможностями, которые необходимы деревообрабатывающей промышленности [2]. В связи с этим представляет определенный теоретический и практический интерес процесс разработки и исследования буферного магазина с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения отсекающего, его принципа работы и основных параметров, как одного из самых простых, надежных и экономичных представителей этого класса.

Цель работы: обоснование методики экспериментальных исследований и статистическая обработка экспериментальных данных процесса поштучной выдачи круглых лесоматериалов при помощи буферного магазина с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения.

Решаемые задачи: создание методики проведения экспериментальных исследований, определение граничных условий проведения эксперимента, проведение предварительного эксперимента, проведение непосредственно экспериментов и на основе последних, получение данных и их статистическая обработка.

Установка для проведения экспериментов представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модельная установка: 1 – рама (основание); 2 – рабочий стол; 3 – цепь поперечного транспортера; 4 – отсекатель; 5 – балка; 6 – блок приводных шкивов; 7 – наклонная; 8 – приемный лоток; 9 – модельные бревна; 10 – вал; 11 – звездочка; 12 – тензометрический датчик; 13 – дисплей

Методика планирования эксперимента. В зависимости от количества бревен в щети, величины угла наклона рабочего стола относительно горизонтальной поверхности, расположения диаметров бревен по длине щети, были поставлены ряд поисковых опытов, результаты которых были доложены ранее [3]. По итогам данных опытов была определена зависимость вместимости буферного магазина от угла наклона рабочей поверхности, была выведена формула 1 для определения вместимости буферного магазина, также были определены граничные условия стабильной работы установки в целом, а в частности надежной гарантированной поштучной выдачи круглых лесоматериалов.

$$E = (L_1 + h_{кр} \cdot \mu) / ((0,5 \cdot d - h_{кр}) \cdot \varphi \cdot \mu), \quad (1)$$

где L_1 – расстояние от центра масс выдаваемого бревна до отсекаателя, м; $h_{кр}$ – критическая высота отсекаателя, при котором происходит самопроизвольное опрокидывание бревна через отсекаатель, м; μ – коэффициент трения цепями поперечного цепного транспортера по бревнам; d – диаметр выдаваемого бревна, м; φ – коэффициент заполнения слоя бревен.

Граничные условия работоспособности установки являются граничными условиями эксперимента и представлены в табл.1.

Таблица 1

Таблица варьирования переменных факторов

№ п/п	Наименование факторов	Обозначение	Код	Единица измерения	Шаг варьирования	Уровни варьирования		
						-1	0	1
1	Угол наклона стола	α	X_1	град	10	-10	0	10
2	диаметры бревен	d	X_3	м	0,29	0,16	0,45	0,74
3	количество	n	X_4	шт	2	1	3	5

На основании табл. 1, была составлена таблица планирования эксперимента в натуральных и индексированных показателях.

На основе таблицы планирования были произведены ряд предварительных опытов на модельной установке (рис.1) с использованием модельных бревнышек уменьшенных в 10 раз, подогнанных по массе с учетом теории подобия [4], с целью установления минимального числа повторений [1]. В результате расчетов (табл. 2) было установлено, что минимальное число повторений опытов составляет 11.

Таблица 2

Расчет минимального количества повторений опыта

№ опыта	Сила давления, Н	y	y-y _i	(y-y _i) ²	s ²	s
1	13,3	12,25518	1,045817	1,093733	0,874741	0,935276
2	13,1		0,880817	0,775838		
3	11,9		-0,37985	0,144286		
4	12,1		-0,115517	0,013344		
5	11,7		-0,55385	0,30675		
6	11,9		-0,366517	0,134334		
7	11,4		-0,82385	0,678729		
8	12,4		0,16115	0,025969		
9	11,7		-0,541517	0,29324		
10	12,3		0,02315	0,000536		
11	12,1		-0,13485	0,018185		
12	13,0		0,713483	0,509058		
13	11,7		-0,573517	0,328921		
14	12,3		0,027483	0,000755		
15	11,3		-1,004183	1,008384		
16	15,3		3,00115	9,006901		
17	11,0		-1,29285	1,671461		
18	11,7		-0,603517	0,364232		
19	12,7		0,493483	0,243526		
20	12,3		0,043483	0,001891		

При проведении эксперимента используем план типа 2^k , где k – число факторов. Методическая сетка в натуральных показателях (табл. 3) содержит 14 расчетов. Из них 8 образуют полный факторный эксперимент, учитывающий линейные эффекты и парные взаимодействия и 6 расчетов в центре эксперимента в звездных точках с величиной звездного плеча $\alpha=\pm 1$, которые учитывают эффекты второго порядка.

Таблица 3

Таблица планирования эксперимента в натуральных показателях

№ п/п	Переменные факторы			Выходные параметры
	X1	X2	X3	У
1	-10	0,16	1	26
2	10	0,16	1	47
3	-10	0,74	1	430
4	10	0,74	1	952
5	-10	0,16	5	83
6	10	0,16	5	223
7	-10	0,74	5	2033
8	10	0,74	5	4038
9	-10	0,45	3	440
10	10	0,45	3	865
11	0	0,16	3	56
12	0	0,74	3	993
13	0	0,45	1	118
14	0	0,45	5	656

Статистическая обработка и интерпретация результатов. По каждому опыту было произведено по 11 повторений, получена выборка из 330 значений выходной величины по каждому опыту, затем выборка по каждому опыту усреднялась и сводилась в сводную таблицу планирования экспериментов в натуральных показателях табл.3, после этого в программной среде MathCAD произвели статистическую проверку на нормальность распределения случайной величины по критерию Пирсона [5].

По полученным данным были построены графики зависимости, представленные на рис. 2.

После математической статистики была просчитана разрешающая способность отсекаателей с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения, входящих в состав однорядного буферного магазина. На рис. 3 представлены схемы расположения бревен, которые являются граничными условиями работоспособности отсекаателей данного вида.

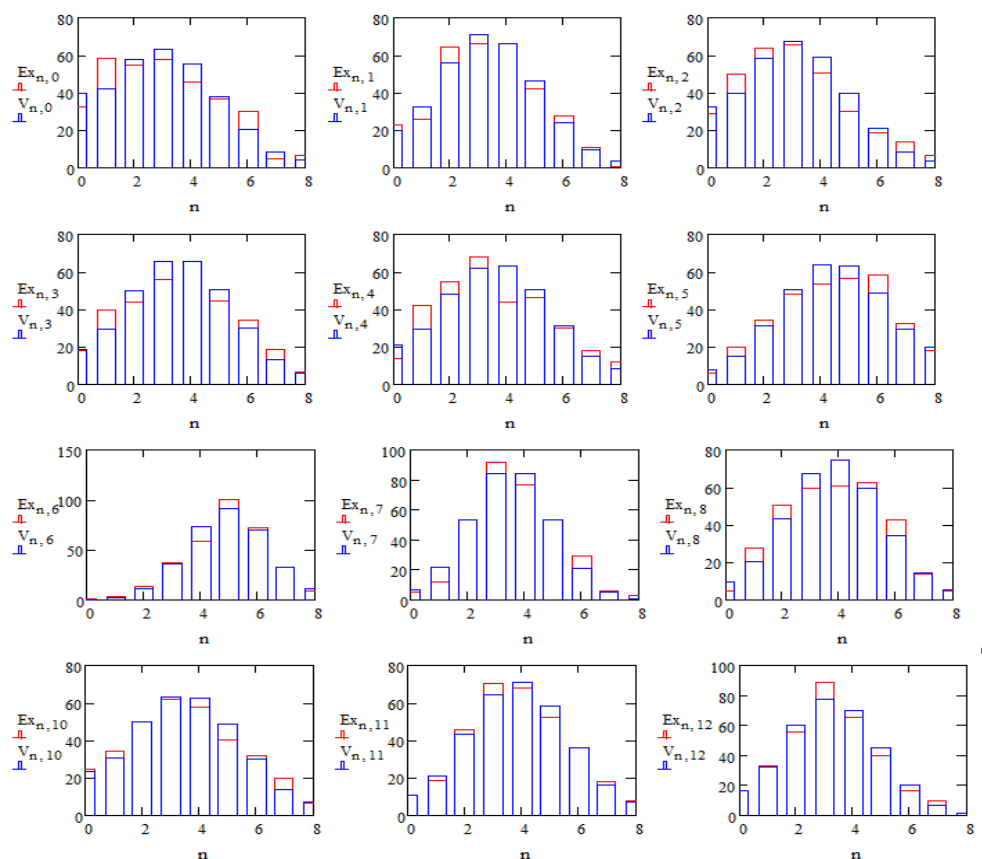


Рис. 2. Графики нормального распределения случайной величины

Как видно из рис. 2, возможны 3 варианта работы отсекающего: при положительном угле наклона рабочего стола; при нулевом угле наклона рабочего стола; при отрицательном угле наклона рабочего стола.

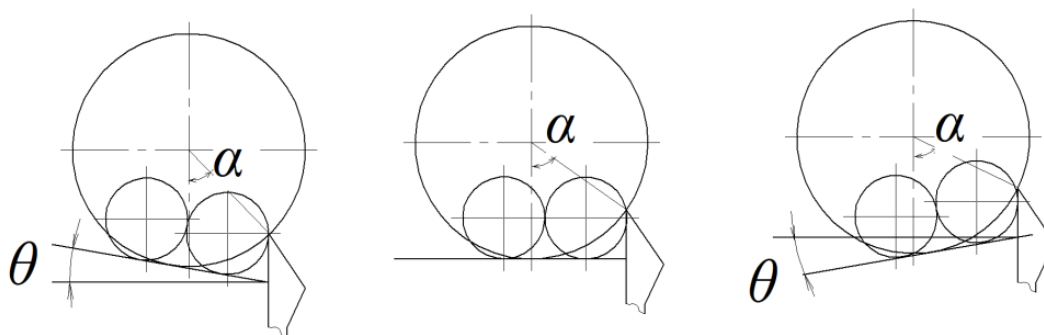


Рис. 3. Схемы для расчета разрешающей способности

Математическое моделирование. Для каждого варианта характерна своя формула расчета разрешающей способности. Так для первого случая разрешающая способность рассчитывается по формуле 1.

$$K = \frac{D}{d} = 1 + \frac{1,8}{\sin(\alpha)}, \quad (2)$$

где D – наибольший диаметр лесоматериала; d – наименьший диаметр лесоматериала; α угол между отсекающим и центром бревна.

Для второго случая разрешающая способность рассчитывается по формуле 3.

$$K = \frac{D}{d} = 1 + \frac{1,8 \cdot \cos(\theta')}{\sin(\alpha + \theta')}, \quad (3)$$

где θ' - угол наклона рабочего стола относительно горизонтальной поверхности.

Для третьего случая разрешающая способность рассчитывается по формуле 4.

$$K = \frac{D}{d} = 1 + \frac{1,8 \cdot \sin(\theta')}{\sin(\alpha - \theta')} \quad (4)$$

Интерпретация результатов. На основе полученных результатов была рассчитана разрешающая способность (К) буферного магазина с отсекателем с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения, которая находится в пределах от 2,8 до 104,2 при угле наклона рабочего стола относительно горизонтальной поверхности $\theta' =$ от -10 до +10 градусов и угле между отсекателем и центром бревна $\alpha =$ от 1 до 90 градусов. Интересным является тот факт, что при увеличении угла θ' в положительную сторону, поштучная выдача круглых лесоматериалов осуществляется при условии, что угол $\alpha \geq \theta'$.

Выводы.

1. На основе результатов серии предварительных экспериментов получена зависимость между вместимостью буферного магазина Е, и углом наклона рабочей поверхности θ' . Данная зависимость будет полезна проектировщикам и конструкторам деревообрабатывающего оборудования для определения конструктивных и технологических параметров буферных магазинов и режимов работы аналогичных видов оборудования.

2. Определены граничные условия стабильной работы оборудования данного вида: θ' меняется от 10 до 0 градусов; θ' равен 0 градусов; θ' меняется от 0 до -10 градусов.

3. Была построена таблица планирования эксперимента, согласно которой проведены опыты. Установлено, что полученные результаты, проверенные по критерию Пирсона, подчиняются нормальному закону распределения.

4. Материал экспериментальных исследований следует использовать при проектировании оборудования для поштучной выдачи круглых лесоматериалов к деревообрабатывающему оборудованию (лесопильной раме), работающему при разных геометрических параметрах перерабатываемого сырья.

Список литературы

1. Пижурин А.А., Пижурин А.А.. Основы научных исследований в деревообработке: учебник для вузов. – М.: МГУЛ, 2005. – 305 с.
2. Чемоданов А.Н., Царев П.Е. Резервные запасы лесоматериалов и способы их хранения на лесопромышленных складах и складах сырья потребителей // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – № 2. – С. 50-56.
3. Царев П.Е. Результаты контрольной серии экспериментальных исследований процесса выдачи круглых лесоматериалов // Международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых», 20-21 апр. 2012 г. [материалы и доклады]: в 3 ч. / редкол.: В.А. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – стр.87-88.

4. Гухман А.А. Введение в теорию подбора: учебное пособие для вузов/ 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. школа, 1973. – 296 с.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов/ 9-е изд., стер. М.: Высш.шк., 2003. - 479с.; ил.

TREATMENT OF EXPERIMENTAL DATA OF THE ISSUANCE OF ROUND TIMBER

Tsarev Pavel Evgenevich., Chemodanov Alexandr Nikolaevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola
TsPavel@mail.ru

A construction buffer shop with a razor with a constant length and variable-speed capture movement, experimentation and calculation of the resolution of the equipment.

Keywords: *cutter, buffer shop, resolution, timber, woodworking, schet of logs.*

УДК 674.047

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР И ИХ РАНЖИРОВАНИЕ

Чемоданов Александр Николаевич, Христофорова Наталья Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ChemodanovAN@volgatech.net

Установлены значимые факторы, влияющие на производительность и энергоемкость процесса сушки лесоматериалов, определены диапазон их изменения, ранжирование факторов.

Ключевые слова: *ранжирование факторов, конструктивные и технологические параметры, значимые коэффициенты.*

Введение. Величина производительности конкретной сушильной камеры определяет энергоемкость процесса сушки лесоматериалов. При эксплуатации имеющихся и проектировании новых камер необходимо стремиться к повышению производительности или снижению энергоемкости процесса сушки. Для того, чтобы иметь возможность влиять на эти показатели, нужно знать их зависимость от технологических и конструкционных параметров камер, которые можно сформулировать в три группы.

1 группа. Факторы, характеризующие штабель лесоматериалов. Сюда относят тип штабеля, способ укладки, линейные коэффициенты заполнения штабеля по длине, высоте, ширине, толщина пиломатериалов и прокладок.

2 группа. Факторы, характеризующие поведение сушильного агента в камере. Это скорость и напор воздушного потока, характер и интенсивность циркуляции потока в камере и через штабель.

3 группа. Факторы, характеризующие состояние воздушной среды внутри камеры. К ним относятся температура сушильного агента, психометрическая разность, степень насыщенности среды.

Различные соотношения перечисленных факторов будут определять режимы процесса сушки в зависимости от требований, предъявляемых к древесине [1].

Основной целью исследований можно считать выявление взаимосвязи отмеченных факторов с производительностью камер и оптимизации ее путем изменения конструктивных параметров или разработки новых конструктивных решений.

Цель работы: получить регрессионные уравнения, увязывающие конструктивные и технологические параметры сушильных камер и позволяющие наметить пути достижения оптимальных технологических параметров путем изменения соответствующих конструктивных параметров.

Решаемые задачи: 1) получение регрессионного уравнения, увязывающие конструктивные и технологические параметры сушильных камер; 2) установление значимых факторов, влияющих на производительность и энергоемкость процесса сушки лесоматериалов, определение диапазонов их изменения, ранжирование факторов.

Математическое моделирование. Общая продолжительность сушки (в часах), включая начальный прогрев и влаготеплообработку для низкотемпературного процесса, находится по выражению

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{исх}} A_p A_{\text{ц}} A_k A_v A_d, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{исх}}$ – исходная продолжительность собственно сушки пиломатериалов заданной породы, толщины S_1 и ширины S_2 нормальными режимами в камерах с принудительной реверсивной циркуляцией средней интенсивности (расчетная скорость воздуха – 1,0 м/с, ширина штабеля 1,5-2 м) от начальной влажности 60% до конечной влажности 12%; A_p – коэффициент, учитывающий категорию применяемого режима сушки; $A_{\text{ц}}$ – коэффициент, учитывающий характер и интенсивность циркуляции воздуха в камере. Определяется в зависимости от произведения $\tau_{\text{исх}} A_p$ и типа камеры; A_k – коэффициент, учитывающий категорию качества сушки и характеризующий среднюю длительность влаготеплообработок; A_v – коэффициент, учитывающий начальную (W_n) и конечную (W_k) влажность древесины; A_d – коэффициент, учитывающий влияние длины заготовок на продолжительность процесса; для пиломатериалов $A_d = 1,0$; для заготовок берется в зависимости от отношения их длины l к толщине S [2].

Особое место в этих расчетах занимает сушка листовых древесных материалов [3], т.е. строганного и лущеного шпона. Значение коэффициента A_d подлежит уточнению в этом случае. Скорее всего это исследование должно быть выделено в отдельное научное направление.

Техника эксперимента. В программной среде Statistica получены поверхности отклика продолжительности сушки (τ) в зависимости от коэффициентов, учитывающих интенсивность циркуляции ($A_{\text{ц}}$), категорию режима сушки (A_p), качество сушки (A_k). Приведенные поверхности (рис. 1, 2, 3) характеризуются уравнениями регрессии.

На рис. 1 представлена поверхность отклика продолжительности сушки в зависимости от коэффициентов, учитывающих интенсивность циркуляции ($A_{\text{ц}}$) и категорию режима сушки (A_p).

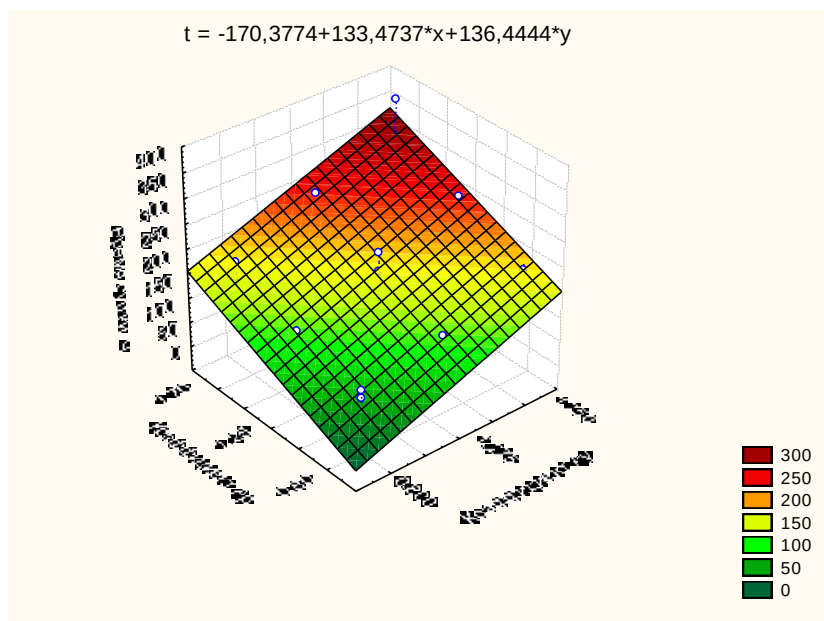


Рис. 1. Поверхность отклика продолжительности сушки в зависимости от коэффициентов, учитывающих интенсивность циркуляции ($A_{\text{ц}}$) и категорию режима сушки ($A_{\text{р}}$)

Данная поверхность имеет вид прямолинейной плоскости и характеризуется уравнением

$$\tau = -170,38 + 138,47 \cdot A_{\text{ц}} + 136,44 \cdot A_{\text{р}}. \quad (2)$$

Рис. 2 представлен поверхностью отклика продолжительности сушки в зависимости от коэффициентов, учитывающих интенсивность циркуляции ($A_{\text{ц}}$) и качество сушки ($A_{\text{к}}$).

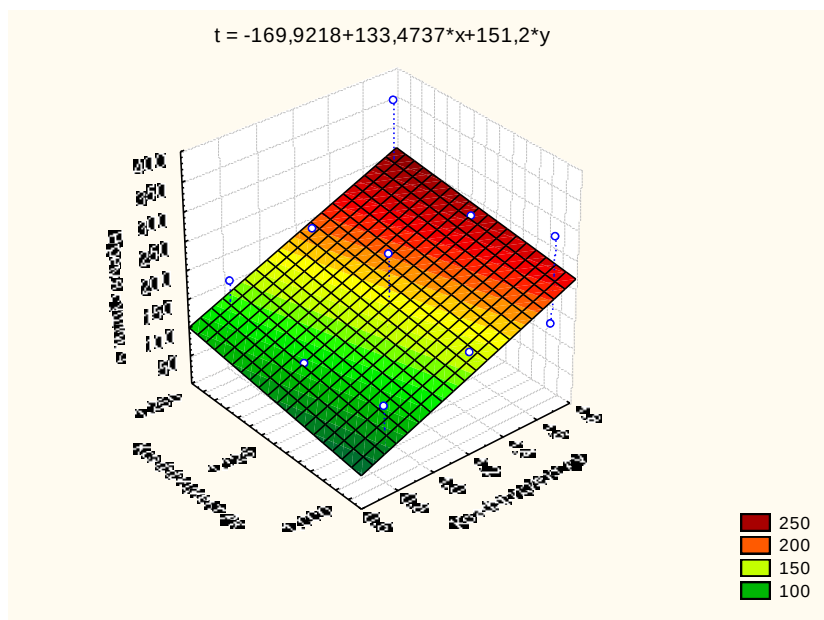


Рис. 2. Поверхность отклика продолжительности сушки в зависимости от коэффициентов, учитывающих интенсивность циркуляции ($A_{\text{ц}}$) и качество сушки ($A_{\text{к}}$)

Уравнение регрессии примет вид

$$\tau = -169,92 + 133,47 \cdot A_{\text{ц}} + 151,2 \cdot A_{\text{к}}. \quad (3)$$

Поверхность отклика продолжительности сушки в зависимости от коэффициентов, учитывающих категорию режима (A_p) и качество сушки (A_k), отображена на рис. 3, а уравнение регрессии характеризующее его представлено выражением

$$\tau = -170,3 + 136,44 \cdot A_p + 151,2 \cdot A_k. \quad (4)$$

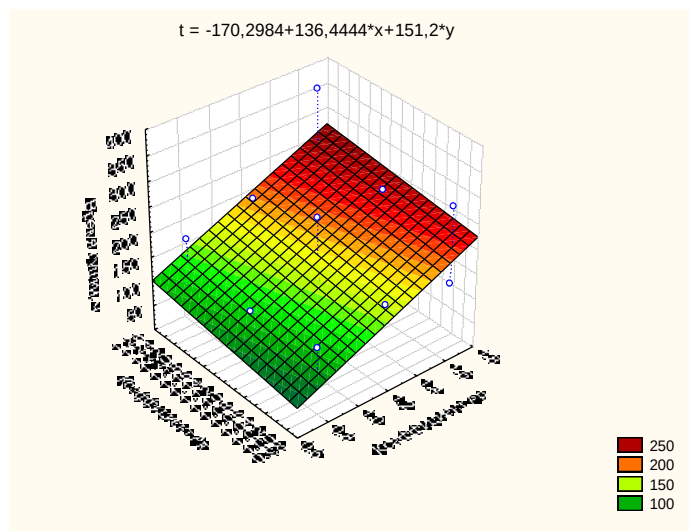


Рис. 3. Поверхность отклика продолжительности сушки в зависимости от коэффициентов, учитывающих категорию режима (A_p) и качество сушки (A_k)

Интерпретация результатов. Для более точного описания и анализа степени влияния этих факторов на продолжительность сушки лесоматериалов необходимо получить уравнение регрессии в зависимости от трех факторов с учетом эффекта взаимодействия [4].

Для получения уравнения регрессии второго порядка воспользуемся наиболее распространенным планом второго порядка В-планом. Уравнение регрессии в данном случае примет вид

$$R_{\text{бл}} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (5)$$

Для построения уравнения регрессии согласно В-плана необходимо получить коэффициенты, которые рассчитываются по выражениям

$$b_0 = T_1 \sum_{j=1}^N y_j - T_2 \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j, \quad (6)$$

$$b_i = T_3 \sum_{j=1}^N x_{ij} y_j, \quad (7)$$

$$b_{ii} = T_4 \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j + T_5 \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j - T_2 \sum_{j=1}^N y_j, \quad (8)$$

$$b_{iu} = T_6 \sum_{j=1}^N x_{ij} x_{uj} y_j, i \neq u, \quad (9)$$

где b_0 – свободный член, b_i – линейные коэффициенты регрессии, b_{ii} – квадратичные коэффициенты регрессии, b_{iu} – коэффициенты при парных взаимодействиях, T_i – табличные коэффициенты [1], y_j – результаты j -го опыта [5].

С использованием формул (6)-(9) в среде Excel получены следующие коэффициенты уравнения регрессии:

$$b_0=170,3398; b_1=63,4; b_2=61,4; b_3=-18,9; b_{11}=0,21135; \\ b_{22}=0,21135; b_{33}=-0,28865; b_{12}=22,875; b_{13}=6,875; b_{23}=6,875.$$

Далее необходимо провести проверку значимости полученных коэффициентов регрессии по t -критерию Стьюдента. Для этого рассчитывается tr -отношение для наименьшего коэффициента

$$t_p = \frac{|b_i|}{\sigma(b_i)} = \frac{0,21135}{0,90} = 0,24, \quad (10)$$

где $\sigma(b_i)$ – среднее квадратическое отклонение коэффициента, определяемое по выражению

$$\sigma(b_i) = \sqrt{\frac{(T_4 + T_5)\sigma^2(y)}{N}} = \sqrt{\frac{(0,5 - 0,09375) \cdot 28}{14}} = 0,90, \quad (11)$$

где $\sigma(y)$ – дисперсия воспроизводимости.

Полученную величину tr -отношения сравниваем с табличным значением $t_{табл}$ t -критерия Стьюдента. При уровне значимости $q=0,05$ и числе степеней свободы $f=126$ табличное значение $t_{табл}=1,98$ больше $tr=0,24$. Это говорит о том, что коэффициент не значим.

Таким образом, коэффициенты b_{11} , b_{22} , b_{33} не значимы, поскольку не соблюдается неравенство $t_p \geq t_{табл}$.

В проверке значимости остальных коэффициентов нет необходимости, поскольку их абсолютные значения больше значения меньшего коэффициента.

Перевод уравнения регрессии к натуральному виду осуществляется путем замены формальных коэффициентов (x_1 , x_2 , x_3) натуральными ($A_{ц}$, A_p , A_k).

После соответствующих математических преобразований уравнение регрессии в натуральном виде примет вид:

$$\tau = 508,22 - 130,57 \cdot A_{ц} - 137,5 \cdot A_p - \\ 451,61 \cdot A_k + 107,02 \cdot A_{ц} \cdot A_p + 115,79 \cdot A_{ц} \cdot A_k + 122,22 \cdot A_p \cdot A_k \quad (12)$$

Из выражения следует, что коэффициент при переменной A_k имеет наибольшее значение. Это говорит о высокой степени влияния данного фактора на продолжительность сушки лесоматериалов.

Выводы.

1. С учетом того, что численные коэффициенты при переменных функции показывают степень влияния той или иной переменной на значение самой функции, а коэффициенты $A_{ц}$ и A_p имеют примерно равное значение, то степень их влияния на ход процесса сушки одинакова.

2. Коэффициент при переменной A_k имеет большее значение, чем у первых двух, поэтому изучение качественных характеристик процесса сушки следует начинать с рассмотрения влияния величины коэффициента A_k на параметры процесса сушки лесоматериалов.

Список литературы

1. Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие. – М.: ФОРУМ, 2010. – 416 с.
2. Чемоданов А.Н., Царев Е.М., Анисимов С.Е. Сушка древесины: справочные материалы. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 240 с.
3. Чемоданов А.Н., Гайнулин Р.Х. Результаты исследования процесса строгания древесины на шпон // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование, 2010. – № 1. – С. 40-45.
4. Введение в математическое моделирование: учеб. пособие / под. ред. П. В. Трусова. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
5. Пижурин, А.А. Основы научных исследований в деревообработке: учебник для вузов. – М.: МГУЛ, 2005. – 305 с.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE RELEVANT FACTORS ON THE PERFORMANCE OF DRYING CHAMBERS AND THEIR RANKING

Chemodanov Alexandr Nikolaevich, Khristoforova Natalya Sergeevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Established significant factors affecting the performance and power consumption of process of drying of timber, defines the scope of their change, the ranking factors.

Keywords: *the ranking of factors, constructive and technological parameters, significant coefficients.*

УДК 674.047

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЧ-ЭНЕРГИИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ СУШКИ СТРОГАНОГО ШПОНА

**Чемоданов Александр Николаевич, Инородцева Наталья Анатольевна,
Митрофанова Ольга Викторовна**

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
Chemodanov@volgatech.net

Предлагается способ и устройство для непрерывной сушки строганого шпона с использованием СВЧ - энергии.

Ключевые слова: *строганный шпон, сушка, СВЧ - установка.*

Введение: Для сушки строганого шпона наиболее применимы роликовые сушилки как отечественного, так и импортного производства. Эти сушилки дают невысокое

качество сушки шпона, громоздки по конструкции, металлоемки. В ленточных сушильных камерах шпон перемещается парными движущимися металлическими сетчатыми лентами. Показатели работы у тех и других сушильных камер примерно одинаковы. Часто узким местом производственного процесса является сушка шпона, которая снижает эффективность производственного процесса, его пропускную способность. Большинство действующих сушильных установок наряду с электроэнергией требует других видов источников тепла - газовых горелок, горелок, работающих на жидком топливе. Это вызывает дополнительные сложности в эксплуатации сушильного оборудования.

Между тем производство строганого шпона при его продольном строгании в последнее время получило большее распространение [1,2]. Это произошло благодаря многим факторам. Основным из них является простота конструкции оборудования для производства шпона при продольном строгании, более низкая его энергоемкость и металлоемкость. Качество шпона, получаемого при продольном строгании выше, чем у шпона, полученного при поперечном строгании. Отсутствуют микротрещины в шпоне, возникающие при поперечном строгании вследствие сжатия волокон древесины режущим инструментом и нарушение связей между ними.

При производстве шпона важно сохранить его высокое качество на всех стадиях технологического процесса, снизить энергоемкость и повысить производительность производства. Сушка шпона является одной из наиболее ответственных операций, технология и оборудование для выполнения которой оказывают существенное влияние на качество продукции.

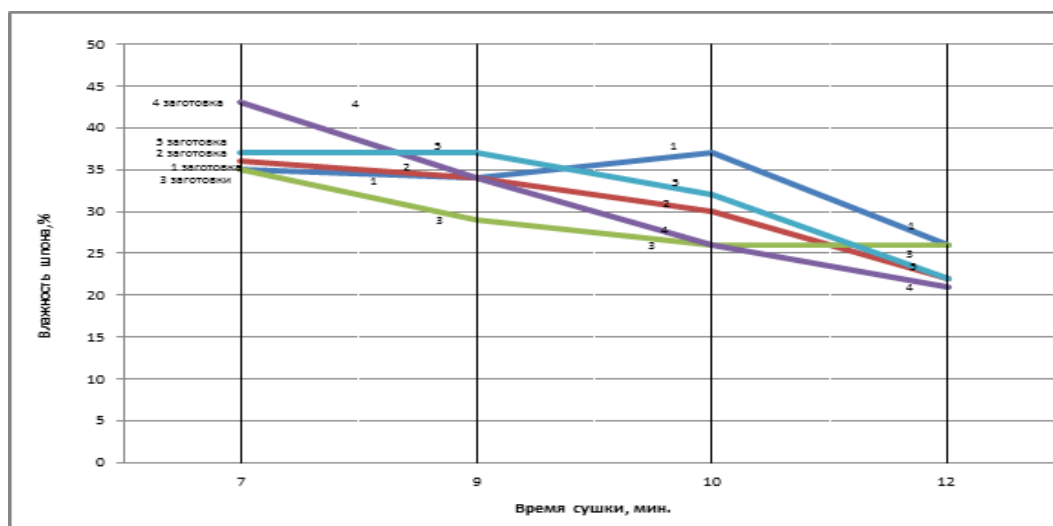
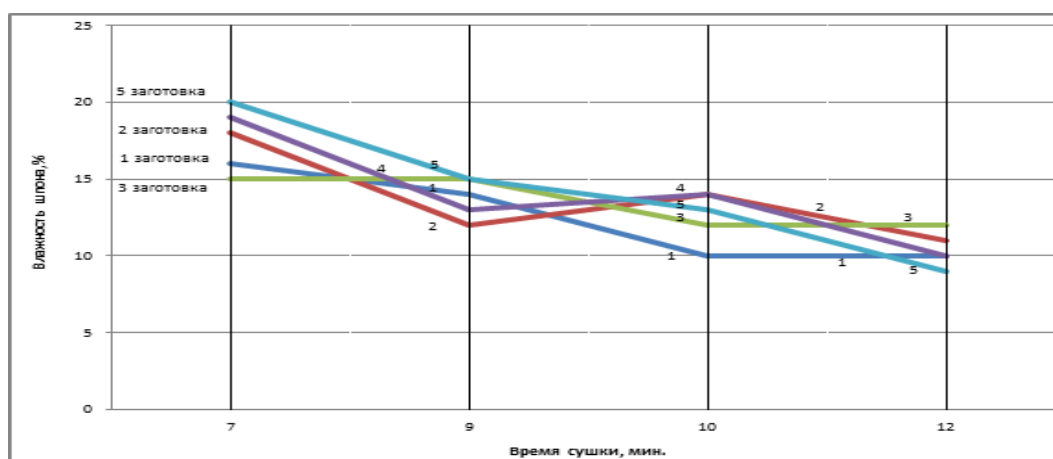
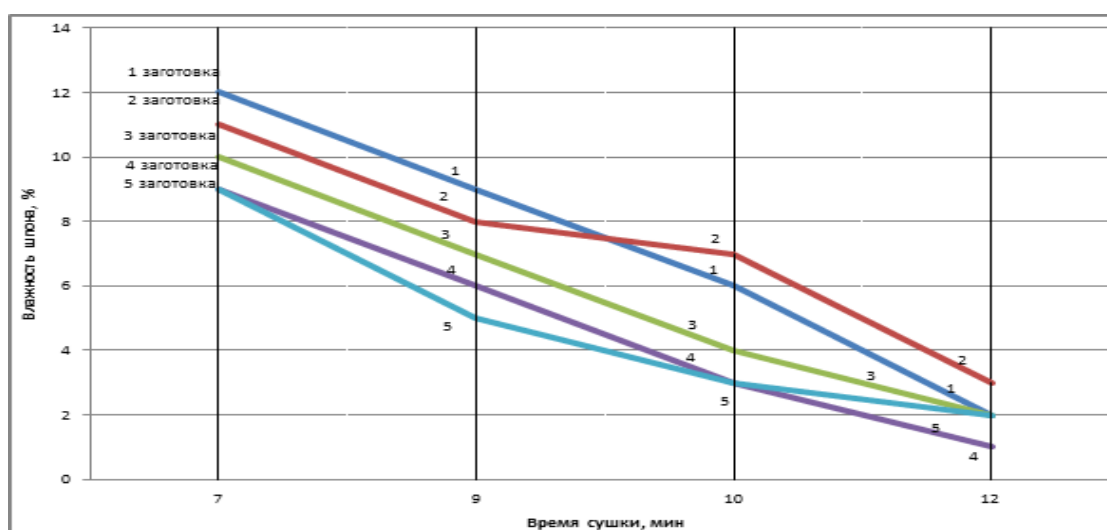
В исследовании продольного строгания древесины и производство строганого шпона кафедра ДОП ПГТУ имеет значительные достижения. Защищены две диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, опубликован ряд статей, получено несколько патентов, поступили два предложения от зарубежных издательств по опубликованию результатов разработок в виде монографий.

Цель работы: обеспечение высокого качества шпона, без коробления и микротрещин. На протяжении последних лет кафедра ДОП ведет разработки в направлении использования СВЧ- энергии для сушки лесоматериалов. Серьезные результаты отмечены при сушке крупномерных круглых лесоматериалов, на устройство получен патент РФ, выигран грант УМНИК, готовится кандидатская диссертация [3].

На кафедре Деревообрабатывающих производств проведен комплекс работ по использованию СВЧ- энергии для сушки строганого шпона. Были проведены несколько серий контрольных сушек шпона с применением экспериментальной лабораторной установки с использованием различных режимов сушки.

Решаемые задачи: установление зависимости качества высушенного шпона, времени сушки и конечной влажности от мощности СВЧ - источника.

В процессе эксперимента менялись длительность сушки, мощность источника СВЧ - энергии с фиксацией начальной и конечной влажности высушиваемого шпона. Полученные результаты позволяют говорить о перспективности принятого направления исследований, дают возможность обосновать конструктивные и технологические параметры производственной установки [4]. В итоге, оформлена заявка на патент, выигран грант УМНИКа. Были проведены 3 серии контрольных испытаний, по пять заготовок в каждой контрольной серии. Результаты испытаний представлены на рис.1-3.

Рис. 1. Результаты контрольной сушки шона при $N_{\min}=0,3 \text{ кВт}$ Рис. 2. Результаты контрольной сушки шона при $N_{\text{ср}}=0,6 \text{ кВт}$ Рис. 3. Результаты контрольной сушки шона при $N_{\max}=1,2 \text{ кВт}$

Параметры заготовок во всех контрольных сериях оставались одинаковыми, менялась мощность источника СВЧ-энергии, фиксировалась влажность заготовок при разном времени сушки.

Анализ результатов контрольных сушек шпона показывает, что на интенсивность сушки основное влияние оказывает мощность источника СВЧ-энергии. При $N=0,3$ кВт происходит щадящая сушка, реализуется «мягкий режим». Однако в заданном интервале времени сушки конечная влажность шпона не достигает заданного (6-10%) значения. Наоборот, при $N=1,2$ кВт конечная влажность шпона получается меньше 4%, процесс сушки происходит интенсивно, реализуется «жесткий» режим. Более предпочтителен процесс сушки при средних значениях мощности $N_{ср}=0,6$ кВт, когда сушка характеризуется равномерностью и достижением заданной влажности.

Следует отметить, что испытания процесса сушки при всех режимах показали, что внешние показатели шпона не менялись. Отсутствовала покоробленность, оставался естественным цвет шпона, не появлялись трещины.

При проектировании подобных сушильных установок необходима разработка инструкции по технической эксплуатации сушильной установки и выбору необходимого режима сушки для конкретных производственных условий.

Техническое моделирование. Результаты контрольных результатов сушки шпона были обработаны и получены сводные материалы исследований для различных режимов сушки. Результаты итоговых испытаний представлены на рис. 4.

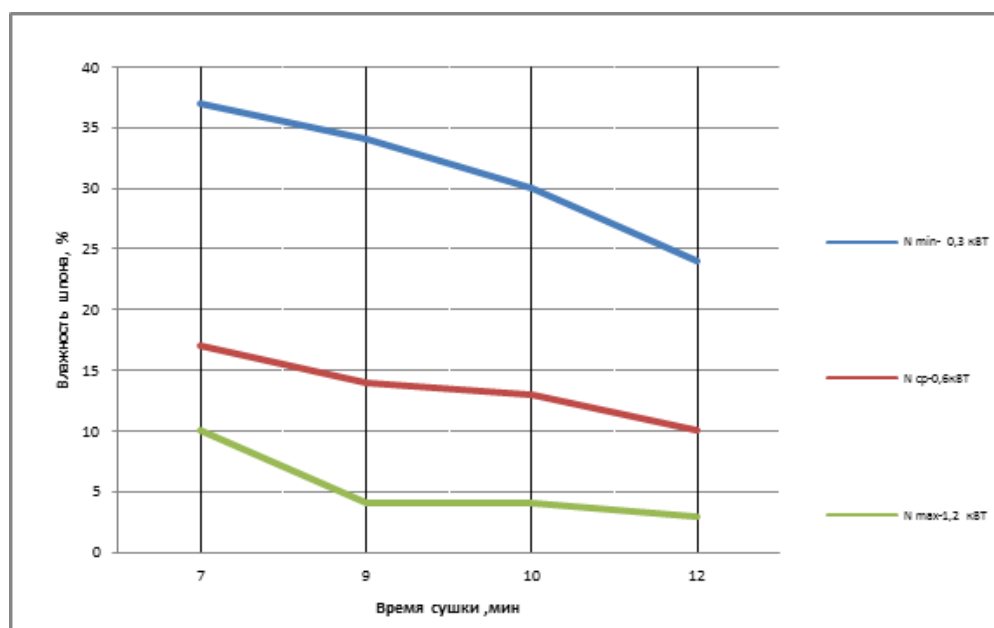


Рис. 4. Итоговые результаты контрольной серии экспериментов

Сушке подвергались листы соснового строганого шпона толщиной 1,5 мм с начальной влажностью 30-35%. Интервал времени от 0 до 7 мин при сушке не рассматривался. Контрольное время сушки составляло 7, 9, 10, 12 мин. для трех значений мощности магнетрона (0,3 кВт; 0,6 кВт и 1,2 кВт). При этих значениях фиксировалась конечная влажность шпона и были получены графики, отражающие зависимость конечной влажности шпона от времени сушки и мощности магнетрона.

Интерпретация результатов. На основании результатов контрольных сушек шпона следует провести дальнейшее исследование процесса сушки в СВЧ-установках, результаты которых будут положены в основу разработки технической документации для изготовления производственного образца сушильной установки непрерывного действия. При исследовании необходимо установить взаимосвязь технологической производительности установки со скоростью перемещения шпона в процессе сушки, мощностью источника СВЧ энергии конечной влажностью продукции.

При оптимизации этих параметров можно будет установить диапазоны изменения конструктивных параметров установки, либо наметить параметрический ряд установок подобного типа. Применение аналитико- экспериментального метода исследований позволит получить более достоверные результаты.

Выводы.

1. Получены экспериментальные данные, позволяющие установить значения: скорости перемещения шпона в процессе сушки; предпочтительную мощность магнетрона; производительность сушильной установки.

2. Экспериментальный материал, характеризующий технологические параметры сушильной установки, является основой разработки технической документации при проектировании сушильной установки непрерывного действия для сушки шпона с использованием СВЧ- энергии на установку имеется заявка от производства.

По материалам работы выигран грант УМНИК Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Список литературы

1. Чемоданов А.Н., Гайнуллин Р.Х. Результаты исследования процесса строгания древесины на шпон // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование, 2010. – №1. – С. 40-45.
2. Чемоданов А.Н., Боярский М.В., Гайнуллин Рен.Х., Гайнуллин Риш.Х. О точности определения усилия резания при продольном строгании древесины // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование, 2011. №2. – С.61-67.
3. Чемоданов А.Н., Галимов А.В., Михайлов А.Ю. СВЧ - вакуумная камера для сушки оцилиндрованных бревен // Патент России № 2011128515/06. 2011. Бюл. № 2.
4. Тетерин Л.А., Паничев Г.П. Применение установок с СВЧ-нагревом древесины для сушки лесоматериалов.– М.: Государственный научный центр лесопромышленного комплекса, 2003. – С. 55-58.

SVCH-ENERGY USE FOR CONTINUOUS DRYING OF THE PLANED INTERLINE INTERVAL

***Chemodanov Alexander Nikolaevich, Inorodtseva Natalia Anatolyevna,
Mitrofanova Olga Viktorovna***

Volga Region State Technological University, Russia, Yoshkar Ola
Chemodanov@volgatech.net

The way and the device for continuous drying of a planed interline interval with use of the microwave oven - energy is offered.

Keywords: *planed interline interval, drying, the microwave oven - installation.*

УДК 697.34 (075.8)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСЧЕТА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ г. ЙОШКАР-ОЛЫ

Чупрякова Анна Николаевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

Предлагается метод информационно-технологического обеспечения расчета водопроводной сети с помощью прикладной среды MathCad.

Ключевые слова: водопроводная сеть; расход воды; магистральная сеть; гидравлический расчет.

Введение. Современные системы водоснабжения представляют собой сложные инженерные сооружения и устройства, обеспечивающие подачу воды потребителям. Правильное решение инженерных задач по водоснабжению определяет высокий уровень благоустройства населенных пунктов, жилых, общественных и промышленных зданий.

Цель работы: совершенствовать с помощью прикладной среды MathCad расчет водопроводной сети г. Йошкар-Олы.

Решаемые задачи: 1) определение водопотребления отдельных зданий и расчет участков внутриквартальных сетей; 2) на основе баланса водопотребления определение гидравлические параметры магистралей, полученные данные используются для расчета кольцевых участков сети; 3) расчет основных водотоков, соединяющих станцию водозабора с городской водопроводной сетью.

Техническое моделирование. Для укрупненного расчета водопроводной сети г. Йошкар-Олы примем следующие исходные данные. По состоянию на 1 января 2011 года число жителей города составляло $N_z=248,7$ тыс. чел., при этом в микрорайоне Сомбатхей проживало $N_p=57,0$ тыс. чел. Таким образом, принимаем расчетную численность населения $N = N_z - N_p = 248,7 - 57,0 = 191,7$ тыс. чел. Общая площадь города равна $F_z=10180$ га при площади микрорайона Сомбатхей $F_p=2525$ га, поэтому расчетная площадь застройки равна $F_3 = F_z - F_p = 10180 - 2525 = 7655$ га.

В результате расчетная плотность населения равна $\rho_n = \frac{N}{F_3} = \frac{191700}{7655} = 24,04$ чел./га.

Суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды принимаем равным $Q_{x.n}=0,160$ м³/чел. в сутки. Коэффициент суточной неравномерности недопотребления равен $K_{сут}=1,25$ [1].

Рассматриваемая сеть представлена на рис. 1.

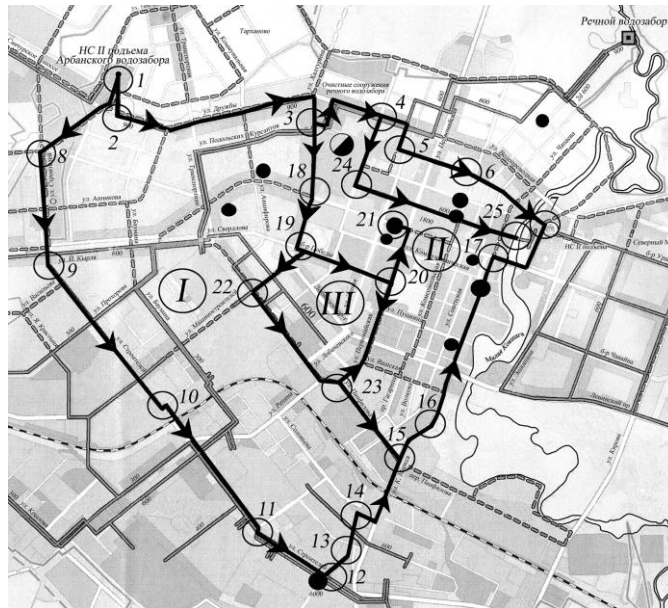


Рис. 1. Схема сети городского водопровода

Максимальный суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения:

$$Q_{\text{макс}} = K_{\text{сут}} Q_{\text{х.п}} N = 1,25 \cdot 0,16 \cdot 191700 = 38340 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Количество воды, расходуемой на нужды местной промышленности, обслуживающей население, и на непредвиденные нужды, составляет 8,9 % [2].

Расход воды на поливку улиц и зеленых насаждений из городского водопровода не предусматривается.

Суммируя суточные расходы всех перечисленных категорий потребителей, получим максимальный суточный расход воды в городе:

$$\sum Q_{\text{макс}} = 1,089 Q_{\text{макс}} = 1,089 \cdot 38340 = 42752,26 \text{ м}^3/\text{сут}$$

По СНиП II-31-74 коэффициент часовой неравномерности водопотребления определяется как произведение двух коэффициентов: коэффициента α , учитывающего степень благоустройства зданий, и коэффициента β , зависящего от числа жителей N . Максимальный и минимальный коэффициенты влияния числа жителей на расход воды при населении города 300 тыс. чел равны соответственно $\beta_{\text{макс}} = 1,05$ и $\beta_{\text{мин}} = 0,85$. Коэффициент $\alpha_{\text{макс}}$ рекомендуется принимать в пределах от 1,2 до 1,4, а $\alpha_{\text{мин}}$ в пределах от 0,4 до 0,6. Для города Йошкар-Олы, согласно нормам, могут быть приняты следующие коэффициенты часовой неравномерности $K_{\text{ч.макс}} = \alpha_{\text{макс}} \beta_{\text{макс}} = 1,3 \cdot 1,05 = 1,365$ и $K_{\text{ч.мин}} = \alpha_{\text{мин}} \beta_{\text{мин}} = 0,5 \cdot 0,85 = 0,425$.

Тогда максимальный часовой расход на хозяйственно-питьевые нужды населения будет $q_{\text{макс}} = K_{\text{ч.макс}} \sum Q_{\text{макс}} / 24 = 1,365 \cdot 42752,26 / 24 = 2431,53 \text{ м}^3/\text{ч}$ и максимальный секундный расход $q_{\text{х-п}} = 675,4 \text{ л/с}$ [3].

В связи с отсутствием совмещенных графиков подачи и потребления воды объем регулирующей емкости определим в виде

$$W_{\text{р.е}} = 0,03 \cdot 42752,26 = 1283 \text{ м}^3$$

В качестве источника питания выбрана Арбанский водозабор. Водозаборное сооружение совмещено с насосной станцией I подъема. Вблизи от водозабора расположены также очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосная станция II подъема. От насосной станции II подъема вода подается в город по двум водоводам.

На территории города две главные магистрали водопроводной сети трассируются по основному направлению движения воды с северо-востока на юго-запад (обусловленному формой территории города). Магистрали соединяются перемычками, обеспечивающими перераспределение воды между магистралями при аварии на них[4].

Основная магистральная сеть проектируется из 3 колец.

Методика информационно-технологического обеспечения. Гидравлический расчет магистральных сетей системы водоснабжения г. Йошкар-Олы выполнен по отдельным участкам с помощью прикладной среды MathCad [5].

Расчет потерь напора в сети с распределенным по ее длине расходом

Длина участка, м

$$L1 := 400$$

Путевой расход, распределенный на участке, м³/ч

$$Q_{п1} := 12.8$$

$$Q_{п1} = 12.8$$

Транзитный расход, проходящий по участку, м³/ч

$$Q_{тр1} := 326.4$$

Диаметр трубопровода участка, мм

$$d1 := 900$$

Площадь трубопровода на участке, м²

$$F1 := \pi \cdot \frac{(0.001 \cdot d1)^2}{4}$$

Скорость движения воды по участку, м/с

$$v1 := \frac{Q_{п1} + Q_{тр1}}{3600 \cdot F1}$$

$$v1 = 0.148$$

Ускорение свободного падения, м/с²

$$g := 9.81$$

Плотность воды при температуре 20 °С, кг/м³

$$\rho := 1000.52$$

Кинематический коэффициент вязкости воды при температуре 20 °С, м²/с

$$\nu := 1.006 \cdot 10^{-6}$$

Среднее значение числа Рейнольдса при движения воды по участку

$$Re1 := \frac{v1 \cdot d1}{\nu}$$

$$Re1 = 1.325 \times 10^8$$

Интерпретация результатов. В результате всех вычислений, выполненных в прикладной среде MathCad, получены следующие результаты:

Стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч

$$\sigma_1 := 1.8$$

Коэффициент неравномерности расходования энергии

$$\gamma_1 := 0.7$$

К. п. д. насосных агрегатов, подающих воду

$$\eta_1 := 0.7$$

Срок окупаемости в годах

$$T_1 := 1$$

Сумма амортизационных отчислений, включая затраты на капитальный ремонт, отчислений на текущий ремонт в процентах от строительной стоимости линии

$$R_1 := 0.26$$

Коэффициент экономической эффективности

$$\beta_1 := 8.6 \cdot 10^3 \cdot \frac{\sigma_1 \cdot \gamma_1 \cdot k_1}{\eta_1 \cdot ((R_1 + T_1^{-1}))} \quad \beta_1 = 21.991$$

Экономический фактор

$$\Theta_1 := \frac{m_1 \cdot \beta_1}{\alpha_1 \cdot b_1} \quad \Theta_1 = 0.655$$

Стоимость строительства единицы длины трубопровода диаметром d , р/м

$$c_1 := b_{01} + b_1 \cdot \left(\frac{d_1}{1000} \right)^{\alpha_1} \quad c_1 = 98.801$$

Гидравлический уклон участка трубопровода

$$I_1 := k_1 \cdot \frac{\left(\frac{Q_{p1}}{3600} \right)^{n_1}}{\left(\frac{d_1}{1000} \right)^{m_1}} \quad I_1 = 3.444 \times 10^{-5}$$

Величина предельного расхода, м³/ч

$$Q_{\text{пред}1} := 3600 \cdot \left(\frac{b_1}{\beta_1} \right)^{\frac{1}{n_1+1}} \cdot \left[\frac{\left(\frac{d_{12}}{1000} \right)^{\alpha_1} - \left(\frac{d_{11}}{1000} \right)^{\alpha_1}}{\left(\frac{d_{11}}{1000} \right)^{-m_1} - \left(\frac{d_{12}}{1000} \right)^{-m_1}} \right]^{\frac{1}{n_1+1}} \quad Q_{\text{пред}1} = 3.674 \times 10^3$$

$$Q_{\text{тр}1} + Q_{\text{п}1} = 339.2$$

Выводы.

1. Гидравлический расчет магистральных сетей системы водоснабжения г. Йошкар-Олы выполнен по отдельным участкам с помощью прикладной среды MathCad.
2. Предварительно определяется водопотребление отдельных зданий и рассчитываются участки внутриквартальных сетей.
3. На основе баланса водопотребления определяются гидравлические параметры магистралей. Полученные данные используются для расчета кольцевых участков сети.

4. В заключение производится расчет основных водотоков, соединяющих станцию водозабора с городской водопроводной сетью.

Список литературы

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – 7-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Грачев С. Водоснабжение. Водоотведение. Оборудование и технологии // НТС "Стройинформ", 2007. – 464 с.
3. Абрамов Н. Н. Водоснабжение: учебник для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1974. – 480 с.
4. Совершенствование средств инженерно-экологического обустройства водохранилищ гидроэлектростанций Поздеев А. Г. [и др.] // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 1(11). – С. 83-98.
5. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в Matchcad: учебный курс. – СПб.: Питер, 2003. – 448 с.

IMPROVEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGICAL SUPPORT OF CALCULATION OF THE WATER SUPPLY SYSTEM OF IOSHKAR OLA

Chupryakova Anna Nikolaevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The method of information technological support of calculation of a water supply system by means of the applied MathCad environment is offered.

Keywords: *water supply system; consumption of water; high-level network; hydraulic calculation.*

УДК 674.049.2, 674.046.7

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Шарапов Евгений Сергеевич, Королев Александр Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,

Россия, Йошкар-Ола

SharapovES@volgatech.net

*Представлены зависимости изменения величины потери массы и изменение плотности образцов древесины березы (*Bétula Péndula*), дуба (*Quérqus Róbur*), сосны (*Pinus Sylvestris*) от максимальной температуры процесса термической модификации. Выявлено взаимодействие статического модуля упругости, а также предела прочности при статическом изгибе с величиной потери массы термически модифицированных образцов древесины сосны (*Pinus Sylvestris*).*

Ключевые слова: *термически модифицированная древесина, потеря массы, плотность, предел прочности при статическом изгибе, статический модуль упругости.*

Введение. В настоящее время древесина является одним из основных строительных материалов и используется в различных отраслях промышленности [1]. Древесина

на как строительный материал обладает высокими физико-механическими характеристиками, однако она подвержена воздействию дереворазрушающих грибов, вследствие чего древесина теряет свои прочностные и эксплуатационные характеристики. С целью защиты деревянных строительных конструкций от дереворазрушающих грибов, чаще всего применяют антисептирование и консервирование древесины. В последнее время в нашей стране и за рубежом развивается направление термического модифицирования древесины, в результате которого древесина подвергается нагреву от 180°C, например, в среде водяного пара [2-4]. В результате такой обработки древесина приобретает повышенную биологическую стойкость, низкую гигроскопичность, увеличивается срок её службы, что способствует повышению спроса на неё на рынке строительных материалов. Однако основным недостатком термически модифицированной древесины является незначительное снижение некоторых механических характеристик [4-6], зависящих от максимальной температуры и времени процесса обработки.

Необходимо проведение глубоких исследований свойств термически модифицированной древесины с целью выявления основных направлений её дальнейшего использования.

Цель работы: определение величин потери массы, плотности, предела прочности при статическом изгибе и статического модуля упругости термически модифицированных образцов древесины березы (*Bétula Péndula*), дуба (*Quércus Róbur*), сосны (*Pinus Sylvestris*).

Решаемые задачи: 1) изготовление образцов древесины березы, дуба и сосны; 2) определение массы и плотности образцов древесины в абсолютно сухом состоянии до и после процесса термической модификации по ГОСТ 16483.1-84 и ГОСТ 16483.7-71; 3) термическая модификация образцов древесины в пароконвекционной камере UNOX; 4) определение взаимодействия статического модуля упругости, а также предела прочности при статическом изгибе с величиной потери массы термически модифицированных образцов древесины сосны согласно DIN 52186(68).

Техника эксперимента. Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены образцы размерами 100x40x15 мм, по 20 штук для каждой породы (береза, дуб, сосна). Термическая модификация образцов древесины осуществлялась по аналогии с запатентованной технологией модификации древесины «TERMOWOOD» в среде водяного пара при максимальных температурах процесса модификации 180, 200 и 220°C. Величины плотности и массы образцов до и после процесса термической модификации определялись согласно ГОСТ 16483.1-84 и ГОСТ 16483.7-71 при помощи аналитических весов AF-R220CE с точностью 0.001 грамма. Геометрические размеры образцов замерялись при помощи электронного штангенциркуля. Определение статических модулей упругости и предела прочности при статическом изгибе проводилось на универсальной разрывной машине Zwick Z010 согласно DIN 52186(68). Предварительные экспериментальные исследования статического модуля упругости и предела прочности образцов при статическом изгибе показали большой разброс выходных величин. В связи с этим образцы разделялись на три группы по статическому модулю упругости E , Н/мм²: 1) 5200-8000, 2) 8001-10500, 3) 10501-13000.

При этом выделены 4 подгруппы образцов: образцы, прошедшие термическую модификацию при максимальных температурах процесса в 180°C, 200°C и 220°C и немодифицированные образцы.

Интерпретация результатов. Образцы, предназначенные для установления величины потери массы, после сушки до абсолютно сухого состояния, измерения их массы, и модифицирования при выбранных максимальных температурах процессов снова высушивались и взвешивались. На диаграмме (рис.1) представлены изменения величины потери массы для пород: березы, дуба, сосны.

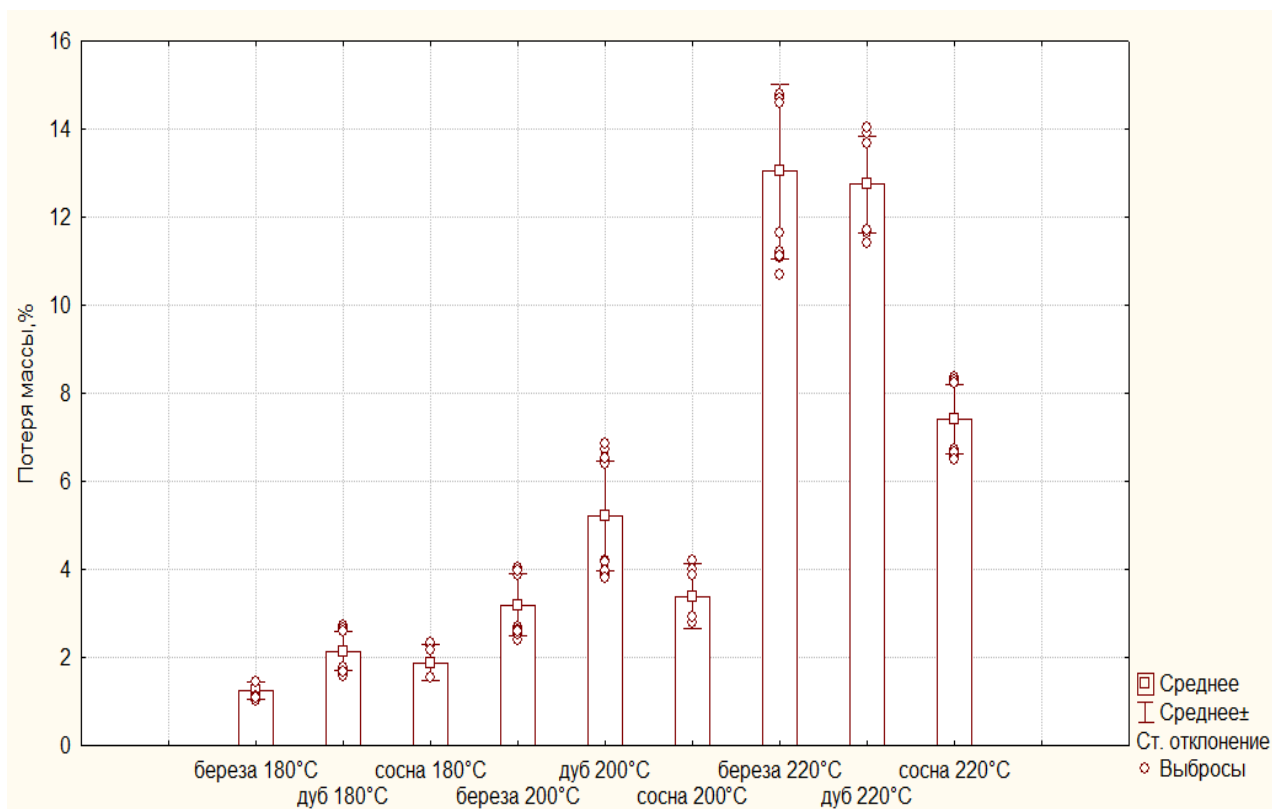


Рис.1. Потеря массы образцов древесины березы (*Bétula Péndula*), дуба (*Quércus Róbur*), сосны (*Pinus Sylvestris*) после процесса термической модификации

Также определялось изменение плотности древесины после термической модификации по ГОСТ 16483.1-84. Box plot график (Statistica) изменения величины плотности образцов представлен на рис.2. Необходимо отметить, что наблюдается снижение плотности образцов при максимальных температурах обработки 180 и 200°C, что безусловно связано с химическими изменениями в древесине и потерей массы. Однако, на рис.2 наблюдается повышение плотности образцов, модифицированных при температуре 220°C, что связано с уменьшением геометрических размеров образцов после процесса термической обработки.

Многие ученые отмечают неоднозначность изменения статического модуля упругости термически модифицированной древесины [4,5]. Некоторые говорят о зависимости данного параметра от длительности обработки и температуры или потери массы. При этом отмечается снижение предела прочности термически модифицированной древесины с повышением максимальной температуры процесса и времени обработки [6,7].

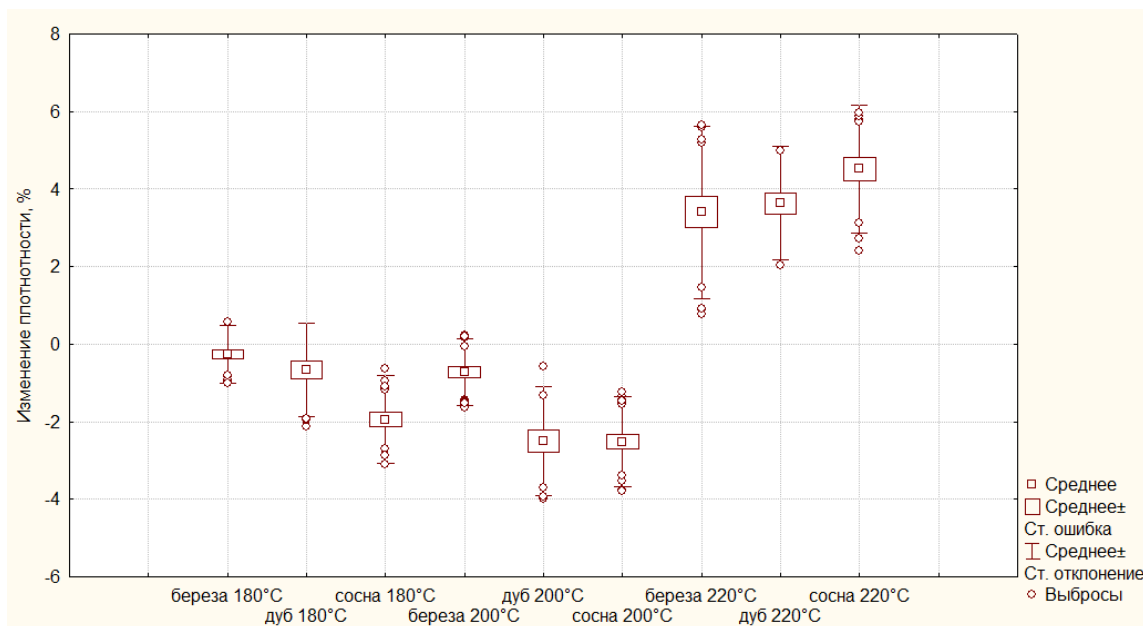


Рис. 2. Изменение плотности образцов древесины березы, дуба, сосны после процесса термической модификации

Для определения изменения величин статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе термически модифицированные образцы древесины сосны испытывались при нормализованной влажности ($W=10.7\%$) на универсальной разрывной машине Zwick Z010.

В процессе нагружения фиксировались деформации образцов в зависимости от усилия нагружения при статическом изгибе в тангенциальном направлении (рис.3). На основании результатов испытаний определялось значение статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе.

На рис.4 представлена зависимость величин статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе от потери массы образцов древесины после процесса термической модификации. Потеря массы немодифицированных образцов сосны принята за 0%, модифицированных при 180, 200, 220°C в среднем соответственно 0.78, 1.60, 4.06%.

Взаимодействие величин статического модуля упругости и потери массы при статическом изгибе, нормализованная влажность:

$$W=10.7\%: E = 6139.2787 + 1084.9065 \cdot \Delta m - 250.8632 \cdot \Delta m^2$$

($R^2=0.23$, скорректир. $R^2=0.20$, стандартная ошибка аппроксимации 770.53, F-статистика 13.02 (при $P=0.00000$),

где E - статический модуль упругости, Δm - потеря массы), модель и ее коэффициенты значимы (рис.4). Взаимодействие величины предела прочности при статическом изгибе и потери массы при статическом изгибе модифицированных, нормализованная влажность $W=10.3\%$: $\sigma = 75.2404 - 4.4741 \cdot \Delta m - 0.3525 \cdot \Delta m^2$ ($R^2=0.71$, скорректир. $R^2=0.70$, стандартная ошибка аппроксимации 6.4745, F-статистика 108.109 (при $P=0.00000$), где σ - предел прочности при статическом изгибе), модель и ее коэффициенты значимы (рис.4).

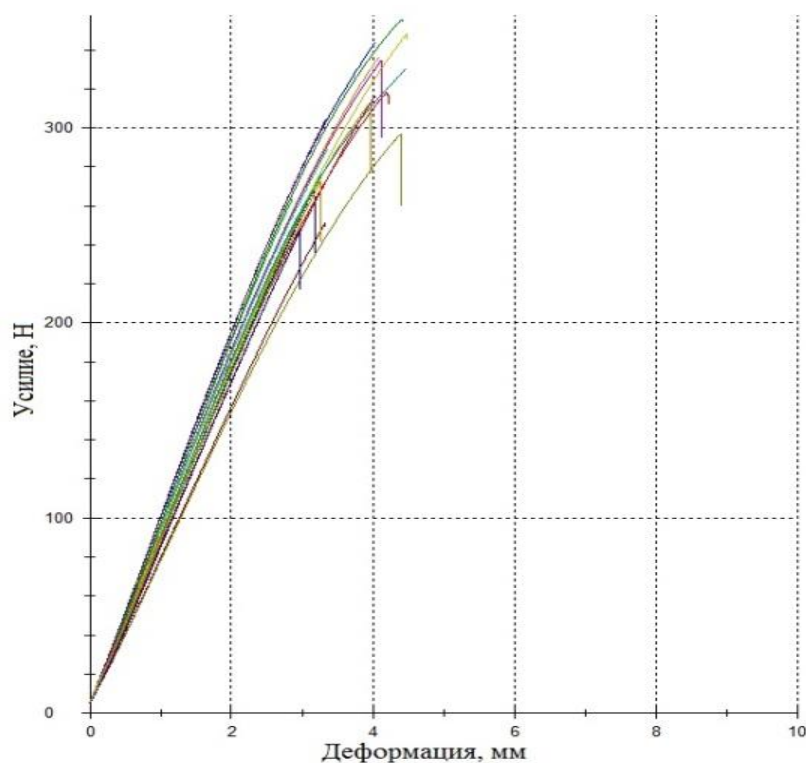


Рис.3. Зависимость деформации при тангенциальном статическом изгибе термически модифицированной древесины сосны при 200°C от усилия нагружения

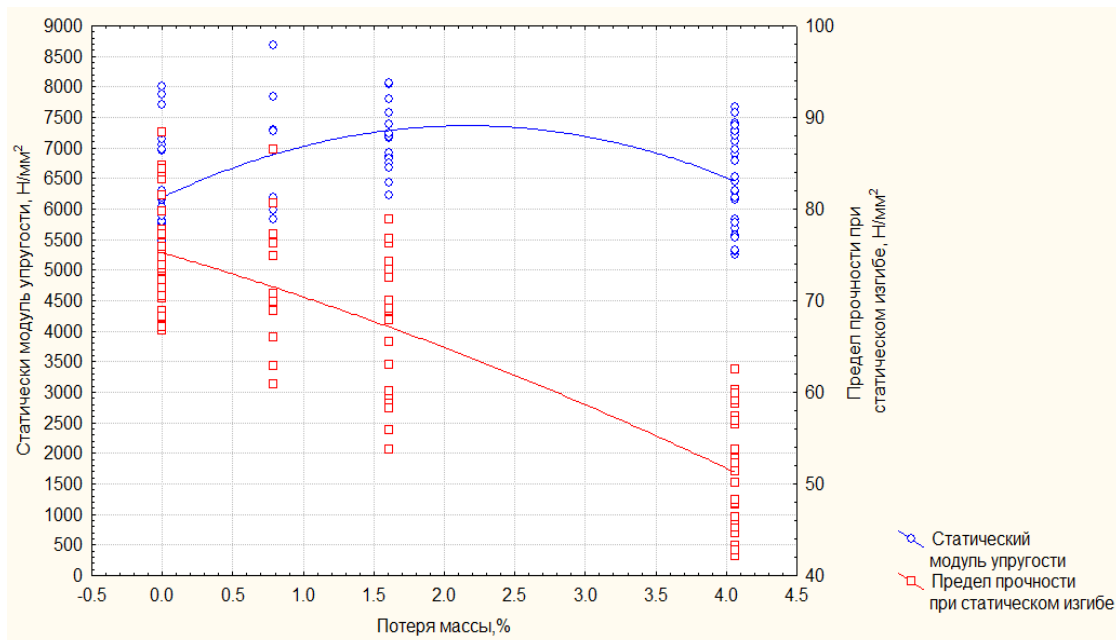


Рис.4. Изменение статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе образцов древесины сосны в зависимости от потери массы

Наблюдается высокая степень взаимосвязи между пределом прочности при статическом изгибе и потерей массы. Для образцов характерно снижение предела прочности при повышении температуры процесса термической модификации. Потеря массы

древесины после термообработки оказывает незначительное влияние на статический модуль упругости, что подтверждается слабой корреляционной связью между двумя величинами.

Выводы.

1. При увеличении максимальной температуры процесса термической модификации древесины происходит увеличение потери массы.
2. Наблюдается снижение плотности образцов при максимальной температуре обработки 180 и 200°C, что безусловно связано с химическими изменениями в древесине и потерей массы. Однако наблюдается повышение плотности образцов, модифицированных при температуре 220°C, что связано с уменьшением геометрических размеров образцов после процесса термической обработки.
3. Наблюдается высокая степень взаимосвязи между пределом прочности при статическом изгибе и потерей массы. Для образцов характерно снижение предела прочности при повышении температуры процесса термической модификации. Потеря массы древесины после термообработки оказывает незначительное влияние на статический модуль упругости.

Список литературы

1. Мелехов В.И. Бызов В.Е. Приведение результатов производственного контроля прочности и упругости пиломатериалов к нормализованной влажности. Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2008. – №1(2). – С. 48–53.
2. Экспериментальные исследования процесса резания термически модифицированной древесины березы Шарапов Е.С. Разумов Е.Ю., Королев А.С., Попов Д.А. // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник, 2011. – №3. С. 125–128.
3. Finnish Thermo Wood Association. ThermoWood Handbook. Helsinki, Finland, 2003.
4. Hill, C.A.S. Wood modification - chemical, thermal and other processes. Chichester, UK: John Wiley and Sons, 2006.
5. Экспериментальные исследования физико-механических свойств термически модифицированной древесины сосны Шарапов Е.С., Mahnert Karl-Christian, Королев А.С.// Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2013. – № 2. – С. 90–96.
6. Boonstra M. J. A two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Université Henry Poincaré – Nancy, 2008. 1,297 p.
7. Militz H. Thermal Treatment of Wood: European Processes and Their Background. IRG/WP 02-40241, 33rd Annual Meeting, 12–17 May. Cardiff-Wales, 2002 4: 1-17.

INFLUENCE OF WOOD HEAT TREATMENT PROCESS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

Sharapov Evgeniy Sergeevich, Korolev Aleksandr Sergeevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Dependencies of mass loss, density changing with maximum temperature of birch (Bétula Péndula), oak (Quérucus Róbur), pine (Pinus Sylvestris) are presented. Interaction of modulus of elasticity and modulus of rupture with mass loss of heat treated pine (Pinus Sylvestris) are detected.

Keywords: *thermally modified timber, mass loss, density, modulus of rupture, modulus of elasticity.*

УДК 620.179.52; 681.2.083

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СВЕРЛЕНИЕМ

*Шарапов Евгений Сергеевич, Торопов Александр Степанович,
Чернов Василий Юрьевич*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола

SharapovES@volgatech.net

Представлены результаты морфологических исследований конструкций современных устройств для диагностики состояния древесины и древесных материалов. Разработаны новые конструкции мобильных устройств для диагностики состояния древесины сверлением с автоматическим регулированием скорости подачи бурового сверла.

Ключевые слова: автоматическое регулирование скорости, вариатор, диагностика состояния древесины, микросверление, морфологические исследования, морфологический ящик, плотность древесины, свойства древесины.

Введение. Сегодня существует множество способов определения свойств древесины [1,2]. Их можно разделить на две основные группы: неразрушающие и разрушающие. Безусловно, наиболее перспективными являются неразрушающие способы определения свойств древесины – без нарушения целостности и функционального назначения исследуемого объекта, что наиболее актуально для растущих деревьев и деревянных строительных конструкций. Все более широкое распространение, особенно за рубежом, получает метод измерения усилия сопротивления при сверлении исследуемого материала тонким буровым сверлом. Это, главным образом, связано с такими его преимуществами, как высокая мобильность и точность измерений, быстрота получения результатов, невысокая стоимость как самих устройств, так и проводимых с их помощью исследований.

На основе метода измерения сопротивления сверлению в Германии были разработаны устройства для контроля состояния деревянных строительных конструкций и растущих деревьев. Наиболее известными из которых, являются приборы Resistograph® [3] и IML-Resi Systems [4] компаний «RINNTECH®» и GmbH «Instrumenta Mechanic Labor», соответственно.

С учетом устранения недостатков представленных устройств и на основании патентов РФ №95128 [5] и №2448811 [6] (рис.1) в лаборатории кафедры деревообрабатывающих производств ПГТУ смонтирована лабораторная экспериментальная установка для диагностики состояния древесины сверлением (рис.2).



Рис.1. Модели устройств для измерения сопротивления сверлению по патентам РФ № 95128 (слева) и № 2448811 (справа)



Рис.2. Лабораторная экспериментальная установка мобильного устройства для диагностики состояния древесины сверлением, патент РФ №95128

С помощью данной установки были реализованы экспериментальные исследования изменения свойств круглых лесоматериалов по радиусу ствола [7]. Проведены сравнительные исследования методик определения плотности древесины с применением рентгеновского излучения (прибор DA-X фирмы «Gresop») и мобильной экспериментальной установки для диагностики состояния древесины сверлением. Выявлены зависимости величин мощности на микросверление древесины (при $W=12\%$) и плотности древесины (ρ_{12}) при использовании рентгеновского излучения для трех пород: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясень (*Fraxinus excelsior*).

Анализ конструкций существующих мобильных устройств для диагностики состояния древесины сверлением (далее мобильных устройств) и методик сбора, анализа и представления данных позволяет говорить об отсутствии автоматического варьирования скорости подачи в зависимости от изменения сопротивления сверлению под действием нагрузки, возникающей при сверлении более плотных участков в древесине, например, сучков, крени и т.д. В этом случае повышается износ режущей части бурового сверла, увеличивается нагрузка на электроприводы его вращения и подачи, что снижает точность измерений и надежность устройства. Также возможно смещение траектории движения бурового сверла.

Цель работы: разработка новой конструкции мобильного устройства для диагностики состояния древесины сверлением с автоматическим варьированием скорости подачи бурового сверла.

Решаемые задачи: 1) анализ конструкций современных устройств для исследования древесины и древесных материалов; 2) составление морфологического ящика возможных вариантов технических решений при проектировании мобильных устройств для диагностики состояния древесины в процессе механической обработки; 3) синтез технических решений и разработка новых конструкций мобильных устройств с автоматическим варьированием скорости подачи бурового сверла.

Морфологический метод исследования – пример системного подхода в области изобретательства, разработанный швейцарским астрономом Ф. Цвики [8]. Данный метод получил широкое распространение в области машиностроения и приборостроения, позволил получить большое число оригинальных технических решений, в том числе в ракетостроении и в автомобилестроении. Морфологический метод может быть приме-

нен при решении технологических и конструкторских задач общего плана: проектирование новых конструкций машин, механизмов и технологий, поиск компоновочных и схемных решений. Основные его этапы при разработке новых устройств:

1) анализ существующих конструкторских решений; 2) составление морфологического ящика; 3) синтез возможных конструкторских решений и разработка нового устройства.

Техническое моделирование. Анализ конструкций устройств для исследования свойств древесины и древесных материалов сверлением осуществлялся на основании проведенных патентных исследований (патенты Германии № 3501841, № 4122494, № 10031333, № 102005013752, США № 6290437 и РФ № 95128, № 2448811) [8].

Таблица 1

Морфологический ящик конструкций устройств для исследования древесины и древесных материалов в процессе механической обработки

п/п	Признаки		Свойства											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
А	Способ механической обработки		Пиление	Фрезерование	Сверление	Строгание	Точение	Шлифование	Раскалывание	Разрезание и штамп.	Разрезание лазером	Разрезание струей воды	Комбинированный	Другой
Б	Оценка свойств материала		Визуальное		Кач-во поверхности резания		Скоростные характеристики	Силовые характеристики	Механ. движение		Комбинир-ный	Другая	Отсутствует	
В	Двигательный	резания	Ручной		ДВС		Электр. привод	Гидропривод	Пневмопривод		Комбинир-ный	Другой	Отсутствует	
Г	мех-зм привода	подачи	Ручной		ДВС		Электр. привод	Гидропривод	Пневмопривод		Комбинир-ный	Другой	Отсутствует	
Д	Передачный	резания	Механический		Гидравлический		Пневматический	Другой	Отсутствует					
Е	мех-зм привода	подачи	Механический		Гидравлический		Пневматический	Другой	Отсутствует					
Ж	Тип двигателя механизма резания		Нерегулируемый		Регулируемый		Отсутствует							
З	Тип двигателя механизма подачи		Нерегулируемый		Автоматическое регулирование		Ручное регулирование	Отсутствует						
И	Характеристика привода подачи		Единый		Раздельный		Другой	Отсутствует						
К	Тип исполнительного мех-зма подачи		Реечный		Ременный		Цепной	Винтовой	Канатный		Комбинир-ный	Другой	Отсутствует	
Л	Количество режущих инструментов		Один		Несколько		Отсутствует							
М	Тип направляющих		Скольжения		Качения		Комбинир-ный	Другие	Отсутствует					
Н	Отображение и хранение информации		Бумажный носитель		Электронный носитель		Комбинир-ное	Другое	Отсутствует					

Многие разработки имеют сходные конструкции, и состоят из единого или раздельного электропривода на вращение и подачу, механизма стабилизации тонкого бурового сверла. Измерение величины сопротивления сверлению осуществляется механически (регистрация самописцем), электрически либо электронно с подключением к ЭВМ или без него. По техническим решениям, реализованным в данных разработках, составлен морфологический ящик (табл. 1), определены основные признаки и их значения.

На основе морфологического метода исследований был проведен синтез возможных технических решений, разработаны новые конструкции мобильных устройств с автоматическим регулированием скорости подачи бурового сверла.

Интерпретация результатов. Суть *автоматического механического регулирования скорости подачи сверла* (код 3638111244112) заключается в использовании единого привода на подачу и вращение сверла (рис.3). При этом подающий механизм сверла связан с электродвигателем посредством автоматического клиноременного вариатора, который при возрастании сопротивления сверлению во время просверливания более плотных материалов и снижения частоты вращения тонкого бурового сверла и вала электродвигателя, плавно увеличивает передаточное число и, соответственно, снижает частоту вращения своего выходного вала. При этом снижается частота вращения винтовой передачи механизма подачи тонкого бурового сверла. Обратный процесс осуществляется также автоматически – при повышении частоты вращения выходного вала электропривода осуществляется увеличение скорости подачи бурового сверла до максимальных значений холостого режима (без нагрузки) работы устройства.

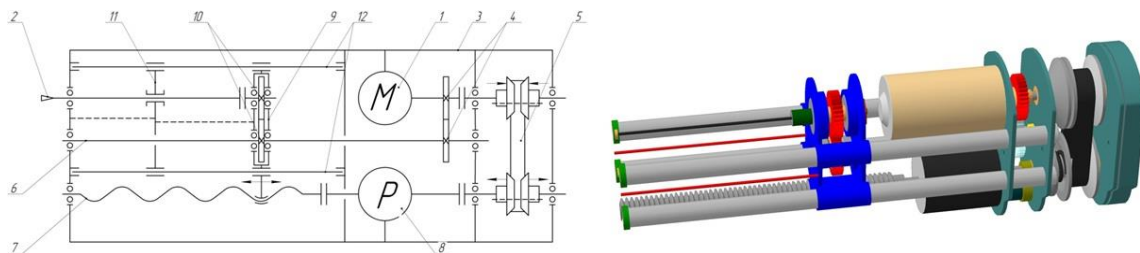


Рис.3. Устройство для диагностики состояния древесины с автоматическим механическим регулированием скорости подачи сверла: кинематическая схема (слева); 3D модель приводной части (справа)

Ввиду автоматического изменения скорости подачи бурового сверла в процессе сверления и на основании предварительных экспериментальных исследований взаимодействия величины скорости подачи бурового сверла и тока, потребляемого электродвигателем, на ЭВМ осуществляется математическое преобразование величины тока с целью определения реального значения мощности на сверление и свойств исследуемого материала.

В устройстве с *автоматическим электронным регулированием скорости подачи сверла* (код 3633511224112) используется раздельный электропривод на вращение и подачу тонкого бурового сверла (рис.4). Изменение скорости подачи тонкого бурового сверла осуществляется тиристорным ключом при импульсном регулировании напряжения питания электропривода подачи посредством замера величины тока, напряжения питания или частоты вращения тонкого бурового сверла и преобразования замеренных данных с помощью ЭВМ, создания управляющего сигнала и изменения частоты вращения вала электрического двигателя привода подачи.

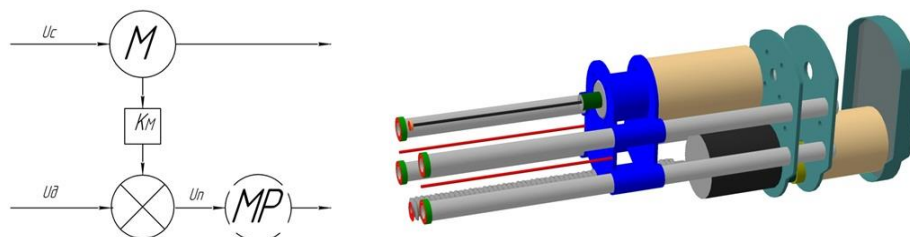


Рис.4. Устройство для диагностики состояния древесины с автоматическим электронным регулированием скорости подачи сверла: схема подключения питания приводов с использованием тиристорного ключа при импульсном регулировании напряжения питания (слева); 3D модель приводной части (справа)

Автоматическое электронное регулирование скорости подачи тонкого бурового сверла, по сравнению с механическим, является более быстрым и точным, однако требует для работы наличия ЭВМ и дополнительных измерительных средств (датчики тока и/или вращения).

Выводы.

1. Проведен анализ современных устройств для исследования свойств древесины и древесных материалов сверлением, составлен морфологический ящик возможных вариантов технических решений, применяемых в конструкциях устройств для исследования древесины и древесных материалов в процессе механической обработки;
2. В результате морфологических исследований разработаны новые конструкции мобильных устройств для диагностики состояния древесины с автоматическим регулированием скорости подачи бурового сверла в процессе сверления, что позволит:
 - повысить точность измерений сопротивления исследуемых материалов сверлению;
 - снизить износ режущей части бурового сверла;
 - повысить надежность привода, узлов и конструкции устройства в целом.

Список литературы

1. Федюков В.И., Салдаева Е.Ю. Новый способ и устройство для объективной идентификации срубленного дерева. Лесное хозяйство, 2010. – №5. – С. 31-32.
2. Демаков Ю.П., Смыков А.Е., Гаврицкова Н.Н. Структура, продуктивность и динамика осинников Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2011. – №2(12). – С. 24–38.
3. Resistograph [Электронный ресурс] // RINNTech.DE : «Rinntech»: Produkte. URL: <http://www.rinntech.de/content/view/8/34/lang,german/index.html> (дата обращения: 28.05.2013).
4. IML-RESI Systeme [Электронный ресурс] // IML.DE : GmbH «Instrumenta Mechanic Labor»: Produkte. URL: http://iml.de/html/iml-resi_systeme.html (дата обращения: 28.05.2013).
5. Шарапов Е.С., Чернов В.Ю., Бычкова Т.В. Устройство для измерения сопротивления сверлению // Патент России № 95128. 2010.
6. Шарапов Е.С., Чернов В.Ю., Чернов Ю.В. Устройство для измерения сопротивления сверлению // Патент России № 2448811. 2012.
7. Шарапов Е.С., Торопов А.С., Чернов В.Ю. Результаты экспериментальных исследований свойств древесины круглых лесоматериалов по радиусу ствола. Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник, 2012. – №2. – С. 162–167.
8. Половинкин А.И. Методы поиска новых технических решений. Йошкар-Ола: Маркигоиздат, 1976. – 192 с.
9. Шарапов Е.С., Чернов В.Ю. Обоснование конструкции устройства для исследования свойств древесины сверлением. Известия СПбГЛТА, 2011. – № 195. – С. 134–142.

MORPHOLOGICAL RESEARCHES OF MOBILE DEVICE DESIGNS FOR WOOD CONDITION DIAGNOSTICS BY DRILLING

Sharapov Evgenii Sergeevich, Toropov Alexandr Stepanovich, Chernov Vasilii Yurevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Morphological researches results of wood and wood materials condition diagnostics devices are presented. Techniques of automatic control boring drill feeding speed are synthesized. New designs of mobile devices for wood condition diagnostics by drilling are developed.

Keywords: *automatic speed control, variator, microdrilling, morphological researches, morphological box, wood condition diagnostics, wood density, wood properties.*

УДК 630*375.1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ТРЕЛЕВКЕ ДРЕВЕСИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МОДУЛЕМ С ЛЕБЕДКОЙ

Ширнин Александр Юрьевич, Моржанов Александр Юрьевич

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
MorzhanovAY@volgatech.net

Приведены результаты экспериментальных исследований силы натяжения каната с использованием технологического модуля с лебедкой. Приведены зависимости абсолютных и удельных энергозатрат от объема трелеваемой пачки и высоты расположения опорного блока.

Ключевые слова: *энергозатраты, расположение опорного блока, объем трелеваемой пачки.*

Введение. В настоящее время в связи с ростом цен на все существующие энерго-ресурсы, встает вопрос об экономии энергозатрат на трелевку древесины. В статье [1] приведены теоретические расчеты на трелевку древесины с использованием технологического модуля с лебедкой. Для проверки энергозатрат были проведены экспериментальные исследования трелевки древесины технологическим модулем с лебедкой.

Для подъема переднего конца пачки грузонесущий канат пропускают через опорный блок [2, 3], высоту размещения которого можно регулировать исходя из технических характеристик используемого энергетического модуля и теоретических расчетов.

Цель работы: определение энергозатрат при трелевке древесины технологическим модулем с лебедкой.

Решаемые задачи: определение экспериментальным путем силы натяжения каната и расчет зависимости энергозатрат от объема трелеваемой пачки и высоты размещения опорного блока при трелевке древесины технологическим модулем с лебедкой.

Техника эксперимента и изложение полученных результатов.

Для проведения пассивного эксперимента на территории учебно-опытного лесхоза ПГТУ в Чернушкинском участковом лесничестве были выбраны место и дерево-мачта для установки технологического модуля. На предполагаемом трелевочном волоке через каждые 5 метров были расставлены вешки. Далее на расстоянии 50 метров от де-

рева-мачты были подготовлены лесоматериалы для трелевки. Каждый из них был отмечен порядковым номером с замером длины и диаметра в комле. На дереве-мачте были отмечены две высоты расположения опорного блока 6м, 8м для определения места закрепления опорного блока.

Пропущенный через опорный блок грузонесущий канат, расположенный на дереве-мачте, растягивался к подготовленным лесоматериалам [4]. Далее обвязывались чокерами трелюемые лесоматериалы. Чокера крепились к грузонесущему канату с помощью крюков через динамометр. После зацепки пачки лесоматериалы подтрелевывались к дереву-мачте. Наблюдение за процессом трелевки осуществлялось следующим образом: один человек находился возле технологического модуля и контролировал намотку троса на барабан лебедки. Второй – записывал показания динамометра, время и расстояние при котором происходило приподнимание переднего конца трелюемой пачки. Показание динамометра записывались отдельно для каждого слоя витков каната на барабане. Когда начиналась намотка на барабан лебедки следующего слоя каната, исследователь, находившийся у технологического модуля, давал отмашку, а второй исследователь записывал расстояние от трелюемой пачки до мачты. После того как трелюемая пачка лесоматериалов оказывалась у дерева-мачты первый исследователь при помощи привода управления натяжения ременной передачи осуществлял прекращение намотки троса на барабан и останавливал двигатель. При этом второй исследователь производил снятие чокеров с пачки лесоматериалов. Далее происходило растаскивание каната, и повторялся описанный выше процесс трелевки. Лесоматериалы трелевались при расположении опорного блока на двух разных высотах: 6, 8 метров.

Фрагмент результатов исследований представлен в табл.1. Столбцы 2, 3, 5 заполнялись в процессе эксперимента, столбцы 4, 6 и 7 заполнялись путем расчета. Эксперимент проводился при высоте подвески блока 6 и 8 метров.

Таблица 1

Фрагмент результатов исследований

№ п/п	Расстояние от мачты до пачки L, м		Объем пачки Q, м³	Сила натяжения каната F, кН	Энергозатраты в процессе трелевки Э, кДж	Удельные энергозатраты в процессе подтрелевки Э _{уд} , кДж/м³
	L ₁	L ₂				
1	2	3	4	5	6	7
Высота 6м						
Пачка №1						
1 слой навивки	25	-	0,17	0,1	L ₁ * F =2,57	Э/Q =15,13
2 слой навивки	-	20			L ₂ * F =2,08	Э/Q =12,26
Пачка №2						
1 слой навивки	25	-	0,25	0,15	25*0,15=3,86	3,86/0,25=15,45
2 слой навивки	-	20			20*0,15=3,12	3,12/0,25=12,48

*Примечание: L₁ – расстояние, на которое перемещается пачка лесоматериалов при наматывании первого витка слоя каната на барабан лебедки, м; L₂ – расстояние, на которое перемещается пачка лесоматериалов при наматывании последнего витка слоя каната на барабан лебедки, м [5].

В табл. 2 представлены обработанные данные по всем стрелеванным пачкам.

Для расчета затраты энергии ($\mathcal{E}$, кДж) при трелевке древесины на разных высотах подъема блока использовались следующие параметры: $V_{\text{ср}}$ – средний объем лесоматериала, м^3 ; Q – объем пачки, м^3 ; H – высота установки блока, м.

С использованием рис. 1 дальнейшие расчеты проводились по формулам:

$$\mathcal{E} = F'' \cdot L;$$

$$F = F' \cdot \cos \alpha;$$

$$F = F'' \cdot \cos \beta;$$

$$F'' = F' \cos \alpha / \cos \beta,$$

где F'' – сила натяжения каната на длине от барабана лебедки до опорного блока, кН; F' – сила натяжения каната на длине от блока до пачки хлыстов, кН.

Отношение $\cos \alpha / \cos \beta$ определялось с учетом высоты расположения блока, размеров технологического модуля и расстояния от пачки до мачты. Расчеты показали, что отношение будет равно для высоты 6 м – 1,03, для 8 м – 1,04.

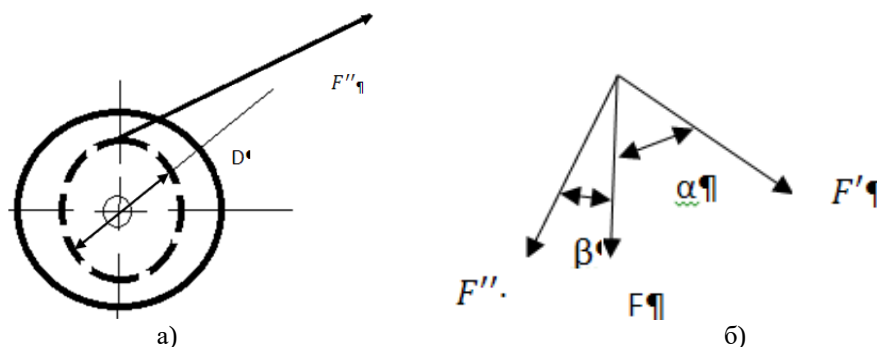


Рис. 1. Схема определения крутящего момента на валу барабана лебедки (а) и равнодействующей силы натяжения (б)

С учетом экспериментальных данных в таблице 2 представлены зависимости удельных энергозатрат на подтрелевку древесины от высоты размещения опорного блока и диаметра навивки каната на барабан лебедки, $\text{кДж}/\text{м}^3$.

Таблица 2

Зависимость удельных энергозатрат на подтрелевку древесины от высоты размещения опорного блока и диаметра навивки каната на барабан лебедки, $\text{кДж}/\text{м}^3$

№ п/п	1 слой навивки	2 слой навивки	1 слой навивки	2 слой навивки
H = 6 м			H = 8 м	
1	15,13	12,26	9,56	7,83
2	15,45	12,48	13,6	11,13
3	15,45	12,48	13,15	10,76
4	16,09	13	11	8,85
5	15,74	12,8	11,77	9,5
6	15,85	12,8	11,58	9,32
7	15,45	12,48	10,53	8,41
8	15,6	12,63	9,77	7,9
9	15,67	12,66	11,28	9,08
Σ	140,43	113,59	102,24	82,78
Эуд ср	15,6	12,62	11,36	9,2

На их основе построены графики зависимости энергозатрат от объема трелюемой пачки при высоте расположения опорного блока 6 и 8 метров (рис. 2), на первом и на втором слое навивки каната на барабан лебедки.

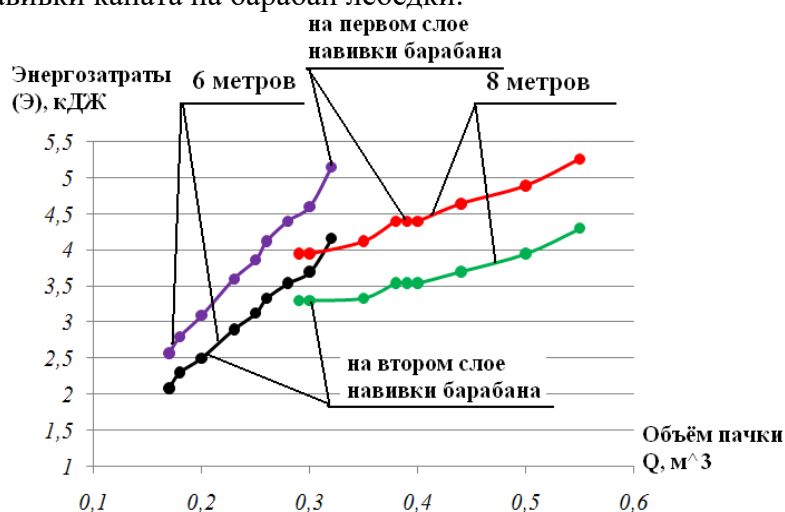


Рис. 2. График зависимости энергозатрат от объема трелюемой пачки

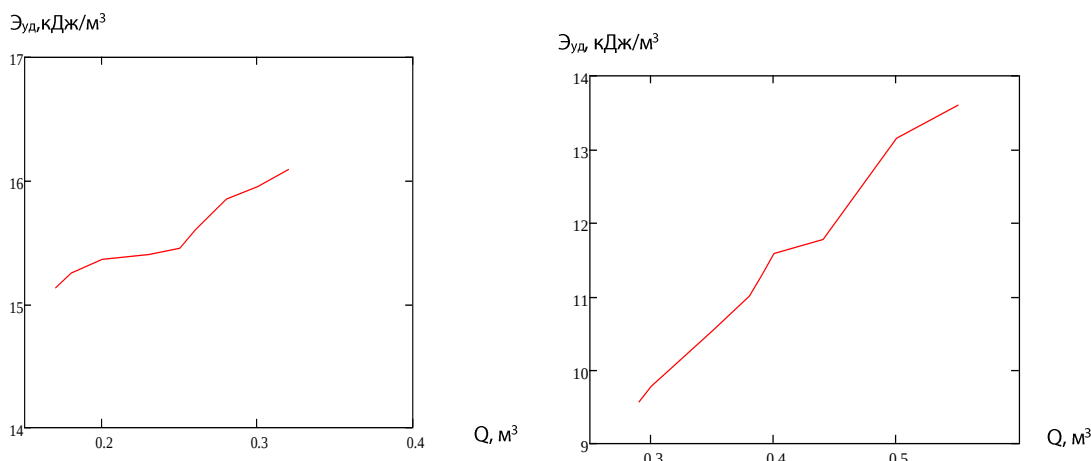


Рис. 3. График зависимости удельных энергозатрат (Эуд) от объема пачки хлыстов (Q) при высоте размещения опорного блока 6м (слева) и 8м (справа)

Выводы.

1. По построенному графику рис. 2 видно, что абсолютные энергозатраты возрастают при росте объема трелюемой пачки по зависимости близкой к прямолинейной, причем эта зависимость при расположении блока на высоте 6м более крутая, чем при расположении блока на высоте 8м как на первом, так и на втором слое навивке каната на барабан лебедки.

2. Удельные энергозатраты (рис. 3) возрастают при росте объема трелюемой пачки с меньшей динамикой по сравнению с абсолютными энергозатратами.

3. Исходя из расчета, на базе проведенных экспериментальных исследований и ранее полученных данных [1], следует рекомендовать технологию трелевки древесины технологическим модулем с лебедкой, тем самым снижая в значительной степени энергозатраты.

Список литературы

1. Моделирование энергозатрат при комбинированной трелевке древесины адаптивно-модульными машинами. Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю., Моржанов А.Ю., Зверев И.В. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – №3 – С. 50-58.
2. Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю., Егоров А.В., Зверев И.В., Моржанов А.Ю. Машина для трелевки // Патент России № 112592. 2010. Бюл. № 2.
3. Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю. Методика обоснования режимов работы технологических модулей при комбинированной трелевке древесины // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2008. – №2 – С.51-59.
4. Ширнин А.Ю. Экспериментальные исследования канатной подтрелевки / Лесной вестник, 2006. – №1. – С. 72 – 75.
5. Ширнин А. Ю. Методика определение канатоемкости барабана лебедки и ширины делянки относительно расстояния между мачтой и трактором / Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2008. – №3 – С. 62-64.

**EXPERIMENTAL STUDY AND DETERMINATION
OF THE ENERGY CONSUMPTION SKIDDING WOOD
TECHNOLOGICAL MODULE WITH A WINCH**

Shirnin Alexander Yurievich, Morzhanov Aleksandr Yur'evich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The experimental results tension force of the rope using a process module with a winch. On the basis of the tension force of the rope, the dependences of the absolute and specific energy consumption of the volume carried by packets and the height of the support block.

Keywords: energy, variable values of the reference location of the block, the amount of logging packs, hauling wood.

УДК 697.34 (075.8)

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ВОДОПРОВОДНОЙ
СЕТИ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА**

Яковлева Ирина Игоревна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.neten

Предлагается метод информационно-технологического обеспечения средств защиты водопроводной сети от гидравлического удара с помощью прикладной среды MathCad.

Ключевые слова: водопроводная сеть; напор воды; магистральная сеть; гидравлический удар.

Введение. Современные системы водоснабжения представляют собой сложные инженерные сооружения и устройства, обеспечивающие подачу воды потребителям.

При проектировании, реконструкции и анализе аварий в сложных системах напорных трубопроводов необходимо проводить расчет изменения давления и скорости жидкости в трубопроводах при гидравлическом ударе, который часто является одной из основных причин неприятностей при эксплуатации труб. Для защиты трубопроводов от гидравлических ударов решающее значение имеют совершенные методы расчета и надежная конструкция противоударных устройств, а также правильная их эксплуатация. Правильное решение инженерных задач по водоснабжению определяет высокий уровень благоустройства населенных пунктов, жилых, общественных и промышленных зданий.

Цель работы: разработать с помощью прикладной среды MathCad информационно-технологическое обеспечение средств защиты водопроводной сети от гидравлического удара.

Решаемые задачи: 1) гидравлический расчет сети водопроводов; 2) определение участков сети с возможной вероятностью гидравлического удара; 3) оценка гидравлического удара при применении противоударных мероприятий.

Техническое моделирование. В любом разветвлении трубопровода наблюдается сложная картина интерференции ударных волн.

Рассмотрим точку разветвления трубопровода, от которой отходит n ветвей. Пьезометрические напоры h_1, h_2 в сечениях ветвей, непосредственно примыкающих к точке разветвления, можно считать одинаковыми:

$$h_1 = h_2 = \dots = h_n = h. \quad (1)$$

Скорости течения во всех ветвях $V_1, V_2, \dots, V_n$ будем считать положительными по направлению к точке разветвления. Из условия неразрывности получим

$$v_1 \omega_1 + v_2 \omega_2 + \dots + v_n \omega_n = 0, \quad (2)$$

где $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ — площади сечения ветвей.

Распространение волн в каждой ветви выражается уравнениями

$$\Delta h = h - h_0 = F\left(t - \frac{x}{a}\right) + f\left(t + \frac{x}{a}\right), \quad (3)$$

$$\Delta v = v - v_0 = \frac{g}{a} \left[F\left(t - \frac{x}{a}\right) + f\left(t + \frac{x}{a}\right) \right], \quad (4)$$

где функции F выражают изменения давления и скорости, распространяющиеся по трубопроводу в направлении оси X со скоростью a , т.е. прямую волну удара;

Функции f выражают изменения давления и скорости, распространяющиеся по трубопроводу со скоростью a в направлении, противоположном направлению оси X , т.е. обратную волну удара [1].

Пусть по i -й ветви к точке разветвления подходит волна, ординату которой в сечении, непосредственно примыкающем к точке разветвления, обозначим через F_i . Частично отражаясь от точки разветвления, эта волна порождает в том же сечении об-

ратную волну f_i , а в сечениях других ветвей, примыкающих к точке разветвления, — волны $f_1, f_2, \dots, f_{i-1}, f_{i+1}, \dots, f_n$. На основании приведенных уравнений можем написать:

$$f_1 = f_2 = \dots = f_{i-1} = F_i + f_i = f_{i+1} = \dots = f_n; \quad (5)$$

$$\frac{\omega_1}{a_1} f_1 + \frac{\omega_2}{a_2} f_2 + \dots + \frac{\omega_{i-1}}{a_{i-1}} f_{i-1} + \frac{\omega_i}{a_i} (f_i - F_i) + \frac{\omega_{i+1}}{a_{i+1}} f_{i+1} + \dots + \frac{\omega_n}{a_n} f_n = 0. \quad (6)$$

Отсюда получим:

$$f_1 = f_2 = \dots = f_{i-1} = f_{i+1} = \dots = f_n = s_i F_i, \quad f_i = r_i F_i, \quad (7)$$

где $s_i = \frac{2\omega_i / a_i}{\sum_{k=1}^n \omega_k / a_k}; r_i = s_i - 1.$

Коэффициент r_i называется коэффициентом отражения. Коэффициент s_i называется коэффициентом преломления [2].

Методика расчета гидравлического удара в разветвленных сетях.

Методика расчета гидроударных процессов в водопроводной сети разработана на основе прикладной среды MathCad [3].

Действующий напор в начале трубопровода перед закрытием затвора, м

$$H_0 := 100$$

Падение напора в трубопроводе перед закрытием затвора, м

$$\Delta H_0 := \frac{1}{\text{фон}} \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \quad \Delta H_0 = 0.777$$

Полный напор в трубопроводе перед закрытием затвора, м

$$H_1 := H_0 - \Delta H_0 \quad H_1 = 99.223$$

Степень открытия затвора

$$k_z := 0.2$$

Промежуток времени от начала закрытия затвора до возвращения отраженной волны от напорного резервуара, с

$$t_{\phi} := \frac{2 \cdot L1}{a} \quad t_{\phi} = 1.099$$

Повышение напора в течение первой фазы при полном закрытии затвора (прямой гидравлический удар), м

$$\Delta H_{1\text{пр}} := \frac{a}{g} \cdot v1 \quad \Delta H_{1\text{пр}} = 131.21$$

Ударный параметр трубопровода

$$\rho y := \frac{a \cdot v1}{2 \cdot g \cdot H1} \quad \rho y = 0.661$$

Через промежуток времени $t = l/a$ после закрытия затвора у резервуара, с

$$t1 := \frac{L1}{a} \quad t1 = 0.55$$

возникает волна понижения напора $\Delta H_1''$, определяемая с учетом потерь напора в водоводе, условно сосредоточенных в концевых диафрагмах, м

$$\Delta H_{1\text{п}} := \Delta H_{1\text{пр}} \cdot \left(1 - \frac{\Delta H_{1\text{пр}}}{8 \cdot H1 \cdot \rho y^2} \right) \quad \Delta H_{1\text{п}} = 81.598$$

Распространение этой волны вызовет образование в водоводе скорости движения воды в обратном направлении, м/с

$$v_{\text{обр}} := \frac{g}{a} \cdot \Delta H_{1\text{п}} \quad v_{\text{обр}} = 0.733$$

Гашение скорости у затвора приведет к снижению напора, м

$$\Delta H_{\text{п}} := \frac{a}{g} \cdot v_{\text{обр}} \quad \Delta H_{\text{п}} = 81.598$$

Если волна понижения давления $\Delta H_1''$ больше статического напора

относительно уровня воды в напорном резервуаре $\Delta H_1'' > H_{\text{ст}}$,

то в водоводе произойдет разрыв потока и установится напор, м

$$\Delta H_{\text{пред}} := H1 + 8 \quad \Delta H_{\text{пред}} = 107.223$$

Интерпретация результатов. В результате всех вычислений [4], выполненных в прикладной среде MathCad [5], получены следующие результаты:

Потери напора на участке распределения расхода по формуле Дарси, м

$$h_{d1} := A1 \cdot L1 \cdot \left(\frac{Q_{p1}}{3600} \right)^{m1} \quad h_{d1} = 1.808$$

Суммарный коэффициент сопротивления водовода на участке от подключения водовода к насосной станции до места установки предохранительного клапана

$$\zeta_{тр} := \frac{2h_{d1}}{v1^2} \quad \zeta_{тр} = 2.602$$

Коэффициент допустимого напора

$$\alpha_{доп} := \frac{H_{доп}}{H_{макс}} \quad \alpha_{доп} = 0.959$$

Коэффициент сопротивления предохранительного клапана и трубопровода, отводящего от него воду,

$$\zeta_c := \frac{2 \cdot a^2}{g \cdot H_{макс}} \cdot \frac{\alpha_{доп}}{(1 - \alpha_{доп})^2} - \zeta_{тр} \quad \zeta_c = 6.814 \times 10^5$$

Максимальный напор при сбросе воды через клапан, м

$$H_{пр} := H_{макс} \cdot \left[1 - \frac{a^2 \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot g}{a^2} \cdot H_{макс} \cdot (\zeta_c + \zeta_{тр})} + 1 - 1 \right]}{g \cdot H_{макс} \cdot (\zeta_c + \zeta_{тр})} \right] \quad H_{пр} = 200$$

Максимальное повышение напора, м

$$\Delta H_{макс} := \frac{a \cdot v1}{g} + 2 \cdot H1 \quad \Delta H_{макс} = 329.655$$

Если предохранительный клапан, установленный у обратного клапана в начале водовода для ограничения повышения напора, не защищает водовод от повышения напора в других точках, происходящего при соударении колонн воды в местах разрывов сплошности потока, то максимальный напор в водоводе, м

$$\Delta H_{макс1} := 2 \cdot H1 + 0.5 \cdot \left(\Delta H_{1пр} + \frac{a \cdot v1}{g} \right) \quad \Delta H_{макс1} = 329.655$$

Коэффициент сопротивления сбросного устройства не должен превосходить

$$\zeta_{сy} := 2 \cdot g \cdot \frac{H1 + \Delta H_{1пр} - z_k}{v1 + \frac{g}{a} \cdot (2 \cdot H1 - \Delta H_{1пр})} \quad \zeta_{сy} = 2.514 \times 10^3$$

Выводы

1. В связи со сложностью гидроударных процессов внедрению в практику проектирования должен предшествовать расчет нестационарных процессов, реализованный в прикладной автоматизированной программной среде.
2. В процессе расчета должны быть определены условия возникновения гидравлического удара.
3. После выбора противоударной системы следует производить проверку эффективности предлагаемых мероприятий на основе автоматизированного расчета и необходимых экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – 7-е изд., – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Лапшев Н.Н. Гидравлика: учебник для вузов по специальности "Строительство" – М.: Академия, 2007. – 68, с.
3. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Matchcad. Учебный курс – СПб.: Питер, 2003. – 448 с.
4. Поздеев А. Г. [и др.]. Совершенствование средств инженерно-экологического обустройства водохранилищ гидроэлектростанций / Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 1 (11). – 98 с.
5. Штеренлихт Д. В. Гидравлика. 3-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Колос. – 672 с.

IMPROVEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGICAL SUPPORT OF CALCULATION OF THE WATER SUPPLY SYSTEM OF IOSHKAR OLA

Yakovleva Irina Igorevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The method of information technological support of calculation of a water supply system by means of the applied MathCad environment is offered.

Keywords: *water supply system, water pressure, backbone network, water hammer.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

УДК 004.93

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ НАЗЕМНОЙ ЛЕСНОЙ ТАКСАЦИИ

Ипатов Юрий Аркадьевич, Кревецкий Александр Владимирович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ipatovya@volgatech.net

Предлагается комплексный подход для решения прикладных задач наземной лесной таксации, где измерения осуществляются по средствам автоматизированного анализа и распознавания цифровых изображений. Использование технических средств координатно-временного обеспечения позволяет получать качественно новую информацию для принятия решений.

Ключевые слова: анализ изображений, классификация изображений, полосные текстуры, локализация границ, сегментация изображений, обнаружение объектов наземной таксации, оценка параметров.

Введение. Существующие подходы в области лесной таксации, экологического мониторинга и прогнозирования биоресурсов можно условно разделить на два научно-технических направления: первое использует крупномасштабные (данные дистанционного зондирования земли, аэрофотосъемка) и второе мелкомасштабные (снимки наземной лесной таксации) изображения. Для первого направления созданы и широко применяются на практике автоматизированные решения: аппаратно-программные средства, реализующие методы цифровой обработки изображений и распознавания образов [1-3]. В то же время важные массовые наземные измерения, в частности, для решения некоторого класса задач, сегодня выполняются неавтоматизированными трудоемкими визуальными методами, имеют высокую стоимость и большие временные затраты. Однако для задач наземной лесной таксации удалось создать автоматизированные программно-аппаратные комплексы, которые повышают общую эффективность работ примерно на два порядка [4].

Цель работы: разработать интегральный программный комплекс для решения задач наземной лесной таксации и минимизировать человеко-машинные операции.

Решаемые задачи: 1) Создать единую платформу для регистрации, обработки, анализа и интерпретации данных с использованием базы данных; 2) смоделировать данные и сравнить существующие геоинформационные системы для задач наземной лесной таксации; 3) разработать подход автоматизированной классификации сцен наземной лесной таксации; 4) разработать инструментарий для аналитической обработки данных.

Моделирование данных. При проектировании программного комплекса необходимо будет выделить существующие инструментарии в коммерческих ГИС и разработать уникальные средства, которых в них нет.

Рынок коммерческих программных продуктов ГИС на сегодняшний день очень разнообразный и представляет широкий спектр систем для задач разного класса. Наиболее хорошо себя зарекомендовали для работы с мелкомасштабными "природными" картами (геология, сельское хозяйство, навигация, экология и т.п.) такие ГИС, как ArcInfo и ArcView GIS [5,6]. Доступность исходных программных продуктов и первичный функциональный анализ ГИС, позволяет провести детальное исследование таких систем, как ArcGIS и MapInfo.

Платформа ArcGIS является оптимальным решением для построения корпоративной ГИС на рис. 1,а представлен процесс моделирования этих данных в системе ArcGIS.

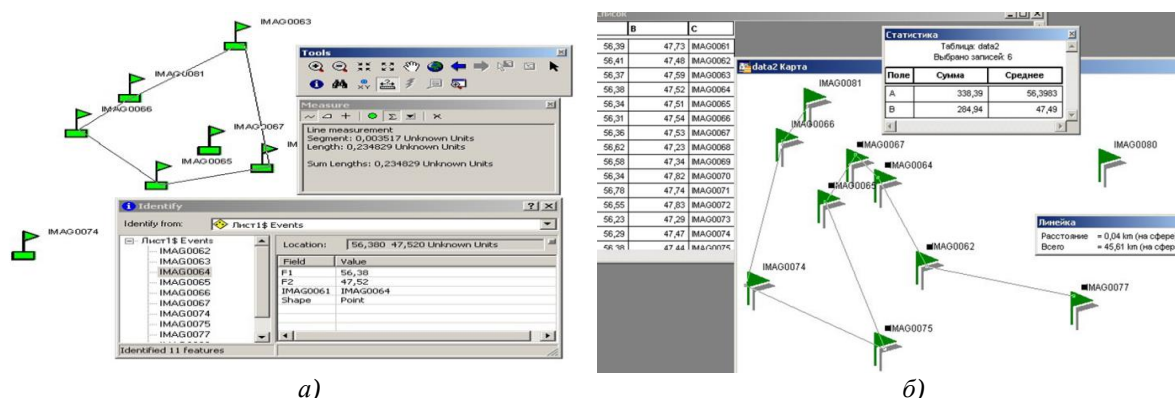


Рис. 1. Экспериментальные данные измерений в ГИС: а – ArcGIS и б – MapInfo

MapInfo Professional – полнофункциональная геоинформационная система. Для проведения исследования с использованием данной платформы были сгенерированы экспериментальные данные наземной лесной таксации включающие широту/долготу и дополнительную атрибутивную информацию. На рис. 1,б представлен процесс моделирования этих данных в системе MapInfo.

Сравнительный анализ ГИС ArcGIS и MapInfo показывает, что они позволяют решить задачи наземной лесной таксации с ограниченными функциональными и техническими возможностями. Так недостающие системные, функциональные и технические возможности будут реализованы в разрабатываемой системе для задач наземной лесной таксации. Также сложным аспектом в реализации ГИС является интеграция всех этапов обработки данных, таких как первичная обработка, анализа, получение характеристик, систематизация и хранение полученной информации. Все это обосновывает разработку автономного программного комплекса, который будет сочетать в себе некоторые достоинства существующих геоинформационных систем, а также будет отличаться уникальными системными, функциональными и аналитическими возможностями.

Создание интегральной системы. Анализ существующих программных разработок в области лесного хозяйства, инструментов для управления геоинформационными данными позволили выделить основные логические и функциональные блоки и спроектировать программный комплекс по следующей структурной схеме (рис. 2).

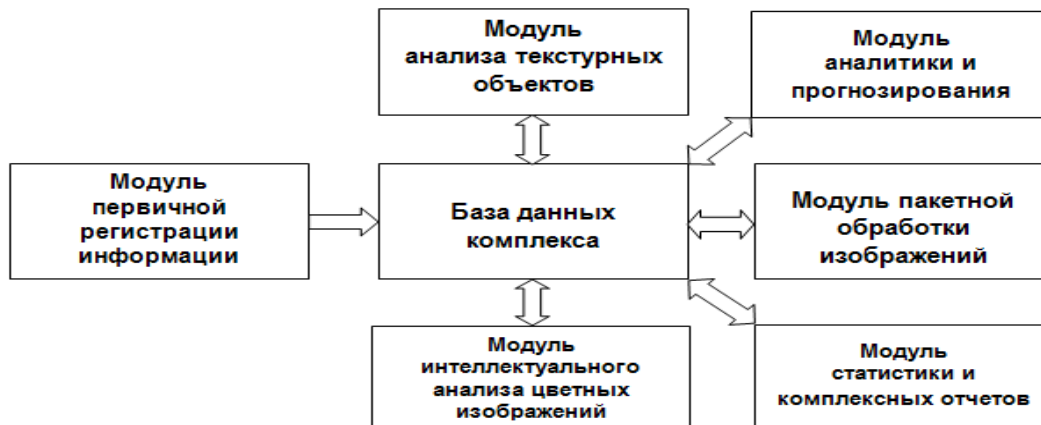


Рис. 2. Структурная схема проектируемого программного комплекса

Каждый элемент структурной схемы представляет отдельный модуль, который решает свои независимые задачи, однако данные для обработки получает из других модулей и систематизирует информацию в базе данных.

Модуль первичной регистрации информации – этот модуль позволяет извлекать метаданные изображения и регистрировать всю информацию об измерениях в базе данных системы. *База данных комплекса* – это независимый структурный элемент разрабатываемой платформы, который централизованно хранит первичную информацию об измерениях, данные анализа и автоматического распознавания признаков и характеристик. *Модуль пакетной обработки изображений* – в основные задачи того модуля входит обработка серии изображений, где есть необходимость использования массовых однотипных операций над графическими изображениями. *Модуль интеллектуального анализа цветных изображений* – это модуль системы для получения таксационных характеристик по изображениям просвета крон и проективного покрытия растений. *Модуль анализа текстурных объектов* – это набор инструментов с алгоритмами автоматической обработки и анализа изображений с периодическими и аperiodическими текстурами (древесные спилы, изображения перспективных видов лесных массивов). *Модуль аналитики и прогнозирования* – это набор интеллектуальной обработки полученных характеристик с возможностью оценки краткосрочных прогнозов по имеющимся данным с использованием разных математических моделей, а также получение результатов по запросам геоинформатики. *Модуль статистики и комплексных отчетов* – используя этот модуль можно получить данные обработки с использованием математических функций (среднее, дисперсия, медианы и др.). Также здесь проектируется система комплексных отчетов по представлению информации в удобной для пользователя форме.

Автоматизированная классификация. Условно место для пространственной регистрации заданных классов изображений представлено на рис. 3, где E – точка регистрации снимка вдоль направления указанного вектора. Первый класс изображений (стволы деревьев на перспективных видах лесных массивов) регистрируется вдоль указанного направления $\vec{H} \parallel ADD_1A_1$, второй класс изображений (лиственный покров растений определенного типа) – $\vec{G} \perp ADD_1A_1$ и третий класс (кроны деревьев) – $\vec{F} \perp BCC_1B_1$.

Детальный анализ и экспериментальные исследования статистических, корреляционных и спектральных характеристик трех классов изображений был проведен ранее, а также найдены ключевые параметры и закономерности, которые позволили построить математические модели и алгоритмы их анализа [7, 8]. Вопрос выбора минимально достаточного количества таких признаков требует детального изучения и проведения практических испытаний на существующем классе сцен.

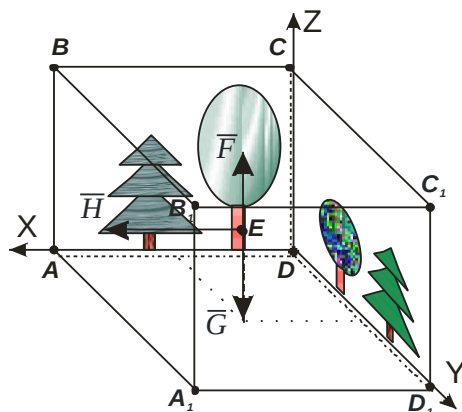


Рис. 3. Место пространственной регистрации изображений для задач наземной лесной таксации

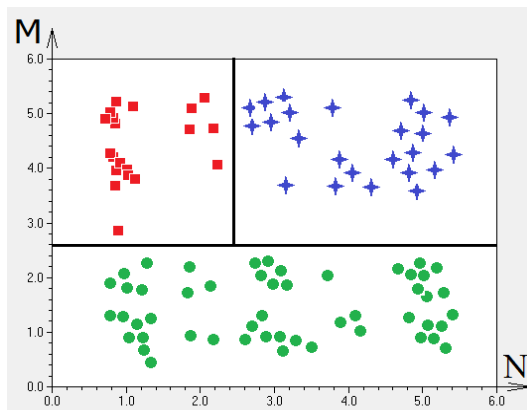


Рис. 4. Результаты разделения трех типов изображений на карте самоорганизации без учителя

В качестве статистических характеристик для создания «цифрового портрета» сцены были определены: $\bar{x}$ – среднее арифметическое яркости изображения $I(x, y)$, а также её дисперсии – σ^2 , среднеквадратического отклонения – σ и коэффициента вариации: $\nu = \sigma \cdot \bar{x}^{-1} \cdot 100\%$ (1). При исследовании формы распределения яркостей отдельного изображений оценивается степень асимметрии As и эксцесс Ex распределения. D – фрактальная размерность.

Статистическая модель цифрового изображения $I(x, y)$ может быть описана: $\bar{S} = \{\bar{x}, \sigma^2, \sigma, \nu, As, Ex, D\}$. Далее необходимо определить эмпирическим путем минимально достаточное количество элементов модели $\bar{S}$ для решения задачи наилучшей автоматической классификации таких изображений. При этом критерием качества отбора

оценка: $\hat{\eta} = \arg \min_i (\bar{S} = \{i, i+1, \dots, i+j\})$ (2), где j – количество элементов $\bar{S}$. будет

Для разделения независимых классов изображений будем использовать обучение без управления для кластеризации образов на основе принципов самоорганизующейся сети Кохонена [9]. Кластером будет являться группа векторов, расстояние между которыми внутри этой группы меньше, чем расстояние до соседних групп.

Из всех моделей отбираются только те, у которых ошибка первого и второго рода имеют наименьшее значение [10]. В результате получаем модели $\bar{S}_1 = \{\sigma^2, \nu, As, Ex, D\}$, $\bar{S}_2 = \{\sigma, \sigma^2, \nu, As, D\}$, $\bar{S}_3 = \{\sigma^2, \nu, As, Ex, D\}$ и $\bar{S}_4 = \{\sigma, \sigma^2, \nu, As, Ex, D\}$, для которых средняя ошибка первого рода $F_1 = 0,06$ и ошибка второго рода $M_1 = 0,08$ (рис. 4).

В результате статистических испытаний были определены минимально достаточные параметры модели описания изображений вторичными признаками для эффек-

тивной по качеству принимаемых решений и трудоемкости классификации заданных типов таксационных сцен.

Обработка данных. В проектируемом программном комплексе, также есть необходимость создать инструментарий для аналитической обработки данных. Это позволит анализировать данные первичной регистрации: географическая широта и долгота, высота над уровнем моря и др., а также результаты интеллектуальной обработки полученных характеристик, таких как относительная полнота древостоя, процент проективного покрытия, дендрохронологическая характеристика древесины и количество просвета нижнего яруса [7,8].

Все это обосновывает разрабатывать отдельный программный модуль для задач по анализу данных наземной лесной таксации. «Модуль интеллектуальной обработки данных» предназначен для анализа и аналитических исследований по следующим данным:

- первичной метаинформации, которая была зарегистрирована в базе данных вместе с графическими данными измерений (географическая широта и долгота, высота над уровнем моря и др.);
- результатов обработки с помощью алгоритмов распознавания и анализа изображений, полученных в виде количественных характеристик и занесенных в базу данных (относительной полноты древостоя, процента проективного покрытия, дендрохронологических характеристик древесины и количественного просвета нижнего яруса).

Весь спектр получаемых аналитических данных в созданной системе, можно обеспечить за счет механизма написания SQL – запросов к базе данных.

Выводы. В рамках исследования была создана и разработана интегрированная система для ведения комплекса работ по задачам наземной лесной таксации. Разработаны процедуры и функции извлечения атрибутивной информации глобальной системы позиционирования с изображений. Разработана база данных для централизованного хранения первичных измерений, данных анализа и автоматического распознавания признаков и лесотаксационных параметров в заявленном программном комплексе.

Разработана система интеллектуальной обработки данных, а также модуль прогнозирования данных наземной лесной таксации с использованием линейных и нелинейных регрессионных моделей. Созданы модули аналитической обработки, а также инструментарий для краткосрочного прогнозирования по результатам обработки данных наземной лесной таксации. Программный модуль статистической обработки и инструментарий для формирования сложных отчетов по запросу пользователя. Созданная система осуществляет систематизацию всех видов информации в единую информационную базу данных с привязкой по данным глобальной системы позиционирования.

Результаты, выполнения поставленных задач являются завершенными, а созданный программный комплекс выполняет заявленные характеристики функционирования. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-01-00427а.

Список литературы

- 1.Медведев Е.М., Данилин И.М. Лазерная локация земли и леса. – М.: Геолидар, Геоскосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 230 с.
- 2.Paul Mather Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction – Wiley, 2011. – 460 p.

3. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений // М. Техносфера, 2010. – 582 с.
4. Ипатов, Ю. А. Обработка и автоматический анализ изображений наземной лесной таксации / Ю.А. Ипатов, А.В. Кревецкий. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 184 с.
5. Руководство ESRI по ГИС анализу. Том1: Географические закономерности и взаимодействия; пер. с англ. / Энди Митчелл. – М: МГУ, 2001. – 190 с.
6. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы / Под общей редакцией И.Г. Журкина. – М: Кудиц-Пресс, 2009. – 272 с.
7. Кревецкий А.В., Ипатов Ю.А. Алгоритм локализации границ текстурных участков древесины на их цифровых изображениях // Изв. вузов. Приборостроение, 2009. – Т. 52. – № 7. – С. 12-17.
8. Ипатов Ю.А., Кревецкий А.В. Сегментация цветных аэрофотоснимков на основе алгоритма селективного обучения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы №2, Йошкар-Ола, 2008. – С. 22-26.
9. Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс, 2-е. – М.: «Вильямс», 2006. – С. 1104.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984. – 832 с.

DEVELOPMENT OF COMPUTER VISION SYSTEMS FOR LAND FOREST INVENTORY

Ipatov Yuri Arcadieievich, Krevetsky Alexandr Vladimirovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

A complex approach for applications to terrestrial forest inventory, where the measurements are carried out by means of computer-aided analysis and recognition of digital images. Use of technology coordinate and time software produces qualitatively new information for decision making.

Keywords: *image analysis, image classification, striped texture, localization borders, image segmentation, object detection land inventory, evaluation parameters.*

УДК 004.514.62

РАЗРАБОТКА ЭРГОНОМИЧНОГО ДИЗАЙНА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Лошакова Александра Сергеевна, Фирсова Анна Евгеньевна

ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет,
Россия, Йошкар-Ола
sashasold@yandex.ru

Предлагаются некоторые правила, соблюдение которых поможет сделать дизайн пользовательского интерфейса более эргономичным.

Ключевые слова: *эргономика; цвет; шрифт; навигация.*

Введение. В настоящее время разработка большинства проектов, в том числе и систем автоматического управления, включает себя проектирование программного обеспечения с доступным пользовательским интерфейсом. Эргономика и дизайн –

неразрывно связанные понятия. Давно изучена эргономическая составляющая, к примеру, дизайна интерьера, или приборостроения. С графическим интерфейсом сложнее – в таком виде он предстает перед нами всего лишь несколько десятилетий, и о том, какой из интерфейсов будет наиболее безопасным для здоровья человека [1], задумывается не каждый разработчик. А ведь существуют простые правила, которые помогут пользователю совершать минимальное количество ошибок, сохранить зрение, психическое состояние.

Цель работы: описать правила, которые помогут разработчику программного обеспечения сделать дизайн профессиональным и безопасным для психического здоровья.

Решаемые задачи: 1) подбор шрифтов 2) подбор цветовой гаммы 3) работа с навигацией и композицией экрана.

Техническое моделирование. *Эргономика* (от греч. *ergon* - работа и *nomos* - закон) - прикладная наука, целью которой является приспособление труда к физиологическим и психическим возможностям человека для обеспечения наиболее эффективной работы, которая не создает угрозы здоровью человека и выполняется при минимальной затрате биологических ресурсов [2].

Пользовательский интерфейс (ПИ) часто понимают только как внешний вид программы [3]. Но в работе пользователь воспринимает через интерфейс всю систему в целом, а значит, такая интерпретация ПИ является достаточно узкой. На самом деле ПИ включает в себя все аспекты дизайна, которые важны для взаимодействия пользователя и системы. Это не только экран, который видит пользователь. Пользовательский интерфейс состоит из множества составляющих, таких как:

- набор задач пользователя, которые он решает при помощи системы;
- используемая системой метафора;
- элементы управления системой;
- навигация между блоками системы;
- визуальный дизайн экранов программы [3].

Каждая из этих составляющих должна соответствовать основным требованиям эргономики. Рассмотрим подробнее некоторые из них.

Цветовая гамма интерфейса программы вызывает у пользователя определенные ассоциации, напрямую взаимодействует с чувственным восприятием пространства, человек, глядя на продукт, ощущает и строит в своём сознании реальность, которая у него будет ассоциироваться с программой в будущем.

Многие начинающие дизайнеры допускают множество ошибок при создании дизайна интерфейсов. Одна из основных ошибок – это непрофессиональный подбор цветовой гаммы.

Многим хочется видеть свой продукт ярким, красочным и кричащим, что на самом деле ведет к не очень благоприятным последствиям: быстрее начинает накапливаться усталость, появляется раздражение, нарушается внимание.

Цветовая гамма должна быть сбалансирована [4]. Этот «баланс» рассчитывается на основе содержимого программного обеспечения и характеристик аудитории, которая будет использовать продукт, например, стоит учитывать возрастную категорию пользователей, целевую направленность и т.д.

Необходимо рассчитать цветовые ассоциации, имеющие отношение к тематике: желательно выбирать не более трех-четырех цветов, которые, будут использованы для оформления шаблона дизайна и совмещать их с одним-двумя цветами, которые больше всего относятся, например, к возрасту целевой аудитории проекта.

Обе категории красок сайта выбираются не наугад и не так, как понравилось разработчику, иначе личностный выбор может стать грубой ошибкой при проектировании. В таком случае, лучше будет обращать внимание на оформление популярных сайтов, которые построили себе имя и обзавелись большим доверием интернет-пользователей [4].

Кроме того, следует знать особенности некоторых цветов: голубой цвет способствует лучшему усвоению информации, а, казалось бы, близкий к нему синий, наоборот, рассеивает внимание и снижает работоспособность персонала. Зеленый цвет успокаивающе действует на нервную систему, снимает раздражительность, снижает кровяное давление. Красный увеличивает содержание адреналина в крови. Фиолетовый цвет улучшает работу сердца и легких, увеличивает выносливость организма. И, тем не менее, им не стоит злоупотреблять: этот цвет является подпороговым катализатором усталости [5].

При создании интерфейса для публикации в сети, главной проблемой является правильная передача цветов на разных типах компьютеров, мониторов и браузеров [6]. Когда браузер не в состоянии правильным образом передать тот или иной цвет, он подбирает похожий или смешивает несколько соседних цветов. Иногда первоначальный цвет может быть заменен на что-то совершенно неподходящее.

Но существуют цвета, приведенные в специальных палитрах, имеющие свой цифровой код [6], которые на любом компьютере будут отображаться без искажений. При использовании исключительно таких цветов дизайнерский замысел останется неизменным, а у пользователя не будет возникать негативных ощущений при использовании ПО.

Выбор шрифтов. Цвет шрифта текста и фон проекта должны быть контрастными, текст должен хорошо читаться, следует избегать таких сочетаний как синий шрифт на черном фоне, красный на зеленом и т.д.

Также следует обратить внимание на хорошую читаемость: нужно подбирать шрифты, которые не сильно утомляют глаза. Например, шрифты, у которых высота букв сильно отличается от ширины, читаются с большим напряжением, их не стоит выбирать в качестве основного. Не стоит делать размер шрифта очень мелким - это значительно затрудняет чтение. Но и слишком большой размер шрифта может ухудшить восприятие текста

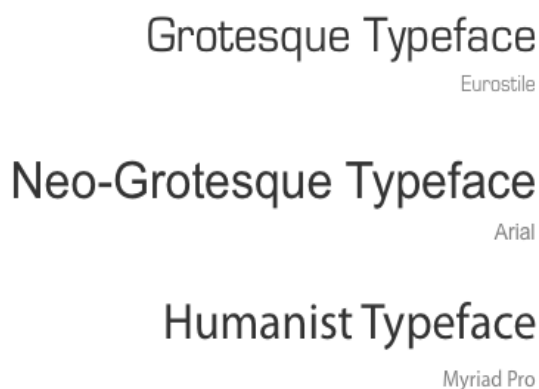


Рис. 1. Шрифты без засечек

Чаще всего дизайнер выбирает один шрифт для проекта [7]. Причем образ выбранной гарнитуры должен соответствовать креативной идее и настроению дизайна.

Например, если мы делаем программу, посвященную новым гаджетам, то нам, скорее всего, подойдет легкий современный шрифт без засечек. А вот интерфейсу на тему музыки 19 века больше подойдет классический, «уверенно стоящий на ногах», шрифт с засечками. Удачный подбор шрифтов очень важен в работе дизайнера, потому как несоответствие характера шрифта идее и характеру проекта может загубить всю работу. Варианты легких шрифтов без лишних деталей представлены на рис. 1 [8].

В свою очередь другая группа шрифтов, подходящих для поздравительных открыток или пригласительных билетов, изображена на рис. 2 [9].



Рис. 2. Подборка декоративных шрифтов

Иногда необходимо использовать добавочный шрифт [7]. Этот шрифт используют как для заголовков, так и для подзаголовков. Иногда для этой цели дизайнеры используют нетривиальные шрифты. Это делается «вовсе не ради погони за оригинальностью» [5], а затем, чтобы выделить определенные части текста благодаря усилению контраста по отношению ко второму, обычному, шрифту.

Поскольку заголовков в одном проекте не так уж много, так называемая «контрастность» обычно срабатывает безотказно, учитывая большой размер заголовков.

Основной шрифт, как правило, более привычен глазу и его задача «не привлекать внимание зрителей, а выполнять чисто информативную функцию» [7]. Он должен свободно читаться и не утомлять глаз. Многие совершают ошибку, создавая большие текстовые фрагменты экстраординарным, тяжело читаемым шрифтом. К таким шрифтам относится большинство так называемых «курсивных», «рукописных» шрифтов.

Таким образом, дизайнеру ПО следует учитывать:

- высокую контрастность шрифтов с фоном;
- небольшое количество используемых гарнитур;
- курсив только для смыслового акцентирования;
- размер, не заставляющий глаза напрягаться.

Литературное оформление. Если говорить о текстовом оформлении вообще, то важны однозначность словесных формулировок, отсутствие грамматических и синтак-

сических ошибок, уместные сокращения слов: они не должны вызывать нежелательных ассоциаций, например, слово «громкость» не следует сокращать до «гром», а слово «аппаратура» лучше сократить до корня «аппарат», чем до «аппар» [10].

Все это поможет пользователю минимальными усилиями решать поставленную задачу.

Навигация интерфейса. Также затронем проблему удобства работы пользователя с программой. Системы, разработанные с учетом требований удобства навигации, эргономичны. Они работают именно так, как пользователи ожидают, и позволяют им сфокусироваться на личных задачах, а не особенностях взаимодействия с продуктом. «Эргономичные программные системы проще изучить, они более эффективны, они также позволяют минимизировать количество человеческих ошибок и увеличить субъективную удовлетворенность пользователей» [3]. Но это случается не просто так. Эффективный эргономичный интерфейс – это результат осознания проектировщиком необходимости уделить свое внимание не только информации, с которой будет работать пользователь, но и самому пользователю, его личным задачам и нуждам. Например, кнопки или модули, имеющие противоположный смысл должны быть пространственно разделены, область, с которой пользователь работает, может подчеркиваться более ярким выделением и т.п. Продуманный интерфейс – это своего рода правило хорошего тона и забота о здоровье пользователя.

Техника эксперимента. Одно из исследований, проведенных компанией NCR, показало, что производительность труда увеличилась на четверть, а количество человеческих ошибок уменьшилось на четверть после проведения «редизайна» ПИ с учетом принципов удобства навигации [3].

В другой компании обнаружилось, что, помимо прочих положительных эффектов, проведение полной переработки ПИ позволило сократить время обучения персонала и повысить производительность труда в целом.

Исследование компании IBM показало, что, проведенный, с учетом человеческого фактора, полный «редизайн» одной из их систем, позволил сократить время обучения пользователей с одной недели до одного часа.

Выводы. Преимущества использования ПО с продуманным дизайном:

- снижение количества человеческих ошибок;
- работа без лишнего ухудшения зрения;
- увеличение производительности труда;
- улучшение морального состояния персонала;
- минимизация затрат биологических ресурсов человека.

Список литературы

1. Петухов И.В.. Моделирование успешности профессиональной деятельности оператора эргатических систем// Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2012. – № 1(15). – С. 51-59.
2. Красильникова В.А. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании. Оренбург: ОГУ, 2012. – 291 с.
3. Дрэй С.О. важности эргономики URL: <http://www.usability.ru/Articles/software-ergonomics.htm> (дата обращения 20.04.2013).
4. Власов О. Подбор цветового решения в веб-дизайне URL: <http://codomaza.com/article/podbor-cvetovogo-reshenija-v-veb-dizajne> (дата обращения 16.04.2013).
5. Психология цвета. Символика цвета. Цвет и характер. Цвет и работоспособность. URL: <http://psyfactor.org/color.htm> (дата обращения 16.04.2013).

6. Лебедев А. Таблица «безопасных» цветов URL: <http://www.artlebedev.ru/tools/colors/> (дата обращения 18.04.2013).
7. *Шрифты* в графическом дизайне. URL: <http://work1.vartovy.org.ua/o-kolichestve-i-kachestve-shriftov-v-graficheskom-dizajne/> (дата обращения 10.04.2013).
8. Балдуев А. Шрифты без засечек бывают разные URL: <http://sbbo.ru/blog/in-strict-order/sans-serif-fonts-are-different/> (дата обращения 10.05.2013).
9. Рукописные шрифты. URL: <http://arstyle.org/graphic/fonts/121568-rukopisnye-shrifty.html> (дата обращения 10.05.2013).
11. Кляуззе В.И. Эргономическое обеспечение Web-дизайна <http://www.osp.ru/pcworld/2002/05/163334/> (дата обращения 16.04.2013).

ERGONOMIC AND DESIGN REQUIREMENTS FOR SOFTWARE DEVELOPMENT

Loshakova Alexandra Sergeevna, Firsova Anna Evgenyevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

There are some rules that will help to make the design more ergonomic

Keywords: ergonomics, color, font, navigation.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.011

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛУЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ В МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННОЙ ДВУТАВРОВОЙ ТОНКОСТЕННОЙ БАЛКЕ

*Актуганов Александр Анатольевич, Актуганов Анатолий Николаевич,
Актуганов Олег Анатольевич*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
AktuganovAN@volgatech.net

Рассматривается проверка устойчивости ребер жесткости в виде полуцилиндрических гофров, обеспечивающих местную устойчивость тонкой стенки, металлодеревянной двутавровой балки. Приводятся основные выражения определения критических локальных нормальных и касательных напряжений от действия сжимающих и сдвигающих напряжений, возникающих в поперечных ортогональных гофрах при работе стенки в закритической стадии.

Ключевые слова: Металлодеревянная двутавровая балка, тонколистовая стальная стенка, полуцилиндрические гофры, нормальные и касательные напряжения.

Введение. В современной практике строительства наибольшее применение нашли клееные балки пролетом 6...24 м из обрезных досок. Несмотря на высокую технологичность указанных балок, их применение сдерживается значительным расходом древесины. Поэтому в целях уменьшения расхода материала применяются двутавровые балки, в которых пояса выполняются из цельной или клееной древесины, а стенка – из плоской или клееной фанеры [1,6]. В настоящее время находят применение и новые конструктивные решения. Одним из них является применение в поясах цельной или клееной древесины, а в стенках тонких металлических листов. Однако действительная работа таких балок не изучена. Балки, изготавливаемые за рубежом, имеют недостатки, которые заключаются в сложности изготовления стенки и их запрессовки в пояса, в образовании трещин и смятии древесины в поясах, снижающих сопротивляемость древесины при действии сдвига. В целях снижения трудоемкости при изготовлении, исключения образования трещин и смятия древесины в поясах предложены новые конструктивные решения. В Поволжском государственном технологическом университете совместно с Казанским государственным архитектурно-строительным университетом разработана металлодеревянная балка двутаврового сечения с поясами из деревянных брусков и стенкой из оцинкованной тонколистовой стали толщиной от 0,5 до 2 мм [1,2,7]. Соединение пояса со стенкой выполняется на эпоксидном клее. Пояса выполняются из древесины хвойных пород 2 сорта. Важную роль в обеспечении прочности деревянного пояса и клеевого соединения тонколистовой стальной стенки имеет процесс продольного строгания древесины, изученный в ПГТУ [3]. Продольное строгание деревянных поясов при их изготовлении необходимо производить с учетом этих требований. Одним из основных вопросов в обеспечении несущей способности

тонкостенных металлодеревянных балок является обеспечение местной устойчивости тонкой стенки, работающей в закритической стадии. Для обеспечения местной устойчивости тонкой стенки в ней выштампованы полуцилиндрические гофры в ортогональном направлении радиусом R . Ребра жесткости полуцилиндрической формы, кроме обеспечения местной устойчивости тонкой стенки металлодеревянной двутавровой тонкостенной балки при действии нормальных и касательных напряжений сами должны иметь достаточную устойчивость. Полуцилиндрические гофры воспринимают нормальные и касательные напряжения, возникающие от действия изгибающих моментов и поперечных сил, которые должны быть меньше критических значений.

Цель работы: определение локальных нормальных и касательных критических напряжений для обеспечения устойчивости тонких полуцилиндрических гофров.

Решаемые задачи: при действии сжимающих нормальных и сдвигающих касательных напряжений полуцилиндрические гофры деформируются. При работе в закритической стадии в них образуются волны как вдоль, так и поперек гофров. Рассматривается устойчивость полуцилиндрических гофров, как цилиндрических оболочек.

Математическое моделирование. Основное уравнение устойчивости цилиндрических оболочек[4], выраженное через двойной оператор Лапласа ∇^4 и оператор $\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2}$, имеет вид:

$$\frac{D}{h} \nabla^8 \omega + \frac{E}{r^2} \cdot \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + p_x \nabla^4 \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right) + p_y \nabla^4 \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) + 2sp_x \nabla^4 \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} \right) = 0 \quad (1)$$

Исходя из уравнения (1) для рассматриваемого случая (рис. 1а), имеем

$$\frac{D}{h} \nabla^8 \omega + \frac{E}{r^2} \cdot \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + p \nabla^4 \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right) = 0 \quad (2)$$

Выражение прогиба для шарнирно опертой оболочки имеет вид

$$\omega = f \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}, \quad (3)$$

где m и n – числа полуволн образующихся вдоль гофра и поперек по дуге.

Подставляя это выражение (3) в формулу (2), находим сжимающее напряжение

$$p = \frac{D}{tb^2} \pi^2 \varphi^2 + \frac{E}{r^2} \frac{b^2}{\pi^2 \varphi^2}, \quad (4)$$

$$\text{где } \varphi = \left(\frac{m^2 b}{a} + \frac{n^2}{b} \right) \frac{a}{m}.$$

Минимизируя p и φ находим

$$\varphi = \frac{1}{\pi} \sqrt[4]{12(1-\nu^2)} \frac{b}{\sqrt{r \cdot t}} \quad (5)$$

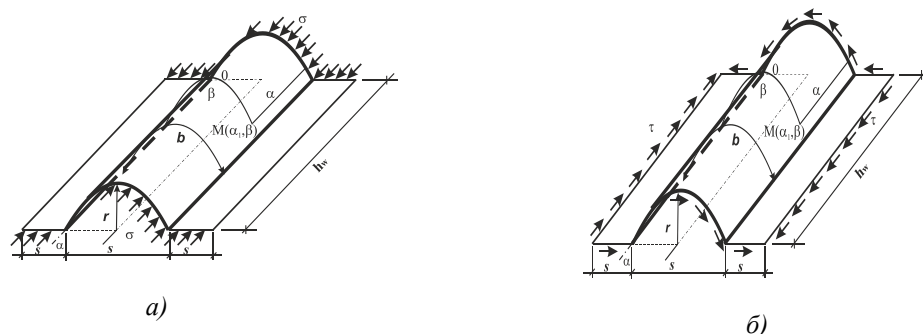


Рис. 1. Напряжения в гофре: а) нормальные; б) касательные

Подставляя формулу (5) в равенство (4), определяем критическое напряжение, если имеем отношение сторон h_w/b :

$$\sigma_{cr} = \frac{4\pi^2 D}{b^2 t} + \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{b}{r} \right)^2 E \quad (6)$$

Критическое напряжение не отличается от напряжения, полученного для цилиндрической оболочки [4].

Рассмотрим тонкую цилиндрическую оболочку постоянной общей высоты h , постоянной толщины t_i (рис. 1а). Предполагаем, что в каждой точке оболочки имеется лишь одна плоскость упругой симметрии, параллельная координатной поверхности оболочки ($\gamma=0$). Не нарушая общности, принимаем, что координатная поверхность оболочки ($\gamma=0$) совпадает с внутренней граничной поверхностью оболочки. Поэтому для жесткостей принимают упрощенные формулы:

$$C_{jk} = \sum_{s=1}^{m+n} B_{jk}^s (\delta_s - \delta_{s-1}); \quad K_{jk} = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{m+n} B_{jk}^s (\delta_s^2 - \delta_{s-1}^2); \quad D_{jk} = \frac{1}{3} \sum_{s=1}^{m+n} B_{jk}^s (\delta_s^3 - \delta_{s-1}^3) \quad (7)$$

Принимаем также, что α и β являются ортогональными координатами, совпадающими с линиями главной кривизны координатной поверхности, т.е. с прямолинейными образующими ($\beta=\text{const}$) и с направляющими дугами ($\alpha=\text{const}$) цилиндрической координатной поверхности оболочки (рис. 1).

Для рассматриваемой оболочки как основную принимаем гипотезу недеформируемых нормалей. Принимая, что $\frac{1}{R_1} = 0$; $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R(\beta)}$, для тонкой цилиндрической оболочки получим следующие исходные уравнения и соотношения:

$$\frac{\partial T_1}{\partial \alpha} + \frac{\partial S_1}{\partial \beta} = -X \quad \frac{\partial S}{\partial \alpha} + \frac{\partial T_2}{\partial \beta} = -Y. \quad (8)$$

Решения данных уравнений имеют вид: $\varepsilon_1 = \frac{\partial u}{\partial \alpha}$; $\varepsilon_2 = \frac{\partial v}{\partial \beta} + \frac{\omega}{r}$; $\omega = \frac{\partial u}{\partial \beta} + \frac{\partial v}{\partial \alpha}$.

Вводя значения расчетного сопротивления R_y , при коэффициенте Пуассона $\nu=0,3$, локальное критическое нормальное напряжение в гофре примет вид:

$$\sigma_{loc cr} = 1,9 \left(h_w / 2(r + S) \right)^2 R_y / \bar{\lambda}_w^2 \quad (9)$$

В зоне действия поперечных сил, полуцилиндрический гофр подвергается действию касательных усилий, равномерно распределенных по всему контуру (рис.1б). Выражение для прогиба по [5] имеет вид

$$\omega = f_1 \sin \frac{\pi x}{h_w} \sin \frac{\pi y}{b} + f_2 \sin \frac{2\pi x}{h_w} \sin \frac{2\pi y}{b} \quad (10)$$

Решив данное уравнение методом Бубнова–Галеркина, вводя для полуцилиндрических гофров значение расчетного сопротивления стали на срез R_s , ($R_s = 0,58R_y$) и значение коэффициента Пуассона $\nu=0,3$, получим локальное критическое касательное напряжение в гофре, которое примет вид:

$$\tau_{cr.loc} = 12,9(h_w / 2(r + S))R_s / \bar{\lambda}_w^2 \quad (11)$$

В области работы тонкостенной металлодеревянной балки, где гофры находятся под воздействием нормальных сжимающих напряжений σ и сдвигающих напряжений τ , устойчивость гофра определяется отношением возникающих напряжений к их критическим значениям. Устойчивость гофра обеспечена, если выполняется условие:

$$(\sigma_{loc} / \sigma_{loc.cr})^2 + (\tau / \tau_{cr.loc})^2 \leq 1, \quad (12)$$

где σ_{loc} – нормальное напряжение вдоль гофра от поперечных нагрузок с учетом устойчивой части стенки «S» с обеих сторон гофра, радиусом r – определяемое по формуле (9).

Выводы. В тонкостенной металлодеревянной балке с ребрами жесткости в виде полуцилиндрических гофров стенка работает в закритической стадии. В обеспечении работоспособности таких балок важную роль играет устойчивость гофров, которые работают на восприятие сжимающих и сдвигающих усилий. Приведенные выражения позволяют определять устойчивость тонких ребер жесткости в виде полуцилиндрических гофров, при работе тонких стенок в закритической стадии

Список литературы

1. Кузнецов И.Л., Актуганов А.А., Трофимов А.П. Разработка и исследование металлодеревянной двутавровой балки // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Р.К. Низамова. – Казань, 2010. – С. 117-121.
2. Патент РФ № 2382855, МПК E04C 3/29. Металлодеревянная двутавровая балка / Кузнецов И.Л., Актуганов А.А., Трофимов А.П.; заявитель и патентодатель Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – RU 2382855C1; заявл. 12.12.2008, опубл. 27.02.2010. Бюл. № 6. – 6 с.
3. Чемоданов А.Н, Гайнуллин Р.Х. Результаты исследования процесса продольного строения древесины на шпон // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – Йошкар-Ола, 2010. – №1 (8). – С. 68-76.
4. Прочность. Устойчивость. Колебания. Т. 3 / под общей ред. Биргера И.А., Пановко Я.Г. – М.: Машиностроение, 1968. –100 с.
5. Прочность. Устойчивость. Колебания. Т. 2. / под общей ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968. – 149 с.
6. Актуганов А.А., Кузнецов И.Л., Актуганов А.Н. Деревянные балки со стенками из тонких оцинкованных листов / Наука в условиях современности: науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, докторантов, аспирантов, сотрудников МарГТУ: сб. статей. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – С. 152-155.

7. Анализ расчетных схем металлодеревянной двутавровой тонкостенной балки / Актуганов А.А., Кузнецов И.Л., Актуганов А.Н, Актуганов О.А. // Исследования, технологии, инновации: сб. статей. науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, докторантов, аспирантов, сотрудников ПГТУ. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – С. 143-145.

CALCULATION OF SEMI-CYLINDRICAL EDGES OF RIGIDNESS IN METALWOODEN THIN-WALLED I-BEAM

Aktuganov Alexander Anatolevich, Aktuganov Anatoly Nikolaevich, Aktuganov Oleg Anatolevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Check of stability of edges of rigidity in the form of semi-cylindrical bumps, providing local stability of a thin wall, a metalwooden i-beam is considered. The main expressions definitions of critical local normal and tangent tension from action of the squeezing and shifting tension arising in cross orthogonal bumps during the work of a wall in a supercritical stage are given.

Keywords: metalwooden thin-walled i-beam, light-gauge steel wall, half-cylindrical bumps, normal and shear stress

УДК 691.3

КИНЕТИКА РАННЕЙ ПРОЧНОСТИ САМОУПЛОТНЯЮЩЕЙСЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Анисимов Сергей Николаевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
AnisimovSN@volgatech.net

Предлагаются исследования по разработке самоуплотняющейся бетонной смеси с разделным введением суперпластификатора.

Ключевые слова: суперпластификатор, бетонная смесь, прочность, кварцевый песок, механические свойства.

Введение. Развитию экономики любого региона уделяется пристальное внимание. Постоянно предпринимаются попытки разработки качественной и недорогой продукции [1]. В практике современного строительства все чаще применяются самоуплотняющиеся смеси на цементной основе. Затворяемые водой они способны затвердевать и приобретать высокую механическую прочность [2]. Их применение при строительстве и ремонтных работах позволяет быстро возвести новые или восстановить существующие поврежденные конструкции. Наиболее высокие физико-технологические свойства имеют ремонтно-восстановительные бетонные смеси наливного типа. При смешивании с водой они образуют безусадочный нераспадающийся состав, обладающий высокой прочностью при сжатии (до 85 МПа) и изгибе (до 9 МПа), удобоукладываемостью (270-290 мм.), плотностью раствора (2200 г/л), степенью сцепления со сталью и бетоном (2 МПа) даже в агрессивной среде. На сегодняшний день основными поставщиками таких смесей являются компании «BASF», «Weber» и другие. Основная проблема по широкому применению данной продукции является высокая цена, в сравнении, с традиционной

цементно-песчаной смесью, которая имеет возможность модификации посредством введения химических добавок на основе суперпластификатора. Кроме того, иностранные изготовители ремонтных смесей дают лишь общие указания к их применению, ссылаясь на различные условия производства работ [3, 4, 5].

В связи с изложенным, актуальной представляется возможность разработки литой самоуплотняющейся бетонной смеси оптимального зернового состава на отечественных материалах, комбинированной с химическими модификаторами на основе поликарбоксилатов.

Цель работы: исследовать влияние суперпластификатора на прочность бетонной смеси; определить оптимальное соотношение кварцевого заполнителя различного фракционного состава; на основании проведенных экспериментальных исследований, разработать бетонную смесь с наиболее высокими показателями прочности при сжатии и изгибе.

Решаемые задачи: изучить влияние суперпластификаторов на текучесть бетонной смеси; исследовать физико – механические свойства бетонной смеси с отдельным введением суперпластификатора; определить рациональный состав бетонной смеси наливного типа с отдельным введением суперпластификатора.

Математическое моделирование. Для определения показателей прочности при сжатии и изгибе в рамках математического моделирования был применен регрессионный анализ.

Техника эксперимента. В рамках решения данных задач нами были разработаны составы самоуплотняющейся бетонной смеси на основе ПЦ 42,5Б Мордовского цементного завода удельной поверхностью 3600 см²/г, чистого кварцевого песка Мк = 1,2, молотого кварцевого песка удельной поверхностью 1000 см²/г. Для придания смеси необходимой удобоукладываемости применялись гиперпластификаторы на основе поликарбоксилатного эфира Glenium - 51 и Glenium - 505 SKY. Равноплывность бетонных смесей соблюдалась с учетом одинакового расплыва конуса 240 мм. Из полученных составов формировались образцы - кубы с ребром 20 мм, и балки 4 x 4 x 16мм.

Интерпретация результатов. Для изучения физико – механических свойств самоуплотняющейся бетонной смеси наливного типа были определены прочности при сжатии и изгибе на электронном прессе ИПэ – 100. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико – механические свойства самоуплотняющейся бетонной смеси наливного типа

Состав №	Содержание компонентов смеси, кг				В/Т	Расплыв конуса, мм	Предел прочности, МПа, сутки				
							при сжатии			при изгибе	
	цемент, Суд.=3600 см ² /г	кварцевый песок, Мк=1,2	кварцевый песок, Суд.=1000 см ² /г	модификатор, % от массы цемента			3	28	150	28	150
1	800	600	200	Glenium-51, 1,5	0,17	240	12,9	48	83	7,4	9,9
2	800	550	250	Glenium-51, 1,5	0,17	240	13,5	54	90	7,8	10,4
3	800	500	300	Glenium-51, 1,5	0,17	240	13	40	75	7,2	9,2
4	800	600	200	Glenium-SKY 505, 1,5	0,18	240	11	37	70	6,2	9
5	800	550	250	Glenium-SKY 505, 1,5	0,18	240	10,5	34	64	6,1	8
6	800	500	300	Glenium-SKY 505, 1,5	0,18	240	10,5	33	62	5,4	7,4

Результаты исследования по влиянию химических модификаторов Glenium-51 и Glenium – SKY 505 на кинетику роста прочности при сжатии самоуплотняющейся бетонной смеси наливного типа приведены на рис 1, 2.

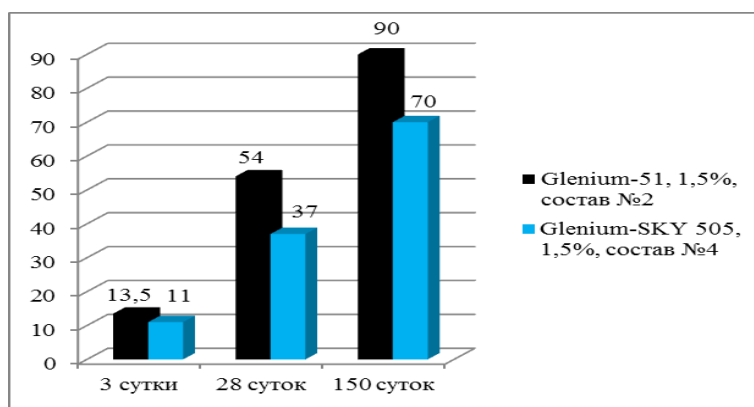


Рис. 1. Предел прочности при сжатии самоуплотняющейся растворной смеси наливного типа МПа, с суперпластификаторами Glenium-SKY 505 и Glenium-51 с наилучшими показателями согласно табл. 1

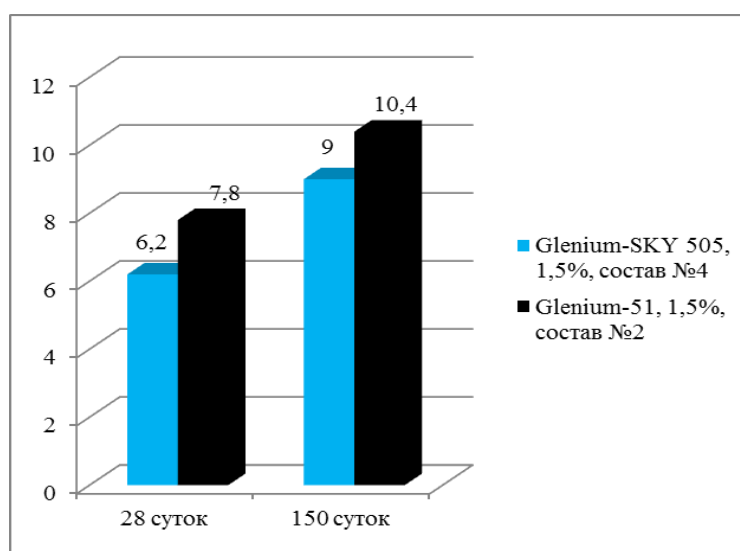


Рис. 2. Предел прочности при изгибе самоуплотняющейся растворной смеси наливного типа МПа, с суперпластификаторами Glenium-SKY 505 и Glenium-51 с наилучшими показателями согласно табл. 1

Исследования показали, что присутствие суперпластификаторов Glenium®51, Glenium-SKY 505 на основе поликарбоксилатного эфира в самоуплотняющейся мелкозернистой бетонной смеси оказывает выраженный эффект пластификации, позволяя приводить смесь в литое состояние с распылом конуса до 240 мм. Полученная модифицированная смесь имеет низкое водотвердое отношение, что положительно влияет на прочностные характеристики полученных образцов.

Присутствие в бетонной смеси добавки Glenium-SKY 505 позволило получить образцы с прочностью класса не ниже В30 на 28 –е сутки. Оптимальное соотношение компонентов смеси с Glenium-SKY 505 имеет состав №4. Наибольшее значение прочности при сжатии составило 11 МПа на 3-и сутки, 37 МПа на 28-е сутки, 70 МПа на 150-е сутки; прочности при изгибе- 6,2 МПа на 28-е сутки, 9 МПа на 150 суток.

Сравнительная характеристика двух суперпластификаторов на основе поликарбонатного эфира показывает, что самоуплотняющаяся бетонная смесь, модифицированная Glenium-51 обладает более низким водотвердым отношением при одинаковом распыле конуса. Оптимальное соотношение компонентов смеси с Glenium-51 имеет состав №2. Наибольшее значение прочности при сжатии составило 13,5 МПа на 3-и сутки, 54 МПа на 28-е сутки, 90 МПа на 150-е сутки; прочности при изгибе- 7,8 МПа на 28-е сутки, 10,4 МПа на 150 сутки.

Выводы.

1. На основании проведенных исследований были получены самоуплотняющиеся бетонные смеси наливного типа с распылом конуса 240 мм.
2. Получены составы смесей с оптимальным соотношением фракций кварцевого песка, цемента и суперпластификатора.
3. При сохранении литой консистенции смеси, были получены образцы с прочностными показателями до 54 МПа на 28 сутки, что дает возможность применять полученную самоуплотняющуюся бетонную смесь наливного типа для ремонта бетонных и железобетонных конструкций проектных классов до В40.

Список литературы

1. Полухина А.Н. Стратегия развития региональной экономики: кластер или дестинация (на примере сферы туризма В Республике Марий Эл)// Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Экономика и управление, 2012. – №2. – С. 9-19.
2. Синайко Н.П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relaporm и средства испытаний // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка, 2011. – № 39. – С. 95-98.
3. Добшиц Л.М., Кононова О.В., Анисимов С.Н. Кинетика набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками // Цемент и его применения, 2011. – № 4. – С. 104-107.
4. Люк К., Ляховски Е.Е. Изменения, происходящие в цементном камне с минеральными добавками за двадцатилетний период // Цемент и его применение, 2011. – №1. – С. 76-80.
5. Хердтл, Р., Дитерманн М., Шмидт К. Долговечность бетонов на основе многокомпонентных цементов //Цемент и его применение, 2011. – № 1. – С. 76-80.
6. Self-Compacting Concrete Technology: Self-Compacting Concrete Applications of Self-Compacting Concrete in Japan, Europe and the United States.- June 24, 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.civilengineer.asia/technology.html> (дата обращения: 12.03.2011).

KINETICS OF EARLY DURABILITY BEING SELF-COMPACTING CONCRETE MIX

Anisimov Sergey Nikolaevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola
ansernik3@gmail.com

Researches on development of a being self-compacting concrete mix with separate superplasticizings introduction are offered.

Keywords: *superplasticizing, concrete mix, durability. glass sand, mechanical properties.*

УДК 624.016

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕРЕВОПЕНОБЕТОННЫХ БАЛОК С КОМПОЗИТНЫМИ АНКЕРАМИ

Великанов Денис Анатольевич, Поздеев Виктор Михайлович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
PozdeevVM@volgatech.net

Представлены результаты и анализ экспериментальных исследований деревопенобетонных балок таврового профиля с анкерными композитными нагелями между бетонной полкой и деревянными ребрами. Испытания балок производилось на изгиб статической нагрузкой. Приведен анализ результатов испытаний по прочности и деформативности опытных образцов.

Ключевые слова: *деревожелезобетонные изгибаемые элементы, деревопенобетонные балки, комплексные конструкции, неавтоклавный пенобетон, связующие композитные анкера, сдвиговые деформации.*

Введение. В новой редакции норм проектирования деревянных конструкций включены конструктивные решения балок композитного сечения, состоящие из деревянных ребер с клееными анкерами и монолитной железобетонной плиты [1]. Практическая реализация таких конструкций известна при строительстве автодорожных мостов в России и за рубежом [2, 3, 4]. Использование деревожелезобетонных изгибаемых элементов в качестве перекрытий зданий разрабатывалось в КазГАСУ для реконструкции объектов старой застройки, в которых деревянные балки сохранили несущие свойства, а деревянный настил требовалось заменить [5]. Практика использования деревожелезобетонных перекрытий в зданиях новой постройки встречается только в зарубежном строительстве [6]. В тоже время перекрытия с деревянными балками и настилом из железобетона могут быть конкурентоспособными среди видов перекрытий для малоэтажного строительства. Монолитный настил увеличивает общую жесткость перекрытия, при совместной работе настила с ребрами повышается несущая способность конструкции. Следует отметить, что в случае использования композитных конструкций, состоящих из деревянных ребер и полки из тяжелого бетона, снижается доля полезной нагрузки на перекрытие ввиду значительного собственного веса плиты. Эффективность комбинированных перекрытий можно повысить путем замены тяжелого бетона легким неавтоклавным конструкционным пенобетоном [7]. Совместная работа материалов полки и ребра как элементов одного сечения обеспечивается устройством связей. От выбора вида связей напрямую зависит степень совместности работы материалов и, следовательно, общая прочность и деформативность балки. Предлагаются следующие виды связей: устройство верхней части деревянной балки, находящейся утопленной в бетонной полке, в виде шпоночного соединения путем частичного выпиливания из тела деревянной балки углублений с определенным шагом; металлические зубчатые пластины, одной стороной впрессованных в тело древесины, а другой стороной находящихся в теле бетона полки; специальные анкерные, вклеиваемые в тело древесины одним концом и другим концом находящимся в теле бетона

полки; стальные гвозди, которые устанавливаются в тело древесины забивкой или с устройством пионерных скважин. Наиболее индустриальным, простым в устройстве и универсальным видом является гвоздевое соединение или композитные клеенные нагели.

Цель работы: экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния изгибаемой деревопенобетонной балки с композитными анкерами при статическом нагружении.

Решаемые задачи: 1) провести испытание нагружение серии деревопенобетонных балок с композитными анкерами; 2) определить основные показатели экспериментальной балки по прочности и деформативности (общая несущая способность балки, характер развития прогибов, сдвиговых деформаций взаимного перемещения полки и ребра); 3) выполнить анализ результатов путем сравнения работы деревянной балки с работой деревопенобетонной балки с композитными анкерами.

Аналитическое моделирование: Для приближенного прогнозирования напряженно-деформированного состояния деревопенобетонной балки была разработана аналитическая модель для случая жесткого соединения полки и ребра [8]. Расчет выполнялся по предельным усилиям, возникающим в полке и ребре в зависимости от положения нейтральной оси.

Техника эксперимента. Для выявления напряженно-деформированного состояния деревопенобетонных изгибаемых элементов были проведены испытания моделей комбинированных балок пролетом 2100 мм, состоящих из пенобетонной полки и деревянного ребра, работающих совместно за счет поставленных на контактной поверхности композитных анкеров. Анкеры представляли собой стеклопластиковые стержни диаметром 3 мм, клеенные в тело деревянной балки с шагом 75 мм. Сечение ребер было принято $50 \times 100(h)$ мм, сечение полки – $500 \times 50(h)$ мм. Пенобетон имел прочность 1,26 МПа (В 1,2) при плотности D500. Ребра изготовлены из древесины сосны 1 сорта. Балки испытывались как шарнирно опертые по двум концам. Нагружение производилось этапами двумя сосредоточенными силами, приложенными в третях пролета. Деформации поверхности сечения балки крайних растянутых и сжатых волокон в середине пролета измерялись мездозами на базе 200 мм с индикаторами ИЧ-10. Сдвиговые перемещения полки относительно ребра в приопорных зонах также фиксировались индикаторами ИЧ-10. Прогибы опытных образцов в середине пролета измерялись индикатором ИЧ-50, осадка опор – ИЧ-10.

Для выявления эффективности комбинированных конструкций дополнительно были проведены испытания серии деревянных балок, имеющих сечение, равное сечению ребра в деревопенобетонной балке, то есть $50 \times 100(h)$ мм. Деревянные балки также имели пролет 2100 мм, и испытывались как шарнирно-опертые с нагружением двумя сосредоточенными силами, приложенными в третях пролета. Для исключения потери устойчивости были ограничены поперечные перемещения деревянных балок постановкой упоров в 1/3 частях пролета.

Интерпретация результатов. По полученным данным проведена оценка напряженно-деформированного состояния композитной балки путем сравнения основных показателей с результатами испытания деревянной балки.

На графике рис. 1 приведены зависимости значений прогибов в середине пролета конструкций от прикладываемой нагрузки для деревянной балки и деревопенобетонной балки.

Средняя разрушающая нагрузка в серии деревопенобетонных балок составила 1900 кгс (2Р), а для деревянных балок – 1200 кгс(2Р). Разрушение деревопенобетон-

ных балок происходило от разрыва древесины ребра в растянутой зоне. Разрушение деревянных балок также происходило от разрыва нижних волокон древесины. Сравнение разрушающих нагрузок для опытных образцов показало, что несущая способность комплексной конструкции возросла на 42%.

Характер прогибов деревянных балок имеет характер, близкий к линейному (график ДБ на рис. 1). До нагрузки 600 кгс, составляющей 50% от разрушающей нагрузки, соблюдалась упругая зависимость «нагрузка – прогиб». При увеличении нагрузки незначительно проявились неупругие деформации.

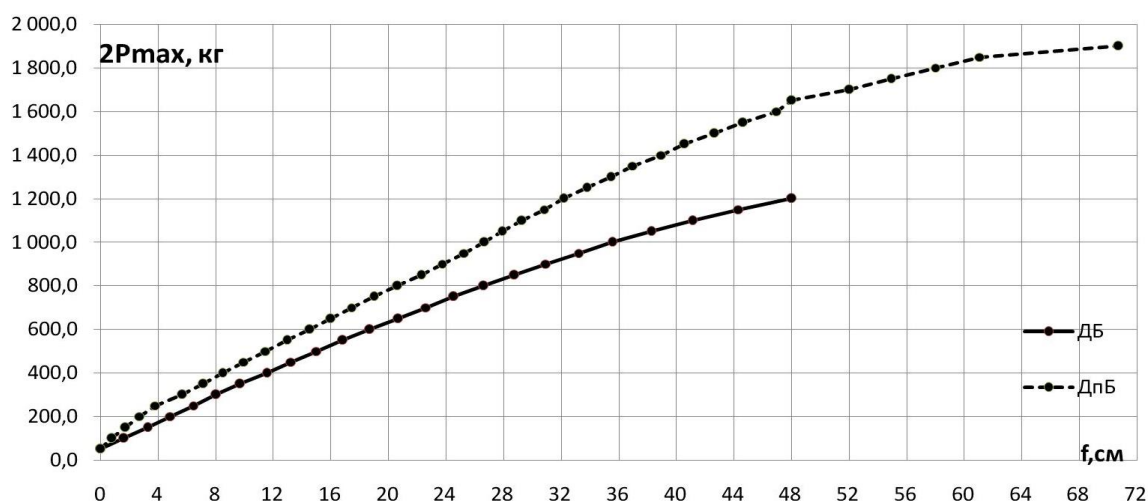


Рис. 1. Экспериментальные зависимости вертикальных перемещений в середине пролета от прикладываемой нагрузки для деревопенобетонных (ДПБ) и деревянных (ДБ) балок

Характер вертикальных перемещений в середине пролета деревопенобетонных балок ближе к упруго-пластической зависимости (график ДПБ на рис. 1). До нагрузки 1000 кгс, составляющей 52% от разрушающей нагрузки, соблюдалась упругая зависимость «нагрузка – прогиб». До уровня загрузки 1600 кгс (84% от разрушающей нагрузки) неупругие деформации возрастали незначительно. При следующих этапах загрузки, вплоть до разрушения, неупругие деформации резко возрастали. Это объясняется развитием неупругих продольных деформаций в пенобетонной полке при напряжениях, близких к пределу прочности.

Сравнение графики прогибов показывают, что деревопенобетонные балки имеют большую общую жесткость сечения, что отражается на снижении прогиба при одинаковой нагрузке (1200 кгс) до 32,14 мм в сравнении с прогибом деревянной балки 48,01 мм. Жесткость комбинированной конструкции повысилась на 33%.

Для деревопенобетонных балок было проведено измерение взаимных сдвиговых перемещений пенобетонной полки и деревянного ребра в приопорных зонах. Полученный график зависимости взаимного сдвига приведен на графике рис. 2.

Результаты испытания показали, что до нагрузки, составляющей 8% от разрушающей, сдвиговые деформации незначительны. При увеличении нагрузки, вплоть до разрушения, зависимость «нагрузка – деформации сдвига» имеет линейный характер. То есть стеклопластиковые нагели до момента их разрушения не имели пластических деформаций. При разрушении комплексной конструкции (деревопенобетонной балки) стеклопластиковые нагели в приопорных зонах имели изгиб, но не разрушались. Случаев разрушения пенобетона вокруг нагелей не зафиксировано.

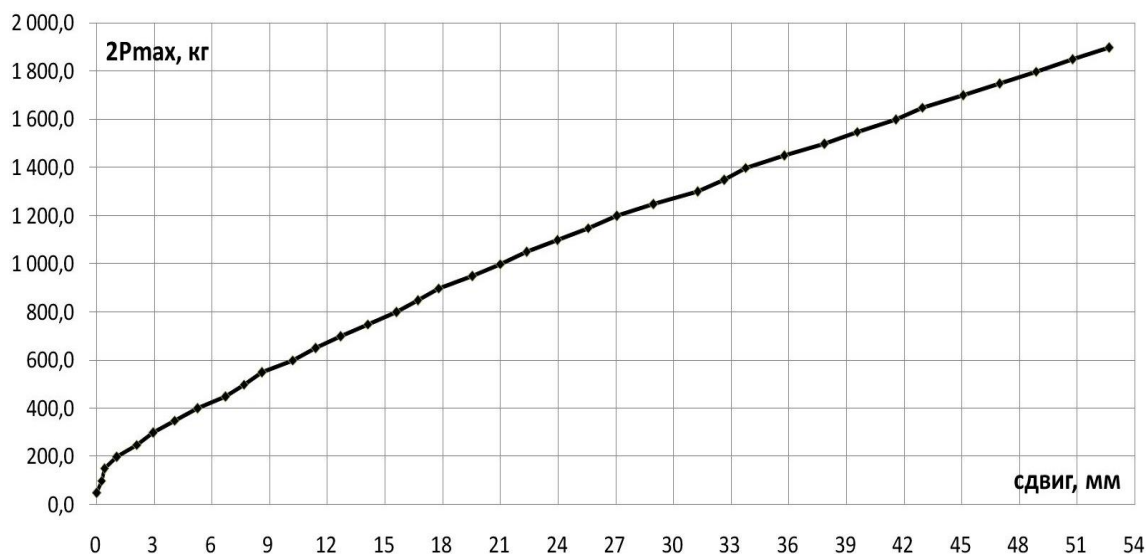


Рис. 2. Зависимость деформаций взаимного перемещения полки и ребра от прикладываемой нагрузки в пропорном сечении

Выводы.

1. Для перекрытий малоэтажных зданий предложено новое конструктивное решение перекрытий, объединяющее в себе деревянные несущие ребра и настил из легкого армированного пенобетона. Совместная работа комплексной конструкции обеспечивается постановкой стеклопластиковых нагелей в зоне контакта полки и ребра.

2. Проведены испытания нагружением статической нагрузкой на изгиб двух серий образцов: серии деревопенобетонных балок с композитными соединительными анкерами и деревянных балок с сечением, соответствующим сечению ребра композитной конструкции.

3. По результатам испытаний определена средняя несущая способность для серии деревопенобетонных балок, которая составила 1900 кгс. Значение средней несущей способности деревянных балок составило 1200 кгс. Эффективность деревопенобетонных комплексных конструкций по несущей способности увеличилась на 42%.

4. Определен характер развития прогибов для деревопенобетонных балок, который показывает, что при достижении нагрузки 80% (1600 кг) от разрушающей нагрузки (1900 кг) комплексная конструкция работает в упругой стадии. Далее при увеличении нагрузки продольные деформации поверхности пенобетонной полки становятся неупругими, что приводит к нелинейному нарастанию прогибов. Прогибы деревянных балок носят линейный характер. Уменьшение общего прогиба композитной балки при сопоставимой нагрузке (1200 кгс) составило 41 % (с 48,00 мм для деревянной балки до 28,19 мм для пенобетонной балки).

5. Анкерные соединения между ребром и полкой из стеклопластиковых стержней на сдвиг работали линейно, вплоть до разрушения балок. При расчете комплексных конструкций следует учитывать сдвиговую податливость контактного шва между деревянным ребром и настилом.

6. Проведенные экспериментальные исследования показали достаточную эффективность комбинированных деревопенобетонных конструкций и возможность их применения в качестве перекрытий для малоэтажных зданий.

Список литературы

1. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная версия СНиП II-25-80/ Минрегион России. – М.: ОАО «ЦПП», 2010. – 92 с.
2. Стуков, В.П. Деревожелезобетонные балочные мосты на автомобильных дорогах: учеб. пособие/ Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2011. –156 с.
3. Jutila, A. Wood-Concrete Composite Bridges – Finnish Speciality in the Nordic Countries. / A. Jutila, L. Salokangas // International Conference Timber Bridges. Lillehammer, Norway, 2010. – S. 383-392.
4. Вайнштейн Е.В., Вайнштейн В.М., Нехорошков П.А. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожной одежды лесовозной автодороги по касательным напряжениям методом конечных элементов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – №1 (15). – С.64–73.
5. Мирсаяпов И.Т. Абдрахманов И.С. Экспериментально-теоретические исследования деревожелезобетонных конструкций// Бюллетень строительной техники. – 1999. – № 12. – С.46-49.
6. Tajnik M, Premrov P., Dobrila B. Bedenik Parametric study of composite T-beam // Structures and Buildings, volume 164, 2011, s. 345-353
7. Великанов Д.А.; Поздеев В.М. Деревопенобетонное перекрытие // Патент России №115796: МПК E 04 B5/16, 2011. Бюл. № 13.
8. Великанов Д.А., Поздеев В.М. Расчет деревопенобетонных изгибаемых элементов по нормальным сечениям при абсолютно жестком соединении // Исследование. Технология. Инновации: ежегод. науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, докторантов, аспирантов, сотрудников МарГТУ. Йошкар-Ола, МарГТУ, 2011. – С. 221-224.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE COMBINED WOODEN T-BEAMS OF SECTION FROM WOOD AND CELLULAR CONCRETE WITH THE COMPOSIT DEVICES PERCEIVING SHIFT

Velikanov Denis Anatolevich, Pozdeev Victor Mihajlovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola
PozdeevVM@volgatech.net

Results and the analysis of experimental researches of wooden T-beams with a shelf from foam concrete with composit anchors between a concrete shelf and wooden edges are presented. Tests of beams it was made on a bend by static loading. The analysis of the test results on the strength and deformability of beams.

Keywords: *Wooden T-beams with a shelf from ferro-concrete bent elements, wooden T-beams with a shelf from foam concrete, the complex designs, the natural foam concrete, binding composite an anchor, shift deformations.*

УДК 666:691

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОНА С МИНЕРАЛЬНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Кононова Ольга Витальевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KononovaOV@volgatech.net

Исследовалась взаимосвязь технологии и долговечности бетона с минеральным наполнителем. Установлено, что технология, предусматривающая применение цемента и минерального наполнителя рациональной удельной поверхности, может не только уменьшить стоимость бетонов, но и повысить их долговечность.

Ключевые слова: долговечность; минеральный наполнитель; цемент; удельная поверхность; технология помола, вибрационный смеситель.

Введение. Применение цементов с минеральными добавками не всегда способствует экономии цемента, в частности, когда критерием эффективности цемента является высокая ранняя прочность [1]. Опыт исследования микроструктуры цементного камня показывает, что активные минеральные добавки длительное время, десятилетия, остаются в бетоне, фактически выполняя функцию наполнителей с активной поверхностью [2]. Рассмотрение активных минеральных добавок как наполнителей с активной поверхностью, привлекает внимание к опыту исследования цементного камня с минеральными наполнителями. Активность наполнителей возрастает с увеличением площади их поверхности и применения интенсивных технологических приемов [3, 4]. На практике чаще всего применяют цементы с минеральными добавками, полученные совместным помолом, и их удельная поверхность оценивается в целом. При этом не ясно, какова удельная поверхность клинкерной части смешанного вяжущего и минеральной добавки в отдельности. Сегодня нет сопоставимых данных, показывающих, что дисперсность компонентов вяжущего влияет на долговечность цементного камня, и нет рекомендаций в отношении рациональной дисперсности цементов с минеральными добавками с точки зрения долговечности бетонов на их основе. Теоретические исследования и опыт выпуска цементов позволяют предположить целесообразность экспериментального сопоставления эффективности раздельного и совместного помола цемента с минеральными добавками.

Приготовление бетонов в вибрационном смесителе, как интенсивное технологическое воздействие, способствует увеличению дисперсности цемента за счет растворимости поверхностных слоев зерен цемента. При этом нет данных, позволяющих сравнить технический эффект от виброперемешивания бетона и увеличения удельной поверхности вяжущего за счет его помола. Как помол цемента, так и виброперемешивание отличаются высокой энергоемкостью.

Конечным результатом рациональной технологии бетона на цементе с минеральными наполнителями должны быть экономичность и долговечность бетона.

Цель работы: исследовать влияние дисперсности компонентов смешанного цемента на долговечность наполненного цементного камня; исследовать закономерности помола цемента с кварцевым наполнителем; исходя из полученных результатов, опре-

делить рациональную технологию приготовления бетона на цементе с минеральным наполнителем.

Решаемые задачи: 1) исследование влияния удельной поверхности кварцевого наполнителя и цемента на прочность и долговечность цементного камня; 2) изучение кинетики роста удельной поверхности цемента и кварцевого наполнителя при технологии совместного и раздельного помола; 3) сравнительное изучение эффективности управления прочностью бетона повышением дисперсности клинкерной части цемента и применением перемешивания растворной части бетона в вибрационном смесителе; 4) разработка предложений по рациональной технологии бетона на цементе с минеральными наполнителями.

Математическое моделирование. Для моделирования прочности бетона на цементе с различной удельной поверхностью, изготовленного с применением перемешивания бетона в вибрационном смесителе, применен регрессионный анализ.

Техника эксперимента. Для исследований применялся портландцементный клинкер ЗАО «Ульяновскцемент» следующего минералогического состава: $C_3S=59\%$, $C_2S=16\%$, $C_3A=8\%$, $C_4AF=13\%$. В качестве минерального наполнителя применялся нормальный кварцевый песок Вольского месторождения и природный мелкозернистый кварцевый песок Куженерского месторождения республики Марий Эл. Изучение влияния удельной поверхности компонентов смешанного вяжущего на кинетику роста прочности при сжатии и изгибе цементного камня, в течение длительного периода твердения в непроточной воде (24 года), проводилось испытанием цементных образцов размером 40х40х160 мм. Образцы приготавливались виброперемешиванием в течение 6 мин из наполненных цементных паст нормальной густоты (НГ) и уплотнялись вибрацией в течение 3 мин при частоте 50 Гц и амплитуде 0,35 мм.

При раздельном помоле удельная поверхность цемента варьировалась от 200 до 600 м²/кг, а кварцевого наполнителя - от 100 до 900 м²/кг. Для исследования структуры цементного камня применялись методы электронной микроскопии и рентгенофазового анализа.

Интерпретация результатов. Исследована прочность наполненных цементных композиций раздельного помола, приготовленных из равноподвижных смесей, соответствующих нормальной густоте (НГ) и отличающихся удельной поверхностью цемента и кварцевого наполнителя, длительно, в течение 24 лет твердевших в непроточной воде.

Результаты испытания образцов балочек приведены в табл. 1.

Через 24 года хранения в воде при температуре 20±5 °С прочность при сжатии всех образцов в сравнении с 28-суточной значительно возросла. Установлено, что наибольшую прочность при сжатии имеют образцы с удельной поверхностью клинкерной части 600 м²/кг, содержащие 10...20 % кварцевого наполнителя с удельной поверхностью 900 м²/кг и имеющие консистенцию (НГ+3) %. При этом увеличив свою прочность при сжатии, они проявили тенденцию к снижению и к полной потере прочности при изгибе. Установлено, что в случае, если удельная поверхность клинкерной части вяжущего находится в пределах 200-400 м²/кг, а кварцевого наполнителя – в пределах 100 м²/кг, в цементном камне длительное время нарастает и сохраняется высокая прочность как при сжатии, так и при изгибе. Таким образом, ориентация только на прочность при сжатии как на критерий долговечности цементного камня не гарантирует необходимой долговечности бетонов на его основе.

Таблица 1

Свойства цементного камня с кварцевым полидисперсным наполнителем

Степень наполнения, %, Н/(Ц+Н)	Удельная поверх- ность, м ² /кг		Водосодержание при затворении, %	Предел прочности МПа, через 28 суток		Предел прочности МПа, через 24 года		Водопоглощение, % по массе
	порт- ландце- мента	кварцевого наполнителя		при сжатии	при изгибе	при сжатии	при изгибе	
0	200	-	22,75 НГ	68,0	8,07	89,6	4,2	5,15
25	200	100	20,00 НГ	62,0	7,84	75,7	9,77	1,97
0	400	-	24,00 НГ	91,0	12,2	98,0	6,7	4,05
70	400	100	15,25 НГ	40,6	7,68	91,2	13,33	1,75
0	600	-	25,50 НГ	93,0	11,4	102,0	0	4,24
10	600	900	29,00 НГ	92,0	10,8	107,0	0	7,06
10	600	900	32,00 НГ+3%	88,0	7,55	133,0	0	0,92
20	600	900	29,75 НГ+3%	82,0	8,30	110,0	0	0,92

Примечание. НГ - содержание воды, % от массы цемента, соответствующее нормальной густоте и распылу 155 мм на встряхивающем столике типа ЛВС после 15 встряхиваний; консистенция (НГ+3) % соответствует распылу 190 мм.

Выполненные исследования подтвердили связь между долговечностью наполненного цементного камня и дисперсностью компонентов вяжущего.

Методами электронной микроскопии и рентгенофазового анализа выявлено, что в возрасте 24 лет хранения в непроточной воде во всех образцах цементного камня остается часть клинкерных минералов, а также наблюдается существенное увеличение доли портландита.

Исследования макроструктуры поверхностей разрушения цементного камня с кварцевым наполнителем показывают, что они проходят через наиболее ослабленные сечения, вскрывая внутренние поры. В ряде случаев макропоры являются следствием агрегатирования тонкодисперсных компонентов вяжущего с удельной поверхностью 500-900 м²/кг. Преодолеть агрегатирование методом виброперемешивания, не прибегая к модифицированию поверхностно-активными веществами, полностью не удастся. Склонность частиц тонкодисперсного кварцевого наполнителя к агрегатированию подтверждается экспериментальными исследованиями их поверхностной активности.

Анализ прочности кварцевого наполнителя на отрыв показывает, что помол свыше 400 м²/кг не приводит к росту прочности порошка наполнителя на отрыв, что можно объяснить процессами агрегатирования тонкодисперсных фракций, проявляющимися через аутогегию, обусловленную межчастичным контактным взаимодействием.

Таким образом, в технологии бетонов на основе цемента с минеральными наполнителями необходимо учитывать агрегатирование тонкодисперсных частиц, как фак-

тор, способствующий накоплению структурных дефектов. Для разработки технологии получения долговечных бетонов требуется информация, позволяющая управлять кинетикой роста удельной поверхности цемента и минерального наполнителя.

Выполнены сравнительные исследования совместного и раздельного помола смешанного цемента с кварцевым наполнителем по кинетике роста удельной поверхности чистых материалов и их смесей и прочности цементного камня. Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что совместный помол с кварцевым наполнителем не меняет скорость помола компонентов вяжущего в сравнении с раздельным помолом. Таким образом, прогнозировать рост удельной поверхности компонентов вяжущего совместного помола можно по графикам помола чистых материалов. Результаты роста удельной поверхности материалов и их смесей в зависимости от времени помола приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рост удельной поверхности материалов в зависимости от времени помола

Время помола, мин	Удельная поверхность материалов, м ² /кг				
	Клинкер 100 %	Клинкер 90 %, кв. песок 10 %	Клинкер 80 %, кв. песок 20 %	Клинкер 70 %, кв. песок 30 %	Кварцевый песок, 100%
12	176	176	176	177	178
16	204	202	200	198	191
20	224	223	222	221	208
24	242	240	238	236	223
28	254	252	250	248	240
32	265	264	263	262	258
36	273	273	274	275	276
40	282	283	284	285	294

Исследована прочность при сжатии в возрасте 28 суток цементных композиций с кварцевым наполнителем совместного и раздельного помола с равной удельной поверхностью компонентов 270 м²/кг и при равной степени наполнения 30 %. Исследования выявили преимущество в прочности образцов совместного помола, которое составило 5-8 %. Полученный результат может быть объяснен более равномерным распределением частиц наполнителя в матрице цементного камня, изготовленного на цементе совместного помола.

Экспериментально сопоставлено влияние виброперемешивания и увеличения удельной поверхности цемента на формирование прочности тяжелого бетона. Виброперемешиванию подвергалась растворная часть бетона в вибрационном смесителе с электромагнитным вибратором с номинальной частотой 100 Гц при амплитуде колебаний 3,2 мм. Затем в растворную часть добавлялся гравий, и смесь дополнительно перемешивалась 5 мин без вибрации. Из полученной бетонной смеси формировались кубы с ребром 100 мм, которые уплотнялись вибрацией с частотой 50 Гц и при амплитуде 0,4 мм в течение 40 с. Образцы подвергались тепловлажностной обработке по режиму 2+1,5+8+1,5 ч при температуре изотермического прогрева 90 °С, после чего контролировалась их прочность при сжатии. В процессе эксперимента варьировались два параметра: X_1 – удельная поверхность цемента в диапазоне от 250 до 450 м²/кг и X_2 – продолжительность виброперемешивания растворной части бетона в интервале от 0 до 6 мин. На основании проведенного эксперимента построена регрессионная модель зависимости прочности бетона при сжатии (МПа) от исследуемых параметров. При уровне значимости 0,05 модель имеет вид:

$$Y = 27,4 + 4,0X_1 + 2,5X_2 - 4,5X_2^2.$$

Анализ полученной модели позволил установить, что виброперемешивание растворной части бетона, приготовленного на цементе с удельной поверхностью 250 м²/кг обеспечивает прирост прочности на 40 %. Без виброперемешивания увеличение удельной поверхности цемента помолотом с 250 до 450 м²/кг способствует приросту прочности бетона на 48 %. Таким образом, управлять прочностью и долговечностью бетона можно как за счет регулирования удельной поверхности цемента и минерального наполнителя, так и за счет применения интенсивных технологических приемов, в частности – виброперемешивания [5]. С учетом распространения технологии модифицированных самоуплотняющихся бетонов целесообразно рекомендовать для применения в них цемента с удельной поверхностью не ниже 400 м²/кг в сочетании с минеральным наполнителем с удельной поверхностью 100 м²/кг.

Выводы.

1. Применение в бетонах минеральных компонентов вяжущего с удельной поверхностью свыше 400 м²/кг без их модифицирования вследствие склонности к агрегатированию приводит к повышению поврежденности цементного камня дефектами структуры.
2. Рациональный подбор в технологии бетонов удельной поверхности клинкерной части цемента и удельной поверхности минерального наполнителя способствует экономии энергозатрат и повышению долговечности бетона.

Список литературы

1. Добшиц Л.М., Кононова О.В., Анисимов С.Н. Кинетика набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками // Цемент и его применение, 2011. – № 4. – С. 104-107.
2. Люк К., Ляховски Е.Е. Изменения, происходящие в цементном камне с минеральными добавками за двадцатилетний период // Цемент и его применение, 2011. – № 1. – С. 118-122.
3. Зозуля П.В. Карбонатные породы как заполнители и наполнители, в цементах, цементных растворах и бетонах [Электронный ресурс]. – Статьи Гипроцемент-наука: [сайт] ЗАО «НИИЦ «Гипроцемент-Наука». – Режим доступа: <http://www.giprocement.ru/about/articles.html/p+25> (дата обращения 6.10.2009).
4. Федосов С.В., Акулова М.В., Краснов А.М. Высокопрочный мелкозернистый бетон для сборных плит автомобильных дорог // Транспортное строительство, 2009. – №1. – С. 28-29.
5. Суворова А.П. Антикризисное управление развитием инвестиционно-строительной деятельности в регионе // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Управление и экономика, 2012. – №1(14). – С. 3-11.

THE CONCRETE WITH MINERAL FILLERS MANUFACTURABILITY AND DURABILITY

Kononova Olga Vitalyevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The technology and durability of concrete with mineral fillers relationship investigated. Found that the technology involving the use of cement and rational specific surface mineral filler can not only reduce the cost of concretes, but also enhance their durability.

Keywords: *durability, mineral filler, cement, specific surface, grinding technology, vibrating mixer.*

УДК 624.012.4:620.193.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ НА ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА МИНЕРАЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ломоносова Татьяна Ионовна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
LomonosovaTI@volgatech.net

Предлагается способ и технология применения материала на минеральной основе «Герсмесь» для защиты бетонных и железобетонных конструкций.

Ключевые слова: долговечность и защита бетона и железобетона; материал на минеральной основе «Герсмесь».

Введение. Проблема обеспечения долговечности строительных материалов и конструкций на сегодняшний день является актуальной, так как в процессе эксплуатации различным видам разрушения подвергаются большое число конструкций зданий и сооружений. Разрушение и выход из строя конструкций можно остановить, если вовремя принять меры по предотвращению коррозии материала, из которого они изготовлены. Для решения вопроса обеспечения долговечности применяют различные методы защиты строительных конструкций.

В последнее время материалы на минеральной основе находят все большее применение для защиты строительных конструкций в силу их высоких строительно-технологических свойств и простоты применения по сравнению с традиционными материалами, на органическом вяжущем [1].

Цель работы: исследование эффективного защитного состава на минеральной основе для бетона и железобетона, обладающего улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами, повышенной долговечностью и способного увеличить срок службы строительных конструкций и сооружений.

Решаемые задачи: разработать рекомендации по защите бетона конструкций бытовой сточной канализации и технологический регламент на применение защитного покрытия на минеральной основе.

Техническое моделирование. В теоретических исследованиях использованы численные методы математического моделирования, экспериментальные исследования проведены в лабораторных условиях.

Основные положения. Материал «Герсмесь» применяется для выполнения работ по восстановлению, гидроизоляции и антикоррозионной защите монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций [2].

Материал «Герсмесь» представляет собой одновременно пять материалов в одном:

1. Высокопрочный гидроизолирующий герметик для производства гидроизоляции, в том числе при постоянном подпоре воды.
2. Герметик для изготовления водонепроницаемых бетонов и растворов.
3. Водостойкая затирка для швов.
4. Водонепроницаемая шпатлевка для подготовки поверхности под любую последующую обработку.
5. Водонепроницаемый отделочный материал, не требующий дальнейшей обработки поверхности конструкций.

Технологический регламент построен на основе анализа повреждений различных бетонных и железобетонных конструкций [3, 4].

Технологический регламент рассматривает следующие положения:

- основные технические характеристики материала на минеральной основе «Герсмесь», определенные на основе экспериментальных данных;
- принцип действия материала «Герсмесь»;
- особенности материала «Герсмесь»;
- технологическая последовательность ремонтных работ, которая состоит из подготовки бетонных и железобетонных поверхностей, насыщении поверхности водой, приготовлении ремонтной смеси, нанесении смеси и уходе за обработанной поверхностью;
- контроль качества защитных работ;
- рекомендуемое оборудование, инструменты и приспособления;
- мероприятия по технике безопасности [5, 6].

Особенности материала «Герсмесь» определены на основе экспериментальных исследований:

1. При использовании материала «Герсмесь» гарантируется полная гидроизоляция и водонепроницаемость (до W50), он расширяется при твердении, проникает в поры и микротрещины и не выкрашивается.

2. «Герсмесь» имеет высокую механическую прочность на сжатие (10...15 МПа) уже через сутки, что позволяет использовать его для ремонта и изготовления несущих конструкций.

3. Строительно-технологические свойства материала «Герсмесь» следующие: водонепроницаемость через 1 час – W10, через сутки – W50; температура затвердевания – от минус 5 до плюс 30°C.

4. Материал может использоваться как на внутренних, так и на наружных поверхностях, независимо от направления давления воды.

5. Конструкции, защищенные материалом «Герсмесь» могут эксплуатироваться при температурах от минус 40 до плюс 30°C.

6. При затвердевании материал «Герсмесь» не дает усадки, его линейное расширение составляет 0,2 ... 1,2%.

7. При использовании состава «Герсмесь» повышается стойкость к действию многих жидких агрессивных сред и замедляется карбонизация поверхностных слоев бетона [7].

8. Материал «Герсмесь» не вызывает коррозии стальной арматуры, а в железобетонных конструкциях, обработанных материалом «Герсмесь», резко уменьшается скорость её коррозии.

9. Затвердевший материал «Герсмесь» имеет хорошую адгезию как к стальной арматуре, так и к раствору и бетону. Адгезия к бетонному основанию составляет до 3,5 МПа.

10. Низкий модуль упругости материала «Герсмесь» способствует хорошей работе защитного покрытия с бетоном. Покрытие из материала «Герсмесь» имеет пониженное трещинообразование, высокое качество сцепления с бетоном. Материал «Герсмесь» по составу однороден с бетоном и одинаково с ним реагирует на изменения внешних условий.

11. Поровая структура материала «Герсмесь» представлена большим содержанием условно-замкнутых пор, что обеспечивает высокую морозостойкость материала, составляющую F300 и более.

12. Материал «Герсмесь» можно использовать совместно с противоморозными добавками для работ при отрицательной температуре без обогрева. Наиболее оптимальным с точки зрения технологичности и экономичности являются два состава:

- а) «Герсмесь» с добавками формиата натрия и «Лигнопана Б-4»;
- б) «Герсмесь» с добавками формиата натрия, суперпластификатор С-3.

13. Материал «Герсмесь» грибостоек, не токсичен, возможно использование в системе хозяйственно-питьевого снабжения, не горюч, не взрывоопасен.

14. Бетон, обработанный материалом «Герсмесь», сохраняет паропроницаемость.

15. Материал «Герсмесь» используется на влажной поверхности, не требуется предварительной сушки обрабатываемой поверхности.

16. Материал «Герсмесь» прост в использовании. На строительной площадке навеску 3...4 кг (достаточную для работ в течение 20...30 мин), затворяют водой, перемешивают и приступают к ремонтным работам.

17. Материал «Герсмесь» имеет повышенную твердость, следовательно, является износостойким и может рекомендоваться для защиты конструкций, подвергающихся механическим воздействиям.

Сводная характеристика материала на минеральной основе «Герсмесь» приведена в табл. 1 [8].

Таблица 1

**Техническая характеристика гидроизолирующего материала
на минеральной основе «Герсмесь»**

Наименование	Ед. измерения	Значение
Внешний вид	-	порошок светло-серого цвета, не содержащий комков и механических примесей
Пределы оптимального количества воды для затворения	%	28...32
Допустимое позитивное давление воды:		
в возрасте 24 часа	бар	5
в возрасте 7 суток	бар	7...10
Допустимое негативное давление воды:		
в возрасте 24 часа	бар	2
Адгезионная прочность к бетонной поверхности, до	МПа	3,5
Рекомендуемая толщина слоя	мм	5...10
Предел прочности при сжатии:		
через 1 сутки	МПа	12,5 ±2,5
через 3 суток	МПа	22,5 ±2,5
через 28 суток	МПа	45,0 ±5,0
Предел прочности при сжатии после твердения при температуре -5°C:		
через 1 сутки	МПа	6,2 ±0,5
через 3 суток	МПа	10,7 ±1,5
через 28 суток	МПа	18,0 ±3,0
Водонепроницаемость:		
через 1 час		W10
через сутки		W50
Линейное расширение при твердении в воде:		
через 2 часа	%	0,2...1,2
через 3 суток, не более	%	1,5
Сроки схватывания от начала затворения,		
начало, не ранее	мин.	3
конец, не позже	мин.	30

Ремонтные работы выполняются звеном в количестве 2 человека, в том числе: бетонщик или штукатур 4 разряда (М1) – 1 и бетонщик или штукатур 3 разряда (М2) – 1. Количество звеньев набирается исходя из объемов ремонтных работ.

Затраты труда на выполнение операций ремонтных работ на 100 м² даны в табл. 2.

Таблица 2

Калькуляция затрат труда

Последовательность выполнения	Механизмы, оборудование, инструмент	Ед. изм.	Объем	Затраты труда		Продолж., час
				рабочих, чел.час.	машин, маш.час	
Подготовка поверхности						
Пескоструйная обработка поверхности ГЭСН 13-06-002	Термопескоструй ТПА-1. Передвижной компрессор ПКС-5,25А.	100 м²	1	39	31	31
Чистка поверхности вручную ГЭСН 13-06-003	Шпатели стальные А = 100, 130 мм. Щетка стальная. Молоток. Перфоратор.	100 м²	0,2	90	-	9
Обезжиривание поверхности ГЭСН 13-07-001	Кисть, краскопульт	100 м²	1	9,08	0,07	4,5
Промывка поверхности водой и ее увлажнение	Агрегат для пневмонабрызга раствора 7000Н. Краскопульт.	100 м²	1	1	1,8	1,8
Ремонтные работы						
Подготовка смеси к работе	Вибросито. Смеситель СО-46Б. Бункер для раствора. Контейнер для сухой смеси.	100 м²	1	51,89	1,87	26
Огрунтовка поверхности	Кисть маховая и макловица					
Нанесение смеси защитного покрытия на поверхность ГЭСН 15-02-019 толщиной до 10 мм	Шпатели стальные А = 100, 130 мм. Шпатель изогнутый, со сменным комплектом стальных ножей. Кисть маховая, макловица. Кельма штукатурная					
Нанесение смеси толщиной до 10 мм	Агрегат для пневмонабрызга раствора 7000Н.	100 м²	1	2	3,6	3,6
Коэффициенты						
Последующие слои толщиной до 20 мм				1,7	1,7	
30 мм				2,4	2,4	
40 мм				3,1	3,1	
При сложной поверхности				1,5	1,5	
Потолочная поверхность				1,2	1,2	
При защите внутренней поверхности цилиндрической формы				1,3	1,3	
При выполнении работ с лесов, подмостей, люлек, лестниц				1,2	1,2	

Примечание. Данные о трудозатратах носят ориентировочный характер и при привязке к конкретному объекту подлежат уточнению с учетом местных и отраслевых особенностей.

Таким образом, применение материала «Герсмесь» позволяет повысить долговечность, увеличить срок службы сооружений и межремонтных периодов. Суммарные затраты на проведение работ в течение 50 лет эксплуатации конструкций бытовой сточной канализации составят без защитного покрытия 1151,74 руб/м², с защитным покрытием материалом «Герсмесь» 620,97 руб/м² (с учетом увеличения срока службы конструкций с покрытием «Герсмесь» в 2,03 раза). Эффективность защитного покрытия «Герсмесь» составляет в таком случае 1,85. Использование материала «Герсмесь» для защиты строительных конструкций позволяет снизить затраты по эксплуатации сооружений.

Выводы.

1. При сравнении рекомендаций по защите поверхности канализационных трубопроводов выявлено экономически более эффективное применение материала на минеральной основе «Герсмесь», чем создание торкрет бетона, по трудозатратам в 3 раза, по стоимости в 1,5 раза.

2. Разработанные рекомендации и технологические карты применения материала «Герсмесь», могут использоваться для обработки поверхностей с целью их восстановления и ликвидации протечек в различных типах сооружений. Например, для подвальных помещений, фундаментов, балконов, резервуаров, бассейнов, подземных переходов, тоннелей, метрополитенов, кабельных колодцев, конструкций очистных сооружений, бетонных сооружений, подвергающихся агрессивному воздействию, и других объектов гражданского, промышленного и транспортного назначения.

Список литературы

1. Зайков Д.Н. Новое поколение российских гидроизоляционных материалов проникающего действия // Строительные материалы, 2003. – № 12. – С. 20-21.
2. Добшиц Л.М., Клибанов А.Л. Новый гидроизоляционный материал «Герсмесь» для повышения водонепроницаемости строительных конструкций / Современные технологии строительных материалов и конструкций: Материалы Всерос. научно-технической конференции. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2003. – С. 13-16.
3. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций: учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2000. – 176 с.
4. Орлов В.А., Харькин В.А. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов. – М.: Стройиздат, 2001. – 96 с.
5. Научно-технический отчет по теме «Рекомендации по применению защитного состава «Кальматрон» для бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений при строительстве и ремонтно-восстановительных работах». – М.: ГУП «НИИЖБ», 2000. – 10 с.
6. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов. – М.: ЦНИИС, 2005. – 128 с.; второе издание, перераб. и под. – М.: ЦНИИС, 2010. – 182 с.
7. Исаев А.В., Салихов М.Г. Стойкость щебеночно-мастичных асфальтобетонов с противоморозными добавками в агрессивной среде // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2010. – № 1(8). – С. 53-58.
8. Добшиц Л.М., Ломоносова Т.И. Материалы на минеральной основе для защиты строительных конструкций и повышения их долговечности // Строительство и реконструкция. Научно-технический журнал Орловского государственного технического университета. – №1/27(589). – Орел: ОрелГТУ, 2010. – С. 64-68.

**THE TECHNOLOGICAL ORDER ON APPLICATION OF MATERIALS
ON THE MINERAL BASIS FOR PROTECTION
OF BUILDING CONSTRUCTION**

Lomonosova Tatiana Ionovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The way and technology of application of a material on a mineral basis of "Gersmes" for protection of concrete and reinforced concrete construction is offered.

Keywords: *durability and protection of concrete and reinforced concrete; material on a mineral basis of "Gersmes".*

УДК 624.35

**ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ АНКЕРА НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ
РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ШПУНТОВОЙ СТЕНКИ**

Рязанов Владислав Степанович, Чесноков Алексей Михайлович
RyazanovVS@volgatech.net

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола

Рассмотрено влияние расположения анкера по высоте стенки. Для этого разработан алгоритм расчета шпунтовой стенки по высоте расположения анкера.

Ключевые слова: *анкер; шпунтовая стенка; алгоритм расчета.*

Введение. Гибкие шпунтовые стенки широко используются в качестве ограждений котлованов, в конструкциях причалов, шлюзов, устоев мостов, поэтому уточнение существующих методов расчета и расчетных схем таких стенок, определение их оптимальных параметров представляется весьма актуальным [1,2].

Цель работы: разработать алгоритм расчета заанкеренной шпунтовой стенки по высоте расположения анкера.

Решаемые задачи: 1) разработка алгоритм расчета заанкеренной шпунтовой стенки с учетом высоты расположения анкера; 2) сравнительная оценка стоимости шпунтовой стенки по различным вариантам расположения анкера по высоте и определение его оптимального расположения; 3) разработка рабочей программы испытания.

Постановке задач оптимизации шпунтовых стенок.

Получение оптимальных вариантов стенок возможно за счет:

1. Поиска новых технических решений;
2. Выбора рациональных параметров металлического или железобетонного шпунта;
3. Определение рациональных вариантов анкерных конструкций;
4. Обеспечения оптимальных вариантов физико-механических характеристик грунта засыпки за стенкой;
5. Разгрузочных призм.

Для выбора наилучшего варианта из альтернативных вариантов технического решения в задачах разных уровней оптимизации необходимо анализировать и использо-

вать соответствующие критерии оценки, которые в общем случае могут включать следующие показатели:

- возможность осуществления с учетом конструктивных особенностей;
- наличие необходимых ресурсов;
- стоимость работ.

Методика расчета. Одним из факторов, влияющим на эффективность работы заанкеренной стенки, является расположение анкерной конструкции, её заглубление от поверхности грунта [2, 3].

По существующим расчетам заанкеренной шпунтовой стенки был использован алгоритм расчета шпунтовой стенки с учетом изменения высоты расположения анкера, который позволяет определить оптимальную точку крепления анкера [4]. Критерием, на основании которого был определен рациональный вариант расположения анкерной тяги, служит стоимостная оценка шпунтовой стенки [5, 6]. Данный алгоритм представляет собой схему:

Исходные данные (рис. 1): выбор высоты крепления анкера; вычисление ординаты эпюры нагрузок и элементарных сил и сведение полученных данных в таблицы; выполнение графоаналитического расчета: построение эпюр активного и пассивного давления грунта (рис. 2, а), сосредоточенных сил (рис. 2, б), силового (рис. 3) и веревочного

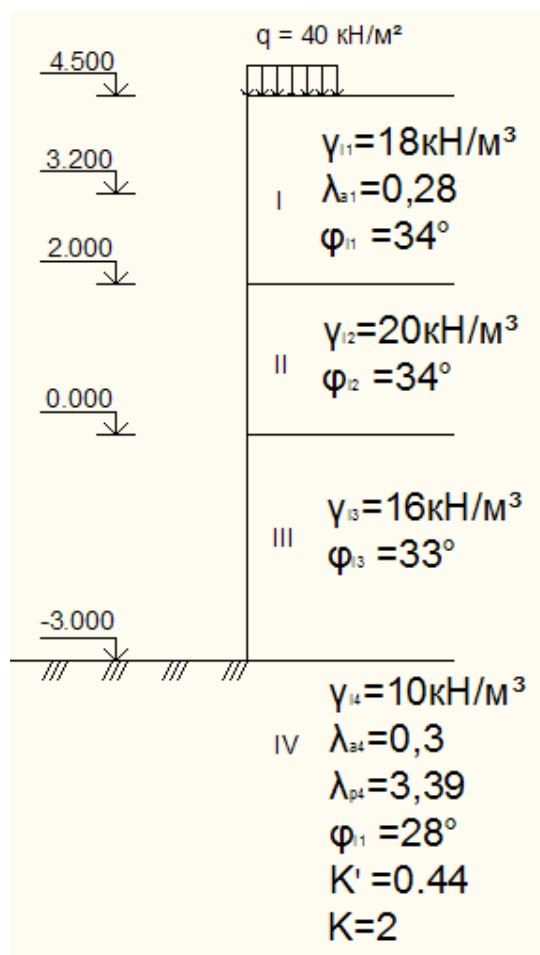


Рис. 1. Исходные данные

многоугольника (рис. 2, в), поиск значений по этим показателям; выполнение расчета по поиску значения глубины забивки шпунтовой стенки, максимального изгибающего момента стенки, анкерной реакции; вычисление момента сопротивления стенки для подбора шпунта по сортаменту, диаметра и длины анкерной тяги; определение критерия оценки по стоимости шпунтовой стенки; выбор рационального варианта шпунтовой стенки по данному критерию.

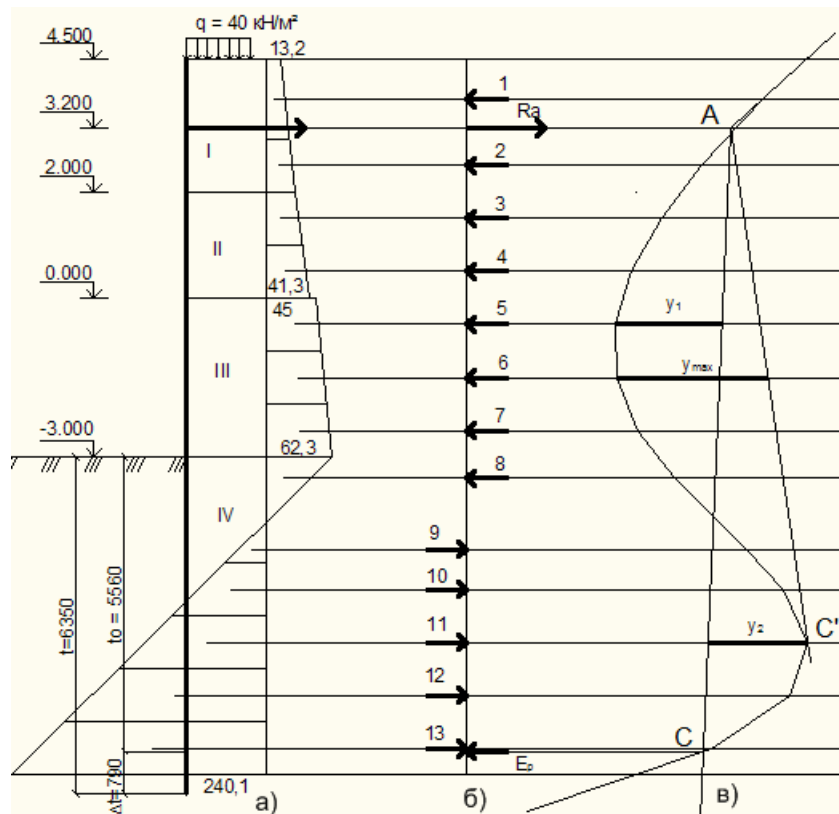


Рис. 2. Графоаналитический расчет стенки:
а) расчетная схема; б) эпюра сил давления грунта; в) веревочный многоугольник

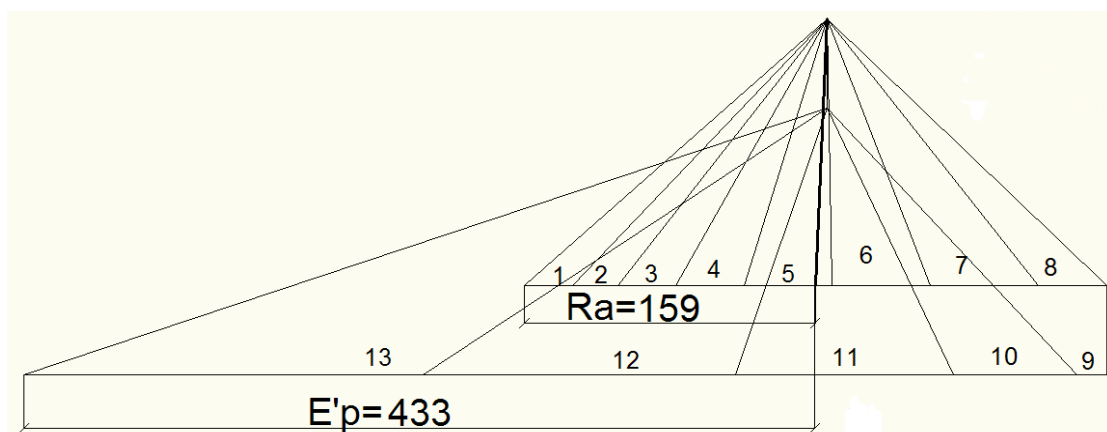


Рис. 3. Силовой многоугольник при креплении анкера на высоте 1,3 м от поверхности грунта

По алгоритму были рассчитаны 3 точки крепления анкера по высоте шпунтовой стенки на высоте 1,3; 2,5; 3,5 м. Результаты представлены в таблице.

Результаты расчета точек крепления анкера по высоте стенки

По результатам расчета для $h_k = 1300$ получены результаты:

1) шпунт Larssen603 ($W=1200\text{см}^3$)

2) $\varnothing \text{ а.т.} = 31\text{мм}$, $L_{\text{а.т.}}=9,35\text{м}$

3) плита анкерная $1\times 1\times 0,2\text{ м}$

По результатам расчета для $h_k = 2500$ получены результаты:

1) шпунт Larssen601 ($W=745\text{см}^3$)

2) $\varnothing \text{ а.т.} = 34\text{мм}$, $L_{\text{а.т.}}=11,51\text{м}$

3) плита анкерная $1\times 1\times 0,2\text{ м}$

По результатам расчета для $h_k = 3500$ получены результаты:

1) шпунт Larssen601 ($W=745\text{см}^3$)

2) $\varnothing \text{ а.т.} = 37\text{мм}$, $L_{\text{а.т.}}=13,31\text{м}$

3) плита анкерная $1\times 1\times 0,2\text{ м}$

Сравнительная оценка стоимости шпунтовой стенки по различным вариантам расположения анкера

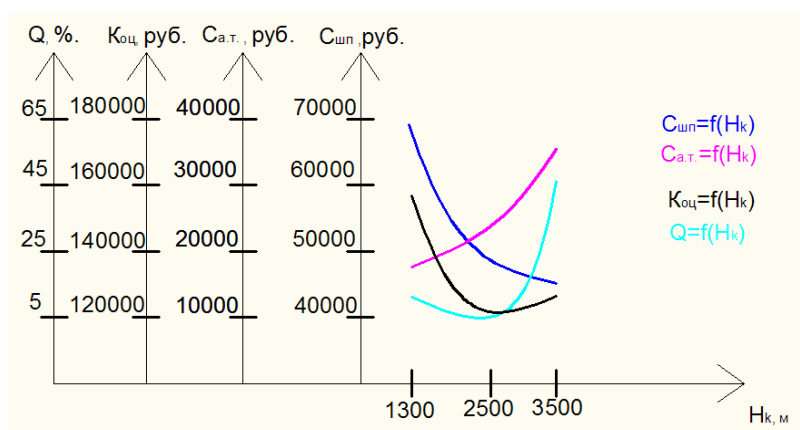


Рис. 4. Графики параметров эффективности вариантов стенки. $C_{шп.}$ – стоимость шпунта, $C_{ат.}$ – стоимость анкерной тяги, K_{oc} – критерий оценки стоимости, Q – недогруз шпунтовой стенки

Методика испытания.

При проведении исследования рациональных вариантов анкерных конструкций стенки необходимо решить следующие задачи:

1. Исследование механических характеристик вариантов анкерных систем.
2. Сравнение экспериментальных и расчетных данных.

В соответствии с поставленными задачами испытания анкерных конструкций стенки проводятся в лаборатории кафедры СКиО ПГТУ на опытной установке с помощью гидравлического домкрата (ДГ-50).

Путем выдергивания анкерной тяги из лотка измеряется сопротивление анкерной конструкции и по показаниям двух приборов (ИЧ-10) фиксируется среднее значение перемещения анкерной тяги.

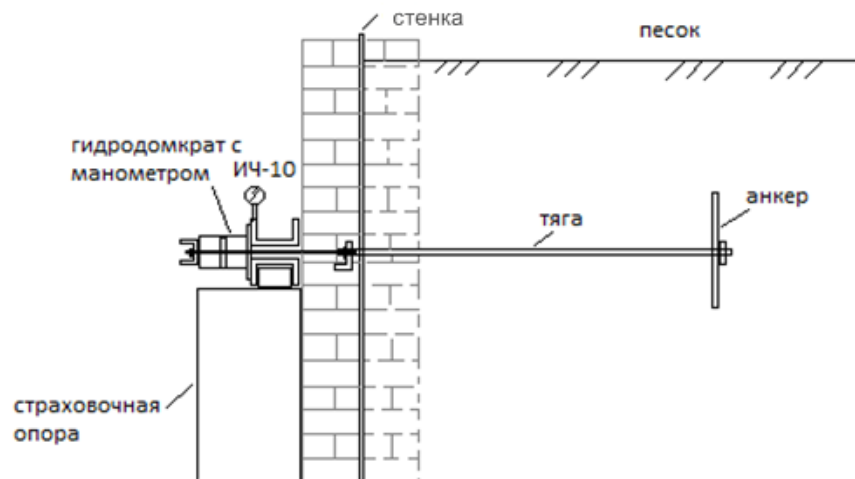
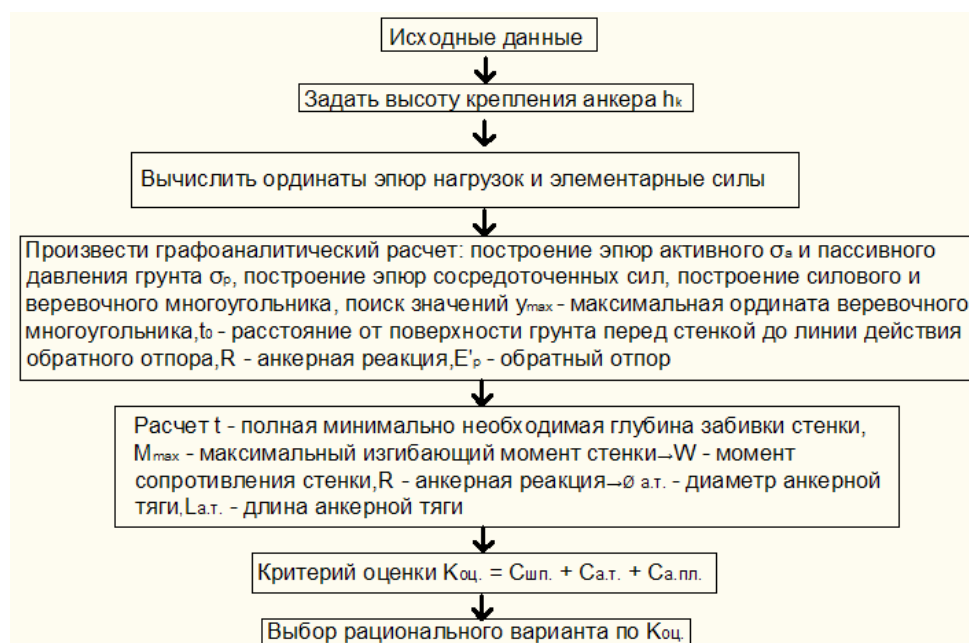


Рис. 5. Установка в разрезе

Алгоритм расчета шпунтовой стенки по высоте расположения анкера.

По приведенным выше расчетам был создан алгоритм поиска рационального варианта шпунтовой стенки по высоте расположения анкера:



Выводы.

1. Разработан алгоритм расчета заанкеренной шпунтовой стенки по высоте расположения анкера.
2. Проведена сравнительная оценка стоимости шпунтовой стенки с учетом различных вариантов расположения анкера и определено оптимальное расположение анкера по высоте, которое имеет значение 2,5 м от поверхности кордона.
3. Разработана рабочая программа испытания заанкеренной стенки для подтверждения оптимального расположения анкера по высоте стенки.

Список литературы

1. Справочник. Основания и фундаменты / под ред. Г.И. Швецова. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.
2. Ренгач В.Н. Шпунтовые стенки (расчет и проектирование). – Ленинград: Изд. по литературе строительства, 1970. – 112 с.
3. Иванов С.П. Расчет тоннелей на основе вариационного метода В.З. Власова. – Йошкар-Ола: Вестник Марийского государственного технического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование, 2007. – №1. – С. 82-87.
4. Будин А.Я., Демина Г.А. Набережные: справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1979. – 287 с.
5. Смородинов М.И., Федоров Б.С. Устройство фундаментов и конструкций способом «стена в грунте». – М.: Стройиздат, 1976. – 128 с.
6. Методические рекомендации по расчету и технологии сооружения анкерных удерживающих конструкций. – М., 1981. – 41 с.

INFLUENCE OF ARRANGEMENT OF ANCHOR ON DEFINITION OF RATIONAL OPTION OF SHEET PILE WALL

Ryazanov Vladislav Stepanovich, Chesnokov Aleksey Mikhailovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

It is considered influence of arrangement of anchor on wall height is considered. The algorithm of calculation of a sheet pile wall on height of an arrangement of an anchor is for this purpose developed.

Keywords: anchor, sheet pile wall, optimization, algorithm of calculation.

УДК 627.333:624.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ШПУНТОВЫХ СТЕНОК

Рязанов Владислав Степанович, Дмитриев Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
RyazanovVS@volgatech.net

Рассматривается поиск новых технических решений шпунтовых стенок с помощью библиотеки поисковых приёмов.

Ключевые слова: техническое решение; шпунтовая стенка; библиотека поисковых приёмов.

Введение. Проблема рационального проектирования фундаментов является одной из актуальных в области фундаментостроения [1,2]. Особенно остро эта проблема стоит при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях, в которых наиболее целесообразным является применение шпунтовых стенок. Доля затрат на возведение подземной части зданий и сооружений в таких грунтовых условиях составляет до 20%.

Многолетний опыт проектирования и строительства сооружений с подпорными стенками подтверждает мнение, что гибкие стенки, используемые в качестве ограждений котлованов, в конструкциях причалов, береговых устоев мостов, шлюзов, ограждений для поддержания дорожных насыпей, обладают наилучшими показателями[3]. Однако препятствием к их широкому использованию является малая изученность действительной работы подобных конструкций, так как еще не удалось создать достоверную рабочую модель гибкой заанкеренной стенки.

Цель работы: оптимизация параметров и разработка полезной модели шпунтовой стенки.

Применяемые при проектировании шпунтовых стенок методы расчета, основанные на классической теории давления грунта, предполагают наличие определенной картины перемещений, которая в действительности не наблюдается. Это положение отмечалось неоднократно.

Существующее положение дел в данной отрасли показывает, что в большинстве своем используемые технологии и материалы составляют львиную долю затрат на возведение фундаментов и проведение земляных работ. Поскольку объемы строительства, где используется «метод стена в грунте» постоянно растут, задача по оптимизации параметров шпунтовых стенок становится актуальной.

Широкое применение шпунтовых стенок обуславливает необходимость использования эффективных решений на основе современных методов проектирования, комплексного оптимизационного подхода [1].

Суть такого подхода – в том, что в процессе проектирования выделяют по возможности все ситуации связанные с выбором с выбором наилучшего проектно-конструкторского решения, и для каждой ситуации решается задача поиска оптимального решения, причем при постановке таких задач необходимо максимально расширить множество рассматриваемых решений.

Решаемые задачи: при проектно-конструкторской разработке шпунтовых стенок возводимых методом «стена в грунте» можно указать три уровня ситуаций, имеющих иерархическую соподчиненность, то есть три уровня оптимизации.

Первый уровень – это выбор наилучшей руководящей технической идеи или принципа действия для осуществления функций шпунтовых стенок возводимых методом «стена в грунте»; для этого необходимо исследовать возможности применения известных физических эффектов, использовать методы и подходы эвристического программирования, находить решение на уровне изобретения [4,5,6]. Для шпунтовых стенок, возводимых по методу «стена в грунте», это безанкерная, заанкеренная и многоанкерная схемы. Также возможен ряд других решений, которые еще предстоит найти.

Второй уровень задач оптимизации – это поиск наилучшей структуры или схемы в рамках выбранного принципа действия, то есть это – решение задач структурной оптимизации. Под структурой подразумевается необходимый для получения решения набор элементов, имеющих определенные функциональные связи друг с другом: взаимное расположение в пространстве, способы и средства компоновки, а так же связи элементов между собой, последовательность действий элементов во времени, особенности конструктивного исполнения (материал, геометрическая форма), принципиально важные соотношения параметров шпунтовой стенки в целом или отдельных элементов.

Третий уровень – это задачи параметрической оптимизации, то есть отыскание оптимальных параметров технического решения шпунтовой стенки в рамках какой-то

рациональной схемы, взятой из задачи второго уровня. Из опыта известных примеров оптимизации строительных конструкций видно, что улучшение ТЭП проектируемых систем по сравнению с традиционными известными решениями может составлять до 10-15%.

Алгоритм оптимизации:

1. Определение параметров оптимизации: материал, форма сечения, форма замка, конструктивная схема и т.п.
2. Разработка множества вариантов технических решений на основе методов оптимизации, путем изменения ключевых параметров.
3. Анализ вариантов технических решений шпунтовой стенки для определения наиболее перспективного варианта решения.
4. Расчет перспективного варианта и сравнение его технико-экономических показателей с существующими видами шпунтовых стенок.
5. Обоснование преимуществ нового технического решения.

Техническое моделирование. Поиск оптимальных вариантов таких стенок возможен на основе исследования технических решений стенок с использованием стальных и железобетонных шпунтов, различных конструктивных схем, с определением оптимальных параметров конструктивных элементов. Наибольший эффект можно получить с использованием новых технических решений стенок, обладающих патентоспособностью, что достигается путем решения конструкторско-изобретательской задачи [1].

Для решения такой задачи необходимо исследование функции конструкции, алгоритма расчета, критерия оценки эффективности и путей поиска новых технических решений. Шпунтовая стенка предназначена для восприятия активного давления грунта в пределах призмы обрушения за стенкой, сечение её зависит от величины момента сопротивления, определённого по максимальному изгибающему моменту, найденному из графоаналитического расчета. Критерием оценки эффективности может служить возможность технологического осуществления, материалоемкость, стоимость работ.

Улучшение критерия оценки и получение нового технического решения возможно за счет преобразования исходного технического решения стенки с помощью процедур библиотеки поисковых приемов [1].

К наиболее эффективным приемам преобразования можно отнести:

- 1) изменить форму конструкции, нарушить симметрию и наоборот; перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим;
- 2) Присоединить к прототипу детали, узлы, взятые из набора топологических типов деталей;
- 3) сделать или устранить отверстия, полости в элементах конструкции;
- 4) увеличить или уменьшить число одновременно действующих элементов конструкции;
- 5) разделить конструкцию на части так, чтобы каждая часть была изготовлена из наиболее подходящего материала;
- 6) использовать нити, тяги, пленки, гибкие оболочки, пневмо- и гидроконструкции;
- 7) разделить конструкцию на части, изготавливать, обрабатывать, транспортировать каждую часть отдельно, потом собрать все;
- 8) разделить конструкцию на части, установить очередность включения в работу отдельных частей;

9) изменить характер функционального соединения между элементами конструкции, повысить или понизить степень свободы одних по отношению к другим.

Техника эксперимента. Поиск новых технических решений по указанной методике может осуществляться квалифицированным специалистом с помощью ЭВМ или в ручном режиме.

Поиск новых технических решений строительных конструкций рассматривается на примере получения патента [7] на полезную модель шпунтовой сваи – конструкции из металлического шпунта, защемленного в нижней части в грунте, предназначенной для удержания грунта в призме обрушения за стенкой. Методика получения технического решения сваи предполагает преобразование исходной конструкции сваи (прототипа) на основе рекомендаций библиотеки поисковых приемов [1]. Формула полезной модели, на которую выдан патент, включает следующее: «Шпунтовая свая содержит корпус и соединительный элемент, отличающийся тем, что корпус выполнен в виде широкой сваи, которая в вертикальном сечении имеет ломаную форму в виде тупого угла, а соединительный элемент в виде перфорированного листа прикреплен с небольшим отступом от краев корпуса». Технический результат полезной модели сваи заключается в снижении материалоемкости и времени монтажа.

Интерпретация результатов. Путем преобразования существующего прототипа модели шпунтовой сваи [7], получено положительное решение на новую полезную модель. Формула полезной модели следующая: «Шпунтовая свая содержит корпус, выполненный в виде широкой сваи, которая в вертикальном сечении имеет ломаную форму в виде тупого угла и соединительный элемент, отличающийся тем, соединительный элемент выполнен в виде набора пластин, расположенных по высоте сваи с некоторым шагом и прикрепленных с небольшим отступом от краев корпуса или в виде набора стержней арматуры, расположенных по высоте сваи с некоторым шагом и прикрепленных с небольшим отступом от краев корпуса».

Выводы.

1. Предложен алгоритм трехуровневой оптимизации шпунтовых стенок.
2. Реализована методика поиска новых технических решений шпунтовых стенок на основе эффективных приемов преобразования прототипа.

Получен патент на полезную модель шпунтовой сваи: Патент №127767 от 22.11.2012.

Список литературы

1. Половинкин А.И., Алгоритмы оптимизации проектных решений / под ред. А.И. Половинкина. – М.: «Энергия», 1976.
2. Справочник. Основания и фундаменты / под ред. Г.И. Швецова. – М., 1991.
3. Совершенствование средств инженерно-экологического обустройства водохранилищ ГЭС / А.Г. Поздеев, И.А. Полянин, Е.М. Царев и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – №1. – С. 83-99.
4. Rodenaker W.G. Methodisches Konstruieren. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg-New York, 1970. – 223 s.
5. Методы поиска новых технических решений / под ред. А.И. Половинкина. Й-Ола: Маркнигоиздат, 1976. 192 с.
6. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Сов.радио, 1979. –184 с.
7. Рязанов В.С., Полетаев А.В. Шпунтовая свая // Патент России №120425. 2012. Бюл. №26.

INVESTIGATION OF TECHNICAL SOLUTIONS SHEET PILE WALL

Ryazanov Vladislav Stepanovich, Dmitriev Alexander Evgenievich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

We consider the search for new technical solutions sheet pile walls using the library search methods.

Keywords: *technical solution; sheet pile wall; library search techniques.*

УДК 620.171.2

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТАХ И ОБРАБОТАННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Салихов Мухаммет Габдулхаевич¹, Васильев Андрей Юрьевич²

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический
университет», Россия, Йошкар-Ола

²ООО «Испытательный центр Дорсервис», Россия, Санкт-Петербург
ois@volgatech.net

Предлагается метод оценки температурной трещиностойкости конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных неорганическим вяжущим и из материалов, обработанных неорганическим вяжущим.

Ключевые слова: *температурная трещиностойкость, укрепленные грунты, обработанные материалы, оценка, прогнозирование.*

Введение. Необходимость максимального использования местных материалов, в дорожном строительстве осознана уже давно. С целью улучшения свойств местных грунтов и расширения возможностей их применения российскими и зарубежными учеными были разработаны методы укрепления, стабилизации грунтов различными вяжущими. Интенсивное развитие данной области началось с начала 20-ого века и продолжается по настоящее время. Укрепленные грунты и материалы, обработанные неорганическим вяжущим (УГ и ОМ), заняли свою нишу, за пределы которой выйти, к сожалению, не так просто. В основном их применяют в качестве основания дорожной одежды для автомобильных дорог низких категорий. Главным фактором, ограничивающим применение УГ и ОМ в дорожном строительстве, является их склонность к трещинообразованию под действием перепада температуры окружающей среды. Следует так же отметить отсутствие полноценной нормативной базы, методов испытания и методов прогнозирования работы данных материалов в конструкции дорожной одежды. В связи с этим работа УГ и ОМ в составе дорожных конструкций являются непредсказуемой, а их применение вызывает опасения. Нет точного ответа на вопрос «будут ли образовываться температурные трещины в рассматриваемом материале в конкретных условиях». Решить проблему и ответить на поставленный вопрос возможно при помощи системы комплексной оценки и прогнозирования температурного трещинообразования в укрепленных грунтах и обработанных материалах (СКОП), разрабатываемой в Поволжском государственном технологическом университете.

Цель работы: создание системы, позволяющей создавать теоретико-эмпирические модели, с высокой точностью прогнозирующие температурное трещинообразование в конструктивных слоях из УГ или ОМ в составе конструкции дорожной одежды.

Решаемые задачи: 1) выявление факторов, оказывающих влияние на температурное трещинообразование в слоях дорожной одежды из грунтов, укрепленных неорганическим вяжущим и материалов, обработанных неорганическим вяжущим; 2) разработка приборов и методов испытания, необходимых для оценки температурной трещиностойкости УГ и ОМ; 3) разработка методов обработки массива данных, полученных в результате испытаний материалов, анализа проектных данных и данных о климатических и гидрологических условиях района строительства; 4) создание единой системы комплексной оценки и прогнозирования температурного трещинообразования в укрепленных грунта и обработанных материалах (СКОП);

Моделирование. Система СКОП предусматривает создание теоретико-эмпирической динамической модели, с высокой точностью прогнозирующей работу конструктивных слоев из УГ и ОМ в составе конструкции дорожной одежды. Модель учитывает все многообразие факторов, оказывающих воздействие на температурное трещинообразование.

Техника эксперимента. В основу СКОП заложен поуровневый анализ системы «материал – конструкция дорожной одежды – факторы окружающей среды».

Факторы, оказывающие влияние на образование температурных трещин, можно разделить на следующие уровни:

1уровень. Климатические характеристики района строительства [1] и условия работы слоев дорожной одежды из УГ или ОМ:

- максимальная и минимальная температура воздуха в течение года;
- количество переходов температуры через 0°C в течение года;
- глубина расположения слоя из УГ или ОМ от верха дорожной одежды;
- характеристики слоев дорожной одежды;
- условия увлажнения дорожной одежды (количество осадков, глубина расположения уровня грунтовых вод, схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна);

2уровень. Характеристика УГ или ОМ:

- коэффициент температурного деформирования (КТД), его зависимость от влажности и температуры;
- модуль упругости на растяжение, его зависимость от влажности и температуры [2];
- предел прочности на растяжение, его зависимость от влажности и температуры [3];
- теплопроводность, ее зависимость от влажности и температуры; [4]
- пористость [5];
- влажность в водонасыщенном состоянии [6].

Кроме того можно выделить три стадии обработки данных по системе СКОП:

1 стадия. Подготовительная работа.

1.1. Сбор данных о климатических и гидрологических условиях района строительства.

1.2. Сбор данных о проектируемой конструкции дорожной одежды;

1.3. Определение характеристик исходных материалов (грунтов), которые планируется обрабатывать (укреплять).

1.4. Подбор состава УГ или ОМ с учетом требований нормативных документов [7].

2 стадия. Лабораторные испытания.

2.1. Определение характеристик УГ или ОМ (факторы 2 уровня).

3 стадия. Анализ результатов испытаний.

3.1. Обработка массива данных. Сравнение напряжений, возникающих в сечениях слоя из УГ или ОМ под действием колебания температур с пределом прочности данных материалов на растяжение при различной степени водонасыщения и различной температуре.

3.2. Создание прогноза. Определение вероятности появления температурных трещин и выявление диапазона критических условий.

3.3. Выдача рекомендаций по проведению мероприятий, повышающих трещиностойкость, рассчитываемой конструкции.

Фактическое значение напряжения, возникающего в сечениях слоя из УГ или ОМ находится по формуле (1) [8]:

$$\sigma_{\epsilon}^{\phi} = \alpha E (T_p - T_n), \quad (1)$$

где α – коэффициент линейной температурной деформации материала, $1/^{\circ}\text{C}$; T_p , T_n – расчетная температура УГ или ОМ и температура УГ или ОМ на 7 сутки твердения со дня укладки, $^{\circ}\text{C}$; E – модуль упругости материала на растяжение, МПа.

Таблица 1

Пример сводной таблицы характеристик исследуемого материала

Влажность в водонасыщенном состоянии: 19 %					
Начальная температура: +20 $^{\circ}\text{C}$					
Температура, $^{\circ}\text{C}$	Влажность образца, %	Коэффициент линейной температурной деформации, $10^{-6} ^{\circ}\text{C}^{-1}$	Модуль упругости, МПа	Напряжения, возникающие в сечении слоя, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа
20	0	10	900	0,00	1,00
	10	11	840	0,00	0,80
	19	12	800	0,00	0,60
0	0	10	910	0,18	1,10
	10	15	900	0,27	0,90
	19	20	880	0,35	0,80
-20	0	10	920	0,37	1,15
	10	15	980	0,59	1,00
	19	20	1020	0,82	0,90
-40	0	10	920	0,55	1,15
	10	15	980	0,88	1,00
	19	20	1020	1,22	0,90

Интерпретация результатов. Результатом лабораторных и аналитических работ является оценка конструктивного слоя дорожной одежды из укрепленного грунта или обработанного материала по критерию температурной трещиностойкости, создается вероятностный прогноз работы исследуемого слоя в составе конструкции дорожной одежды. Критерием температурной трещиностойкости является разница между

напряжениями, возникающими в сечении конструктивного слоя дорожной одежды из УГ или ОМ под действием колебания температур и пределом прочности материала на растяжение. Сравниваемые величины определяются при различной температуре и различной степени водонасыщения. Кроме того учитываются усталостные напряжения, возникающие в сечениях слоя из УГ или ОМ под действием многократно повторяющихся суточных и сезонных перепадов температуры.

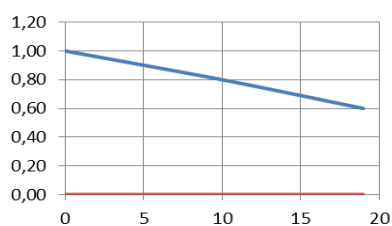
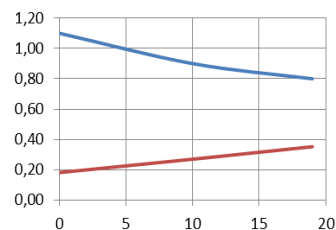
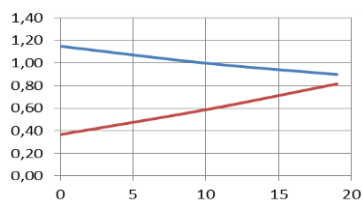
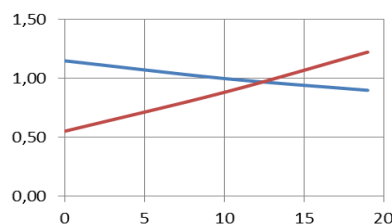
 $t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  $t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$  $t = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Рис. 1. Пример обработки результатов испытаний. Диаграмма сравнения.
 — предел прочности на растяжение образцов из УГ или ОМ
 — напряжение в сечении слоя из УГ или ОМ

По результатам анализа возможна своевременная корректировка конструкции дорожной одежды и состава укрепленного грунта или обработанного материала.

Выводы.

1. Выявлены факторы, оказывающие влияние на температурное трещинообразование в конструктивных слоях дорожных одежд из УГ и ОМ.
2. Определены лабораторные испытания, необходимые для оценки температурной трещиностойкости УГ и ОМ.
3. Определена структура разрабатываемой системы и стадийность проведения работ по созданию модели.
4. Определен критерий оценки температурной трещиностойкости.

Список литературы

1. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – М. – 2003. (Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила Российской Федерации).

2. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы испытаний. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. – М. – 1980. (Государственный стандарт союза ССР).
3. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М. – 1991. (Государственный стандарт союза ССР).
4. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. – МНТКС. – 1999. (Межгосударственный стандарт).
5. ГОСТ 12730.4-78. Бетоны. Методы определения показателей пористости. – СССР. – 1980. (Межгосударственный стандарт).
6. ГОСТ 12730.2-78. Бетоны. Методы определения влажности. – СССР. – 1980. (Государственный стандарт союза ССР).
7. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. – Москва. – 1995. (Межгосударственный стандарт).
8. Методические рекомендации по расчету жестких дорожных одежд. Методические рекомендации. – Москва. – 2004.
9. Чудинов С.А. Адапционные технологии в строительстве лесовозных дорог в условиях изменения климата // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес, Экология, Природопользование, 2010. – № 2. – С. 76-82.
10. Чернякевич В.И. Ресурсосберегающая технология строительства лесных дорог // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2010. – №3. – С. 54-61.

SYSTEM OF THE COMPLEX ASSESSMENT AND PREDICTION OF TEMPERATURE CRACK FORMATION IN THE STRENGTHENED SOIL AND THE PROCESSED MATERIALS

Salihov Muhammet Gabdulhaevich¹, Vasilev Andrey Urevich²

¹Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola, Russia, Yoshkar-Ola

²LLC «Test center Dorservice», Russia, Saint-Petersburg

dor.vasilyev@mail.ru

Is offered the method of an assessment of temperature crack resistance of constructive layers of road clothes from the soil strengthened by inorganic knitting and from materials, processed inorganic knitting.

Keywords: *temperature crack resistance, strengthened soil, processed materials, assessment, prediction.*

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ, ИНЖЕНЕРИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 519.657

К МЕТОДУ СГЛАЖИВАНИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

Иванов Владимир Викторович, Кузьмина Ольга Валериановна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
KuzminaOV@volgatech.net

Рассматривается одномерный распределенный во времени процесс сжигания топлива с образованием оксида азота. Предлагается разностная схема с аппроксимацией пространственной частной производной экспоненциальной функцией.

Ключевые слова: моделирование, химическая кинетика, жесткие дифференциальные уравнения, экспоненциальная аппроксимация.

Введение. Процессы сжигания топлива в камерах тепловых двигателей протекают при неравновесной, переменной во времени и протяженности камеры температуре и сопровождаются химическими реакциями образования токсичных продуктов сгорания [1]. При моделировании и управлении данными процессами возникает необходимость интегрирования жестких дифференциальных уравнений химической кинетики, характеризующихся рядом особенностей, в частности, различными, отличающимися на порядки скоростями протекания отдельных реакций [2, 3, 4] и др., описываемые экспоненциальными функциями.

Проблеме моделирования процессов с химическими реакциями посвящено значительное число работ [3-5] и др. Как известно, задача моделирования химической кинетики в них сводится к решению систем обыкновенных дифференциальных уравнений с применением специально разработанных для них методов Гира, неявных методов экстраполяции, экспоненциальных методов (см., например, обзор [3]) и др. Идея большинства методов состоит в интерполяции тем или иным способом решения Y_{n+1} по его значениям на предыдущих шагах $Y_n, Y_{n-1}, \dots$ интегрирования. Вместе с тем, исследуемые процессы являются распределенными и описываются системами уравнений в частных производных. Разработка методов решения подобных систем является актуальной проблемой.

Цель работы: создать разностный метод расчета распределенных процессов горения с химическими реакциями, учитывающий экспоненциальный характер изменения производных по пространственной переменной x .

Решаемая задача: моделирование задач химической кинетики.

Математическая модель. Рассматривается задача моделирования процессов горения с химическими реакциями образования оксидов азота NO_x . Кинетика образования NO моделируется по схеме Я.Б. Зельдовича [6]

$$N_2 + O = NO + N,$$

$$N + O_2 = NO + O.$$

Процесс горения описывается системой дифференциальных уравнений [7], дополненных кинетическими уравнениями образования NO

$$\begin{aligned}\frac{\partial C_f}{\partial t} + u \frac{\partial C_f}{\partial x} &= -W_T, \\ \frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x} &= -L_{st} W_T - K_2 C_N C_{O_2}, \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} &= \frac{H_0}{c_p} W_T + q_z(x, t), \\ \frac{\partial C_{NO}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{NO}}{\partial x} &= K_1^* C_{N_2} C_O + K_2 C_N C_{O_2}, \\ \frac{\partial C_N}{\partial t} + u \frac{\partial C_N}{\partial x} &= K_1^* C_{N_2} C_O - K_2 C_N C_{O_2}, \\ \frac{\partial C_O}{\partial t} + u \frac{\partial C_O}{\partial x} &= -K_1^* C_{N_2} C_O + K_2 C_N C_{O_2}, \\ \frac{\partial C_{N_2}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{N_2}}{\partial x} &= -K_1^* C_{N_2} C_O.\end{aligned}\tag{1}$$

Описание переменных $C_f(x, t)$, $C_O(x, t)$, $C_{O_2}(x, t)$, $C_N(x, t)$, $C_{N_2}(x, t)$, $C_{NO}(x, t)$, $T(x, t)$ даны в работе [7], а значения констант скоростей K_2 и K_1^* прямых и обратных химических реакций заимствованы из работы [4]. Для системы (1) при заданных начальных и краевых условиях решается краевая задача.

Разностная схема. Для решения системы (1) разработан разностный метод, в основу которого положена нелинейная разностная схема Лакса-Вендроффа [8]. Система записывается в матричной форме

$$Y_t + F_x(Y) = G(Y).$$

Искомое решение – вектор-функция $Y(x, t)$ разлагается по формуле Тейлора по переменной t с удержанием первых трех слагаемых

$$Y(t_{n+1}) = Y(t_n) + \Delta t \left(\frac{\partial Y}{\partial t} \right)_{t=t_n} + \frac{\Delta t^2}{2} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} \right)_{t=t_n}, \tag{2}$$

где n , Δt — номер и величина шага по времени. После преобразований разностная схема приводится к виду [7]

$$Y^{n+1} = Y^n + \Delta t \left(G(Y) - A(Y) \frac{\partial Y}{\partial x} \right)^n + \frac{1}{2} \Delta t^2 \left(B(Y) \left(G(Y) - A(Y) \frac{\partial Y}{\partial x} \right) - \frac{\partial A(Y)}{\partial Y} \frac{\partial Y}{\partial x} \left(G(Y) - A(Y) \frac{\partial Y}{\partial x} \right) - A(Y) \left(B(Y) \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial A(Y)}{\partial x} \frac{\partial Y}{\partial x} \right) \right)^n. \quad (3)$$

В данной схеме (3) элементы матриц $A(Y)$, $B(Y)$, $G(Y)$, $\frac{\partial A(Y)}{\partial Y}$ содержат экспоненциальные функции, описывающие по закону Аррениуса скорости изменения температуры, расхода топлива, химические реакции образования оксида азота и вычисляются в узлах сетки по аналитическим зависимостям. Частные производные $\frac{\partial Y}{\partial x}$ по пространственной переменной x вычисляются, как это общепринято, с использованием конечных разностей.

В данной работе предлагается при вычислении производных $\frac{\partial Y}{\partial x}$ учесть экспоненциальный характер их изменения и аппроксимировать их экспоненциальной функцией вида

$$I(x, t) = A(t) + B(t)e^{z(t)x}, \quad (4)$$

полагая, что в узлах сетки выполняется приближенное равенство

$$\frac{\partial Y(x, t)}{\partial x} \cong \frac{\partial I(x, t)}{\partial x}. \quad (5)$$

Таким образом, вычисление производных $\frac{\partial Y}{\partial x}$ предлагается выполнять в два этапа. На первом этапе – этапе прогноза, производные вычисляются с использованием конечных разностей. Далее, при необходимости (при появлении осцилляций), выполняется этап коррекции производных с учетом приближенного выполнения равенства (5).

Алгоритм вычисления параметров аппроксимации следующий. Пусть $y_j(x, t)$ – j -я компонента вектор-функции $Y(x, t) = (y_1(x, t), y_2(x, t), \dots, y_n(x, t))$. Получим расчетные формулы вычисления производных $\frac{\partial y_j(x, t)}{\partial x}$. Ниже в записи индекс j и зависимость от переменной времени t опустим.

Положим в (4) $x = x_k = 0$

$$I(x=0) = A + B = y_k, \quad (6)$$

а также $x = x_{k-1} = -h$,

$$I(x=-h) = A + Be^{-Zh} = y_{k-1}. \quad (7)$$

Тогда из (5) следует

$$\frac{\partial y(x, t)}{\partial x} \cong \frac{\partial I(x=0)}{\partial x} = Z \cdot B.$$

Выразим значение параметра B через Z и значения y_{k-1} , y_k . Для этого из (6) вычтем (7). Получим $y_k - y_{k-1} = B(1 - e^{-Zh})$. Откуда $B = \frac{y_k - y_{k-1}}{1 - e^{-Zh}}$ и окончательно

$$\frac{\partial y(x, t)}{\partial x} \cong \frac{\partial I(x=0)}{\partial x} = Z \cdot B = Z \cdot \frac{y_k - y_{k-1}}{1 - e^{-Zh}}.$$

Для определения значения показателя экспоненты Z используется экспоненциальная аппроксимация на каждом временном слое t_j по значениям сеточной функции $y(t_j, x_i) = y_i^j$ в предшествующих узлах i , $i-1$, $i-2$, ..., $i-l+1$ сетки.

Рассмотрим предлагаемый метод на примере двух известных точек: $M_{n-1}(x_{n-1}; y_{n-1})$ и $M_n(x_n; y_n)$. Требуется восстановить степенную функцию $y = A + Be^{Z \cdot x}$, проходящую через данные точки. Введем в рассмотрение промежуточную точку $M_s(x_s; y_s)$ [9], где $x_s = \frac{x_1 + x_n}{2}$, $y_s = \frac{2y_1 y_n}{y_1 + y_n}$. По значениям $y_{n-1} = A + Be^{Z \cdot x_{n-1}}$, $y_n = A + Be^{Z \cdot x_n}$, $y_s = A + Be^{Z \cdot \frac{(x_{n-1} + x_n)}{2}}$ находим A , B , Z . Имеем $y_{n-1} - A = Be^{Z \cdot x_{n-1}}$, $y_n - A = Be^{Z \cdot x_n}$, и, следовательно, $(y_{n-1} - A) \cdot (y_n - A) = (y_s - A)^2$. Решив последнее уравнение относительно A , получим окончательно

$$A = \frac{y_{n-1} y_n}{y_{n-1} + y_n}, \quad Z = \frac{1}{(x_{n-1} - x_n)} \cdot \ln \left(\frac{y_{n-1} - A}{y_n - A} \right), \quad B = (y_{n-1} - A) \cdot e^{-Z \cdot x_{n-1}}.$$

Численное решение модельного примера. Разработанный метод был применен для интегрирования модельного примера [10].

Выводы. Предварительные расчеты, выполненные на модельном примере, показывают, что предлагаемый метод позволяет устранить осцилляции решения. В дальнейшем предполагается разработка алгоритма автоматического подключения процедуры сглаживания на этапе коррекции.

Список литературы

1. Новые технологии сжигания природного газа для экологически чистой энергетики / А.А. Иванов, А.Н. Ермаков, И.К. Ларин, Р.А. Шляхов // Известия Российской академии наук. – Энергетика, 2007. – № 5. – С. 115-124.
2. Модели и методы математического и полунатурного моделирования процесса приёма радиолокационных сигналов / С.В. Атаманчук, М.И. Рябова, П.Е. Сарафанников, А.А. Чернов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2009. – №1(5). – С. 21-30.
3. Оран Э., Дж. Борис Численное моделирование реагирующих потоков. – М.: Мир, 1990. – 661 с.
4. Бочков М.В., Ловачев Л.А., Четвертушкин Б.Н. Химическая кинетика образования NOx при горении метана в воздухе // Математическое моделирование, 1992. – Т.4. – №9. – С. 3–36.

- 5.Новиков Е.А. Явные методы для жестких систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1997. – 195 с.
- 6.Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А. Окисление азота при горении. М.: Изд. Академии наук СССР, 1947. – 147 с.
- 7.Сиразетдинов Т.К., Иванов В.В. Моделирование, синтез и устойчивость процессов в камере сгорания газотурбинных двигателей и энергетических установок: Научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 243 с.
- 8.Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. – М.: Мир, 1972. – 418 с.
9. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения: учеб. пособие / под ред. Б.П. Демидовича. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 400 с.
10. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1994. – 554 с.

TO THE METHOD OF SMOOTHING OF SOLUTIONS IN PROBLEMS OF MODELING OF CHEMICAL KINETICS

Ivanov Vladimir Viktorovich, Kuzmina Olga Valerianovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

In article the one-dimensional process of burning of fuel distributed in time with formation of oxide of nitrogen is considered. The difference scheme with approximation of spatial partial derivative by exponential function is offered.

Keywords: design, chemical kinetics, hard differential equations, exponential approximation.

УДК 544.723

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПО АДСОРБЦИИ ИОНОВ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ

Осман Аслан, Юрий Борисович Грунин

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
ois@volgatech.net

Рассматривалась возможность применения метода ядерной магнитной релаксации и ионометрии для анализа структуры ионообменных биополимеров и изучения их сорбционных свойств.

Ключевые слова: Адсорбция, целлюлозы, ионный обмен, импульсный метод ЯМР.

Введение. Основанная на обзоре литературы, ориентированных на изучение ионной адсорбции отмечается, что возможным механизмом связывания ионов металлов целлюлозосодержащими материалами является либо ионный обмен, либо комплексообразование с участием карбоксильных и гидроксильных групп целлюлозы, а также физическая адсорбция [1].

Цель работы: исследования были посвящены изучению влияния ионов на характер взаимодействия в системе целлюлоза водный раствор электролита. Изучению

кинетики сорбции катионов на целлюлозе, проведено исследование импульсным методом ЯМР структурных свойств ионообменной целлюлозы и определен характер изменения гидрофильных свойств и капиллярно-пористой структуры ионообменной целлюлозы в зависимости от химической природы адсорбированного катиона.

Решаемые задачи: 1) определить кинетики адсорбции ионов в растворе и pH среды; 2) построить графики зависимость влагосодержания от относительная давления паров, $w\%$ - P/P_s ; 3) получить зависимость T_1 (спин решеточной) и T_2 (спин спиновой) релаксации от влагосодержания $\%w$, нативных и обработанных целлюлозах; 4) получить степень кристалличности и плотность нативных и обработанных целлюлозах.

Техника эксперимента. Снимались кинетические кривые адсорбции, отражающие изменения концентрации данных ионов в растворе электролита с течением времени. Получения вся изотерм сорбции паров воды различными образцами целлюлозы использовалась методика изопиестических серий, являющаяся одним из вариантов гравиметрического метода построения изотерм при комнатной температуре [2]. Исследуемые катионные формы образцов хлопковой целлюлозы и её солевые формы были получены из растворов в растворителе (H_2O), которые выдерживались десять дней. После обработки образцы тщательно промывались дистиллированной водой и выдерживались в воздушно-сухом состоянии в течение двух суток. Влажность образцов определялась весовым методом. Параметры ядерной магнитной релаксации измеряли на ЯМР релаксметре «Спин-Трек» в П.Г.Т.У Кафедра физики [3]. Все полученные изотермы адсорбции для исследуемых образцов имеют характерную S-образную форму. Количественные сравнения экспериментальных результатов проводились с использованием теории адсорбции Брунауэра-Эметта-Теллера (БЭТ) [4]. Строился график в координатах « $w - P/P_s$ ».

Интерпретация результатов. Исследован процесс распределения ионов тяжелых металлов [Cd(II), Cu(II), Fe(II), Ni(II), Zn(II)] в гетерофазной системе «водный раствор сульфата металла – целлюлозосодержащий сорбент» в области pH 1–7. Установлено, что зависимость сорбционной емкости сорбента от кислотности водной фазы имеет S-образный характер с максимумом сорбции в интервале кислотности 5–7. Сложный характер сорбции объясняется изменением состояния сорбционных центров в зависимости от pH водной фазы. В качестве сорбционного центра при сорбции катионов металла целлюлозным сорбентом может выступать карбоксильная группа в анионной форме ($SorbCOOH \leftrightarrow SorbCOO^- + H^+$). Предложен сольватационно-координационный механизм сорбции ионов тяжелых металлов, допускающий образование на поверхности сорбента комплексного ионного ассоциата, в котором в сольватную оболочку катиона включаются монодентатный центр сорбции (анион) и молекулы воды: $Sorb[(-COO^-)_2M^{2+}H_2O]_n$. Обнаружено, что для полисахаридного сорбента подтверждается гипотеза ионного обмена, когда в качестве сорбата выступают катионы металла или протон, а сорбент выполняет функции катионита. [5].

Анализируя полученные результаты можно сказать, что в кислой среде количество сорбированных ионов уменьшается за счет подавления ионизации карбоксильных групп. Так как наличие COOH групп придает целлюлозе кислотный характер, то целлюлозу можно считать слабой кислотой, степень диссоциации и константа диссоциации которой примерно равна уксусной кислоте. Поэтому, естественно, что с увеличением pH раствора степень диссоциации становится больше и тем самым увеличивается количество сорбционных мест, возрастает сорбционная способность целлюлозы. Образование связи между катионами и гидроксилами целлюлозы может

происходить через моноадсорбированные молекулы воды, которые включаются в координационную сферу ионов металлов, одновременно образуя водородную связь с -ОН группами полимера [6]. Исследования природы сорбции ионов металлов целлюлозными материалами позволяют сделать вывод о том, что в качестве активных групп полимеров могут выступать -COOH, -ОН, а также все атомы О элементарного звена целлюлозы [1]. Лиственная целлюлоза обладает большей сорбционной способностью к данным катионам, чем хвойная. Вероятно, это связано с большим содержанием COOH-групп, входящих в состав урсонных кислот присутствующих гемицеллюлоз, содержание которых в древесине лиственных пород примерно в 2 раза выше, чем в хвойных [7-10].

Наличие в структуре полисахаридного сорбента – COOH групп позволяет рассматривать сорбцию сильных электролитов в гетерофазной системе сорбент – водный раствор как ионный обмен на карбоксильных группах. Целлюлозосодержащие полимерные материалы относятся к слабокислотным ионитам ($pK_a(\text{RCOOH}) \approx 4,0$ и $pK_a(\text{ROH}) \approx 9,2$), поэтому величина сорбционной емкости сорбента во многом определяется кислотностью водной фазы. Снижение концентрации ионов водорода равновесного раствора приводит к увеличению степени диссоциации кислотных групп полимера, степени набухания и, следовательно, росту активной поверхности полимера [11]. В процессе сорбции ионов металлов наблюдалось изменение pH раствора: в кислой области значения pH возрастали, в щелочной – снижались. Можно предположить, что на кислотность раствора способны оказывать влияние как ионы металлов, присутствующих в растворе, так и сорбент. Это можно объяснить тем, что наряду с сорбцией ионов металлов происходит связывание ионов H^+ и OH^- активными гидрофильными центрами сорбции, что и обуславливает увеличение pH в кислой области и снижение в щелочной. Это согласуется с изменением pH в процессе извлечения ионов металлов из водных растворов их сульфатов в диапазоне pH 1–7 [5]. С увеличением значения pH в водных растворах количества сорбированных ионов именно pH 5-7 области сильно возрастает. Сорбция ионов металлов при изменении pH водной фазы имеет экстремальный характер с максимумом в области pH 5–7. Следовательно, указанный интервал значений pH является оптимальным для наиболее полного протекания сорбционного процесса в гетерофазной системе «водный раствор сульфата металла–сорбент». Время установления сорбционного равновесия в гетерофазной системе водный раствор сульфата металла-целлюлозосодержащий биополимер было определено из кинетических кривых сорбции катионов Cu (2) и Ni (2). В кинетическом эксперименте было установлено, что процесс сорбции происходит в течение 15 мин. Быстрое время установления равновесия обусловлено сравнительно высокоразвитой поверхностью сорбента со значительной долей аморфной структуры и высокой гидрофильностью полисахаридных звеньев [5]. Полученные результаты согласуются с литературными данными [12-15], в которых отмечается сложный характер функциональной зависимости сорбционной емкости целлюлозных материалов от pH равновесного раствора. Известно, что щелочная обработка целлюлозных материалов (волокон, порошков, пленок) приводит к изменению молекулярной и надмолекулярной структуры целлюлозы, разрыву целлюлозных цепей, увеличению их гидрофильности и способности к адсорбции красителей [16, 17], иначе говоря, щелочная обработка способствует активации целлюлозных материалов.

Анализируя результаты можно сказать, что в кислой среде количество сорбированных ионов уменьшается за счет подавления ионизации карбоксильных групп.

Значения pH раствора менялись от 1,5 до 5,71. С ростом pH сорбция резко возрастает и при малых значениях pH сорбируемость меди велика, при этом относительно узком интервале кислотности с ростом pH сорбция возрастает, а затем ее рост замедляется, стремится к предельному значению. Увеличение сорбируемости с ростом pH объясняется увеличением степени диссоциации карбоксильных групп целлюлозы, а положение области резкого возрастания величины обменной способности зависит от природы ионита [18], чем слабее его кислотные свойства, тем более высоким значениям pH соответствует подъем кривой сорбируемости. В изученных областях pH листовая целлюлоза сорбирует медь несколько в большем количестве, чем хвойная, что коррелирует с данными по сорбции меди химическими методами. Судя по положению области резкого возрастания величины обменной емкости листовая целлюлоза обладает большей сорбционной способностью по сравнению с хвойной [2].

На начальной стадии сорбции рост концентрации ионов в растворе объясняется предпочтительной диффузией молекул воды, более подвижных, чем акваионы марганца (II) в микропористые области полимера. Изотермы сорбции воды образцов целлюлозы медных и марганцевых форм имеют одну ту же S-образную форму, поэтому можно предположить аналогичный механизм сорбции паров воды. Анализируя эти изотермы, можно сказать, что с увеличением содержания ионов в сухих образцах целлюлоза в Mn и Cu формах, количество поглощаемой воды из паровой фазы уменьшается. Механизм данного эффекта можно объяснить действием двухвалентных катионов, который приводит к "закупорке" микропор, когда положительно заряженный ион меди (II) или марганца (II), сорбируясь на карбоксильных группах, расположенных на противоположных стенках микропоры, сужает ее. Вероятно, обработка целлюлозы растворами двухвалентных катионов приводит к уменьшению количества микропор, участвующих в процессе сорбции воды. В медных и марганцевых формах целлюлозы происходит уменьшение количества активных групп для центров сорбции и сорбционного объема пор, увеличивается истинная плотность и степень кристалличности полимера, что указывает на уплотнение надмолекулярной структуры целлюлозы. Смещение изотерм сорбции листовых и хвойных целлюлоз можно объяснить как различным содержанием гемицеллюлоз, так и различным фибриллярным строением данных типов целлюлозы [2]. При насыщении водой полимеров, содержащей в своей структуре различные катионы, может происходить гидратация обменных катионов с образованием вокруг них гидратных оболочек [19], то есть центрами сорбции в катионных формах целлюлозы будут не только гидроксильные группы, но и ионы Cu^{2+} и Mn^{2+} . В медных и марганцевых формах древесной целлюлозы происходит уменьшение количества активных групп центров сорбции и сорбционного объема пор, увеличивается истинная плотность и степень кристалличности полимера, что указывает на уплотнение надмолекулярной структуры целлюлозы. По-видимому, обработка солями CuCl_2 и MnCl_2 древесной целлюлозы приводит к изменению фибриллярной структуры полимера и эффект уплотнения носит внутрифибрилярный характер [20]. В частности, взаимодействие ионов Cu^{2+} с карбоксильными группами целлюлозы приводит к комплексообразованию, что вызывает своеобразную «сшивку» целлюлозных цепей [21].

Вид обменных катионов значительно сказывается на механизме сорбции. Поскольку результатом такой сорбции является набухание целлюлозы, то можно считать, что гидратация катионов в ионообменных целлюлозах является своеобразным катализатором процесса набухания. В зависимости от типа иона при набухании про-

исходит дифференцированное уменьшение сил сцепления между соседними цепями целлюлозы за счет внедрения между ними молекул воды и гидратированных катионов. Удельная поверхность катионных форм целлюлозы развивается по мере увеличения влажности по линейному закону. Это вызывается миграцией воды в форме полимолекулярной сорбции и капиллярной конденсацией в меж- и внутримоллекулярное пространство и приводит к разрыву водородных связей между фрагментами молекулярных цепей сорбента и внедрению в образовавшееся пространство воды. В результате активная поверхность целлюлозы гидратируется молекулами сорбата, что приводит к увеличению удельной поверхности $S_{уд}$ в зависимости от влагосодержания $\omega\%$.

Время спин решеточной релаксации от влагосодержания $T_1 - \omega\%$ для системы «целлюлоза–вода» определяется как подвижностью сорбированных молекул воды, так и подвижностью протонов атомных групп и макромолекул в целом самого полимера [2]. Так, зависимость T_1 от содержания H_2O в области влагосодержаний от 2 до 7% для исходных образцов характеризуется уменьшением времени продольной компоненты намагниченности. Это обусловлено релаксацией между протонами прочно связанной воды и протонами, принадлежащими поверхности полимера. Локальные магнитные поля, создаваемые неспаренными электронами, играют роль своеобразных катализаторов, ускоряющих процесс переноса энергии ядра к «решётке» и внутри спиновой системы, поэтому доминирующим каналом релаксации является взаимодействие ядер водорода с парамагнитными ионами. Полученные зависимости времен спин спиновой релаксации от влажности для образцов всех катионных и солевых форм одинаковый характер, но различные значения, что позволяет рассмотреть особенности влияния вида катиона на изменение надмолекулярной структуры целлюлозы, на процесс набухания и особенности сорбции. Рост времен спин спиновой релаксации $T_{2спмг}$ с увеличением влагосодержания объясняется возрастанием трансляционной подвижности молекул воды, которые при малых влагосодержаниях взаимодействует преимущественно с высокополярными группами в полимере в пределах монослоя, а затем, после насыщения этих более высокоэнергетических сорбционных мест при введении больших количеств воды, сорбируются с меньшим энергетическим эффектом в макропорах и представляет собой более подвижную часть связанной воды. Значение параметров $T_{2спмг}$ свидетельствует о наибольшей молекулярной трансляционной подвижности сорбированной воды, вызывающей флуктуацию локальных магнитных полей на резонирующих ядрах.

Представляет интерес изменения надмолекулярной структуры исследованных образцов ионообменной целлюлозы точки зрения степени кристалличности (K), средней плотности аморфных областей (ρ), объёма поры. Для исследуемых образцов вероятнее всего смещение минимума спин решеточной релаксации происходит в связи с изменением степени кристалличности хлопковой целлюлозы после обработки ее растворами солей [22]. В медных и марганцевых формах древесной целлюлозы происходит уменьшение количества активных групп центров сорбции и сорбционного объёма пор, увеличивается истинная плотность и степени кристалличности целлюлозы, что указывает на уплотнение надмолекулярной структуры целлюлозы [2].

Выводы.

В кислой среде количество сорбированных ионов уменьшается за счет подавления ионизации карбоксильных групп. С увеличением pH раствора степень диссоциации становится больше, и тем самым увеличивается количество сорбционных мест, возрастает сорбционная способность целлюлозы. Целлюлозосодержащие полимер-

ные материалы относятся к слабокислотным ионитам. В кислой среде количество сорбированных ионов уменьшается за счет подавления ионизации карбоксильных групп. С увеличением содержания ионов в сухих образцах целлюлоза в Мп и Су формах, количество поглощаемой воды из паровой фазы уменьшается, обработка целлюлозы растворами двухвалентных катионов приводит к уменьшению количества микропор, участвующих в процессе сорбции воды. При насыщении водой полимеров, содержащей в своей структуре различные катионы, может происходить гидратация обменных катионов с образованием вокруг их гидратных оболочек, то есть центрами сорбции в катионных формах целлюлозы будут не только гидроксильные группы, но и ионы Cu^{2+} и Mn^{2+} . Обработка солями CuCl_2 и MnCl_2 древесной целлюлозы приводит к изменению фибриллярной структуры полимера, и эффект уплотнения носит внутрифибрилярный характер. Полученные зависимости времен спин спиновой релаксации от влажности для образцов всех катионных и солевых форм носят одинаковый характер, но различные значения, что позволяет рассмотреть особенности влияния вида катиона на изменение надмолекулярной структуры целлюлозы на процесс набухания и особенности сорбции, изменения надмолекулярной структуры исследованных образцов ионообменной целлюлозы с точки зрения степени кристалличности (К), средней плотности аморфных областей (ρ), объём пор.

Список литературы

1. Химия растительного сырья. Сорбционные свойства и природа взаимодействия целлюлозосодержащих полимеров с ионами металлов / Т. Е. Никифорова и др. – 2009. – №1. – С.5-14.
2. Красильникова С.В. Структурно сорбционные свойства ионообменной целлюлозы: дисс. ... канд. хим. наук. – Йошкар-Ола, 2000. – 30 с.
3. www.nmr-design.com [электронный ресурс] (дата доступа 01.07.2012).
4. Грег С., Синг К., Адсорбция удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 1984. – С. 306.
5. Никифорова Т.Е., Козлов В.А., Модина Е.А.. Сольватационно-координационный механизм сорбции ионов тяжелых металлов целлюлозосодержащим сорбентом из водных сред, Химия растительного сырья, 2010. – №4. – С. 23–30.
6. Грунин Ю.Б., Иванова В.Л. Характер взаимодействия в системе «целлюлоза – водный раствор электролита»// Бумажная промышленность, 1985. – №2. – С. 10–11.
7. Гемичеселлюлозы. Дудкин М.С., и др. – Рига: Зинатне, 1991. – 488 с.
8. M. Dennis D.T., Preston R.D. Constitution of cellulose microfibrills /Nature. – 1961-V.191.№: 4789. – P. 667-668.
9. Фляте Д.М. Свойства бумаги // Лесная промышленность. – М., 1976. –648 с.
10. Леонович А. А., Оболенская А.В. Химия древесины и полимеров // Лесная промышленность. – М., 1988. – 148 с.
11. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. – М., 1962. –712 с.
12. Юрьев В.И., Виноградова Л.Г., Родина Т.В. Химия и технология целлюлозы и лигнина. – 1982. – С. 74–78.
13. Burba P., Willmer P. G. Cellulose: a Biopolymeric sorbent for heavy-metal traces in waters // Talanta. 1983. V. 30, №5. – P. 381–383,
14. Трухтенкова А. Л., Скурихина Г. М., Юрьев В. И., Бурков Г. Л. Влияние вида целлюлозы на ее сорбционную способность // Лесной журнал, 1973. – №6. – С. 117–120.
15. Arnson T. R., Stratton R. A. The adsorption of complex aluminum species by cellulose fibers // Tappi Journal. 1983. V. 66, N12 – P. 72–75.

16. Klemm D., Philipp B., Heinze T., Heinze U., Wagenknecht W. Comprehensive cellulose chemistry: Volume 1, Fundamentals and analytical Methods. Weinheim, 1998.
17. Persin Z., Stana-Kleinschek K., Kreze T. Hydrophilic/Hydrophobic characteristics of different cellulose fibres monitored by tensiometry. / Croatica Chemica Acta (Ccaca). 2002. V. 75. N1. – P. 271.
18. Вишневская Г. П., Липунов И. И., Козырев Б. М. Исследование состояние ионов меди в сульфокатионите КУ-2 х8 методом ЭПР // Доклады АН СССР, 1973. Т.213.№3. – С. 618-621.
19. Химические сдвиги ЯМР протонов воды, адсорбированной катионозамещенными формами цеолита / Манк В.В., Васильев Н.Г. и др. // Доклады АН СССР, 1972. – Т.207. – № 1. – С.133-134.
20. Цилипоткина М. В. Изучение структуры полимеров сорбционным методом. /В кн. Современные физические методы исследования полимеров. – М., Химия, 1982. – С. 198-209.
21. Pekarovicova A., Venditti R. A., Cao H., Lou Y. M. and Jean Y. C. Cellulose free Volume Characterization Using Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy. Journal of Pulp and Paper Sci., 1997. Vol.23 № 3. – P. 101-107.
22. Смирнова Л. Г. Особенности взаимодействия в системе целлюлоза – водный раствор электролита: дисс. ... канд. хим. наук. – Йошкар-Ола, 1998. –160 с.
23. Международная научная конференция NASA и семинар GOF-C-GOLD/NEESPI «Влияние аномальной погоды на природные, социально-экономические и искусственные системы: засуха 2010 г. в Поволжье России» (17-22 июня 2012 г., Йошкар-Ола)// Вестник Марийского государственного технического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – №1. – С. 108-109.

MODERN VIEW OF IONS ADSORPTION ON CELLULOSE

Osman Aslan, Yuriy Borisovich Grunin

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

This deals with the problem of investigation under molecular structure of cellulose after treatment aqueous heavy ions.

Keywords: *adsorption, cellulose, ion exchange, impuls method NMR*

УДК 556.16: 551.57

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ «ОСАДКИ-СТОК»

Поздеев Анатолий Геннадиевич, Кузнецова Юлия Анатольевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
PozdeevAG@volgatech.net

Разработан вариант водобалансной модели «Осадки-сток» в обозначениях Дж. Форрестера. В результате имитационного моделирования в среде MathCad построены зависимости динамики накопления, стока и инфильтрации осадков с территории, запаса почвенной влажности, подповерхностного и склонового стока, испаряемой влаги и грунтовых вод, температуры почвы, площади лесов, болот, акваторий, полей и лугов.

Ключевые слова: водобалансная модель «Осадки-сток»; имитационное моделирование в среде MathCad; информационно-технологическая модель.

Введение. Определение влияния хозяйственной деятельности на речной сток является сложной задачей из-за одновременного действия множества факторов, сложности учета характеристик водозаборов и сбросов использованных вод, разномасштабности времени и интенсивности проведения хозяйственных мероприятий в пределах водозаборов [1].

Среди расчетных методов оценки и прогнозирования антропогенных изменений речного стока следует выделить Стенфордскую модель формирования речного стока с речного водосбора, учитывающую пространственную неоднородность природных факторов [2]. Системными моделями, наиболее соответствующими информационно-технологическому подходу к производственно-хозяйственному освоению природных ресурсов по степени проработанности и возможности получения численных результатов, являются балансовые имитационные динамические модели Дж. Форрестера [3, 4].

Цель работы: 1) выявить физические параметры, влияющие на водный баланс территории; 2) выделить основные подсистемы и определить их характеристики; 3) разработать информационно-технологическую модель, позволяющую объединить выделенные подсистемы, произвести имитационное моделирование и получить численные оценки характеристик водобалансной модели.

Решаемые задачи: 1) разработка модели водного баланса и построение структурной схемы Стенфордской модели речного водосбора в обозначениях Дж. Форрестера; 2) выбор элементов структурной модели, учитывающей природно-географические факторы региона; 3) формирование системы уравнений темпов и уровней на основе балансовой структурной модели; 4) выбор начальных значений параметров модели; 5) построение расчетного имитационного комплекса на основе прикладной программной среды MathCAD; 6) проведение имитационных экспериментов для выявления динамики основных параметров балансовой модели.

Имитационное моделирование. Структура, разработанного варианта модели «Осадки-сток» в обозначениях Дж. Форрестера, приведена на рисунке (рис. 1).

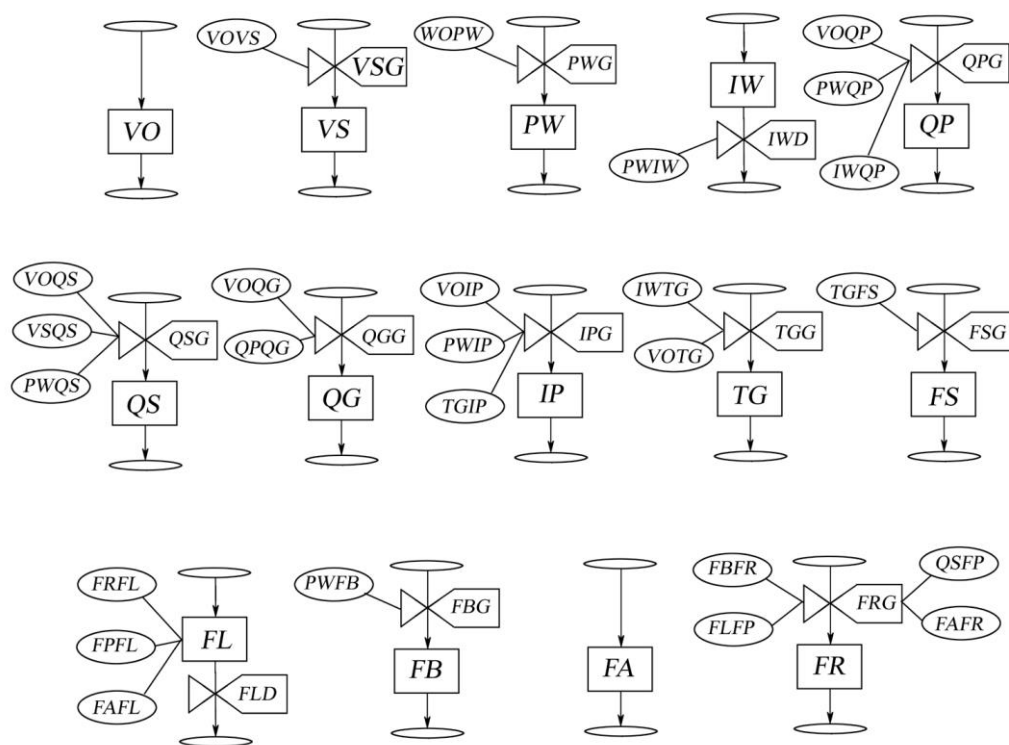


Рис. 1. Структурная схема модели в обозначениях Форрестера

Водобалансная модель включает следующие подсистемы: VO – Объем осадков, накапливаемых на территории, $\text{м}^3/\text{м}^2$; VS – Объем стока с водонепроницаемой территории, $\text{м}^3/\text{м}^2$; PW – Запас почвенной влажности, $\text{м}^3/\text{м}^2$; IW – Объем инфильтрации, $\text{м}^3/\text{м}^2$; QP – Подповерхностный сток, $\text{м}^3/\text{м}$; QS – Объем склонового стока, $\text{м}^3/\text{м}^2$; QG – Объем грунтовых вод, $\text{м}^3/\text{м}$; IP – Объем испаряемой влаги, $\text{м}^3/\text{м}^2$; TG – Температура почвы, $^{\circ}\text{C}$; FS – Суммарная площадь региона, м^2 ; FL – Площадь, покрытая лесом, м^2 ; FB – Площадь поверхности болот, м^2 ; FA – Площадь акваторий, м^2 ; FR – Площадь поверхности полей и лугов, м^2 .

С использованием обозначений для прошлого (J), настоящего (K) и будущего (L) времени, его интервалов (JK и KL), а также введенных идентификаторов переменных системы и множителей, составлены уравнения системного комплекса, включающие уравнения темпов и уровней субстанций, определяемых элементарными балансовыми подсистемами:

1. Объем осадков, накапливаемых на территории:

$$\text{VO.K} = \text{VO.J} + \text{DT} (\text{VOG.JK} - \text{VOD.JK});$$

$$\text{VOG.JK} = \text{VOVO} \cdot \text{VO.J};$$

$$\text{VOD.JK} = 0.$$

2. Объем стока с водонепроницаемой территории:

$$\text{VS.K} = \text{VS.J} + \text{DT} (\text{VSG.JK} - \text{VSD.JK});$$

$$\text{VSG.JK} = \text{VOVS} \cdot \text{VO.J};$$

$$\text{VSD.JK} = 0.$$

3. Запас почвенной влажности:

$$\text{PW.K} = \text{PW.J} + \text{DT} (\text{PWG.JK} - \text{PWD.JK});$$

$$\text{PWG.JK} = \text{VOPW} \cdot \text{VO.J};$$

$$PWD.JK = 0.$$

4. Объем инфильтрации:

$$IW.K = IW.J + DT (IWG.JK - IWD.JK);$$

$$IWG.JK = PWIW \cdot PW.J;$$

$$IWD.JK = 0.$$

5. Подповерхностный сток:

$$QP.K = QP.J + DT (QPG.JK - QPD.JK);$$

$$QPG.JK = VOQP \cdot VO.J + PWQP \cdot PW.J + IWQP \cdot IW.J;$$

$$QPD.JK = 0.$$

6. Объем склонового стока:

$$OS.K = OS.J + DT (QSG.JK - QSD.JK);$$

$$QSG.JK = VOQS \cdot VO.J + VSQS \cdot VS.J + PWQS \cdot PW.J;$$

$$QSD.JK = 0.$$

7. Объем грунтовых вод:

$$QG.K = QG.J + DT (QGG.JK - QGD.JK);$$

$$QGG.JK = VOQS \cdot VO.J + QPQG \cdot QP.J;$$

$$QGD.JK = 0.$$

8. Объем испаряемой влаги:

$$IP.K = IP.J + DT (IPG.JK - IPD.JK);$$

$$IPG.JK = VOIP \cdot VO.J + PWIP \cdot PW.J + TGIP \cdot TG.J;$$

$$IPD.JK = 0.$$

9. Температура почвы:

$$TG.K = TG.J + DT (TGG.JK - TGD.JK);$$

$$TGG.JK = IWTG \cdot IW.J + VOTG \cdot VO.J;$$

$$TGD.JK = 0.$$

10. Суммарная площадь региона:

$$FS.K = FS.J + DT (FSG.JK - FSD.JK);$$

$$FSG.JK = TGFS \cdot TG.J;$$

$$FSD.JK = 0.$$

11. Площадь, покрытая лесом:

$$FL.K = FL.J + DT (FLG.JK - FLD.JK);$$

$$FLD.JK = FBFL \cdot FB.J + FRFL \cdot FR.J + FAFL \cdot FA.J;$$

$$FLD.JK = 0.$$

12. Площадь поверхности болот:

$$FB.K = FB.J + DT (FBG.JK - FBD.JK);$$

$$FBG.JK = PWFB \cdot PW.J + QGFB \cdot QG.J;$$

$$FBD.JK = 0.$$

13. Площадь акваторий:

$$FA.K = FA.J + DT (FAG.JK - FAD.JK);$$

$$FAG.JK = 0;$$

$$FAD.JK = 0.$$

14. Площадь поверхности полей и лугов:

$$FR.K = FR.J + DT (FRG.JK - FRD.JK);$$

$$FRG.JK = FLFR \cdot FL.J + QSFR \cdot QS.J + FAFR \cdot FA.J + FBFR \cdot FB.J;$$

$$FRD.JK = 0.$$

15. Площадь водонепроницаемых территорий:

$$FN.K = FN.J + DT FNG.JK;$$

$$FNG.JK = IWFN \cdot IW.J.$$

Разработанная водобалансная модель «Осадки-сток» реализована в среде MathCad. Построенный имитационный комплекс приведен в листинге программы (рис. 2).

Интервал времени, лет	$t := 0..10$
Осадки, накапливаемые на территории, m^3/m^2	$VO := 0$
Сток с водонепроницаемой территории, m^3/m^2	$VS := 1.6 \cdot 10^{-2}$
Рост стока с территории, м/год	$VSG := 1.6 \cdot 10^{-2}$
Запас почвенной влажности, m^3/m^2	$PW := 0.25$
Рост запаса почвенной влажности, м/год	$PWG := 0$
Объем инфильтрации, m^3/m^2	$IW := 0.89 \cdot 10^{-2}$
Уменьшение инфильтрационного объема, м/год	$IWD := -0.89 \cdot 10^{-2}$
Подповерхностный сток, m^3/m	$QP := 0.35 \cdot 10^{-2}$

```

FR(t) := for DT ∈ 0..t
    VO ← VO
    VS ← VS + DT · VSG
    VSG ← VOVS · VO
    PW ← PW + DT · PWG
    PWG ← VOPW · VO
    IW ← IW + DT · IWD
    IWD ← PWIW · PW
    QP ← QP + DT · QPG
    QPG ← VOQP · VO + PWQP · PW + IWQP · IW
    QS ← QS + DT · QSG
    QSG ← VOQS · VO + VSQS · VS + PWQS · PW
    QG ← QG + DT · QGG
    QGG ← 0
    IP ← IP + DT · IPG
    IPG ← VOIP · VO + PWIP · PW + TGIP · TG
    TG ← TG + DT · TGG
    TGG ← IWTG · IW + VOTG · VO
    FS ← FS + DT · FSG
    FSG ← TGFS · TG
    FL ← FL + DT · FLD
    FLD ← FBFL · FB + FRFL · FR + FAFL · FA
    FB ← FB + DT · FBG
    FBG ← PWFB · PW
    FA ← FA
    FR ← FR + DT · FRG
    FRG ← FLFR · FL + QSFR · QS + FAFR · FA + FBFR · FB
FR

```

Рис. 2. Фрагмент листинга имитационной модели, реализованной в среде MathCad

Изложение полученных результатов. В качестве расчетного региона выбрана Республика Марий Эл, данные, по показателям которой получены на основании Госу-

дарственного доклада о состоянии окружающей природной среды [5]. В результате имитационного моделирования в среде MathCad построены зависимости динамики стока и инфильтрации влаги, подповерхностного и склонового стока, грунтовых вод и испаряемой влаги, температуры почвы, площади полей и лугов (рис. 3).

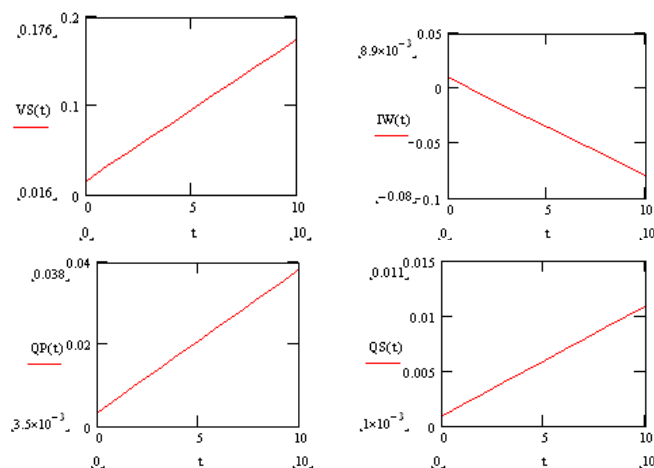


Рис.3. Динамика объема стока и инфильтрации влаги, подповерхностного и склонового стока

Выводы.

1. Имитационное моделирование в среде MathCad позволило получить количественные оценки состояния водных ресурсов региона.
2. Линейный характер возрастания подповерхностного стока, объема грунтовых вод, испаряемой влаги, температуры почвы, и убывания склонового стока вызван отсутствием осадков, накапливаемых на территории.

Список литературы

1. Системный эколого-экономический анализ состояния водных ресурсов: научное издание / А.Г. Поздеев, Е.Ю. Разумов, Ю.А. Поздеева и др. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2002. – 71 с.
2. Системный подход к управлению водными ресурсами / А.К. Бисвас, Р.К. Линслей, Н.К. Матейлис. – М.: Наука, 1985. – 382 с.
3. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. – 167 с.
4. Поздеев А.Г., Сапцин В.П., Кузнецова Ю.А. Обобщение модели экологии популяций Лотки-Вольтерры на основе принципов системной динамики // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – №2. – С. 94-101.
5. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Марий Эл в 2010 году. – Йошкар-Ола: Минэкологии и природопользования РМЭ, 2010. – 151 с.

INFORMATION-TECHNOLOGY MODEL "PRECIPITATION-RUNOFF"

Pozdeev Anatoly Gennadievich, Kuznetsova Yulia Anatolievna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

A variant of the water-balance model "Precipitation-runoff" has been developed in terms of J. Forrester. As a result of simulation modeling in MathCad there have been plotted dependences of the dynamics of accumulation, runoff and infiltration of the precipitation from the territory, the soil moisture stock, the delayed and

overland runoff, the evaporated moisture and groundwater, the soil temperature, the area of forests, wetlands, waters, fields and meadows.

Keywords: water-balance model "Precipitation-runoff", simulation modeling in MathCad, information-technology model.

УДК 626.62

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ГИДРОУЗЛАХ

Сапцин Валерий Петрович, Турецких Светлана Олеговна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
SapcinVP@volgatech.net

Обосновано строительство наклонных судоподъемников с продольной и поперечной компоновкой на высоконапорных и средненапорных гидроузлах.

Ключевые слова: судоходные шлюзы; судоподъемники с продольной и поперечной компоновкой; суда; плоты.

Введение. Транспорт играет исключительно важную роль в экономической жизни всех развитых стран мира. Особенно велико его значение для России с ее поистине огромной территорией. Важную роль в транспортной системе нашей страны занимает водный транспорт, который во многих ее регионах порой является наиболее оправданным, а зачастую и единственным средством для доставки грузов. Так, речной транспорт находится вне конкуренции в районах освоения новых территорий, быстрее и дешевле других видов транспорта включается в хозяйственный оборот [1].

Сибирь и Дальний Восток являются для России главной сырьевой базой. Здесь сосредоточено практически $\frac{3}{4}$ всех минерально-энергетических и более половины гидроэнергетических ресурсов и запасов промышленной древесины, а также значительные доли запасов цветных металлов и различного минерального сырья. Однако основными потребителями всех этих богатств являются промышленные комплексы Европейской части России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

В настоящее время в связи с отсутствием судопропускных сооружений на ряде гидроузлов, в особенности в Сибири (Братский, Усть-Илимский, Саяно-Шушенский, Майнский, Иркутский, Зейский, Бурейский и др.) прервано судоходство по многим полноводным магистралям России, прекращена доставка грузов, а также лесосплав [2].

Цель работы: обосновать строительство судопропускных сооружений на гидроузлах.

Решаемые задачи: волновые колебания и перемещения судов (плотов) в ограниченном пространстве в связи с изменением скорости движения камеры.

Математическое моделирование. Составлены уравнения движения воды и колебания судов. Теоретические исследования проводились О.Ф. Васильевым и А.А. Атавиным [3, 4]. Моделирование проводилось по закону гравитационного подобия.

Техника эксперимента. Были проведены экспериментальные исследования на модели наклонных судоподъемников продольной и поперечной компоновкой в масштабе 1:25 [5, 6].

Интерпретация результатов. Наибольшее опасения вызывают перемещения судна (секций плота). Оказалось, что период колебания судна в камере приблизительно следует колебаниям воды свободной от судов и плотов [7,8].

В России нет опыта строительства судоподъемников с поперечной компоновкой, однако преимущества такого типа судопропускных сооружений следует отметить: крутой уклон судовозных путей, меньшая их длина, горизонтальное ускорение движения камеры может быть более $0,02 \text{ м/с}^2$, быстрее осуществляется судопропуск. Наиболее совершенной конструкцией наклонного поперечного судоподъемника является построенный в 1969 г. судоподъемник Арзвиль (Франция) на канале Марна-Рейн (рис.1, 2) [9].

Для увеличения скорости перемещения камеры судоподъемника Арзвиль можно использовать таблицу [7].

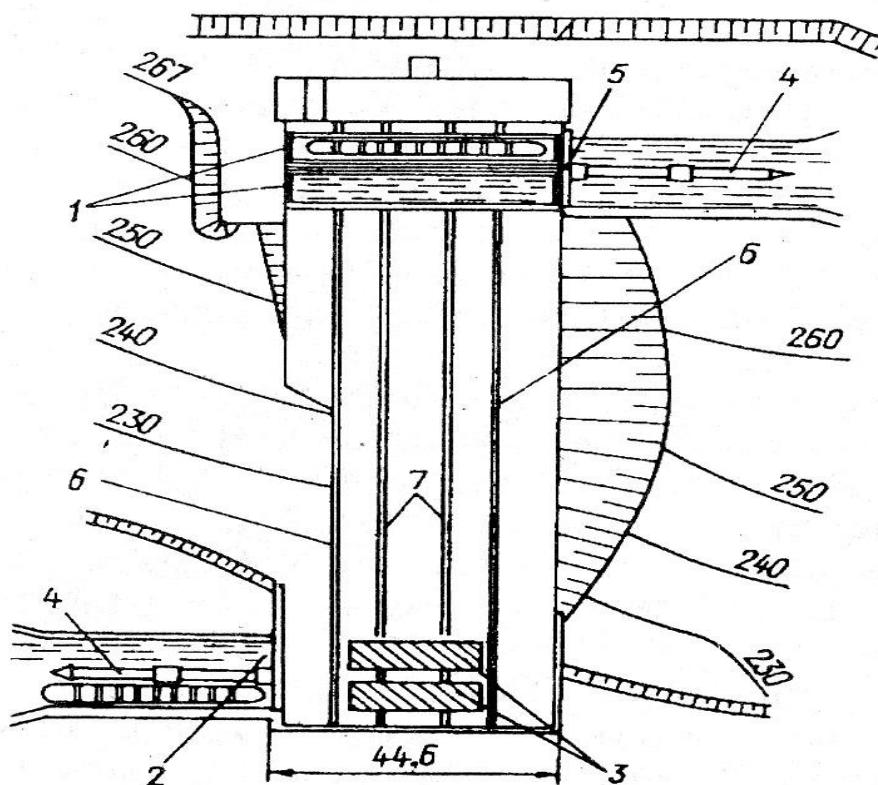


Рис.1. Схематичный план судоподъемника Арзвиль (Франция):

1–судовозные камеры; 2–полушлюз нижнего бьефа; 3–противовесы; 4–разделительные стенки в бьефах;
5–полушлюз верхнего бьефа; 6–судовозные пути; 7–пути противовесов

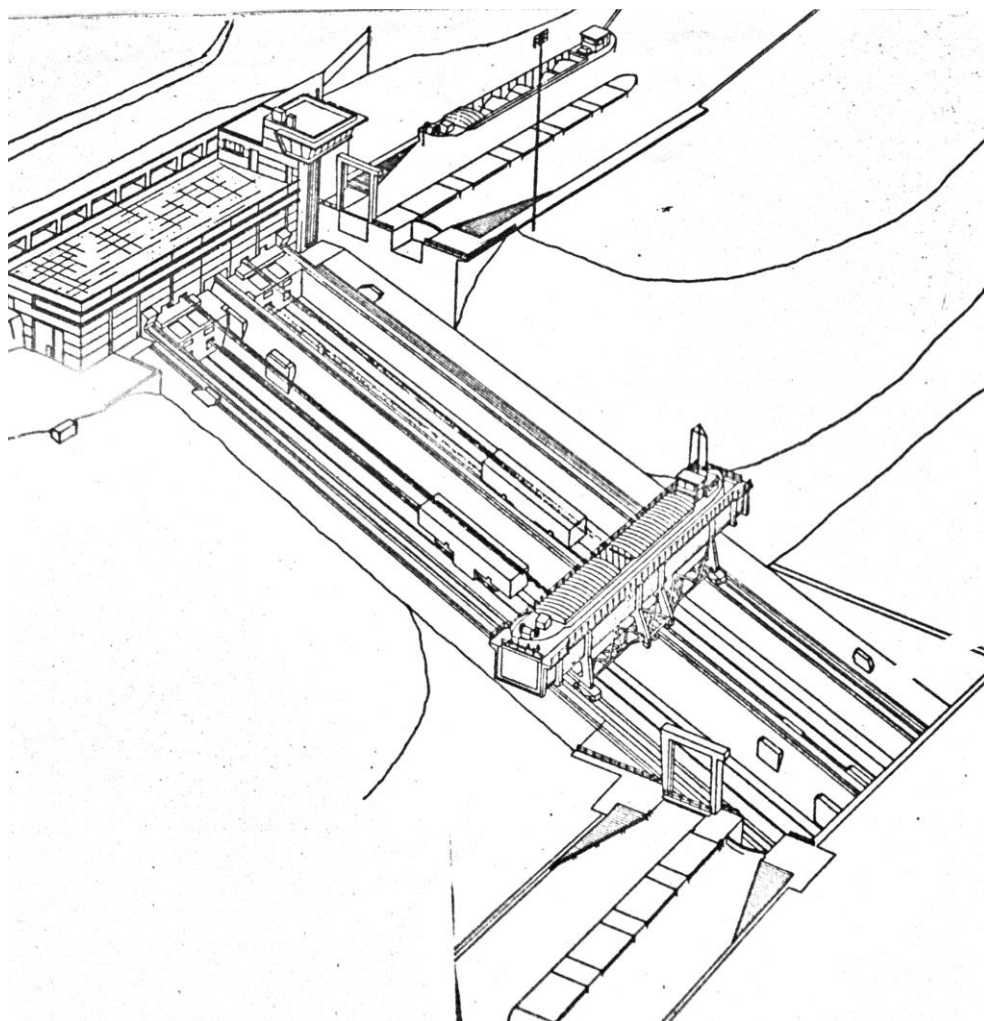


Рис. 2. Судоподъемник Арзвиль (Франция)

Скорости и перемещения судна при разгоне камеры

Время разгона камеры, T_p , с	Скорость судна $V_c(1/2T_k, 3/2T_k, \dots)$, м/с	Перемещение судна $x_c(T_k)$
$2T_k$	$\mp(V_x/8)k_1$	$-(V_x T_k/12)k_2$
$4T_k$	$\mp(V_x/16)k_1$	$-(V_x T_k/24)k_2$
$6T_k$	$\mp(V_x/24)k_1$	$-(V_x T_k/36)k_2$
$8T_k$	$\mp(V_x/32)k_1$	$-(V_x T_k/48)k_2$
$10T_k$	$\mp(V_x/40)k_1$	$-(V_x T_k/60)k_2$

В таблице зависимость скорости и перемещения судна от времени разгона камеры представлена для неучаленного судна, то есть свободно плавающего, незакрепленного к стенкам камеры судоподъемника.

Сопоставим реальные габаритные размеры камеры наклонного уравнивающего судоподъемника Арзвиль (Франция) с поперечной компоновкой $43,0\text{ м} \times 5,5\text{ м} \times 2,6\text{ м}$ с рекомендуемыми формулами.

Для плоскодонных судов можно рекомендовать следующую зависимость по назначению глубины воды в камере:

$$h_k \approx 1,2s, \quad (1)$$

где s – статическая осадка расчетного судна в полном грузу, м.

Для оценки габаритных размеров уравнивающего наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой приемлемы те же соотношения, только длина и ширина камеры меняются местами, а именно для габаритной ширины камеры рекомендуется значение

$$B_k = B_c + 0,5\varepsilon B_c^*, \quad (2)$$

где B_c^* – приведенная эквивалентная ширина судна ($B_c^* = \beta B_c$, β – коэффициент полноты мидельшпангоута, $\varepsilon = \frac{V_x}{c} = \frac{V_x}{\sqrt{gh_k}}$).

Длину камеры поперечного судоподъемника можно определить так:

$$L_k = L_c + 2\Delta\ell, \quad (3)$$

где $\Delta\ell$ – запас по длине камеры поперечного судоподъемника при центральном расположении судна, равный 1...2 м.

Скорость равномерного движения камеры судоподъемника Арзвиль вверх по наклонным путям равна 0,6 м/с, угол наклона путей $\theta = 22^\circ 20'$, $\cos \theta = 0,925$. Грузоподъемность транспортируемого судна 350 т, размеры судна: $38,5\text{ м} \times 5,0\text{ м} \times 2,2\text{ м}$. Ширина судна с бортовыми накладками составляет величину $B_c = 5,2$ м ($\beta = 0,95$, тогда приведенная ширина $B_c^* = 4,75\text{ м}$).

Рекомендуемая глубина наполнения камеры по (1) будет 2,64 м, что весьма близко к реальному значению $h_k = 2,6$ м. Горизонтальная составляющая скорости $V_x = V_0 \cos \theta = 0,6 \times 0,925 = 0,555\text{ м/с}$, $c = \sqrt{gh_k} = 5,05\text{ м/с}$, $\varepsilon = 0,11$. Тогда ширина камеры по (2): $B_k = 5,2 + 0,5 \times 0,11 \times 4,75 = 5,46\text{ м}$, примерно $B_k = 5,5$ м. Для длины судовозной камеры формула (3) дает величину 40,5 м, или 42,5 м – реальная камера имеет небольшой запас.

Однако следует закреплять судно к стенкам камеры легкими тросами в диаметре менее 15 мм, провисающими по форме цепной линии, чтобы ветер не переместил судно из центрального положения.

Выводы.

1. Наиболее быстрым способом доставки грузов из нижнего бьефа в верхний, и наоборот, являются наклонные судоподъемники.

2. Наклонные судоподъемники с поперечной компоновкой более благоприятны, поскольку длина пути у них соответственно меньше.

Список литературы

1. Колосов М.А. Развитие водных путей Сибири и Дальнего Востока с разработкой транспортных судоподъемников на гидроузлах: Авт. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук по спец. 05.22.17 и 05.23.07. – СПб, 1992. – 45 с.
2. Желанкин Г. Сохранить сквозное судоходство на реках Сибири // Речной транспорт, 1981. – №1. – С.43-44.
3. Васильев О.Ф. Вопросы гидродинамики судоходных сооружений: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук АН СССР. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1960. – 43 с.
4. Атавин А.А. Связанные колебания воды и судна в камерах и каналах судоходных сооружений: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук/АН СССР Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1965. – 16 с.
5. Сапцин В.П. Обоснование габаритных размеров камеры лесо-судопропускных сооружений из условия их безаварийной эксплуатации: Авт. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук по спец. 05.23.07. – Новосибирск, НГАСУ, 1999. – 38 с.
6. Атавин А.А., Сапцин В.П. Обоснование габаритных размеров камеры наклонных судоподъемников из условия их безаварийной эксплуатации // Безопасность речных судоходных гидротехнических сооружений: мат. международной научно-практической конференции. Книга II. – СПб: СПГУВК, 2008. – С. 57-72.
7. Сапцин В.П. Условия перевозки лесных грузов в камере транспортного наклонного судоподъемника // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2009. – №1. – С. 59-70.
8. Сапцин В.П., Лаврентьев Б.Ф., Турецких С.О. Рациональные режимы движения камеры транспортного судоподъемника для перевозки грузов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 200-й годовщине победы России в Отечественной войне 1812 года, г. Пермь, 26-28 апреля 2012 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – Т.1. – С. 130-139.
9. Le plan incline transversal d Arzwiller – Saunt – Louis remplace 17 ecluses. Editions de la Navigation du Rhin, Strasbourg, 1970. – 67 s.
10. Wapenhans W. Die historische Entwicklung von Schiffshebewerken // Wasserwirtschaft – Wassertechnik. 1986, № 5. – S.116-120.

**SUPPORT NAVIGATION PASSES STRUCTURES ON
CONSTRUCTION HYDROSCHEMES**

Saptsin Valeriy Petrovich, Turetskich Svetlana Olegovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

In the given case for construction of inclined ship lifts with longitudinal and transverse layout on hydro-schemes.

Keywords: *shipping gateways; ship lift with longitudinal and transverse layout; the court; the rafts.*

УДК502.211:582

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ И ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛА

Сибгатуллина Аклима Мингазовна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
SibagatullinaAM@volgatech.net

Произведена оценка состояния растительности микрорайонов г.Йошкар-Ола по методике комплексной экологической оценки (ККЭО), расчетным путем по методике В.А. Алексеева и по средневзвешенной величине для насаждений $K_{нас}$.

Ключевые слова: зеленые насаждения, состояние растительности, оценка древостоя, индекс состояния, средневзвешенная величина насаждений.

Введение. Зеленые насаждения города Йошкар-Ола – неотъемлемая часть градостроительной структуры и важнейшая часть ее экологического каркаса. Они входят в систему жизнеобеспечения города как важнейший средообразующий и средозащитный фактор, обеспечивающий комфортность и качество среды обитания человека, и как обязательный элемент городского ландшафта.

Растительность в городе выполняет многообразные полезные функции санитарно-гигиенического, почвозащитного и противоэрозионного, водоохранного и климаторегулирующего характера. Все вышеперечисленное показывает, что оценка состояния растительности городской территории и поддержание ее в надлежащем состоянии является крайне актуальной проблемой в наше время.

Система озеленения города состоит из крупных массивов городских лесов, парков, скверов, озеленения улиц бульварного типа и внутриквартального озеленения. В настоящее время в городе имеется 233,55 га зеленых насаждений общего пользования, представленных парками, скверами, садами и бульварами. Обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования составляет 9,3м²/чел.

Цель работы: произвести оценку состояния зеленых насаждений города по микрорайонам.

Задачи: 1) выбор пробных площадок по микрорайонам; 2) обоснование выбора параметров оценки состояния насаждений (деревьев, кустарников, газонов) и подбор соответствующих методик; 3) оценить общее состояние растительности по микрорайонам.

Техническое моделирование. Состояние деревьев определяется по сумме биоморфологических признаков: густоте и цвету кроны, ее охвоенности (облиственности), цвету и поврежденность хвои (листвы) некрозами инфекционного и неинфекционного характера, членистоногими (насекомыми и клещами) и патогенами, относительным приростам побегов и ствола, возрасту сохраняющейся на побегах хвои (среднему и предельному), наличию сухих ветвей, состоянию коры и луба. На основании всех этих и некоторых других, дополняющих перечисленные показатели признаков, устанавливается категория состояния дерева, являющаяся его интегральной характеристикой.

Для интегральной оценки состояния растительности используется коэффициент комплексной экологической оценки (ККЭО). Он складывается из баллов оценки состояния элементов растительности: древесных насаждений, кустарниковой растительности, газонов и цветников [1, 2]:

$$ККЭО = (B_{cd} \cdot 1 + B_{ck} \cdot 0,4 + B_{ce} \cdot 0,2) / \sum PK_{d,k,e},$$

где B_{cd} , B_{ck} , B_{ce} – балл состояния деревьев, кустарников, газонов, соответственно;

$\sum PK_{d,k,e} = 1,0 + 0,4 + 0,2 = 1,6$ – поправочный коэффициент, учитывающий участие элементов растительности (деревьев, кустарников и газонов).

Значение ККЭО может изменяться от 1 (при полном благополучии и высокой оценке состояния насаждений) до 3 (при полном неблагополучии и неудовлетворительном состоянии насаждений). С помощью значений ККЭО для отдельных районов города за один год или по годам можно будет провести их сравнительный анализ и получить данные о тенденциях их изменений.

Проводилась визуальная оценка следующих диагностических признаков относительного жизненного состояния: густота кроны, наличие на стволе мертвых сучьев, степень повреждения листьев. Расчетным путем по методике В. А. Алексеева производится оценка состояния древостоя [3]:

$$L = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4) / N,$$

где n_1 – количество здоровых деревьев; n_2 – количество ослабленных деревьев; n_3 – количество сильно ослабленных деревьев; n_4 – количество усыхающих деревьев; N – общее количество деревьев (включая сухостой).

Древостои с индексом состояния 90-100% относятся к категории «здоровые», 80-89% – «здоровые с признаками ослабления», 70-79% – «ослабленные», 50-69% – «поврежденные», 20-49% – «сильно поврежденные», менее 20% – «разрушенные».

Состояние насаждений каждой древесной породы определяется как средневзвешенная величина оценок распределения запаса деревьев разных категорий. Средневзвешенная величина породы деревьев для микрорайона Сомбатхей (бульвар Чавайна) за 2012 год приведена в табл.1.

Таблица 1

Оценка состояния растительности микрорайона Сомбатхей (бульвар Чавайна)

Порода дерева	Количество (шт)	Доля породы в составе древостоя	Средневзвешенная величина породы Кср
Береза	2	0,9	1
Ель	5	2,3	1
Рябина	4	1,8	1
Пихта	1	0,5	1
Липа	4	1,8	1,25
Яблоня	4	1,8	1,5
Лиственница	2	0,9	1
Всего	22	10	

Степень ослабления насаждения в целом или каждой древесной породы определяется как средневзвешенная величина. Если значение средневзвешенной величины не превышает 1,5 - насаждение относят к здоровым; 2,5 - к ослабленным; 3,5 - к сильно ослабленным; 4,5 - к усыхающим; более 4,5 - к погибшим.

Средневзвешенная величина для каждой породы рассчитывается по формуле [4]:

$$K_{cp} = (P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + P_3 \cdot K_3 + P_4 \cdot K_4 + P_5 \cdot K_5) / 100,$$

где K_{cp} - средневзвешенная величина состояния породы; P_i - доля каждой категории состояния в процентах; K_i - индекс категории состояния дерева (1 - здоровое, 2 - ослабленное, 3 - сильно ослабленное, 4 - усыхающее, 5 - свежий и старый сухостой, ветровал, бурелом).

Средневзвешенная величина для насаждения рассчитывается по формуле:

$$K_{нас} = (H_1 \cdot K_{cp1} + H_2 \cdot K_{cp2} + H_i \cdot K_{cpi}) / 10,$$

где $K_{нас}$ - средневзвешенная величина состояния насаждения; H_i - доля породы в составе древостоя; K_{cpi} - средневзвешенная величина состояния каждой породы.

Фрагмент анализа состояния зеленых насаждений микрорайона Сомбатхей по бульвару Чавайна за 2012 год представлен в табл. 2. Категория состояния дерева принималась: 1 - без признаков ослабления, 2 - ослабленное, 3 - сильно ослабленное, 4 - усыхающее, 5 - усохшее в текущем году (сухостой текущего года), 6 - сухостой прошлых лет; при наличии слома или вывала деревьев они учитываются отдельно как сложенные или ветровальные деревья. Отнесение кустарников к категории состояния проводился: 1 - категории (хорошего состояния) относятся растения нормального развития, внешне здоровые, густо облиственные, без признаков заболеваний и повреждений вредителями; 2 - категории (удовлетворительного состояния) растения с признаками замедленного роста, с наличием усыхающих ветвей; 3 - категории (неудовлетворительного состояния) переросшие или заметно ослабленные растения, со значительной степенью усыхания ветвей.

Всего в микрорайоне Сомбатхей обследовано 109 модельных деревьев. Большинство обследованных модельных деревьев относится к I-II классам жизненного состояния. Деревья III класса жизненного состояния встречались крайне редко.

Таблица 2

Состояние зеленых насаждений микрорайона Сомбатхей в 2012 г.

Порода	Окружность ствола, см	Наличие мертвых и усыхающих ветвей в верхней половине кроны, %	Механические повреждения	Категория жизненного состояния дерева	Оценка газона	Оценка кустарников
Бульвар Чавайна						
береза	84	-	-	1	1	1
ель	64	менее 10	-	1	1	2
рябина	16	-	-	1	1	-
лиственница	53	35	-	2	2	3
береза	138	-	незначительный облом веток	1	2	2
пихта	14	-	-	1	2	1

Окончание табл. 2

Порода	Окружность ствола, см	Наличие мертвых и усыхающих ветвей в верхней половине кроны, %	Механические повреждения	Категория жизненного состояния дерева	Оценка газона	Оценка кустарников
лиственница	56	менее 10	незначительный облом веток	1	2	-
липа	49	25	-	2	1	1
рябина	12	-	-	1	1	1
липа	40	-	-	1	1	1
яблоня	40	менее 10	обдир коры	1	1	2
ель	69	-	-	1	2	1
яблоня	39	60	обдир коры, значительный облом веток	3	3	3
ель	64	-	-	1	2	-
рябина	26	-	-	1	2	2
ель	60	менее 10	наклон ствола	1	1	-
яблоня	43	-	-	1	1	1
липа	45	менее 10	-	1	1	1
ель	68	-	-	1	2	1
яблоня	44	-	незначительный облом веток	1	2	1
рябина	18	-	-	1	1	2
липа	35	-	-	1	1	-

Исследованный видовой состав деревьев для микрорайона Сомбатхей, рис. 1.



Рис. 1. Видовой состав древостоя микрорайона Сомбатхей

Обобщенные результаты исследований растительности по микрорайону Сомбатхей, (табл. 3).

Таблица 3

Результаты исследований растительности по микрорайону Сомбатхей

№ п/п	Вид растительности	Категория состояния по 6 - балльной шкале	Группы состояния по 3 - балльной шкале
1	Деревья	1,19	-
2	Кустарники	-	1,39
3	Газоны	-	1,76

В микрорайоне Дубки обследовано 59 модельных деревьев. Большинство обследованных модельных деревьев относится к I-II классам жизненного состояния. Сухостой (V и VI классы) встречался 7 раз (липа, береза, клен).

В микрорайоне Звездный обследовано 36 модельных деревьев. Большинство обследованных модельных деревьев относится к I классу жизненного состояния, изредка встречался II класс, сухостой выявлен только один (клен).

Показатели оценки состояния зеленых насаждений города по микрорайонам приведены в табл. 4. Деревья с индексом состояния 90-100% относятся к категории «здоровые».

Таблица 4

Оценка состояния зеленых насаждений по микрорайонам города

Показатели оценки состояния зеленых насаждений города	микрорайон Сомбатхей					микрорайон Дубки			микрорайон Звездный	
	Б-р Чавайна	ул. Петрова	ул. Военно-Интернационалистов	ул. Кирова	Ленинский проспект	ул. Лебедева	ул. Героев Сталинградской Битвы	ул. Мира	на участке ул. Лебедева и Звездная	Звездный
(ККЭО):	1,31	1,32	1,27	1,33	1,34	1,93	1,42	1,85	1,44	1,18
индекс состояния, %	94,5	93	96	93,5	95	82	88	80	91	99
$K_{нас}$	1,03	1,24	1,14	1,21	1,18	1,73	1,48	1,80	1,36	1,04
Состояние растительности	Хор	Хор	Хор.	Хор	Хор.	Удовл	Хор.	Удовл	Хор.	Хор

Динамика показателей состояния зеленых насаждений города по микрорайонам и пробным площадкам приведена рис. 2.

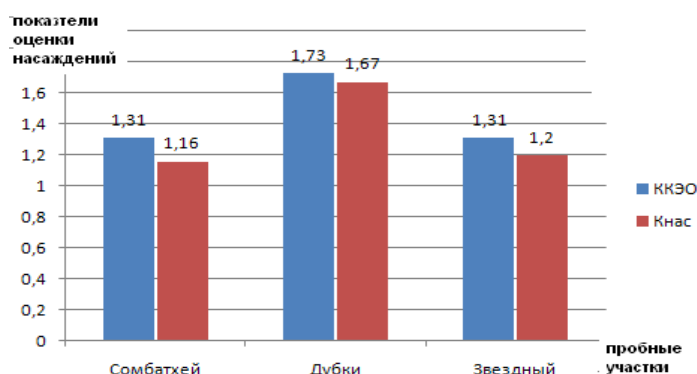


Рис. 2. Динамика показателей оценки состояния зеленых насаждений по микрорайонам города

Общее состояние растительности микрорайонов Сомбатхей и Звездный оценивается как хорошее. В микрорайоне Дубки состояние древесно-кустарниковой растительности как удовлетворительное. В целях мониторинга динамики состояния насаждений и выявления происшедших изменений интегральную оценку экологического состояния зеленых насаждений целесообразно проводить периодически 1 раз в 3-5 лет.

Список литературы

1. Кобяков А. В., Рысин С. Л. Опыт разработки перспективных типов лесных культур для урбанизированных территорий // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – № 2 (12). – С. 39-46.
2. Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга, Правительство Санкт-Петербурга, Распоряжение от 30 августа 2007 года № 90-р [Электронный ресурс]. <http://gov.spb.ru:3000/noframe/law?d&nd=8460717&nh=1> (дата обращения 5.10.2012г).
3. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51-57.
4. Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. Приложение 1к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523 [Электронный ресурс]. http://www.forestforum.ru/info/laws/normativy/1_Rukovodstvo_LPM.pdf (дата обращения 5.10.2012г).

ENVIRONMENTAL STATUS OF THE TERRITORY AND GREEN TREES CITY YOSHKAR-OLA

Sibagatullina Aklima Mingazovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola, Russia, Yoshkar-Ola
alia-803@mail.ru

An assessment of the state of vegetation districts of the city of Yoshkar-Ola on the method of integrated environmental assessment (KKEO) calculation by the method of V.A. Alexeyev and on weighted average for plants $K_{нас}$.

Keywords: *green spaces, vegetation condition, assessment of the stand, the index of the state, the average value of plantations.*

УДК 674:658.567.1

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК И ГРАНУЛ

Скорикина Любовь Александровна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, Йошкар-Ола
SkorikovaLA@volgatech.net

Определены закономерности динамики температуры горения проб древесных опилок и гранул.

Ключевые слова: *древесные опилки, гранулы, температура горения*

Введение. Прямое сжигание опилок в котельных лесных предприятий неэффективно. Одним из способов повышения эффективности энергетического использования опилок является изготовление и применение древесных топливных гранул и совершенствование технологий их сжигания.

Процесс гранулирования является дорогостоящим и значительно влияет на повышение цены топлива, однако прессование способствует улучшению свойств древесных отходов, приближая их к свойствам угля. При этом решаются проблемы самовоспламенения древесных отходов, повышения теплотворности топливного материала, уменьшения необходимых складов и транспортировки.

Цель работы: выявить закономерности динамики температуры горения проб древесных опилок и гранул.

Решаемые задачи: 1) разработать методику лабораторных экспериментов на приборе ОТМ для сжигания проб опилок и гранул; 2) провести эксперименты, сравнить температуру и время горения проб древесных опилок и гранул; 3) выявить закономерность динамики температуры горения опилок и гранул.

Техника эксперимента. Горение опилок и гранул изучали в Испытательной пожарной лаборатории РМЭ на приборе ОТМ для определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов. Внешний вид лабораторной установки показан на рис. 1.

На способ исследования получен патент РФ № 2406079 [1]. Сущность способа заключается в сжигании образца опилок или гранул в реакционной камере прибора ОТМ и определении фактической температуры горения образца в динамике. Измерения проводили от начала ввода держателя с образцом в реакционную камеру прибора ОТМ, а завершали после окончания процесса самостоятельного горения образца и образования твердого углистого остатка. После остывания реакционной камеры до комнатной температуры образец извлекали и взвешивали, определяя зольный остаток. С помощью автоматического самопишущего устройства ФЦЛ 501-11, работающего в непрерывном режиме, после окончания испытания по измерениям на диаграммной ленте получили график температуры горения образца топлива.



Рис. 1. Внешний вид лабораторной установки: 1 – прибор ОТМ; 2 – вытяжной шкаф; 3 – устройство контроля и регистрации данных; 4 – газовый баллон

Цикл экспериментов был проведен для проб сосновых опилок фракции 1–4 мм и гранул из сосны ИП Яковлева Д.М.

Интерпретация результатов. В зависимости от вида топлива термограммы имеют различный вид. Поскольку испытывали образцы с низкой влажностью ($W < 10\%$), то период сушки топлива отсутствовал.

С момента ввода образца в реакционную камеру до начала устойчивого горения летучих продуктов пиролиза образцы прогреваются под действием теплового потока пламени горелки (участок А–В, А'–В' рис. 2).

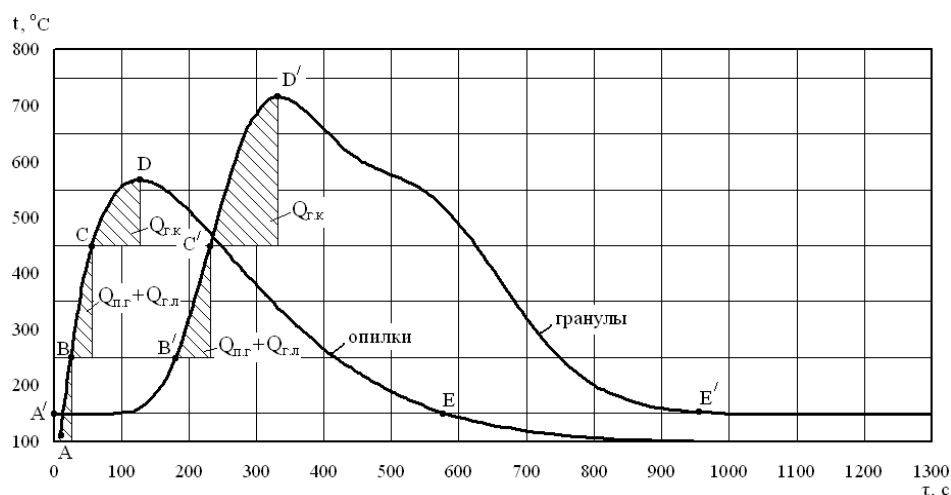


Рис. 2. Динамика горения сосновых опилок и гранул:

А, А' – ввод образца в камеру прибора ОТМ; В, В' – начало пиролиза образца; С, С' – окончание горения летучих веществ; D, D' – максимальная температура горения; E, E' – остывание золы до температуры камеры; $Q_{п.г}$ – тепловой эффект пламени горелки; $Q_{г.л}$ – тепловой эффект горения летучих веществ; $Q_{г.к}$ – тепловой эффект горения углерода

Точка В для сосновых опилок имеет координаты $t = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 23-25\text{ с}$, В' для гранул – $t = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 140-170\text{ с}$, т.е. время прогрева образца гранул 6,5 раз больше, чем опилок. Термическое разложение древесины до температуры $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ идет медленно и характеризуется преимущественно выделением пирогенетической влаги. Эта стадия разложения эндотермична.

По мере нагрева интенсифицируются химические превращения, усиливается выход летучих веществ, которые сгорают в непрозрачном светящемся факеле. Рост температуры в области $250-450\text{ }^{\circ}\text{C}$ (участок В–С, В'–С') происходит по экспоненциальному закону. Летучие вещества в смеси с окислителем образуют поверхность горения и не допускают взаимодействия кислорода с углеродным остатком. Прогрев древесной частицы происходит суммарным тепловым потоком, складывающимся из теплового потока пламени горелки, горящих (светящихся) парогазов и экзотермического эффекта реакции пиролиза ($Q_{п.г} + Q_{г.л} + Q_{пир}$). Горение летучих веществ составляет не более 3% общего времени горения сосновых опилок и 10% – для топливных гранул, что согласуется с данными [2]. Поэтому опилки быстро сгорают, воспламеняясь от пламени горелки.

При температуре $450-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость выхода летучих веществ резко уменьшается. Точка С для сосновых опилок имеет координаты $t = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 47-77\text{ с}$, С' для гранул – $t = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 210-260\text{ с}$, т.е. время выхода и горения летучих веществ у гранул приблизительно в 4 раза больше, чем у опилок. Прогрев древесной частицы при горении летучих веществ происходит медленней, чем в случае горения твердого остатка.

После выгорания летучих веществ, образцы интенсивно разогреваются по кривой С–D, С'–D'. Эта стадия разложения экзотермична и сопровождается образованием твердого углистого остатка. Максимальная температура горения сосновых опилок составляет $t_{\max} = 570-590\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 100-124\text{ с}$ (координата точки D), гранул – $t_{\max} = 705-735\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 330-380\text{ с}$ (точка D'). Видно, что сосновые опилки сгорают более интенсивно, чем гранулы. Сгорание углеродного остатка гранул длится в 1,5 раза дольше, чем у опилок (стадии С–D, С'–D'), а максимальная температура горения приблизительно на 20% выше.

Время достижения максимальной температуры горения гранул в 3–3,5 раза больше, чем у опилок. Это связано с большими размерами древесных гранул и высокой удельной плотностью (теплосодержанием) $1300-1400\text{ кг/м}^3$, по сравнению с плотностью сосновых (500 кг/м^3) опилок [3]. Кроме того, в диффузионном режиме горения при температуре $600-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ реакционная поверхность из-за наличия пор распространяется вглубь частиц на 1–1,5 мм [4], что составляет значительную долю общедоступной поверхности горения. Знание подобных характеристик позволяет управлять интенсивностью горения.

На участке D–E, D'–E' тепловыделение от горения образца уменьшается, и твердый углистый остаток остывает до температуры реакционной камеры как пористое инертное тело. Координаты точки E для сосновых опилок $t = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 540\text{ с}$, E' для гранул – $t = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau \approx 950\text{ с}$, т.е. время горения гранул от ввода образца в реакционную камеру до остывания образца до температуры камеры в 1,76 раза больше, чем у опилок.

При температуре близкой к максимальной $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (опилки) и $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (гранулы) наблюдается высокое пламя, которое уменьшается при понижении температуры до $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ и исчезает около $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ (опилки) и $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ (гранулы).

При сжигании образцов из сосновых опилок и гранул масса образовавшейся золы составляет 0,4–0,5% первоначальной массы образца.

Скорость горения образцов гранул составляет $0,024 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, что в 2,8 раза выше, чем у образцов опилок $0,0085 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Общее время горения древесных опилок и гранул складывается из промежутков времени, необходимых для последовательного развития процессов. На время реакции большое влияние оказывает тепловая обстановка, вызывающая подвод или отвод тепла из зоны реакции. Время процесса горения можно разбить на относительно независимые стадии: прогрев частицы до выхода или воспламенения летучих веществ $\tau_{i\delta}$; сушка топлива $\tau_{\dot{n}\delta\theta}$; горение летучих веществ около частицы, способствующее быстрому подъему температуры частицы $\tau_{\dot{e}}$; горение коксового остатка, состоящего из углерода и золы $\tau_{\dot{N}}$. Общее время горения τ опилок и гранул определяется по формуле [5]

$$\tau = \tau_{i\delta} + \tau_{\dot{n}\delta\theta} + \tau_{\dot{e}} + \tau_{\dot{N}}. \quad (1)$$

Эти стадии имеют разную скорость, продолжительность и степень влияния на процесс горения в зависимости от конкретных условий. У образцов с низкой влажностью ($W < 10\%$) стадии прогрева и сушки мало влияют на общее время горения τ частиц, поэтому выражение для времени горения опилок и гранул можно записать в виде

$$\tau = \tau_{\dot{e}} + \tau_{\dot{N}}. \quad (2)$$

В программной среде Curve Expert 1.38 получена математическая модель температуры горения древесных опилок и гранул во времени.

$$t = a_1 \tau_t^{a_2} \exp(-a_3 \tau_t^{a_4}) + a_5 \tau_t^{a_6} \exp(-a_7 \tau_t^{a_8}), \quad (3)$$

где t – температура горения образца, °C; τ_t – время горения образца, с; $a_1 \dots a_8$ – эмпирические коэффициенты модели, определяемые исходя из условий испытаний и образца древесного топлива.

Закономерность температуры горения сосновых опилок с коэффициентом корреляции 0,9868 (рис. 3) имеет вид

$$t = 1,11 \cdot 10^{-9} \tau_t^{3,98} \exp(-2,4 \cdot 10^{-4} \tau_t^{1,34}) + 11,64 \tau_t^{1,09} \exp(-0,029 \tau_t^{0,79}). \quad (4)$$

Закономерность температуры горения сосновых опилок с коэффициентом корреляции 0,9958 (рис. 4) имеет вид

$$t = 1,33 \cdot 10^{-26} \tau_t^{13,82} \exp(-0,068 \tau_t^{0,92}) + 3,66 \cdot 10^{-42} \tau_t^{18,05} \exp(-0,0029 \tau_t^{1,32}) + 124,66. \quad (5)$$

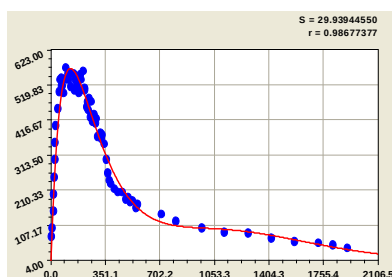


Рис. 3. Динамика температуры горения сосновых опилок

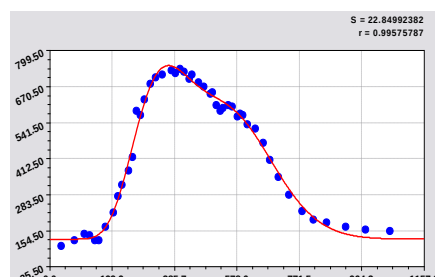


Рис. 4. Динамика температуры горения гранул из сосны

Для получения топливных гранул высокого качества необходима подготовка опилок: уменьшение влажности, сортировка по размерам частиц и по породам древесины. Перед прессованием древесные отходы измельчают до размеров частиц не более 1–4 мм, высушивают до влажности 8–10 %.

Гранулы первого сорта изготавливают из опилок хвойных пород, содержание коры не более 0,5% по массе, зольность сырья менее 0,5%.

Гранулы второго сорта изготавливают из опилок хвойных пород не менее 60% и лиственных пород не более 40% по массе. Содержание коры не более 5 % по массе, зольность сырья менее 1%.

Гранулы третьего сорта (промышленные) изготавливают из опилок хвойных пород не менее 60% и лиственных пород не более 40% по массе. Содержание коры не более 20% по массе, зольность сырья менее 3%.

Таким образом, использование древесных опилок для получения топливных гранул придает лесопромышленному производству безотходный характер и повышает эффективность мер по охране природы [6].

Выводы.

1. Продолжительность стадий выхода, воспламенения и горения летучих веществ у топливных гранул в 4 раза больше, чем у опилок, а время выгорания углеродного остатка – в 1,5 раза.

2. Максимальная температура горения гранул достигает 735°C и это на 20% выше, чем у опилок. Полное время горения гранул в 1,75 раза больше, чем у опилок.

3. Расчетная теплотемкость отходящих газов сосновых опилок 17,20–19,85, гранул – 18,30–21,73 Дж/моль°C.

4. Математические модели процесса горения имеют коэффициент корреляции выше 0,97, поэтому они применимы для анализа температуры горения опилок и гранул.

Список литературы

- 1.Мазуркин П.М., Кудрявцева Л.А. Способ испытания древесных материалов по температуре сгорания // Патент России № 2406079. 2009. Бюл. № 34.
- 2.Померанцев В.В., Арефьев К.М., Рундыгин Ю.А., Шестаков С.М. Основы практической теории горения: учеб. пособие. – Л.: «Энергия», 1973. – 311 с.
- 3.Головков С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 224 с.
- 4.Резняков А.Б., Басина И.П., Бухман С.В. и др. Горение натурального твердого топлива. – Алма-Ата: Наука, 1968. – 409 с.
- 5.Тимербаев Н.Ф., Сафин Р.Г., Башкиров В.Н. Исследование процесса сжигания древесных отходов // Аннотации сообщений научной сессии. – Казань, КГТУ, 2004. – С. 136.
- 6.Тюхов И.И. Возобновляемая энергетика и лесное хозяйство для устойчивого будущего // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2009. – №2. – С. 53-59.

FEATURES OF THE BURNING WOOD SAWDUST AND PELLETS

Skorikova Lubov Aleksandrovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Regularities of dynamics of combustion temperature of wood sawdust and pellets.

Keywords: wood sawdust, pellets, combustion temperature.

УДК 674:658.567.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСНОГО ОПИЛА И ГРАНУЛ ПРОПИТАННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Филина Наталья Александровна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Россия, г. Йошкар-Ола
FilinaNA@volgatech.net

Предложена технология утилизации древесных отходов пропитанных нефтепродуктами, изучен процесс горения на древесных гранулах и на опиле различных пород деревьев как чистых, так и пропитанных нефтепродуктами, рассчитана теплотворная способность этих образцов. Разработана математическая модель процесса горения древесных отходов как чистых, так и пропитанных нефтепродуктами в программной среде Curve Expert 1.3.

Ключевые слова: *древесные отходы, сорбция, тепловая энергия, моделирование в программной среде Curve Expert 1.3.*

Введение. В качестве топлива в настоящее время используют материалы растительного, минерального происхождения, а также продукты промышленной переработки.

В связи с энергетическим кризисом особое внимание уделяют вторичным альтернативным источникам энергии.

В Марий Эл находятся крупнейшие деревообрабатывающие комбинаты Поволжья, где образуется большое количество древесных отходов, в том числе и опил, который можно использовать как вторичное сырье для получения тепловой энергии, т.е. брикетировать [1].

Для эффективного процесса брикетирования опилок нужны связующие материалы, которыми могут явиться нефть и нефтепродукты, которые попали в водные объекты. [2] Опил, обладая высокой сорбционной способностью, способствует удержанию нефтепродуктов, что позволяет с меньшими усилиями спрессовывать опил в брикеты. Полученные брикеты по теплотворной способности и экологичности сгорания превосходят брикеты с другими связующими веществами.

Цель работы: определить теплотворную способность опила и гранул, полученных из разных пород дерева, насыщенных нефтепродуктами.

Решаемые задачи: 1) разработка технологии утилизации древесных отходов пропитанных нефтепродуктами; 2) определение теплотворную способность опила и гранул; 3) разработана математическая модель процесса горения древесных отходов.

Техника эксперимента. Для исследований по определению теплотворной способности опила, сжигались образцы соснового, березового опила и древесных гранул, а также опил, пропитанный нефтепродуктами. Сжигание проводилось по ГОСТ 12.1.044-89 в камере прибора ОТМ - установке для определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов. [3]

Для испытания готовили мешочки прямоугольной формы длиной (60 ± 1) мм, шириной (10 ± 1) мм, высотой (150 ± 3) мм, в которые помещают (90 ± 1) см³ вещества. Мешочки делали из стеклоткани толщиной 0,10-0,15 мм, швы сшивали металлическими

скрепками. Подготовленные образцы выдерживали в вентилируемом сушильном шкафу при температуре $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ не менее 20 ч, затем охлаждали до температуры окружающей среды, не вынимая их из шкафа. Результаты испытаний, обработанные в программе Curve Expert-1.38, представлены в табл. 1 и 2. и на рис. 1, 2, 3, 4, 5.

Таблица 1

**Результаты измерений температуры отходящих газов,
образующихся при горении чистых образцов**

Березовый опил		Сосновый опил		Древесные гранулы	
Время τ , с	Температура t , $^\circ\text{C}$	Время τ , с	Температура t , $^\circ\text{C}$	Время τ , с	Температура t , $^\circ\text{C}$
14	200	30	200	44	200
20	250	53	250	100	250
30	300	65	300	157	300
36	350	75	350	215	350
45	400	90	400	245	400
140	450	130	450	276	450
160	400	185	500	330	500
175	500	215	450	360	450
195	450	265	400	363	400
258	400	328	350	370	350
280	350	332	300	385	300
295	300	342	250	415	250
313	250	365	200	475	200
340	200	-	-	555	150
-	-	-	-	780	100

Таблица 2

**Результаты измерений температуры отходящих газов, образующихся
при горении образцов с нефтепродуктами**

Березовый опил с нефтепродуктами		Сосновый опил с нефтепродуктами	
Время τ , с	Температура t , $^\circ\text{C}$	Время τ , с	Температура t , $^\circ\text{C}$
4	200	5	200
35	600	37	600
355	500	470	500
454	350	480	350
650	200	575	200

Данные измерений подвергали статистической обработке в программной среде Curve Expert 1.3. Доверительные интервалы и критерии Фишера S – сумма квадратов отклонений; r – коэффициент корреляции [4].

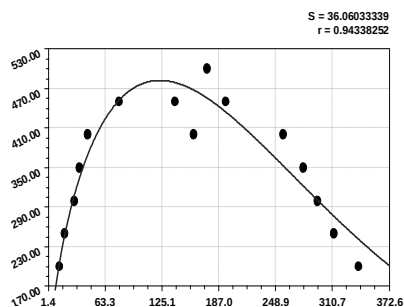


Рис. 1. Скорость изменения температуры отходящих газообразных продуктов горения березовых опилок

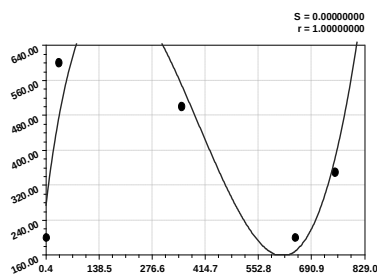


Рис. 2. Скорость изменения температуры отходящих газообразных продуктов горения березовых опилок с нефтепродуктами

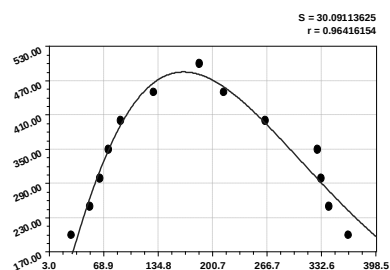


Рис. 3. Скорость изменения температуры отходящих газообразных продуктов горения сосновых опилок

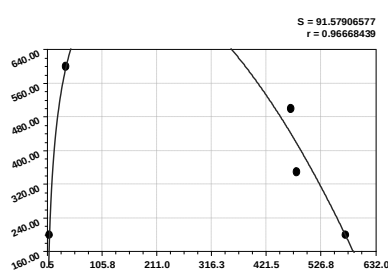


Рис. 4. Скорость изменения температуры отходящих газообразных продуктов горения сосновых опилок с нефтепродуктами

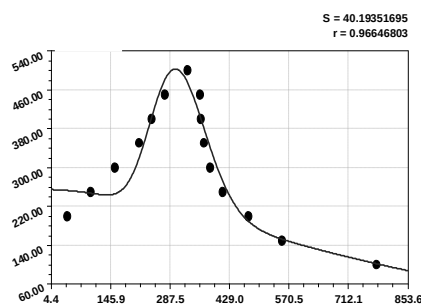


Рис. 5. Скорость изменения температуры отходящих газообразных продуктов горения древесных гранул

Интерпретация результатов. Проведенные испытания показали, что максимальная температура отходящих газообразных продуктов горения березового и соснового опила, древесных гранул составляет $500 \pm 5^\circ\text{C}$, опила, пропитанного нефтепродуктами – $600 \pm 5^\circ\text{C}$. При изменении температуры от 600 до $500 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение нескольких минут наблюдается высокое пламя, которое уменьшается при достижении $350 \pm 5^\circ\text{C}$ и исчезает при $200 \pm 5^\circ\text{C}$. Далее процесс переходит в стадию тления.

При сжигании образцов с березовым и сосновым опилом масса образовавшейся золы составляет $0,44\%$ и $0,98\%$ от первоначальной массы образца; опила пропитанного нефтепродуктами – $1,58\%$ и $0,93\%$ соответственно. Процесс горения древесных гранул продолжается дольше в $1,3$ раза, после выключения горелки, чем горение опилок. Это связано с высокой удельной плотностью древесных гранул (1400 кг/м^3), по сравнению с плотностью соснового (500 кг/м^3) и березового (630 кг/м^3) опила. [5]

Экспериментальные данные процесса горения сопоставляли с расчетными данными по модели, разработанной в программной среде Curve Expert-1.38 с использованием экспоненциального закона распределения.

Для березового опила:

$$t = 49,1588\tau^{0,55728}\exp(-0,00046115\tau^{1,40507}). \quad (1)$$

Для березового опила с нефтепродуктами:

$$t = 4492,1878\exp(0,00182\tau) - 0,24679\tau^{1,64193} - 4222,7993, \quad (2)$$

где t – температура отходящих газообразных продуктов горения материала, °C;

τ – время горения, с.

Для соснового опила:

$$t = 5,10447\tau^{1,033439}\exp(-0,00049888\tau^{1,42531}). \quad (3)$$

Для соснового опила с нефтепродуктами:

$$t = -1457,4302\exp(0,001154\tau) + 990,8744\tau^{0,1535} + 397,0668 \quad (4)$$

Для древесных гранул:

$$t = 254,84033\exp(-1,57499\tau^{1,64785}) + 9,55228\tau^{1698817}\exp(-0,0076768\tau^{1,30188}) \quad (5)$$

Была определена теплотворная способность опила, пропитанного нефтепродуктами, с учетом теплоты сгорания нефтепродуктов:

$$Q = \frac{m_{\%} * Q_n^p}{100}, \quad (6)$$

где Q - теплотворная способность смеси; $m_{\%}$ - процентное содержание массы в смеси;

Q_n^p - низшая теплота сгорания, МДж кг⁻¹. $Q_n^p = 41,87$ МДж/кг – для нефтепродуктов,

$Q_n^p = 13,8$ МДж/кг - для древесины ($W = 14\%$) [6].

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета образцов пропитанных нефтепродуктами

Материал	Масса вещества, г	Кол-во нефтепродуктов (масло), мл	Масса образцов ч/з 48 часов, г	Процентное содержание нефтепродуктов в образце	Масса золы, г	Низшая теплота сгорания Q_n^p , МДж/кг	Теплота сгорания, МДж/кг, [6]
Опил березы	45,9	105	133,15	65,5	2,10	32,13	13,8
	45,9	105	134,05	65,8	2,30		
	45,9	105	132,80	65,4	1,80		
Опил сосны	45,9	130	166,30	72,4	1,55	34,20	13,8
	45,9	130	165,70	72,3	1,35		
	45,9	130	166,90	72,5	1,85		
Опил сосны/ березы 1:1	45,9	130	159,1	71,2	1,95	33,83	13,8
	45,9	130	159,85	71,3	2,10		
	45,9	130	158,70	71,1	1,80		
Древесные гранулы	45,9	65	64,40	28,7	0,25	23,41	17,5
	45,9	65	63,90	28,2	0,20		
	45,9	65	64,70	29,1	0,30		

Выводы.

1. Температура сгорания опилок березы и сосны, как пропитанных, так и непропитанных, совпадают, и время сгорания составляет 35 С и 180 С, соответственно, а у гранул время сгорания - 350 С.

2. Сжиганием брикетов на установке ОТМ показано, что теплота сгорания сосново-го и березового опила пропитанного нефтепродуктами в 2,5 раза выше, чем у чистого. Теплота сгорания древесных гранул, обработанных нефтепродуктами выше в 1,3 раза по сравнению с чистыми.

Список литературы

1. Перспективы и проблемы использования биомассы и отходов для производства тепла и энергии / Г.А. Рябов, Д.С. Литун, Э.П. Дик и др. – Теплоэнергетика, 2006. – №7. – С. 61-66.

2. Поздеев А.Г., Кузнецова Ю. А., Лоскутов Ю. В., Трухан А. Е. Анализ последствий разрушения подводных переходов нефтепроводов и их влияния на экологическое состояние водотоков // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2011. – №1. – С.59-73.

3. ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

4. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учеб. пособие / П.М. Мазуркин, А.С. Филонов. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 151с.

5. Филина Н. А., Алибеков С.Я. Исследования по определению теплотворной способности древесного опила и гранул, пропитанных нефтепродуктами // Вестник Южно-Уральского государственного университета, Сер.: Энергетика. – Вып. 13, 2010. – №14 (190). – С. 24–29.

6. НПБ 105-95 ГУГПС МВД России "Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности" (приказ № 32 от 31.10.95 г.)

**DETERMINATION OF THE CALORIFIC VALUE OF WOOD SAWDUST
AND GRANULES IMPREGNATED WITH OIL PRODUCTS**

Filina Natalya Aleksandrovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

We suggest the technology of recycling of oil rich wood waste. The process of combustion is studied on wood-particles of different tree species, both oil rich and oil free. Also the combustion warmth was calculated. On the in program Curve Expert 1.3 was made the mathematical model of oil rich and oil free hood scrap combustion process

Keywords: wood tailing, sorption, heat energy, modelling in program environment Curve Expert 1.3.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕС, ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Алексеев А.В., Плетнев В.Н., Янышева О.А.Оценка продуктивности березняков в условиях свежей сурамени
в различных ландшафтах Республики Марий Эл 3**Ворошилова М.С.**Ландшафтно-архитектурный анализ улицы механизаторов
в поселке Советский.....8**Гордеева Т.Х., Новоселов С.И.**Влияние предшественников на интенсивность
микробиологических процессов в дерново-подзолистой почве..... 13**Калинин К.К.**Мониторинг роста и состояния культур сосны после рубок ухода
с применением катка-осветлителя КОК-2,0 на гарях 1972 года
в Марийском Заволжье 18**Кириллов С.В., Яковлев А.С., Краснов В.Г.**Состояние географических культур дуба черешчатого
в Республике Марий Эл 23**Малинина Е.Ф.**Предпроектный анализ территории парковой части
ботанического сада-института ПГТУ 27**Новикова М.В.**

Ландшафтно-архитектурный анализ территории школы №17 г. Йошкар-Ола 32

Попова Д.В.Ландшафтно-архитектурный анализ территории дома авиации
и космонавтики Всероссийского детского центра «Орлёнок» 37**Рачкова Т.С.**

Устойчивость древостоев к пожарам 42

Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М.Сравнительный анализ результатов определения модуля
упругости древесины ели в раннем возрасте разными методами 47**Шиховцов А.О.**Сравнительная оценка семенного потомства ели
в испытательных культурах 50РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ
И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**Батухтин Д.М., Яппаров Д.Ф.**

Выделение изображения оболочки органа на примере почки..... 55

Дубровин В.Н., Баширов В.И., Фурман Я.А., Роженцов А.А., Кудрявцев А.А., Ерусланов Р.В., Баев А.А., Назаров И.Л. Аппаратно-программный комплекс для выбора оптимального места установки троакаров в лапароскопии	59
Егошин В.В., Павлов Е.П. Методы обеспечения качества металлокерамических корпусов для интегральных схем	64
Ерусланов Р.В. Выделение контура 3D объекта по его проекциям	69
Иванов В.А., Иванов Д.В., Михеева Н.Н. Влияние на импульсную характеристику радиоканала линейной, периодической и стохастической составляющих дисперсии	74
Севастьянов В.В., Иванов К.О. Фильтрация ритмов ЭЭГ методами контурного анализа на примере обнаружения мю-ритмов	79
Уржумов Д.В., Кревецкий А.В. Обнаружение изображений малоразмерных объектов на сложном фоне с использованием результатов сегментации локально однородных областей	84
Чернышев А.Ю. Одномерное представление двумерных двоичных итеративных кодов и его применения	89
Чернышев А.Ю. Тактовая синхронизация в цифровых системах передачи. Относительные коды линий 1В1Т и 2В1Р и их практическая реализация	94

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИИ, МЕХАНИКА, МАТЕРИАЛЫ

Бахтин А.А., Романов В.Ю., Шушляков А.А. К вопросу оптимизации загрузки агрегата для мойки картофеля	100
Войтко П.Ф., Гайсин И.Г. Водные поставки древесного сырья на ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» по реке Вычегда	104
Галеев С.Х., Салапина И.А. Анализ бортовых систем мобильных энергетических средств	110
Галеев С.Х., Кораблёв А.Г. Исследование влияния геометрических параметров машины на показатели механизма навески	115
Галеев С.Х., Салапина И.А. Исследование технологических и транспортных операций с использованием мобильного измерительного комплекса	120

Галеев С.Х., Сафаргалеев Н.Н.

К вопросу выбора способов подпахотного рыхления почв 125

Галеев С.Х., Муртазин Р.Ш.Моделирование процесса взаимодействия рабочего органа
с почвенной средой 129**Зверев И.В.**Исследование времени цикла подтрелевки древесины
технологическим модулем с лебедкой 135**Иванов С.П., Иванова А.С.**

Динамическая устойчивость призматических оболочек 140

Карчин В.В.К вопросу искажений синусоидального напряжения
в сетях электропитания 146**Костромин Д.В., Сидыганов Ю.Н.**Методика имитационного моделирования
мембранно-абсорбционных газоразделительных систем,
обеспечивающих улучшение потребительских свойств биогаза 151**Костромин Д.В., Шамиуров Д.Н.**Аппроксимационные аналитические решения работы
мембранно-абсорбционной газоразделительной системы 156**Кудрявцев С.Г., Булдакова Ю.М.**Анализ напряженного состояния двухслойной анизотропной
полосы, лежащей на жестком основании 161**Куклин Н.И.**Результаты исследования работы лесовозных автопоездов
в ООО «Пайн» 166**Медяков А.А., Каменских А.Д., Онучин Е.М.**Моделирование работы системы теплоснабжения
животноводческого комплекса 171**Медяков А.А., Онучин Е.М., Каменских А.Д.**Моделирование производства тепловой энергии
в технико-технологических системах
на базе каталитических устройств сжигания 177**Медяков А.А., Онучин Е.М., Каменских А.Д.**Разработка инфракрасного обогревателя с нестационарным
каталитическим наполнителем 182**Медяков А.А., Онучин Е.М., Каменских А.Д.**Результаты математического моделирования
производства тепловой энергии в технико-технологических
системах на базе каталитических устройств сжигания 187**Онучин Е.М.**Подготовка операторов лесозаготовительных машин
на базе специализированного учебного полигона 192

Онучин Е.М., Остащенко А.П.

Система теплоснабжения зимовника пасечного хозяйства
на базе каталитического устройства сжигания биогенных топлив 197

Онучин Е.М.

Территориальные агролесоводственные биоэнергетические
комплексы как форма использования лесных угодий 202

Рахмонов А.Д., Соловьев Н.П.

Влияние комбинированного армирования
на напряженно-деформированное состояние изгибаемых
железобетонных элементов 207

Рукомойников К.П., Соловьев С.Н., Малков Д.С.

Устройство для пересадки подроста 212

Соколова В.Н., Ильин М.В.

Проблемы диагностики участка контактной электрической
троллейбусной сети 217

Соловьева Е.В.

Получение новых наноструктурированных материалов методом
инфильтрации 222

Тарасова О.Г., Носова А.Н.

Анализ методов отбора проб питьевой воды 227

Филенко Ю.А., Каменских А.Д.

Значение логистики в лесопромышленном комплексе 231

Царев П.Е., Чемоданов А.Н.

Обработка экспериментальных данных процесса выдачи
круглых лесоматериалов 236

Чемоданов А.Н., Христофорова Н.С.

Исследование степени влияния значимых факторов
на производительность сушильных камер и их ранжирование 242

Чемоданов А.Н., Инородцева Н.А., Митрофанова О.В.

Использование СВЧ-энергии для непрерывной сушки
строганого шпона 247

Чупрякова А.Н.

Совершенствование информационно-технологического
обеспечения расчета водопроводной сети г. Йошкар-Олы 252

Шарапов Е.С., Королев А.С.

Влияние процесса термической модификации
на физико-механические свойства древесины 256

Шарапов Е.С., Торопов А.С., Чернов В.Ю.

Морфологические исследования конструкций мобильных
устройств для диагностики состояния древесины сверлением 262

Ширнин А.Ю., Моржанов А.Ю.

Экспериментальные исследования и определение энергозатрат
при трелевке древесины технологическим модулем с лебедкой 267

Яковлева И.И.

Разработка информационно-технологического обеспечения средств защиты водопроводной сети от гидравлического удара	271

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Ипатов Ю.А., Кревецкий А.В.

Разработка систем технического зрения для задач наземной лесной таксации.....	277

Лошакова А.С., Фирсова А.Е.

Разработка эргономичного дизайна программного обеспечения.....	282

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Актуганов А.А., Актуганов А.Н., Актуганов О.А.

Устойчивость полуцилиндрических ребер жесткости в металлодеревянной двутавровой тонкостенной балке	288

Анисимов С.Н.

Кинетика ранней прочности самоуплотняющейся бетонной смеси	292

Великанов Д.А., Поздеев В.М.

Экспериментальное исследование деревопенобетонных балок с композитными анкерами	296

Кононова О.В.

Технологичность и долговечность бетона с минеральным наполнителем	301

Ломоносова Т.И.

Технологический регламент на применение материалов на минеральной основе для защиты строительных конструкций	306

Рязанов В.С., Чесноков А.М.

Влияние расположения анкера на определение рационального варианта шпунтовой стенки	311

Рязанов В.С., Дмитриев А.Е.

Исследование технических решений шпунтовых стенок	316

Салихов М.Г., Васильев А.Ю.

Система комплексной оценки и прогнозирования трещинообразования в укрепленных грунтах и обработанных материалах	320

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ,
ИНЖЕНЕРИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ****Иванов В.В., Кузьмина О.В.**К методу сглаживания решений в задачах моделирования
химической кинетики..... 325**Осман А., Грунин Ю.Б.**

Современные представления по адсорбции ионов целлюлозой..... 329

Поздеев А.Г., Кузнецова Ю.А.

Информационно-технологическая модель «осадки-сток» 336

Сапцин В.П., Турецких С.О.Обоснование строительства судопропускных сооружений
на гидроузлах 341**Сибгатуллина А.М.**Экологическое состояние территории и зеленых насаждений
города Йошкар-Ола 346**Скорикова Л.А.**

Особенности процесса горения древесных опилок и гранул 352

Филина Н.А.Определение теплотворной способности древесного опила
и гранул пропитанных нефтепродуктами 357