

ISSN 2313-4372

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЫПУСК 3

Т Р У Д Ы

Поволжского государственного технологического университета

Серия Технологическая



Йошкар-Ола
2015

УДК 62
ББК 3
Т 78

Ответственный и научный редактор сборника

проректор ПГТУ по научной работе и инновационной деятельности, доктор физико-математических наук *Иванов Д. В.*

Редакционная коллегия серии:

Алибеков С.Я., доктор технических наук, доцент

Грунин Ю. Б., доктор химических наук, профессор

Иванов В. А., доктор физико-математических наук, профессор

Минаков Ю.М., доктор технических наук, профессор

Роженцов А. А., доктор технических наук, профессор

Романов Е. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Рябова Н. В., доктор физико-математических наук, профессор

Сидоркина И. Г., доктор технических наук, профессор

Труды Поволжского государственного технологи-
Т 78 **ческого университета. Сер.: Технологическая. Вып. 3**
[Текст] / отв. и науч. ред. Д. В. Иванов. – Йошкар-Ола:
Поволжский государственный технологический универ-
ситет, 2015. – 280 с.

В ежегодном периодическом издании представлены статьи ученых, преподавателей, докторантов, аспирантов, студентов и сотрудников ПГТУ, в которых рассматривается широкий круг актуальных вопросов, охватывающих различные научные направления.

УДК 62
ББК 3

ISSN 2313-4372

© Поволжский государственный
технологический университет, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ



В последние годы научный прогресс тесно связан с появлением принципиально новых устройств и технологий. Можно выделить несколько современных научных направлений, в которых он наиболее заметен.

На фоне развития мировой науки коллектив Поволжского государственного технологического университета занимает достойное место, найдя свою нишу, проводя исследования в рамках таких приоритетных направлений, как рациональное природопользование на основе нано-, био-, энергосберегающих и инфотелекоммуникационных технологий, экология, новые виды материалов и нетрадиционная энергетика.

Поволжский государственный технологический университет является сегодня одним из ведущих научно-образовательных центров Поволжья. Ученые «Волгатеха» славятся не только в стране, но и за рубежом своими исследованиями в области лесоводства и рационального природопользования, строительства и машиностроения, радиофизики и IT-технологий. Плановая работа руководства университета по развитию научной и инновационной деятельности способствует повышению рейтинга вуза и оценки эффективности его работы. За последние 5 лет университет стал одним из лидеров по показателям научно-инновационной активности среди вузов Приволжского федерального округа.

Реализации научного потенциала университета способствует развитая инновационная инфраструктура, включающая в себя: девять научно-образовательных центров на базе признанных научных школ; семь совместных лабораторий с институтами Российской академии наук, оснащенных уникальным оборудованием; бизнес-инкубатор; студенческое конструкторское бюро; Межрегиональный ресурсный центр в области лесного хозяйства с участием тридцати образовательных учреждений из пяти федеральных округов и девятнадцати субъектов Российской Федерации; центр автоматизированного машиностроения, оснащенный уникальным оборудованием; центр коллективного пользования «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей»; ботанический сад-институт; учебно-опытный лесхоз, в состав которого входит более 150 учеб-

ных и научных объектов; центр инжиниринга и промышленного дизайна в лесном комплексе и энергетике «Биоэнергия». Университет является учредителем 25 малых инновационных предприятий, созданных с целью продвижения и практической реализации результатов научно-исследовательской деятельности.

Научные достижения университета ежегодно представляются на серьезных научных форумах, получают высокие награды на российских и международных выставках, конференциях и симпозиумах. Это, к примеру, международный фестиваль инноваций, знаний и изобретательства «Тесла Фест» (Сербия), международный салон изобретений «INNOVA» (Хорватия), Российско-Британский форум изобретений и инновационных технологий (Великобритания), Московский международный салон изобретений и инновационных технологий «Архимед» и многие другие.

Научная конференция «Исследования. Технологии. Инновации», ежегодно проводимая в «Волгатехе», является одним из важнейших мероприятий в научной жизни университета и основной площадкой для презентации и обсуждения результатов фундаментальных и прикладных исследований преподавателей и сотрудников вуза, способствуя также развитию творческой активности молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов.

Этот выпуск «Трудов ПГТУ» отражает результаты научно-инновационной деятельности профессорско-преподавательского состава вуза за 2014 год. Сборник статей традиционно состоит из двух серий: технологической и социально-экономической. Данная серия сборника – Технологическая. В ней представлены статьи по следующим направлениям научных исследований:

- лес, экология и природопользование;
- радиотехнические, инфокоммуникационные и медико-биологические системы;
- транспорт, энергетика, машиностроение;
- строительство и архитектура;
- биологические и естественные науки, инженерия окружающей среды.

Д. В. Иванов

*проректор ПГТУ по научной работе и инновационной деятельности,
доктор физико-математических наук,
ответственный и научный редактор сборника*

ЛЕС. ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 635.92; 58.006

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ФОНДОВ ЭКСПОЗИЦИИ «ДЕКОРАТИВНЫЕ ТРАВЯНИСТЫЕ МНОГОЛЕТНИКИ»

Бирюкова Ольга Александровна, Окач Мария Александровна

Ботанический сад-институт ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
BiryukovaOA@volgatech.net

В статье рассматривается современное состояние коллекционных фондов лаборатории интродукции и акклиматизации травянистых растений. Представлен систематический состав коллекции «Декоративные травянистые многолетники». Выделены перспективные направления в развитии коллекции по каждому родовому комплексу. Проанализирована динамика численности коллекционных фондов за 5 лет.

Ключевые слова: коллекционные фонды, экспозиция, интродукция, декоративные многолетники, почвопокровные растения, луковичные и клубнелуковичные растения

Введение. Лаборатория цветоводства Дендрологического сада была создана в 1976 году в связи с необходимостью расширения и обогащения ассортимента цветочно-декоративных растений в условиях Республики Марий Эл. У истоков ее формирования стояли М. Е. Эпштейн и В. А. Крейер, под руководством М. М. Котова [1]. С 2014 года переименована в лабораторию интродукции и акклиматизации травянистых растений [2].

В состав лаборатории на сегодняшний день входит несколько экспозиций, самой крупной из них является экспозиция «Декоративные травянистые многолетники». Она включает в себя следующие родовые комплексы: Астильба (*Astilbe*), Гейхера (*Heuchera*), Георгина (*Dahlia*), Гладиолус (*Gladiolus*), Ирис (*Iris*), Лилейник (*Heimerocallis*), Луки (*Allium*), Нарцисс (*Narcissus*), Пион (*Paeonia*), Тюльпан (*Tulipa*), Флокс (*Phlox*), Лилия (*Lilium*) и две тематические коллекции: «Почвопокровные растения», «Малораспространенные многолетники» [3].

Цель работы – анализ современного состояния коллекционных фондов экспозиции «Декоративные травянистые многолетники» и определение перспектив их развития.

Объектами исследования являлись коллекционные фонды, находящиеся на общей площади 0,35 га и расположенные в центральной части сада. Принят единый принцип размещения видов и сортов, каждому из которых отводится делянка в 1 м².

Изложение результатов. Анализ данных инвентаризации 2014 года показал (табл. 1), что экспозиция «Декоративные травянистые многолетники» насчитывает

1237 наименований растений, которые относятся к 104 родам и 1 нотороду из 34 семейств: 170 видов, 5 нотовидов, 14 внутривидовых таксонов естественного происхождения, 1048 культиваров. В коллекции 77 видов, представленных только внутривидовыми таксонами.

Таблица 1

Систематический состав коллекции «Декоративные травянистые многолетники»

Отдел <i>Magnoliophyta</i>	Число						Итого
	семейств	родов / нотородов	видов / нотовидов	Внутривидовых таксонов естественного происхождения	культиваров	видов, представленных только внутривидовыми таксонами	
Класс: Однодольные	10	26	84/2	3	674	24	763
Двудольные	24	78/1	86/3	11	374	53	474
Итого:	34	104/1	170/5	14	1048	77	1237

За 2014 год коллекция пополнилась 54 таксонами, и из ее состава по разным причинам полностью выбыли многолетние растения 68 наименований (из них 24 таксона не перенесли условий зимнего периода, 22 выпали по причине грибковых заболеваний и 22 списаны по причине несоответствия сорту).

Наибольшее количество сортов имеет коллекция рода Пион (*Paeonia* L.) – 1 вид, 4 формы и 142 сорта. Представлены сорта всех имеющихся садовых групп травянистых пионов. В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение видовыми пионами и межсекционным гибридами (Ито-гибридами).

Род Тюльпан (*Tulipa* L.) насчитывает 137 таксонов, из них 2 вида и 135 сортов, принадлежащих к 14 классам. Один из видов – *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. занесен в региональные Красные книги Урала и Поволжья. В качестве перспективных направлений можно отметить пополнение коллекции сортами, относящимися ко всем классам и группам рода.

Коллекция рода Ирис (*Iris* L.) насчитывает 11 чистых видов и 123 сорта. Наибольшим количеством сортов представлены бородатые ирисы. Четыре вида являются редкими и занесены в региональные Красные книги Урала и Поволжья. В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить ее дальнейшее пополнение, особенно сортами Ириса сибирского (*Iris sibirica* L.), И. низкого (*Iris pumila* L.) и И. спурия (*Iris spuria* L.). Планируется привлечение в коллекцию сортов луковичного ириса рода Иридодиктиум (*Iridodictyum* Rodion.).

Коллекция рода Гладиолус (*Gladiolus* L.) насчитывает 115 сортов различных окрасок как отечественной, так и зарубежной селекции. Предполагается пополнение коллекции дикорастущими видами.

Коллекция рода Лилия (*Lilium* L.) насчитывает 3 вида и 106 сортов различных садовых групп и цветовой гаммы. Наибольшим количеством сортов представлены Азиатские и LA-гибриды. В 2014 году коллекцию пополнилась сортами групп LO-гибриды, ОТ-гибриды и 3 сортами *Lilium spesiosum* Thunb. Один из видов является редким и занесен в региональные Красные книги Урала и Поволжья – *Lilium martagon* L.

Коллекция рода Лилейник (*Heemerocallis* L.) насчитывает 3 вида и 82 сорта разнообразных по форме цветка, цветовой гамме и типу плоидности. В качестве перспек-

тивных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение сортами групп Спайдер и Простые трубчатые.

Коллекция рода Нарцисс (*Narcissus* L.) насчитывает 65 сортов из 8 садовых групп. В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение сортами следующих групп: тацеттовидные, триандрусовые, цикламеновидные, жонкиллиевидные и некоторые дикорастущие виды.

Коллекция рода Флокс (*Phlox* L.) насчитывает 58 сортов, различных по форме цветка, оттенкам цветовой гаммы и срокам цветения, как отечественной, так и зарубежной селекции. В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение сортами раннего срока цветения белой, синей, сиреневой, красно-малиновой и пурпурной окраски цветка.

Коллекция Георгин (*Dahlia* Cav.) насчитывает 50 сортов различных по степени махровости и форме цветков. В качестве перспективных направлений можно отметить пополнение сортами следующих сортотипов: анемоновидные, воротничковые, шаровидные, нимфейные.

Коллекция Луков (*Allium* L.) насчитывает 40 видов, 1 разновидность и 1 гибрид естественного происхождения. Из них 10 видов являются редкими и занесены в региональные Красные книги Урала и Поволжья.

Коллекция рода Астильба (*Astilbe* Buch.-Ham. ex D. Don) насчитывает 39 сортов, являющихся гибридами 7 видов. В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение сортами следующих видов: *Astilbe simplicifolia* Makino, *Astilbe thunbergii* (Siebold et Zucc.) Miq., *Astilbe* × *rosea*, *Astilbe* × *lemoinei*, *Astilbe chinensis* (Maxim.) Frach. et Sav.

Коллекция Гейхер (*Heuchera* L.) насчитывает 2 вида и 25 сортов, Тиарелл (*Tiarella* L.) – 1 вид и 2 сорта, Гейхерелл (×*Heucherella* H. R. Wehrh.) – 5 сортов. В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение ее новыми сортами.

В коллекции «Декоративные травянистые растения» произрастает ряд других луковичных и клубнелуковичных растений – 62 таксона, из них 17 видов и 45 сортов. Из луковичных растений произрастают Подснежник (*Galanthus* L.), Хионодокса (*Chionodoxa*), Мускари (*Muscari* Mill.), Сцилла (*Scilla* L.), Рябчик (*Fritillaria* L.), Камассия (*Camassia* Lindl.), Бельвалия (*Bellevallia* Lapeyr.). Большую часть коллекции составляют сорта Гиацинта гибридного (*Hyacinthus* × *hybridus*) – 24 культивара. Из клубнелуковичных выращиваются Безвременник (*Colchicum* L.), Крокусы (*Crocus* L.). В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение их новыми видами и сортами.

Коллекция «Почвопокровных растений» насчитывает 24 вида и 26 сортов. Здесь представлены виды и сорта стелющихся растений: Седумы (*Sedum* L.), Молодило (*Sempervivum* L.), Живучки (*Ajuga* L.), Тимьяны (*Thymus* L.), Флокс шиловидный (*Phlox subulata* L.) и Арабисы (*Arabis* L.). В качестве перспективных направлений можно отметить пополнение видами и сортами для этой тематической коллекции.

Коллекция «Малораспространенные многолетники» представлена растениями 100 видов из 20 семейств. По количеству родов здесь широко представлены семейства: Астровые (*Asteraceae* Bercht. et J. Presl), Злаковые (*Poaceae* (R. Br.) Barnhart), Лютиковые (*Ranunculaceae* Juss.), Розовые (*Rosaceae* Juss.), Гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss.). В качестве перспективных направлений в развитии данной коллекции можно отметить пополнение представителями следующих семейств: *Geraniaceae* Juss., *Lamiaceae* Lindl. *Primulaceae* Batsch ex Borrk., *Poaceae* (R. Br.) Barnhart, *Scrophulariaceae*

Juss. Также планируется пополнение сортами Дельфиниума (*Delphinium* L.), Аквилегии (*Aquilegia* L.), Примулы (*Primula* L.), Канны (*Canna* L.), Традесканции (*Tradescantia* L.).

Основная часть материала для пополнения и обновления коллекции поступает в виде семян по делектусам (в 2014 году – 123 образца) и по обмену живыми растениями с другими ботаническими садами и частными коллекциями. Посадка вновь поступивших растений производится на экспериментальный участок, где они проходят акклиматизацию и размножаются до коллекционного количества. В настоящий момент на данном участке насчитывается 124 наименования растений, которые относятся к 43 родам из 25 семейств: 28 видов, 84 культивара. В 2014 году пополнение составляет 26 таксонов, а убыль – 30 таксонов, из которых 9 наименований высажено в экспозицию «Декоративные травянистые растения» и 21 таксон выбыл по различным причинам.

В ходе работы нами был проанализирован состав коллекционных фондов (табл. 2) за последние пять лет. Можно видеть, что количество таксонов варьировало от 1208 до 1274 шт. и в среднем составило 1239 шт. Коэффициент вариации равен 2 %, что говорит о небольшом уровне изменчивости показателя [4].

Таблица 2

**Численность коллекционных фондов экспозиции
«Декоративные травянистые многолетники» за 2010-2014 гг.**

Год	2010	2011	2012	2013	2014	Среднее значение	Коэффициент вариации, %
Количество таксонов, ед.	1226	1208	1274	1250	1237	1239±11,1	2,0

Выводы. Коллекция экспозиции «Декоративные травянистые многолетники» представлена отделом *Magnoliophyta*. Преобладающим классом является *Liliopsida* Batsch – 763 таксона. Основную часть коллекционных фондов составляют культивары – 86 %.

Коллекционные фонды экспозиции находятся в относительно стабильном состоянии.

В ходе работы были выявлены перспективы развития по пополнению коллекций чистыми видами – *Paeonia* L., *Gladiolus* L., *Narcissus* L. Коллекции *Tulipa* L., *Iris* L., *Narcissus* L., *Hemerocallis* L., *Phlox* L., *Dahlia* Cav., *Heuchera* L., *Tiarella* L., ×*Heucherella* H. R. Wehrh., *Paeonia* L., *Astilbe* Buch.-Ham.ex D.Don, рекомендовано пополнить культиварами.

Тематические коллекции «Почвопокровные растения» и «Малораспространенные многолетники» следует пополнить новыми видами и сортами.

Список литературы

1. Идеи ученого воплощаются в жизнь (к 70-летию со дня рождения Михаила Михайловича Котова 27.11.1939 – 15.03.2003) / Е. М. Романов, Ю. Г. Мальков, С. М. Лазарева, Е. В. Прохорова, Н. А. Разумников, А. И. Шургин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2009. № 3. С. 91–94.
2. Ботанический сад-институт ПГТУ: история, коллекции, исследования / С. М. Лазарева, С. В. Мухаметова, Л. В. Сухарева [и др.]. Йошкар-Ола: Стринг, 2014. 108 с.
3. Коллекционные фонды Ботанического сада-института МарГТУ / Л. И. Котова, С. М. Лазарева, Л. В. Сухарева [и др.]; отв.ред. С.М. Лазарева. Изд. 2-е, доп., испр. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. 152 с.
4. Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.

THE CURRENT STATE FUNDS COLLECTION EXHIBITION
«DECORATIVE HERBACEOUS PERENNIALS»

Biryukova Olga Alexandrovna, Okach Maria Alexandrovna

Botanical Garden-Institute of Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The article discusses the current state of the collection funds laboratory introduction and acclimatization of herbaceous plants. Presented a systematic part of the collection "Decorative herbaceous perennials". Highlighted promising directions in the development of the collection for each generic complex. The dynamics of the number of collection funds for 5 years.

Keywords: collectible funds, exposure, introduction, perennials, ground cover plants, bulbs and plants klubnelukovichnye

УДК 635.055 (470.343)

ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОНОШЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ РАЗНЫХ КЛИМАТИПОВ
В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

*Кириллов Сергей Владимирович, Краснов Виталий Геннадьевич,
Смышляева Маргарита Игоревна*

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

Проанализированы показатели санитарного состояния и урожайность различных климатипов в географических культурах Республики Марий Эл. Проведены исследования морфологических особенностей желудей разных климатипов.

Ключевые слова: культуры дуба, географические культуры, климатипы, желуди

Введение. В настоящее время наблюдается массовое усыхание дубрав по всему ареалу произрастания дуба черешчатого. Данный вопрос также является актуальным для республики Марий Эл, которая находится в северо-восточной части ареала произрастания дуба. Из-за влияния комплекса неблагоприятных природно-климатических факторов в лесном фонде Среднего Поволжья наблюдается уменьшение площади дубовых насаждений, ухудшение санитарного состояния, что повлияло на репродуктивные способности данной породы [1].

Для решения обеспечения регионов качественным семенным материалом большую роль играет создание сети географических культур на территории Российской Федерации. Такой объект был создан в том числе и на территории Республики Марий Эл.

Цель работы – определение санитарного состояния и балла плодоношения географических культур дуба черешчатого, созданных в зоне хвойно-широколиственных лесов РМЭ.

Решаемые задачи: 1) выявить влияние происхождения климатипов на санитарное состояние деревьев; 2) определить баллы плодоношения географических культур дуба черешчатого; 3) изучить морфологические показатели желудей.

Методика исследования. Объект исследования – географические культуры дуба черешчатого, 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. Почва супесчано-слоисто-суглинистая на карбонатных породах, тип лесорастительных условий – Д₂, тип леса до рубки – дубняк кленово-липовый [2].

Для определения санитарного состояния была использована методика И. А. Алексеева. К здоровым деревьям (1) относили экземпляры без признаков отклонения от нормального состояния. К условно здоровым (2) – деревья с однобокой или слегка ажурной кроной, плохим очищением от сучьев, пороками древесины. К ослабленным и угнетенным (3) относились деревья с ажурной кроной, прекратившие прирост в высоту. К усыхающим (4), ослабленным болезнями и длительными повреждениями насекомыми относились деревья, еще сохраняющие зеленую крону, но признаки патологических факторов у которых выражены четко. К усохшим (5) относились деревья, усохшие в этом году. К старому сухостою (6) – деревья, уже имеющие признаки процесса разрушения: стволы заселяются вторичными вредителями, кора отходит от ствола.

Баллы семеношения определялись лесоводственно-таксационным методом учета урожая желудей в весовых показателях по Е. П. Проказину [3]. Полевые исследования были выполнены в октябре 2014 года.

В лабораторных условиях определяли морфологические особенности желудей разных климатипов. Методика изучения формового разнообразия желудей заключалась в сборе семенного материала с каждого отдельного дерева каждого климатипа по методике М. Д. Данилова [4]. Деревья, с которых были собраны желуди, были описаны и пронумерованы. Собранный урожай подвергался анализу: определялся средний вес 100 желудей с разделением на фракции: крупные (свыше 3,0 г) и мелкие (весом менее 3,0 г). Для определения средней длины и среднего диаметра обмерялись 100 желудей. Также были указаны доля пустых желудей, наличие вредителей, повреждений и болезней. На основании данных, полученных путем обмеров, вычислены средние показатели параметров и коэффициент формы желудей.

Интерпретация результатов. Полевой материал был обработан с помощью программы Excel 2010, полученные результаты приведены в таблице (табл. 1).

Таблица 1

Сводная ведомость обследованных климатипов географических культур

Наименование климатипа	Сохранность, %	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Средняя высота до кроны, м	Категория санитарного состояния	Средний балл семеношения
Новгородский	12,9	20,3	6,1	0,65	1,5	2,6
Витебский	24,7	15,4	6,6	4,0	1,7	0,7
Могилевский	27,4	17,2	6,7	2,9	1,5	2,7
Гомельский	40,2	18,8	6,9	1,4	1,5	0,6
Белгородский (2)	44,1	23,4	7,1	2,4	1,3	0,7
Сумский	34,4	18,4	5,9	0,6	2	1,3
Дагестанский	13,3	20,5	6,0	0,9	1	3,5
Белгородский (1)	19,3	14,3	7,0	5,0	2,4	0,6
Курский	22,2	21,9	7,2	2,4	2	1,6
Волгоградский	13,3	23,3	7,5	2,5	2	2,5
Руткинский	25,9	25,1	7,7	2,0	1,8	1,3
Пригородный	24,5	18,9	7,7	2,8	2,3	2,0

Окончание табл. 1

Наименование климатипа	Сохранность, %	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Средняя высота до кроны, м	Категория санитарного состояния	Средний балл семеношения
Козьмодемьянский	47,9	20,0	6,0	0,2	1	3,0
Тульский	32,3	21,6	10,1	3,4	2,1	1,3
Свердловский	27,7	17,8	7,6	4,9	1,4	0,4
Башкирский	1,8	18,9	8,0	5,5	1,9	0,6
Татарский	33,7	17,1	8,0	5,4	1,3	0,1
Брянский	47,2	18,6	8,5	4,6	2,4	0,3
Оренбургский	52,7	14,7	6,4	4,1	2,1	0
Воронежский Д ₁	14,9	20,8	8,4	4,1	1,7	0,5
Воронежский Д ₂	20,3	18,1	5,8	1,0	1,4	2,4
Мушмаринский	13,1	15,8	6,3	2,2	1,2	2,0

Из полученных данных следует, что все исследованные климатипы имеют хорошее санитарное состояние, так как преобладают здоровые и условно здоровые деревья. Наши исследования показали, что во всех климатипах средняя высота до кроны сильно варьирует. Данный показатель, кроме происхождения желудей, зависит от сохранности деревьев в культурах. Максимальная очищаемость от сучьев наблюдается у климатипов из Башкортостана и Татарстана, а минимальная – у деревьев из Дагестана, Сумской области и Козьмодемьянска.

Максимальный балл плодоношения имеют климатипы из Дагестана (3,5), Козьмодемьянска (3,0) и Новгородской области (2,6).

Полученный материал по морфологическим особенностям желудей приведен в таблице 2.

Таблица 2

Сводная ведомость по желудям на обследованных климатипах географических культур

Наименование климатипа	Средняя длина, мм	Средняя ширина, мм	Средняя масса, г	Доля пораженных болезнями и вредителями, %	Доля поврежденных гнилью, %	Доля пустых, %	Коэффициент формы
Новгородский	23,33±0,18	13,42±0,08	3,34±0,06	21,44	8,06	5,04	0,58
Витебский	24,15±0,23	14,19±0,09	2,63±0,07	34,13	2,67	4,80	0,59
Могилевский	24,23±0,32	12,95±0,17	3,35±0,12	12,97	0,0	5,44	0,53
Гомельский	21,06±0,28	14,7±0,20	3,21±0,15	33,75	0,0	1,25	0,70
Белгородский (2)	21,59±0,36	14,73±0,16	2,34±0,12	54,74	2,11	17,89	0,68
Сумский	23,41±0,36	13,04±0,12	2,62±0,08	23,32	0,0	0,0	0,56
Дагестанский	23,30±0,26	13,48±0,13	2,45±0,06	19,50	2,50	1,0	0,58
Белгородский (1)	22,88±0,21	14,81±0,10	2,95±0,08	21,27	5,97	18,66	0,65
Курский	22,77±0,25	13,91±0,16	3,03±0,10	37,17	0,44	3,10	0,61
Волгоградский	21,24±0,48	11,15±0,29	1,69±0,13	13,04	0,0	28,26	0,52
Руткинский РМЭ	21,52±0,21	10,52±0,14	2,08±0,07	18,66	0,0	2,99	0,49
Пригородный РМЭ	19,81±0,53	10,29±0,25	1,72±0,13	36,54	13,46	15,38	0,52
Козьмодемьянский РМЭ	22,22±0,22	12,47±0,09	2,80±0,08	21,52	5,87	16,14	0,56
Тульский	25,72±0,22	15,37±0,27	3,42±0,07	34,99	0,0	4,17	0,60
Свердловский	23,00±0,44	13,96±0,21	2,90±0,16	19,05	0,0	8,33	0,61
Башкирский	24,20±0,28	14,66±0,13	3,28±0,11	29,81	4,00	1,24	0,61
Татарский	23,56±1,12	14,22±0,57	2,39±0,45	11,11	0,0	0,0	0,60
Брянский	19,92±0,86	14,5±0,40	2,11±0,27	28,57	7,14	0,0	0,73
Оренбургский	20,48±0,39	11,55±0,22	1,72±0,10	44,83	10,34	15,52	0,56
Воронежский Д ₁	23,36±0,26	15,55±0,13	3,31±0,09	26,37	0,0	2,74	0,67
Воронежский Д ₂	22,12±0,30	13,70±0,12	3,12±0,11	14,17	1,18	17,32	0,62
Мушмаринский РМЭ	23,24±0,27	13,59±0,13	2,81±0,83	43,51	11,30	0,0	0,58

Примечание: РМЭ – Республика Марий Эл

Из данных таблицы следует, что средняя длина желудей варьирует от 19,81 мм (Пригородное, РМЭ) до 25,72 мм (Тульский), ширина имеет пределы от 10,29 мм (Пригородное, РМЭ) до 15,55 мм (Воронежский, ТЛУ Д₁). Наиболее крупные по массе желуды собраны с деревьев Новгородского климатипа (3,34 г), наименьшие – с Волгоградского (1,69 г). Больше всего повреждений от вредителей и болезней наблюдается в Белгородском (54,74 %) и Оренбургском (44,83 %) климатипах, наименьшая – в Татарском (11,11 %). В Пригородном и Оренбургском климатипах встречается наибольшая доля поврежденных гнилью желудей (более 10 %).

Выводы. Результаты наших исследования показали, что географические культуры дуба черешчатого в северо-восточной границе ареала своего произрастания во втором классе возраста имеют хорошее санитарное состояние. На сегодняшний день наблюдается низкий балл плодоношения основного количества климатипов дуба. На данном возрастном этапе плодоношение климатипов дуба зависит, в первую очередь, от освещенности (сохранности), чем от географического происхождения.

Изучение морфологических особенностей желудей дуба черешчатого разных климатипов в географических культурах в Республике Марий Эл показало, что в настоящее время зависимость морфологических параметров желудей от их географического происхождения нами не выявлена. В большей степени эти показатели зависят от индивидуальных особенностей деревьев.

Список литературы

1. Краснов В. Г., Алексеев И. А., Краснова В. Ф. Санитарное состояние искусственных насаждений дуба черешчатого в Среднем Поволжье // Лесной журнал. 2007. № 6. С. 42-48.
2. Кириллов С. В., Яковлев А. С. Географические культуры дуба в Республике Марий Эл // Лесной журнал. 2008. № 4. С. 20-25.
3. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации (утв. Рослесхозом 11.01.2000).
4. Данилов М. Д. Формовое разнообразие дуба черешчатого в условиях северо-восточной части его ареала и вопросы организации лесосеменного дела / М.Д. Данилов / Марийский политехнический институт им. М. Горького. Йошкар-Ола, 1969. 119 с.
5. Демаков Ю. П., Исаев А. В., Черных В. Л. Эколого-ресурсный потенциал древостоев лесобразующих пород Среднего Поволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 4(24). С. 5-20.

PECULIARITIES OF FRUITAGE TREES OF DIFFERENT CLIMATYPE IN PROVENANCE OAK IN THE REPUBLIC OF MARI EL

Kirillov Sergey Vladimirovich, Krasnov Vitaliy Gennadievich, Smyshlyaeva Margarita Igorevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Analyzed indicators of health status and productivity of different climatypes in geographical cultures of the Republic of Mari El. Studies on morphological features of the acorns of different climatypes.

Keywords: *cultural oak, geographic, cultural climatypes, acorns*

УДК 544.344.016.2:543.573

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ Cu^{2+} и Mn^{2+} НА ПРОЦЕСС ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

*Красильникова Светлана Викторовна¹, Грунин Юрий Борисович¹,
Смирнова Лариса Георгиевна²*

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

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

Рассмотрены особенности термической деструкции ионообменной целлюлозы в зависимости от типа целлюлозы и природы сорбируемого иона методом термогравиметрии.

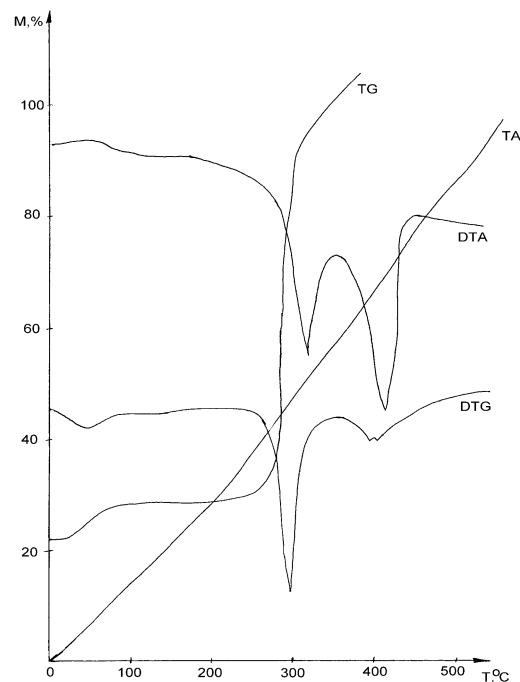
Ключевые слова: термодеструкция, целлюлоза, ионы металлов

Введение. Целлюлоза – важнейший представитель полисахаридов, образующих клеточную стенку растений. Известно [1], что в процессе технологической обработки целлюлозных волокон растворами разнообразных солей происходит изменение надмолекулярной структуры и физико-химических свойств полимера. Настоящая статья является продолжением ранее опубликованных работ [2, 3], связанных с исследованием структурно-сорбционных свойств ионообменной целлюлозы и разработкой механизма сорбции ионов Cu^{2+} и Mn^{2+} на биополимере.

Цель работы – проведение термического анализа для установления высокотемпературных воздействий на структурно-сорбционные перестройки катионных форм целлюлозы и изучения влияния ионов металлов, вводимых в матрицу полимера, на процесс термической деструкции полисахарида.

Решаемые задачи: 1) влияние катионов Cu^{2+} и Mn^{2+} на структурно-сорбционные свойства древесной целлюлозы; 2) изучение зависимости кинетики процесса термической деструкции от вида катионной формы древесной целлюлозы.

Техника эксперимента. Для исследования использовались образцы сульфатной блененной целлюлозы из хвойных пород (ГОСТ 9571-89) и из смеси лиственных пород (ГОСТ 28172-89) древесины. Катионные формы образцов готовились обработкой обеззоленной (Н-форм) целлюлозы растворами CuCl_2 и MnCl_2 различных концентраций с последующим тщательным промыванием и высушиванием до постоянной массы. Термический анализ проводился на Q-дериватографе системы «Паулик-Паулик-Эрдей». Образцы навеской 100 мг нагревались в интервале температур 20-500 °С в атмосфере воздуха со скоростью 2,5 °С/мин. На самописце фиксировались тем-



*Вид дериватограммы древесной
целлюлозы*

пературная кривая (Т), интегральная (TG) и дифференциальная (DTG) кривые потери массы образца, а также дифференциальная кривая изменения теплоемкости в системе (DTA).

Интерпретация результатов. Полученные дериватограммы представлены на рисунке, где изображены кривые изменения массы (TG), температуры (ТА) образцов, а также дифференциальные кривые потери массы (DTG) и теплоемкости (DTA) системы.

Анализ кривых показывает, что изменение массы катионных форм хвойной целлюлозы начинается при температуре 33-44 °С (t_n) и заканчивается в пределах 110-120 °С (t_k) в зависимости от природы образца. Данные представлены в таблице 1. Так для медной формы изменение массы отмечено при $t = 40$ °С, для марганцевой формы – при $t = 44$ °С, для Н-формы она составляет 33,6 °С. Изменение массы в этой области температур связано с удалением сорбированной влаги с поверхности полимера [4]. При этом наблюдается, что наибольшей скоростью обезвоживания обладают Си- и Мп-формы, наименьшей – Н-формы. Это может свидетельствовать о большей сорбционной способности Н-форм по сравнению с другими при одинаковых условиях, что коррелирует с данными метода изопиестических серий [2].

Таблица 1

Кинетические параметры процесса удаления слабосвязной влаги

Образцы целлюлозы	t_n , °С	Изменение массы, %	t_k , °С	Изменение массы, %
Хвойная Н-форма	33,6	0	116,6	6,25
Хвойная Си-форма	40,0	0	113,3	6,13
Хвойная Мп-форма	44,0	0	114,7	6,75
Лиственная Н-форма	40,0	0	120,0	5,88
Лиственная Си-форма	44,0	0	116,6	6,25
Лиственная Мп-форма	41,5	0	120,0	6,88

В интервале температур от 110-120 °С до 166-235 °С на кривой TG для всех форм наблюдается плато, свидетельствующее о химически устойчивом состоянии системы. Начиная с 166-235 °С (t_d) происходит изменение массы, которое продолжается до 462 °С (t_k), что характеризует новый этап термодеструкции целлюлозы (данные приведены в таблице 2).

Таблица 2

Кинетические параметры термического разложения целлюлозы

Образцы целлюлозы	t_d , °С	Потеря массы, %	t_{kp} , °С	Потеря массы, %	t_k , °С	Потеря массы, %
Хвойная Н-форма	212	6,2	288	42,8	462	24,0
Хвойная Си-форма	216	6,1	278	43,8	411	25,0
Хвойная Мп-форма	235	6,7	288	43,1	427	26,3
Лиственная Н-форма	226	5,9	289	42,9	460	25,0
Лиственная Си-форма	167	6,2	276	49,4	400	21,3
Лиственная Мп-форма	206	6,9	282	45,3	423	23,8

Известно [4], что на этом участке протекают два процесса разложения полимера:

- термическая деструкция пиранозного цикла, карбонизация целлюлозного звена с образованием в основном H_2O , CO , CO_2 и коксового остатка;

- деполимеризация целлюлозной цепи, разрушение гликозидных связей при сохранении гидроксильных групп, сопровождающихся перегруппировкой пиранозных циклов с образованием левоглюкозана и его выделением в газовую фазу.

Установлено [5, 6], что потеря массы при нагревании после удаления сорбированной влаги начинается с процесса дегидратации (t_d). Этот процесс протекает главным образом в аморфной фазе полимера. Значение температуры дегидратации целлюлозы на данном этапе термической деструкции зависит от подвижности гидроксильных групп.

Положения максимумов на дифференциальных кривых DTA и DTG соответствуют началу интенсивного термораспада кристаллитов ($t_{кр}$ в табл. 2), в результате которого образуется левоглюкозан. Потеря массы в этом процессе прямо пропорциональна выходу левоглюкозана и линейно зависит от степени кристалличности полимера. Но линейная зависимость температуры распада кристаллитов от степени кристалличности наблюдается только для целлюлозы, не содержащей гемицеллюлоз и лигнина [5], что нельзя сказать о древесной целлюлозе. Поэтому характеризовать степень кристалличности катионных форм древесной целлюлозы по $t_{кр}$ не представляется возможным. Этому процессу соответствует высокая скорость реакции и узкий интервал температур.

При сравнении форм между собой можно заметить, что процесс термодеструкции Н-формы протекает в широком интервале температур по сравнению с другими формами. Для Си-формы он наблюдается в более узком интервале. При этом температуры, соответствующие максимуму на кривых DTG и DTA, смещены для Н-формы в область больших значений (288-462 °C), в то время как для медной и марганцевой форм – в область меньших значений 276-411 °C и 282-427 °C соответственно. Это можно объяснить более высокой скоростью процесса термического распада целлюлозы в катионных формах по сравнению с Н-формами. Кроме этого, обращает на себя внимание значительное уменьшение значений (на несколько десятков градусов) температуры конца деструкции в катионных формах, чем в обеззоленной целлюлозе, что говорит о катализирующем действии ионов Cu^{2+} и Mn^{2+} на процесс термического разложения биополимера.

Выводы

На основе термического анализа определено повышение скорости обезвоживания и термического разложения целлюлозы в медных и марганцевых формах по сравнению с Н-формой.

Установлена корреляция результатов кинетики удаления сорбированной воды с методом изопиестических серий.

Список литературы

1. Грунина Н. Г., Винокурова Р. И. Особенности сорбционных процессов в системе целлюлоза – водный раствор электролита // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2007. № 1. С. 50-51.
2. Красильникова С. В., Грунин Ю. Б., Смирнова Л. Г. Влияние ионов Cu^{2+} и Mn^{2+} на структурные и сорбционные свойства древесной целлюлозы // Структура и динамика молекулярных систем: сб. статей. Вып. XVI. Ч.2. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. С. 40-43.
3. Красильникова С. В., Грунин Ю. Б., Смирнова Л. Г. Изучение сорбции ионов $Cu(II)$ и $Mn(II)$ на древесной целлюлозе. Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 32, № 13. С. 105-109.
4. Килзер Ф. Термическая деструкция // Целлюлоза и ее производные. М.: Мир, 1974. Т. 2. С. 327-360.

5. Смирнова Л. Г. Особенности взаимодействия в системе целлюлоза – водный раствор электролита: дис. ... канд. хим. наук. Йошкар-Ола, 1998. 160 с.

6. Смотрина Т. В. Влияние высокотемпературных воздействий на структурно-физическое состояние целлюлозы и ее сорбционные свойства: дис. ... канд. хим. наук. Йошкар-Ола, 1998. 150 с.

EFFECT OF Cu^{2+} AND Mn^{2+} IONS TO THE PROCESS OF THERMAL DESTRUCTION OF THE WOOD PULP

Krasilnikova Svetlana Viktorovna¹, Grunin Yriy Borisovich¹, Smirnova Larisa Georgievna²

¹Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

²Mari State University, Russia, Yoshkar-Ola

The paper discusses the features of the thermal degradation of cellulose ion exchange depending on the type and nature of cellulose ion sorbed by thermogravimetry.

Keywords: thermal destruction, cellulose, metal ions

УДК 630 332.14(470+510)

ДЕНЕЖНАЯ ОЦЕНКА СРЕДОЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ ЛЕСА ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кусакин Александр Васильевич, Карташов Максим Игоревич

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

Предпринята попытка оценить в денежной форме нерыночные полезности леса и лесных насаждений – противоэрозийную, полезащитную и водоохранную функции лесных ресурсов. Оценка производилась на региональном уровне: определялась стоимость нерыночных полезностей всех лесов и лесных насаждений Чувашской Республики.

Ключевые слова: денежная оценка лесных массивов, нерыночная оценка, противоэрозийная функция леса, полезащитная функция леса, водоохранная функция леса, экономическая оценка ущерба

Введение. К средообразующей, или экологической, роли леса относятся следующие его свойства. Углекислый газ из атмосферы поглощается и связывается лесом, таким образом, в органике растений, их остатке и почве накапливается углерод. Обратно лес выделяет необходимый для дыхания всех живых существ кислород. Лес способен испарять большое количество воды, тем самым, поддерживая более высокую влажность воздуха, защищая себя и прилегающие территории от иссушения. Также лес играет значительную роль в глобальном распределении осадков: влага, испаряемая деревьями, возвращается в атмосферу и далее по круговороту переносится вглубь континентов от океанов и морей. Отдельные деревья, лесополосы и леса способствуют защите и сохранению плодородия близлежащих сельскохозяйственных земель: они смягчают вредные воздействия среды (поздние заморозки, сильный ветер, эрозию, иссушения и др.) и препятствуют им. Для понятия важности леса необходимо проводить

денежную оценку всех его ролей. Легче всего, конечно, дело обстоит с экономической ролью, где основу составляет оценка древостоев. Как указывают в настоящее время специалисты, оценка запасов древесины на корню (попенная плата) составляет примерно 60 % всей стоимости лесного комплекса, остальные 40 % приходятся на важнейшие экосистемные функции леса [1].

Учет и оценка же экосистемных (средозащитных) функций леса пока мало используются в народном хозяйстве. С позиции государственной оценки лесов большее внимание уделяется запасам древесины, обеспечиваемой лесами. Однако многие ученые стараются показать не меньшую значимость иных благ леса. Так, А. В. Лузина, М. Г. Шатров, Г. М. Лавров указывают на экологическую и экономическую ценность лесных флоры и фауны [2]. А. С. Бондарчук, исследуя эффективность использования земель под защитными лесами на материалах Северо-Кавказского федерального округа, отмечает неоспоримую важность рекреационных и средозащитных функций леса [3].

Цель работы – оценить в денежной форме нерыночные полезности леса и лесных насаждений: противоэрозионную, полезащитную и водоохранную.

Решаемые задачи: 1) изучить нерыночные полезности леса и лесных насаждений; 2) рассмотреть возможные варианты денежной оценки нерыночных полезностей леса и лесных насаждений; 3) произвести расчёт денежной оценки нерыночных полезностей леса и лесных насаждений на примере Чувашии.

Анализ статистических данных. Чувашская Республика расположена в трех природных поясах: таежной зоне (крайний север Чувашии), лесостепи (большая часть республики) и степной зоне (южные и юго-восточные районы). Основные массивы – в Присурье и в Заволжье. Покрытая лесом площадь (тыс. га) и лесистость (%) составляют соответственно 530 и 31. Общий запас древесины – 70 млн м³, доля гарей от общей площади лесов – 0,0954 %, доля вырубок – 1,24 %. Расчётная лесосека утверждена в объеме 502,2 тыс. м³. 28 % площади лесов занимают искусственно посаженные леса, обладающие меньшим биологическим разнообразием. Изменился возрастной состав лесов: около половины их площади занята молодняками, спелых и перестойных лесов всего около 12 %. За последние 10 лет особенно «помолодели» хвойные леса. Было отмечено интенсивное отмирание дуба: усыханию подверглись дубравы всех возрастов. Постановлением Кабинета министров республики была утверждена Республиканская программа «Леса Чувашии», где особое внимание уделено проблеме восстановления дубрав [4].

Общая площадь лесов составляет 632,8 тыс. га (34,5 %), из них 597,6 тыс. га (94,4 %) находятся в ведении Министерства природных ресурсов и экологии республики. Леса Чувашии едва ли не в первую очередь играют важную экологическую роль. Дело в том, что эрозия почв и снижение их плодородия – повсеместно распространенное в республике явление. Эрозионные процессы негативно отражаются на плодородии почв и урожайности сельхозкультур, что, в свою очередь, отрицательно влияет на эффективность сельскохозяйственного производства. Чтобы защитить почвы от эрозии, в ближайшие годы необходимо будет создать в республике более 3,6 тыс. га защитных лесонасаждений на землях сельскохозяйственного назначения и защитные насаждения в водоохраных зонах малых рек и вдоль автомобильных дорог.

Влияние леса на гидрологический режим рек проявляется с трех сторон: воздействие на величину испарения воды, на поверхностный и внутренний стоки, на водный баланс в целом. Более влагоемкие лесные почвы способствуют повышенной инфильтрации. Поэтому значительная часть поверхностного стока здесь переходит во внутри-

грунтовой. Зимой с безлесных пространств снег сдувается в овраги, долины и балки, в то время как в лесах под пологом деревьев и кустарников он скапливается. Для лесных зон характерны более низкие температура воздуха и скорость ветра и, следовательно, менее интенсивное испарение, а мхи и рыхлая лесная подстилка, обладая значительной влагоемкостью, впитывают больше воды. Летом они также препятствуют испарению влаги из почвы. Поэтому под лесами формируются большие запасы грунтовых вод, чем в безлесных зонах. В лесных районах грунтовые воды равномерно питают реки и ручьи в течение всего года, и таким образом сток лесных рек становится в значительной мере отрегулированным.

Следует отметить существующую прямую связь между лесистостью и величиной поверхностного стока. Так, на безлесных площадях в центре Восточно-Европейской равнины до 65 % от годовой суммы остатков переходят с поверхностных стоков. 20 %-я залесенность территории позволяет его уменьшить до 14 %. При полной залесенности территории поверхностный сток не превышает 5 %. Таким образом, леса представляют собой своеобразные водохранилища.

Неудивительно, что вырубка лесов, как правило, способствует увеличению половодий на реках, подъему их уровней. Таким образом, леса играют роль регуляторов стока рек. Для максимальной эффективности их функционирования леса и лесные насаждения должны располагаться равномерно по всему водосборному бассейну [5].

Выступая в роли почвозащитного фактора, леса препятствуют смыву и размыву почвы и грунтов талыми и дождевыми водами, защищают почвы от дефляции, закрепляют подвижные пески. Сведение лесов сопровождается резким усилением процессов почвенного смыва, обостряется заиливание рек, водохранилищ, прудов [6].

Леса защищают сельскохозяйственные угодья и урожай от неблагоприятных природных процессов. Все это приводит к снижению непродуктивного испарения, смягчению влияния холодных ветров и суховеев, увеличению запасов продуктивной влаги в почве и в конечном счете – к более высоким урожаям [7]. На полях, окруженных лесами, сельхозкультуры более устойчивы и в меньшей степени подвержены влиянию погодных колебаний, что создает условия, благоприятные для получения более высоких и устойчивых урожаев. Денежная оценка вышеуказанных функций необходима для осознания бесспорной ценности леса, как для экологии, так и для экономики.

Денежная оценка. Нами рассмотрены и рассчитаны три функции лесов и лесных насаждений для Чувашской Республики на региональном уровне: противоэрозийная, полезная и водоохранная. На основе многолетнего опыта китайский ученый Цоу Ксяофенг разработал модель оценки средозащитных функций леса, согласно которой противоэрозийная функция лесов и лесных насаждений может быть оценена по следующей формуле:

$$Vg = K \cdot S \cdot G \cdot d,$$

где Vg – оценка стоимости противоэрозийной функции леса (руб.);

K – стоимость добычи одной тонны осадочных отложений при использовании земснаряда (руб./т);

S – общая (суммарная) площадь леса (км²);

G – отношение осадочных отложений (почвы), смытых в водоем, к общим потерям осадочных отложений по региону (доля);

d – величина, характеризующая предотвращение эрозии в лесных насаждениях, в отличие от территорий, где отсутствует лес (т/км²).

В расчет принимается 622 тыс. га естественных и искусственных лесов различного назначения, в том числе из площади земель лесного фонда, составляющего 597,6 тыс. га, только лесные (566,9 тыс. га) земли и леса из особо охраняемых природных территорий и земель сельскохозяйственного назначения. Лесистость 32,1 %.

Стоимость добычи осадочных отложений при использовании земснаряда по данным ЗАО «Институт «Чувашигипроводхоз» в среднем составляет 412 руб./т. Смыв почвы оказывает более губительное воздействие, чем ветровая эрозия, и доля смытых отложений колеблется в пределах до 70 % от общих потерь. Леса и лесные насаждения Чувашской Республики способны сохранять около 210 тонн почвы на 1 км², в отличие от мест, где они отсутствуют [8].

Расчет стоимости противозерозийной функции лесов Чувашии с использованием имеющихся данных представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Денежная оценка противозерозийной функции лесов и лесных насаждений
Чувашской Республики за 2012 г. [8]**

Наименование показателей	Значение
Стоимость добычи 1 тонны осадочных отложений, смытых в водоём, при использовании земснаряда, К, руб./т	412
Общая площадь лесов и лесных насаждений, S, га	622000
Отношение осадочных отложений, смытых в водоём, к общим потерям осадочных отложений по региону, G, доля	0,7
Величина, характеризующая предотвращение эрозии в лесных насаждениях, в отличие территорий, где отсутствует лес, d, т/га	2,1
Стоимость противозерозийной функции леса: $412 \cdot 622000 \cdot 0,7 \cdot 2,1 = 376,708$ млн руб.	

Полезная функция лесов и лесных насаждений заключается в общем улучшении климатических условий полей: защита от ветра, регулирование влажности, смягчение перепадов температуры и т. д. Таким образом, повышается урожайность сельскохозяйственных культур. Величина дополнительно полученного урожая, выраженная в денежных единицах, и будет представлять собой ценность полезной функции лесов и лесных насаждений. Таким образом:

$$M = d \cdot Q,$$

где M – оценка стоимости полезной функции лесов и лесных насаждений (руб.);

Q – суммарная прибыль от собранного урожая сельскохозяйственных культур в регионе (руб.);

d – отношение между урожаем, полученным с полей, защищенных лесными насаждениями, и с полей без защиты (доля дополнительной урожайности).

Согласно данным Росстата, сальдо сельскохозяйственной продукции растениеводства в Чувашской Республике за 2012 г. составило 38 млн руб.

По данным ВНИАЛМИ, урожай зерновых под воздействием агролесомелиоративных насаждений повышается в среднем на 15–20 %, подсолнечника – 10–15 %, проса – 20–25 %, картофеля и сахарной свеклы – 25–30 %, овощей – 45–50 %, трав – 100 %. Не учитывая травы, в среднем повышение урожайности составляет

$$\left(\frac{15+20}{2} + \frac{10+15}{2} + \frac{20+25}{2} + \frac{25+30}{2} + \frac{45+50}{2} \right) / 5 \approx 26\%.$$

Оценка стоимости полезной функции лесов и лесных насаждений Волгоградской области представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Денежная оценка полезной функции лесов и лесных насаждений
Чувашской Республики за 2012 г. [1]**

Наименование показателей	Значение
Суммарная прибыль от собранного урожая сельскохозяйственных культур в регионе, Q, млн руб.	38
Отношение между урожаем, полученным с полей, защищенных лесными насаждениями, и с полей без защиты, d, (доля дополнительной урожайности).	0,26
Стоимость полезной функции леса: $38 \cdot 0,26 \sim 9,88$ млн руб.	

Ценность водоохранной функции леса заключается в его способности задерживать поступающую в виде осадков воду, тем самым, сохраняя и очищая ее, а также препятствуя ее разрушительному воздействию на почву. Таким образом, стоимость «задержанной» воды будет выражать денежную оценку водоохранной функции леса, которая может быть рассчитана по следующей формуле:

$$R_v = (\Delta C_r \cdot r) / S_l,$$

где R_v – оценка стоимости водоохранной функции леса (руб.);

ΔC_r – объем «задержанной» лесом воды (m^3);

r – стоимость $1 m^3$ воды для данной экономической зоны (руб./ m^3);

S_l – лесистость водосборной площади (%).

Объем задерживаемой воды может быть определен, исходя из показателя среднегодового количества осадков, как произведение данного значения на площадь лесных зон региона. Следует отметить, что учитываются все поступающие осадки на территории лесов и лесных насаждений, так как под «задержанной» понимается и та вода, которая будет поглощена деревьями, и та, которая будет поступать в реки не по поверхностной почве, а в виде грунтовых потоков [9]. Согласно метеорологическим наблюдениям, среднегодовое количество осадков по Чувашской Республике более 475 мм. Стоимость $1 m^3$ воды, входящей в состав бассейна реки Волги, оценивается в 0,282 руб. Лесистость водосборной площади в среднем составляет 3/4 от общей лесной площади, или 75 %. Результаты расчета водоохранной функции леса представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Денежная оценка водоохранной функции лесов и лесных насаждений
Чувашской Республики за 2012 г. [8; 10]**

Наименование показателей	Значение
Среднегодовое количество осадков, м	0,475
Общая площадь лесов и лесных насаждений, S, m^2	6 220 000 000
Объем «задержанной» лесом воды, ΔC_r , m^3	$0,475 \times 6\,220\,000\,000 = 2\,954\,500\,000$
Стоимость $1 m^3$ воды для данной экономической зоны, r, руб./ m^3	0,282
Лесистость водосборной площади, доля	0,75
Стоимость водоохранной функции лесов и лесных насаждений: $R_v = 2\,954\,500\,000 \times 0,282 / 0,75 \sim 1\,110,892$ млн руб.	

Следовательно, суммарная годовая ценность средозащитной функции лесов и лесных насаждений Чувашской Республики составляет

$$376,708 + 9,880 + 1\,110,892 \sim 1\,497,480 \text{ млн руб.}$$

Но это только годовая ценность. Если учесть, что для восстановления полноценного леса необходимо в среднем 50 лет, то, используя обратную величину как ставку капитализации, можно получить его текущую стоимость:

$$1\,497,480 / 0,02 = 74,874 \text{ млн рублей, или } 120,370 \text{ руб./га.}$$

Выводы. Таким образом, определена средняя текущая стоимость средозащитной функции 1 га лесов и лесных насаждений Чувашской Республики. С одной стороны, полученные значения выглядят незначительными, но следует учесть, что общая величина отражают лишь стоимость средозащитной функции лесов и лесных насаждений – это только часть всей ценности леса, здесь не учитываются ни запасы древесины, ни уникальность лесной флоры и фауны, ни оздоровительная функция леса и т. д. С такой точки зрения можно сказать, что она в процентном отношении будет зависеть от месторасположения лесного участка (защитные леса, особо охраняемая природная территория и т.д.), таксационных характеристик выделов (состава, возраста, бонитета и т.д.). С практической стороны может использоваться для социально-экономических прогнозов и подсчета ущерба, например при нарушении природоохранного законодательства (незаконной сплошной вырубке леса в водоохраной зоне и т. д.), вызвавшего прекращение противоэрозийной, полезащитной и водоохранной функции леса и лесных насаждений. Для развития данной модели оценки могут использоваться наработки ряда учёных в области математического моделирования [11].

Список литературы

1. Регионы России. Социально-экономические показатели, 2010: Р32: стат. сб. / Росстат. М., 2010. 996 с.
2. Современное состояние недревесных растительных ресурсов России / А. В. Лузина [и др.]; под ред. Т. Л. Егошиной. Киров: ВНИИОЗ, 2003. 162 с.
3. Бондарчук С. А. Эффективность использования земель под защитными лесами (на материалах Северо-Кавказского федерального округа) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.guz.ru/media/file/ar25112011_2.pdf.
4. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/maps/?region=21>.
5. Лесная энциклопедия: в 2 т. Т. 2 / гл. ред. Г. И. Воробьев; редкол.: Н. А. Анучин [и др.]. М.: Сов. энцикл., 1986. 631 с.
6. Писаренко А. И., Страхов В. В. Лесное хозяйство России: от пользования – к управлению. М.: ИД «Юриспруденция», 2004. 522 с.
7. Лихоманов О. В., Бубнов Д. В. Денежная оценка средозащитных функций леса // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3. Экон. Экол. 2012. № 2 (21).
8. Цифровые характеристики эрозии // Вода. Водная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://watersite.ru/cifrovyecharakteristiki-erozii>.
9. Мусохранов В. Е., Жачкина Т. Н. Основы рационального природопользования: лесное хозяйство, водное хозяйство, регулирование речного стока. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. 256 с.
10. Цифровые характеристики эрозии // Вода. Водная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://watersite.ru/cifrovyecharakteristiki-erozii>.
11. Демаков Ю. П., Исаев А. В., Черных В. Л. Эколого-ресурсный потенциал древостоев лесобразующих пород Среднего Поволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 4 (24). С. 5-20.

MONETARY VALUATION OF ENVIRONMENT PROTECTION FUNCTIONS OF FORESTS OF THE CHUVASH REPUBLIC

Kusakin Alexander Vasilievich¹, Kartashov Maxim Igorevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The article deals with an attempt to assess in monetary terms the usefulness of non-market forest and forest plantations in monetary terms: anti-erosion, shelter and water protection functions of forest resources. The evaluation is performed at the regional level: the value of all forest and forest plantations of the Chuvash Republic was determined.

Keywords: *monetary valuation of forests, non-market valuation, woodland conservancy, field function of forests, watersheds function of forests, economic assessment of damage*

УДК 582.475:630*228.7:630*228.125

ДИНАМИКА ДОЛИ ДЕРЕВЬЕВ БУДУЩЕГО В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Мифтахов Тимур Фаридович, Нуреева Татьяна Владимировна

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

Рассмотрено изменение доли деревьев будущего в пологе насаждения с возрастом по запасу, сумме площадей сечений и густоте лесных культур сосны плантационного типа. Методом корреляционного анализа выявлены зависимости изменения доли деревьев верхнего полога с возрастом.

Ключевые слова: *лесные культуры сосны, лесные плантации, верхний полог насаждения, деревья будущего, ускоренное лесовыращивание*

Введение. Ускоренное лесовыращивание направлено прежде всего на получение целевых сортиментов требуемого качества в более короткий срок, чем традиционное ведение хозяйства [1]. Возможность ускоренного получения сортиментов может осуществляться несколькими путями: 1) организацией плантационного хозяйства, т.е. созданием специальных лесных культур на не покрытых лесом площадях; 2) переводом лесных культур с соответствующими показателями в фонд ускоренного лесовыращивания [2]. На сегодняшний день переход на ускоренное получение древесины набирает актуальность в виде интенсификации лесопользования [3], которое отмечается и в государственной программе «Развитие лесного хозяйства» на 2013-2020 годы [4]. Таким образом, одним из способов интенсификации лесопользования наравне с плантационным лесовыращиванием, которое требует как минимум 30-40 лет, может служить ускоренное ведение хозяйства путем перевода лесных культур в фонд ускоренного лесовыращивания.

Впервые вопросами, связанными с переводом лесных культур в фонд ускоренного лесовыращивания, начали заниматься ученые кафедры лесных культур ПГТУ [2, 5-7]. Исследования показывают, что часть лесных культур сосны в зоне хвойно-широколиственных лесов Приволжского федерального округа по своим характеристикам близка к нормативным показателям для плантаций сосны и при соответствующем законодательстве могла бы быть переведена в плантационные культуры. Критериями

оценки целевых показателей служил проект ОСТ, разработанный СПбНИИЛХ «Плантации ели европейской и сосны обыкновенной в возрасте до 50 лет» [8]. Так, например в Чернушкинском участке Учебно-опытного лесничества ПГТУ критериям плантационных культур соответствует свыше 77 % произрастающих в лесном фонде культур сосны по классу бонитета, свыше 58 % и 64 % по средней высоте и среднему диаметру соответственно, а также свыше 227 га культур сосны в Кададинском ОЛХ Пензенской области [5]. В Арском лесничестве Республики Татарстан, учитывая все показатели (состав, средние высота и диаметр, густота, класс бонитета), близкие к плантациям критерии имеют свыше 941 га лесных культур сосны в возрасте до 50 лет. Проведенные исследования позволили разработать идентификационные показатели древостоев (насаждений) ускоренного лесовыращивания [2]. Следует отметить, что все исследования основывались на данных действующих материалов лесоустройства. При этом авторы выделяют в качестве одного из критериев перевода запас деревьев верхнего полога или деревьев будущего. В качестве деревьев будущего подразумеваются деревья-лидеры и верхнего полога по классификации Е. Л. Маслакова [9]. Соответственно данный показатель возможно получить только непосредственно при натурном обследовании участка. При этом способ определения запаса согласно общепринятым в лесной таксации методам весьма трудоемок и не позволяет достаточно точно определить этот показатель отдельно по каждому пологу в насаждении, а в некоторых случаях делает это и вовсе невозможным. Таким образом, наиболее точным и адекватным показателем оценки деревьев будущего на участке является их густота и сумма площадей сечений, а точнее доля их в общей структуре насаждения.

Таким образом, **целью** настоящего исследования является выявление динамики доли участия деревьев будущего в лесных культурах сосны плантационного типа Предкамья Республики Татарстан. В соответствии с целью исследования были поставлены и решались следующие **задачи**: 1) определить зависимость изменения доли деревьев будущего в пологе насаждения с возрастом; 2) выявить закономерности динамики доли деревьев будущего в пологе насаждения.

Объект и методика исследований. В качестве объектов исследования послужили лесные культуры сосны плантационного типа, произрастающие в Предкамье Республики Татарстан. Было заложено 46 пробных площадей в лесном фонде Камского, Кзыл-Юлдузского, Арского, Зеленодольского, Пригородного лесничеств, входящих в данный район. Пробные площади закладывались согласно ОСТ-56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Методы закладки», с учетом представительства от ступеней толщины и отбором 20-25 учетных модельных деревьев на участке. При подборе пробных площадей учитывался дополнительно предъявляемый к плантационным культурам критерий – доля культивируемой породы в составе древостоя, который согласно рекомендациям И. В. Шутова на плантациях сосны и ели должен составлять 90-100 % [1]. Исследуемые насаждения являются производственными лесными культурами, где проводился весь комплекс мероприятий, включая рубки ухода за лесом. Таким образом, подбирались древостои в типе лесорастительных условий свежие сурамени (С2) с долей участия сосны 9-10 единиц. При сплошном пересчете на пробных площадях деревья разделялись на группы по положению в пологе древостоя согласно классификации Е. Л. Маслакова (деревья-лидеры, верхнего, среднего и нижнего пологов) с дополнениями Н. В. Еремина. В качестве деревьев будущего брались лидеры и растения верхнего полога.

Главным методом исследования был корреляционный анализ доли участия деревьев будущего с возрастом [10]. В качестве основных критериев были приняты факти-

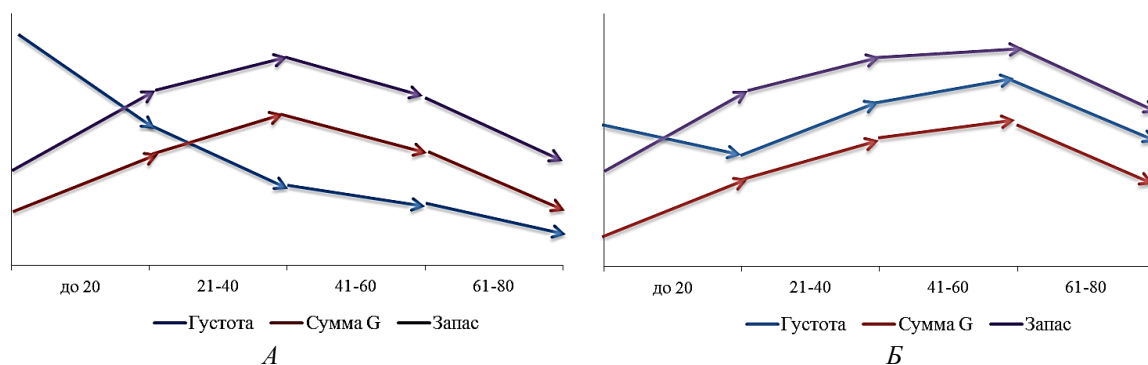
ческое количество деревьев будущего (густота), их сумма площадей сечений и запас на 1 га, а также их доля по перечисленным показателям. Для анализа все пробные площади были сгруппированы согласно 20-летним классам возраста. Корреляционный анализ проводился как по возрастам, так и отдельно по каждому классу возраста. Расчеты были выполнены с использованием современного пакета программ MS Office Excel.

Интерпретация результатов. Корреляционный анализ доли участия деревьев будущего в структуре насаждений показывает, что с возрастом в лесных культурах сосны, отвечающих требованиям лесных плантаций, наиболее тесные соотношения имеет фактический запас, который с возрастом увеличивается, а с густотой стояния – уменьшается (см. таблицу). Сумма площадей сечений с возрастом увеличивается, но теснота связи низкая. Данная тенденция отвечает основным законам таксации, так как в таком случае в качестве корреляционной используется линейная функция, при которой теснота связей низкая. Но именно положительное или отрицательное значение данного показателя позволяет нам оценить динамику изменения доли деревьев будущего. Так, доля их участия по всем перечисленным показателям с возрастом уменьшается, коэффициент корреляции во всех случаях отрицательный, и теснота связи низкая 0,109-0,195.

**Коэффициенты корреляции участия деревьев-лидеров
в структуре насаждений с возрастом по классам возраста**

Класс возраста	По фактическим показателям			По доли участия деревьев будущего (%)		
	Густота, шт./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	По густоте	Сумме площадей сечений	Запасу
По всем	-0,660	0,170	0,646	-0,109	-0,113	-0,195
до 20	-0,600	0,622	0,820	-0,037	0,462	0,446
21-40	-0,305	0,645	0,816	0,703	0,695	0,706
41-60	-0,326	-0,056	-0,136	0,172	0,133	0,019
61-80	-0,571	-0,442	-0,709	-0,325	-0,311	-0,598

Как отмечает ряд исследований, закономерности изменения запаса и суммы площадей сечения с возрастом подчиняются функции оптимума, а густоты – гиперболической функции [11, 12]. Поэтому, согласно методике исследования, коэффициент корреляции был рассчитан для каждого класса возраста. При этом значение показателя изменяется в широких пределах от 0,056 до 0,820 по фактическим показателям и от 0,019 до 0,706 по доле участия в составе древостоя деревьев будущего, причем с возрастом отрицательное или положительное значение этих коэффициентов подчиняется определенным закономерностям (см. рисунок).



*Изменение коэффициента корреляции участия деревьев будущего с возрастом:
А – по фактическим показателям, Б – по доле участия*

Таким образом, оценка изменения коэффициента корреляции в положительную или отрицательную сторону, отвечает основным закономерностям роста насаждения (рис. А). Так, густота с возрастом снижается как в целом, так и по классам возраста. Напротив, сумма площадей сечений до 40 лет возрастает, после чего снижается, что доказывается коэффициентом корреляции. Точно такая же картина наблюдается в изменении запаса, максимум которого отмечен к 40-50 годам. Пик накопления биомассы к этому возрасту отмечает и ряд исследователей [12, 13].

Анализ динамики относительной доли деревьев-лидеров в составе насаждений в зависимости от возраста позволил выявить сходство в изменении коэффициента корреляции суммы площадей сечений и запаса с возрастом (рис. Б). Доля деревьев будущего возрастает до 60 лет, после чего коэффициент корреляции отрицательный, что подтверждает снижение доли деревьев верхнего полога. Кривая изменения их доли по густоте также имеет куполообразную форму с возрастанием до 60 лет, но в этом случае минимум наблюдается в 20 лет. Снижение доли деревьев будущего до 20 лет может быть вызвано первоначальной густотой создания исследуемых лесных культур и связанной с ней интенсивностью дифференциации. На исследованных пробных площадях густота при посадке культур варьирует от 4,4 до 9,5 тыс. шт./га. Согласно действующим нормативам [14, п. 28]: «...Проведение рубок ухода заканчивается в хвойных и твердолиственных семенных насаждениях за 20 лет до установленного возраста рубки спелых насаждений...». Таким образом, при установленном возрасте рубки 81 год для сосняков Республики Татарстан после 60 лет вмешательства в рост культур не производится. Стоит отметить, что согласно данному нормативу в чистых насаждениях в рубку назначаются отставшие в росте деревья нижней части полога. То есть, по мере проведения рубок ухода на исследуемых участках должны оставаться деревья верхнего полога, на что указывает увеличение доли деревьев будущего. Снижение их доли в пологе насаждения после 60 лет может быть вызвано естественной дифференциацией и изреживанием внутри насаждения.

Выводы. Несмотря на увеличение доли деревьев будущего до 60 лет, в целом с возрастом их участие в пологе насаждения снижается, на что указывает отрицательное значение коэффициента корреляции по всем рассматриваемым параметрам. Тем не менее, по классам возраста наблюдается увеличение доли деревьев верхнего полога на всех возрастных этапах, включая период 60 лет. Последующее снижение данного показателя после 60 лет, возможно, связано с возобновлением процессов дифференциации ввиду прекращения уходов за лесом.

Список литературы

1. Платационное лесоводство / под общ. ред. И.В. Шутова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 366 с.
2. Романов Е. М., Нуреева Т. В., Еремин Н. В. Обоснование критериев и показателей перевода лесных культур в режим ускоренного лесовыращивания // Известия вузов. Лесной журнал. 2012. № 5. С. 7-13.
3. Интенсивное лесопользование – беда или выручка // Лесные вести. 14.06.2013.
4. Государственная программа «Развитие лесного хозяйства» на 2013-2020 годы.
5. Романов Е. М., Нуреева Т. В., Еремин Н. В. Перевод лесных культур сосны в лесные плантации: целесообразность и лесоводственно-экономическая эффективность // Лесное хозяйство. 2010. № 6. С. 30-33.
6. Романов Е. М., Нуреева Т. В., Еремин Н. В. Состояние проблемы и воспроизводство лесов России // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2007. № 1. С. 5-15.

7. Мифтахов Т. Ф., Нуреева Т. В., Еремин Н. В. Ускоренное выращивание культур сосны обыкновенной с обоснованием возможности формирования из них плантаций на примере Арского лесничества Республики Татарстан // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы международной конференции с элементами научной школы для молодежи [Электронный ресурс]. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. С. 122-126. URL: <http://csfm.marstu.net/publications.html> на 22.04.2015

8. Отчет НИР в рамках выполнения ГК № Р-16К-08/4 от 21 ноября 2008 года «Нормативно-методическое и технологическое обеспечение плантационного лесовыращивания в Российской Федерации». СПб: СПбНИИЛХ, 2009.

9. Исследование роста лесных культур: методические указания / Е. Л. Маслаков, М. Ф. Мойко, И. А. Маркова, М. С. Ковалёв. Л.: ЛенНИИЛХ, 1978. 71 с.

10. Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 103 с.

11. Демаков Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). Йошкар-Ола, 2000. 416 с.

12. Демаков Ю. П. Изменчивость и классификация форм кривых хода роста деревьев в онтогенезе / Известия вузов. Лесной журнал. 2002. № 4. С. 33-40.

13. Демаков Ю. П., Нуреева Т. В., Белоусов А. А. Эколого-ресурсный потенциал древостоев искусственного происхождения сосны и ели в свежих сураменях Марийского Заволжья // Вестник УдГУ. 2014, вып. 1. С. 14-25.

14. Об утверждении Правил ухода за лесами // Приказ МПР РФ от 16 июля 2007 г. № 185.

DYNAMICS PROPORTION OF FINAL CROP TREE OF SCOTS PINE CROPS OF PREDKAMJA OF REPUBLIC OF TATARSTAN

Miftahov Timur Faridovich, Nureeva Tat'jana Vladimirovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The change in the proportion of the future in the canopy of trees plantations with age stock, total basal area, and density of trees pine plantation type. The method of correlation analysis revealed changes depending on the proportion of the upper canopy trees with age.

Keywords: pine forest crops, forest plantations, top of canopy of crop, final crop tree, intensive forestry

УДК 58.006: 378.225

РЕСУРСЫ ДЕНДРАРИЯ БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА ПГТУ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ «ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА» И «ЛЕСНОЕ ДЕЛО»

Мухаметова Светлана Валерьевна, Серебрякова Наталья Евгеньевна

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

Приводится значение ресурсов Дендрария Ботсада-института ПГТУ в освоении дисциплин «Декоративная дендрология» и «Дендрология» при подготовке бакалавров направлений «Ландшафтная архитектура» и «Лесное дело». Дается характеристика коллекционных фондов экспозиции, описывается основной материал, изучаемый студентами на базе Дендрария.

Ключевые слова: дендрарий, бакалавриат, направления подготовки «Ландшафтная архитектура», «Лесное дело»

Введение. Ботаническим садом-институтом Поволжского государственного технологического университета (далее БСИ ПГТУ) решаются задачи сбора и сохранения коллекций древесных и травянистых растений, учебной и научной деятельности, просвещения населения в области ботаники, экологии, садоводства и т.д. [1]. Экспозиции сада являются учебной базой для подготовки студентов направлений 250700.62 «Ландшафтная архитектура» и 250100.62 «Лесное дело» очной и заочной форм обучения. Ведущее место в изучении студентами дисциплин «Дендрология» и «Декоративная дендрология» занимает основная экспозиция БСИ – Дендрарий.

Цель работы – проанализировать значение экспозиции Дендрарий при подготовке студентов направлений «Ландшафтная архитектура» и «Лесное дело».

Решаемые задачи – дать характеристику коллекционных фондов Дендрария и оценить их значение в учебном процессе по указанным направлениям бакалавриата.

Изложение результатов. Дендрарий представляет собой коллекцию древесных растений, расположенных по географическому принципу. Цель ее – показать видовое разнообразие растений умеренных широт Северного полушария. В связи с этим гибриды и культивары присутствуют здесь в ограниченном количестве. Основа Дендрария была заложена в 1939 году, таким образом, он является старейшей экспозицией БСИ. Проект первоначально был разработан доцентом Б. М. Алимбеком и позднее детализирован профессором В. И. Пчелиным [2]. Коллекционные фонды Дендрария являются объектами научно-исследовательских работ сотрудников ПГТУ [3–10].

Общая площадь экспозиции составляет 9 га, территория представляет собой квадрат со сторонами длиной 300 м. Различные по величине участки естественного леса (дубняка елово-липового) сохранены в нем с защитной и декоративной целями. Интродуценты размещены в 3 отделах – Европа, Азия, Северная Америка. Возраст самых старых растений превышает 75 лет. Более 70 % интродуцентов цветет и плодоносит.

На сегодняшний день в коллекции Дендрария насчитывается 551 наименование древесных растений из 93 родов из 34 семейств. Из них 85 таксонов (15,4 % от общего числа) относятся к отделу *Pinophyta*, 466 (84,6 %) – *Magnoliophyta*. Интродуценты представлены 507 таксонами (92,0 % от общего числа), местная дендрофлора – 44 таксонами (8,0 %).

Ареалы 89 таксонов (16,2 % от общего числа таксонов) расположены в Европе, 215 (39,0 %) – в Азии, 59 (10,7 %) – в Европе и Азии, 127 (23,1 %) – в Америке, 3 (0,5 %) – во всех перечисленных частях света. 58 таксонов (10,5 %) известны только в культуре.

Наибольшим числом таксонов представлены следующие роды: *Crataegus* – 30, *Acer* – 28, *Rosa* – 30, *Lonicera* – 27, *Thuja* – 23, *Ribes* – 22, *Sorbus* – 21, *Betula* – 21, *Spiraea* – 16, *Pinus* – 12, *Berberis* – 14, *Picea* – 13.

Важнейшим звеном в изучении дисциплин «Дендрология» и «Декоративная дендрология» для студентов направлений подготовки 250100.62 «Лесное дело» и 250700.62 «Ландшафтная архитектура» являются учебные практики по данным дисциплинам. В ходе учебных практик, знакомясь с коллекцией, студенты изучают лесообразующие, сопутствующие и подлесочные виды древесных растений, хозяйственно ценные и декоративные интродуценты и в целом знакомятся с богатством дендрофлоры умеренного пояса Северного полушария. Структура учебной практики у названных направлений различна, но, тем не менее, большая их часть проходит на базе Дендрария БСИ ПГТУ. В соответствии с ФГОС-3 и разработанными учебными планами направлений

длительность учебной практики для направления «Лесное дело» составляет 54 часа (9 дней), для направления «Ландшафтная архитектура» – 72 часа (12 дней).

В процессе практики, при детальном описании и характеристике видов Дендрария по утвержденной преподавателем программе, студенты направления «Лесное дело» ориентированы на выявление видов, которые имеют хозяйственную ценность для региона, фиксацию их биоэкологических свойств. Особое внимание уделяется сравнению свойств ценных интродуцентов с аборигенными видами, которые оставлены в коллекции именно с этой целью.

В практической работе студентов направления «Ландшафтная архитектура» внимание направлено, помимо изучения и описания биоэкологических свойств, на декоративность и побегообразовательную активность видов, что влияет на их способность обрастать после различных повреждений и обрезки. Также большое значение для данного направления имеет работа, связанная с изучением диаметра, плотности и архитектоники крон интродуцентов, особенно в сравнении с аборигенными представителями того же родового комплекса.

Дендрарий БСИ ПГТУ, представляя собой целостную научную коллекцию древесных видов, является и полноценной учебной лабораторией, в которой предусмотрено знакомство не только с видовым разнообразием дендрофлоры, но и с биоэкологическими свойствами изучаемых растений: оставлены пни для исследования хода роста по диаметру основных лесообразователей, имеются примеры порослевого возобновления и корнеотпрыскового размножения видов, есть возможность сравнения развития видов в условиях полной освещенности и затенения.

Кроме того, Дендрарий обеспечивает сбор материала для лабораторных занятий по указанным дисциплинам (образцы побегов лиственных видов в облиственном состоянии, побегов хвойных видов, а также образцы плодов, шишек, семян, побегов в безлистном состоянии и т.д.). В рамках ведения дисциплины для студентов направления «Ландшафтная архитектура» предусмотрены осенние и весенние лабораторные занятия в экспозиции. Осенняя экскурсия проводится с целью первичного ознакомления с видовым разнообразием деревьев и кустарников, оценкой их фенологического состояния, выявления и описания видов, обладающих декоративностью в осенний период: цветущих осенью, с декоративными плодами и расцвечиванием листьев. Весенняя экскурсия в БСИ ПГТУ имеет огромную ценность для оценки декоративности видов весеннего цветения, а также изучения особенностей развития растений в фазе начала вегетации.

На базе Дендрария студенты ежегодно занимаются научно-исследовательской работой, собирают полевой материал для дипломного проектирования, проходят производственные и преддипломные практики. Основные направления исследований – изучение биологических и экологических свойств древесных растений на видовом и внутривидовом уровнях, комплексное изучение различных интродуцентов с целью обоснования перспективности их разведения и хозяйственного использования, проведение оценки видов, форм и культиваров по комплексу декоративных признаков и свойств и др. Основные результаты НИРС публикуются в сборниках по материалам конференций.

Выводы. Таким образом, коллекция Дендрария БСИ ПГТУ является весьма значимой платформой для освоения дисциплин «Дендрология» и «Декоративная дендрология» и в целом программы направлений 250100.62 «Лесное дело» и 250700.62

«Ландшафтная архитектура». Богатейшие коллекционные фонды предоставляют студентам возможность в рамках учебной практики, выездных практических занятий и самостоятельной исследовательской работы закрепить теоретические знания, оценить разнообразие дендрофлоры, комплексно проанализировать все свойства интродуцентов применительно к конкретным условиям произрастания и в итоге дать заключение о перспективности их применения для различных целей в средней полосе России.

Список литературы

1. Коллекционные фонды Ботанического сада-института Марийского государственного технического университета / Л. И. Котова, С. М. Лазарева, Л. В. Сухарева и др.; отв. ред. С. М. Лазарева. Изд. 2-е, доп., испр. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. 152 с.
2. Ботанический сад-институт ПГТУ: история, коллекции, исследования / С. М. Лазарева, С. В. Мухаметова, Л. В. Сухарева [и др.]. Йошкар-Ола: «Стринг», 2014. 108 с.
3. Разумников Н. А. Таланцев В. И., Разумников И. Н. Закономерности накопления биомассы листьев элеутерококка колючего и содержания в них микроэлементов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. № 1 (14). С. 87–95.
4. Лазарева С. М. Закономерности роста побегов второго порядка у некоторых видов рода пихт в Среднем Заволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 1 (17). С. 14–24.
5. Лазарева С. М. Изменчивость и перспективность Сосновых в культуре *ex situ* в подзоне южной тайги // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 3 (19). С. 36–52.
6. Мухаметова С. В. Биохимическая характеристика плодов некоторых видов боярышника в Республике Марий Эл // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 15. С. 103–107.
7. Мухаметова С. В., Таланцев В. И. Весовые показатели плодов боярышника и содержание в них микроэлементов // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 36. № 11. С. 119–127.
8. Мухаметова С. В. Североамериканские боярышники в Среднем Поволжье // Цветоводство. 2014. № 5. С. 40–42.
9. Мухаметова С. В., Лазарева С. М. Сезонный ритм развития видов боярышника, интродуцированных в Республику Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 2 (22). С. 63–76.
10. Карасев В. Н., Карасева М. А., Серебрякова Н. Е., Лазарева С. М. Эколого-физиологическая оценка адаптации хвойных интродуцентов в Среднем Поволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 4 (24). С. 55–66.

RESOURCES OF THE VSUT BSI ARBORETUM TO PREPARE STUDENTS OF «LANDSCAPE ARCHITECTURE» AND «FORESTRY BUSINESS» DIRECTIONS

Mukhametova Svetlana Valeryevna, Serebryakova Natalya Evgenyevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The value of resources the VSUT BSI Arboretum to learn of disciplines «Decorative dendrology» and «Dendrology» in preparing bachelors of «Landscape Architecture» and «Forestry business» directions are presented. The characteristic of the exposure collection funds is given and the basic material students studying in the Arboretum is described.

Keywords: Arboretum, baccalaureate, Landscape architecture, Forestry business

УДК 630*165(470.57)

СОСТОЯНИЕ ОСНОВНЫХ ЛЕСОСЕМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Насырова Эльвира Рифовна, Коновалов Владимир Федорович

ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет», Россия, Уфа
elia1989@mail.ru

Дана оценка современного состояния лесосеменных объектов в Республике Башкортостан. Изучены закономерности роста деревьев и урожайность сосны обыкновенной (Pinus sylvestris L.) на лесосеменных объектах различного происхождения и целевого назначения.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, лесосеменные объекты, урожайность, лесосеменная плантация, постоянный лесосеменной участок

Введение. Возрастающая эксплуатация лесных ресурсов при имеющемся недостаточном естественном возобновлении лесообразующих видов требует разработки новых подходов к созданию высокопродуктивных искусственных насаждений за счет сохранения и использования генофонда наиболее ценных объектов: природных популяций, плюсовых насаждений и деревьев и т.д. Важная роль в этой области отводится лесной селекции, одной из главных задач которой является получение высококачественных семян с улучшенными наследственными свойствами [1].

Повышение продуктивности и качества искусственно создаваемых лесов невозможно без использования генетически ценных семян. Получение таких семян возможно только на объектах единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК), созданных для каждого лесосеменного района с учетом эдафического и типологического происхождения исходного материала [2-4].

Цель работы – изучение состояния и роста сосны обыкновенной на лесосеменных объектах в Республике Башкортостан.

Решаемые задачи: 1) обследование и оценка состояния объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК); 2) изучение состояния и закономерностей роста деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных объектах.

Техника эксперимента. Научные исследования проводились на лесосеменных объектах сосны обыкновенной. Селекционная инвентаризация данных лесосеменных объектов проводилась с учетом требований действующих нормативных документов [5, 6]. Закладка пробных площадей осуществлялась общепринятыми в лесной таксации методами и в соответствии с ОСТ 56-69-83 [7]. В процессе перече́та деревьев сосны обыкновенной на пробных площадях, заложенных на участках ПЛСУ и ЛСП, оценивались их состояние, размерные характеристики стволов и кроны с использованием лесотаксационных инструментов. Проводился отбор лучших особей сосны обыкновенной в качестве объектов для дальнейших селекционно-семеноводческих исследований по оценке закономерностей их роста и интенсивности плодоношения.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались с использованием современных математических методов и прикладных статистических программ.

Анализ результатов. По состоянию на 01.01.2013 г. в Республике Башкортостан имеется ряд основных лесосеменных объектов, общая площадь которых составляет 6796,7 га, в том числе: плюсовые насаждения – 1199,0 га; лесосеменные плантации –

141,5 га; постоянные лесосеменные участки – 747,0 га; архивы клонов – 14,2 га; маточные плантации – 8,3 га; испытательные культуры – 3,9 га; географические культуры – 41,1 га; лесные генетические резерваты – 4641,7 га. Выделено 1241 плюсовых деревьев.

Сосна обыкновенная в республике среди хвойных древесных видов является преобладающей. По данному виду имеются следующие лесосеменные объекты: плюсовые деревья – 721 шт.; плюсовые насаждения – 772,2 га; лесосеменные плантации – 93,4 га; архивы клонов – 13,2 га; маточные плантации – 7,3 га; испытательные культуры – 3,9 га; географические культуры – 13,4 га.

Объемы заготовки высококачественных семян в последние годы имеют тенденцию к снижению. В Республике Башкортостан доля улучшенных семян, заготавливаемых на ЛСП, в общем объеме семянозаготовок за последние годы, не превысила 3,2 % (табл. 1).

Таблица 1

Объем заготовки семян древесных видов

Семена	Годы учета				
	2009	2010	2011	2012	2013
Заготовлено всего, кг	9837,0	33890,0	7822,0	5465,0	3324,0
Хвойных видов, кг/%	4094,0/41,6	3930,0/11,6	4208,0/53,8	3295,0/60,3	1950,0/58,7
Улучшенных семян, кг/%	0,0/0,0	104,0/0,31	17,8/0,23	200,0/3,6	105/3,2

Заготовка лесных семян улучшенной селекционной категории проводится с плюсовых деревьев, плюсовых насаждений, лесосеменных плантаций и постоянных лесосеменных участков. Поэтому в наших исследованиях данным объектам было уделено особое внимание.

Результаты исследований по селекционной оценке плюсовых деревьев сосны обыкновенной позволили установить, что они характеризуются высокими показателями роста и качества древесных стволов, являются продуцирующими. В настоящее время имеется 1241 плюсовое дерево, в том числе: сосны обыкновенной 721 шт. (58,1 %), ели сибирской 104 шт. (8,4 %), ели обыкновенной – 7 шт. (0,6 %), лиственницы Сукачева – 200 шт. (16,1 %), сосны кедровой сибирской – 12 шт. (1,0 %), березы повислой – 67 шт. (5,3 %), липы мелколистной – 130 шт. (10,5 %). Семенной и вегетативный материал плюсовых деревьев является основой создания ценных в селекционном отношении лесосеменных плантаций, маточных плантаций, архивов клонов, испытательных культур, выполняющих функцию сохранения генофонда и обеспечения семеноводства высококачественными улучшенными семенами. За последние годы, к сожалению, наметилась тенденция к сокращению количества плюсовых деревьев по разным причинам.

Лесосеменные плантации, создаваемые семенным и вегетативным путем, являются ценными объектами и предназначены для заготовки семян улучшенной селекционной категории. Лесосеменные плантации (ЛСП) основных лесобразующих видов созданы на площади 141,5 га. В стадии семеношения находятся насаждения на площади 76,8 га (54,3 %), из них сосны обыкновенной 62,4 га (44,1 %). Необходимо проводить своевременные уходы за насаждениями на лесосеменных плантациях, которые будут увеличивать семенную продуктивность произрастающих деревьев. В Республике Башкортостан преобладают ЛСП сосны обыкновенной – 93,4 га (66,0 %), на долю других лесобразующих древесных видов приходится от 1 до 12 % от всей площади данного лесосеменного объекта.

Изучение закономерностей роста сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях позволило установить, что лучшими морфометрическими показателями стволов характеризуются насаждения вегетативного (клонового) происхождения, по сравнению с семенным. Аналогичная закономерность отмечена при оценке качества семян и размерных показателей шишек. Наиболее высокие размеры шишек и качественные показатели семян имеют деревья сосны обыкновенной на клоновых лесосеменных плантациях.

Выявлена высокая изменчивость морфологических и фенологических признаков в пределах отдельных клонов, сопоставимая с межклоновой изменчивостью [8]. Для выявления причин этого необычного явления с применением изоферментных маркеров осуществлен анализ деревьев от случайно отобранных двух клонов на лесосеменных плантациях.

Исследованиями Т. М. Ганиева и В. Ф. Коновалова [8] установлено наличие большой доли примеси в составе клоновых ЛСП. Полученные результаты приведены в таблице 2. Все деревья в составе одного и того же клона должны обладать одним и тем же генотипом. Выявлено, что в составе обоих клонов представлено по 4 разных генотипа.

Таблица 2

Генетический анализ клоновых лесосеменных плантаций сосны обыкновенной

Двухлокусный генотип	Доля разных генотипов (%)	
	Клон 1	Клон 2
Aat-2 ³³ /Aat-3 ²²	50,0	62,5
Aat-2 ²³ /Aat-3 ³³	25,0	-
Aat-2 ¹³ /Aat-3 ¹²	12,5	-
Aat-2 ¹³ /Aat-3 ³³	-	12,5
Aat-2 ³³ /Aat-3 ¹¹	-	12,5
Aat-2 ²² /Aat-3 ¹¹	-	12,5
Aat-2 ³³ /Aat-3 ²³	12,5	-

При анализе полиморфных генов Aat-2 и Aat-3 установлено, что доля примесей составляет 12,5-62,5%. Использование дополнительных полиморфных генов (Gdh-1, Fdh-1, Lap-1, Lap-2, Aph-2, Mdh-1, Mdh-2, Dia-1, Skdh-1) показало, что доля разных генотипов в составе каждого клона увеличивается и об их «чистоте» можно говорить лишь условно.

Полученные результаты и случайный характер отбора клонов для проведения генетического анализа вызывают опасения, что выявленные примеси в составе клонов при создании в лесничестве плантаций с использованием вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной могут носить массовый характер. Использование имеющихся объектов ЕГСК и создание на их базе новых, без генетического анализа и исправления сложившейся ситуации, приведет к тиражированию источников семян сомнительного происхождения и снижению их селекционной ценности.

Постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ) имеются на площади 747,0 га, в том числе сосны обыкновенной – 344,9 га. В стадию семеношения вступили насаждения на площади 428,4 (57,3 %), из них сосны обыкновенной – 228,6 га (30,6 %). Значительную долю всех площадей ПЛСУ занимает сосна обыкновенная – 46,2 % и ель сибирская – 35,2 %, на другие древесные виды приходится от 0,7 % (дуб черешчатый) до 3,9 % (береза повислая, ель обыкновенная) – 10,0% (лиственница Сукачева) занимаемой площади данного лесосеменного объекта. С целью улучшения семеношения дере-

вьев на постоянных лесосеменных участках необходимо своевременно изреживать насаждения для обеспечения хорошего развития кроны семенных деревьев, получения обильного урожая семян, а также создания благоприятных условий для заготовки семенного сырья.

Оценивая состояние и рост сосны обыкновенной на постоянных лесосеменных участках, отметим следующее. Деревья данного вида характеризуются хорошим состоянием, успешным ростом, развитием кроны и продуцированием высококачественных семян. Об успешности роста сосны обыкновенной на постоянных лесосеменных участках по высоте и диаметру стволов свидетельствуют результаты анализа роста модельных деревьев, подтвержденные математическими уравнениями и высокими значениями коэффициентов детерминации.

Выводы. 1. Органами лесного хозяйства Республики Башкортостан на 2009-2018 годы запланирован ограниченный перечень создания объектов ЕГСК: лесосеменных плантаций сосны обыкновенной на площади 41 га, лиственницы Сукачева – 78 га и 30 га ели сибирской, закладка постоянных лесосеменных участков ели сибирской (50 га), лиственницы Сукачева (50 га), дуба черешчатого, березы повислой и липы мелколистной (всего 130 га), архивов клонов (сосны обыкновенной и ели сибирской, по 10 га). Проведенный анализ выявил недостаточность этих мер, в том числе из-за раннего охвата древесных пород в Республике Башкортостан мерами по созданию и использованию объектов существующего единого генетико-селекционного комплекса [1].

2. Для части видов (сосна, отчасти – ель и лиственница) требуется лишь запланированное расширение и продолжение таких работ. Для других широко распространенных видов (пихта сибирская, береза повислая, липа мелколистная, клен остролистный, дуб черешчатый, осина) необходим широкий спектр работ по созданию объектов ЕГСК. Для ряда пород древесных растений (ильмовые, ольха, ивы, тополь черный) приоритетным является выделение генетических резерватов с целью сохранения наиболее уникальных и генетически разнообразных популяций.

3. В разработанном Лесном плане Республики Башкортостан [9] все объекты ЕГСК выделены в особо защитные участки путем установления их границ и запрещения осуществления хозяйственной деятельности, несовместимой с их целевым назначением. Соблюдение вышеизложенных рекомендаций приведет к эффективному использованию, сохранению и воспроизводству ценного генофонда древесных видов в Республике Башкортостан, станет основой повышения продуктивности и устойчивости лесов региона.

Список литературы

1. Состояние и перспективы развития селекции древесных растений в Республике Башкортостан / В. Ф. Коновалов [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2010. Т.69. № 3. С. 98-99.
2. Долголиков В. И. Величина шишек и семян ели на клоновых семенных плантациях // Лесное хозяйство. 1977. № 3. С. 46–47.
3. Ефимов Ю. П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. Воронеж: Изд-во «Истоки», 2010. 253 с.
4. Криворотова Т. Н., Шейкина О. В. Генетическая структура лесосеменных плантаций и насаждений сосны обыкновенной в Среднем Поволжье // Вестник Поволжского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 1(21). С. 77-86.
5. Методика единовременной инвентаризации объектов единого генетико-селекционного комплекса в лесном фонде Российской Федерации. М.: Рослесхоз. 2006. 34 с.

6. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М.: ВНИИЦ Лесресурс. 2000. 197 с.

7. Пробные площади лесоустроительные и лесохозяйственные. Правила закладки / ОСТ 56-69-83. Введ. 1983-01-01. М.: ВО «Леспроект». 1983. 24 с.

8. Ганиев Т. М., Коновалов В. Ф. Оценка репродуктивной способности качества семян на клоновой плантации сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) // Вестник БГАУ. 2013. № 1. С. 92-94.

9. Лесной план Республики Башкортостан. Уфа: НИИ Леса, 2012. 347 с.

STATUS OF THE MAIN FOREST SEED OBJECTS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Nasyrova Elvira Rifovna, Kononov Vladimir Fedorovich

Bashkir State Agrarian University, Russia, Ufa

*The current status of forest seed objects in the Republic of Bashkortostan. The regularities of tree growth and yield of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) .On forest seed objects of different origin and purpose.*

Keywords: Scots pine, forest seed objects, yield, seed orchards, permanent forest land

УДК 630:528.8.04

КАРТИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ за 2001-2014 гг. ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Полевщикова Юлия Александровна, Лежнин Сергей Анатольевич

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

В работе приведены методика и результаты исследования оценки лесов на территории Республики Марий Эл за период 2001-2014 гг. с использованием методов дистанционного зондирования Земли. Проведено картирование динамики лесного покрова на изучаемой территории до и после пожарного периода 2010 года с применением неуправляемой классификации спутниковых снимков среднего разрешения Landsat за 2001, 2011 и 2014 гг. Результаты исследования показали значительное уменьшение в классах лесных насаждений за период 2001-2011 гг. за счет лесных пожаров и лесозаготовок и увеличение площадей лесов за период 2011-2014 гг. за счет восстановления растительного покрова на нарушенных территориях. Карта динамики лесного покрова отражает динамику углеродного баланса на территории Республики Марий Эл за изучаемый период.

Ключевые слова: лесной покров, динамика, классификация, тематическое картирование, спутниковые снимки, дистанционное зондирование

Введение. Решение большинства задач в области устойчивого лесопользования основано на данных о состоянии лесного покрова. Оперативное получение качественной и количественной информации о динамике лесов в результате природного или антропогенного влияния является важным при оценке их биологической продуктивности. В работах такого масштаба находят применение данные дистанционного зондирования Земли – спутниковые снимки, которые помогают отслеживать изменения пространственного распределения лесного растительного покрова [1, 2]. Кроме того, та-

кая информация необходима при разработке алгоритмов и методик, а также прогнозирования результатов на основе моделирования. В таких исследованиях находят применение данные со спутника среднего разрешения Landsat [3, 4].

Важность полученной информации с каждым днем представляет интерес для заинтересованных сторон с целью оценки характера и масштабов распределения лесных насаждений. Картирование динамики лесного покрова за длительный промежуток времени определяет принципы стратегий в отношении устойчивого управления лесными ресурсами. Вопросы моделирования с использованием геоинформационных систем (ГИС) отвечают актуальности проводимых исследований [5, 6]. Совершенствование методик помогает преодолевать преграды и открывает новые возможности для дальнейших исследований на региональном и международном уровнях.

Данное исследование направлено на оценку динамики лесных насаждений за период 2001-2014 гг. для последующего моделирования изменений пространственного распределения лесного растительного покрова в зависимости от факторов влияния на территории Республики Марий Эл (РМЭ).

Цель нашей работы – провести тематическое картирование динамики лесного покрова на территории РМЭ за 2001-2014 гг. с использованием данных спутниковой съемки среднего разрешения Landsat.

Решаемые задачи:

- 1) сбор полевых данных на исследуемой территории;
- 2) создание тематических карт (2001, 2011, 2014) на основе легенды классов растительного покрова;
- 3) формирование тематической карты динамики лесного покрова;
- 4) оценка динамики площадей лесного покрова РМЭ за 2001-2014 гг.

Территория исследования: РМЭ расположена на востоке европейской части России и входит в состав Приволжского федерального округа (рис. 1). Включает в себя 14 районов. Территория представлена разнообразными формами рельефа, связанными с ее геологическим строением, местами встречаются низменности и возвышенности в виде всхолмленных равнин.



Рис. 1. Географическое расположение Республики Марий Эл на карте России

Объектами исследования явились площади лесных классов на территории РМЭ в пределах пяти сцен (за один год) спутниковых изображений Landsat.

Техника и методика научного исследования. На сегодняшний день для мониторинга лесного растительного покрова и создания специальных карт данные с американского спутника «Landsat 8» наиболее перспективны с точки зрения «цена – качество».

Для работы была сформирована бесшовная мозаика разновременных спутниковых снимков (Landsat 5, Landsat 7 и Landsat 8 TM и ETM+) на территорию исследования за вегетационные периоды 2001, 2011 и 2014 гг. Были подобраны следующие сцены покрытия на изучаемую территорию WRS-2 (Worldwide Reference System), Path/Row (колонка/ряд): 172/20-21, 171/20-21, 174/20. Каждый спутниковый снимок прошел процедуру преобразования «Tasseled Cap» [7].

Следующим шагом стало формирование легенды тематических классов на исследуемую территорию. Для определения классов лесного покрова были использованы данные полевых исследований, материалы лесоустройства, единая схема стратификации ГИЛ РФ и единая шкала окраски актуализированных карт-схем лесных страт.

Тематические карты за изучаемые периоды времени были сформированы методом множественной неуправляемой классификации «IsoData» в программном пакете ENVI 5.2. Итоговые карты представляли собой мозаику всех созданных масок на лесные классы за каждый изучаемый год (2001, 2011, 2014).

Оценка точности проводилась в виде сравнения пикселей классов тематических карт с данными сформированных эталонных объектов методом соотношения различий между полученными тематическими картами и данными полевых исследований. Результаты показали значительную степень надежности и согласованности полученных данных с наземными исследованиями.

Для последующего анализа сформированных карт были использованы дополнительные модули программного пакета ArcGIS 10.3 (Spatial Analyst). Работа основывалась на анализе распределения площадей классов лесного покрова. Данное исследование представляет собой сравнительный анализ между классами лесного покрова (изменение площади, переход из одного класса в другой). Тематическое картирование динамики лесного покрова позволяет сделать выводы о смене возрастной структуры и видового состава лесного покрова в пространстве за изучаемый период времени (2001-2014 гг.).

Ключевым моментом исследования является возможность моделирования и прогнозирования пространственного распределения лесного покрова. Кроме того, данная работа может дать ответы на вопрос о том, какие социально-экономические и климатические условия повлияют на пространственное распределение лесов в будущем.

Результаты исследования. В данном исследовании мы использовали комплексный подход для оценки лесных насаждений в РМЭ и дальнейшего тематического картирования динамики лесного покрова за 2001-2014 гг. с применением данных спутниковой съемки и методов ГИС-технологий.

Применяемые в работе спутниковые снимки прошли предварительную обработку для устранения искажений и выравнивания спектральных характеристик. Результатом множественной неуправляемой классификации спутниковых снимков стали сформированные тематические карты за 2001, 2011 и 2014 гг., отражающие пространственное распределение лесного растительного покрова на территории РМЭ (рис. 2).

На основе сформированных тематических карт была создана карта динамики лесного покрова, отражающая изменение площадей лесов. На рисунке 3 графически представлена динамика лесных классов по районам РМЭ за исследуемый период времени. Общая площадь лесного покрова уменьшилась на 4% за период 2001-2011 гг. и увеличилась на 13% за период 2011-2014 гг. Основным интересом представили изменения по площадям в классах хвойных насаждений, нарушенных в результате лесных пожаров и лесозаготовок.

Рис. 2. Тематические карты распределения лесного покрова на территории РМЭ (2001, 2011 и 2014 гг.)

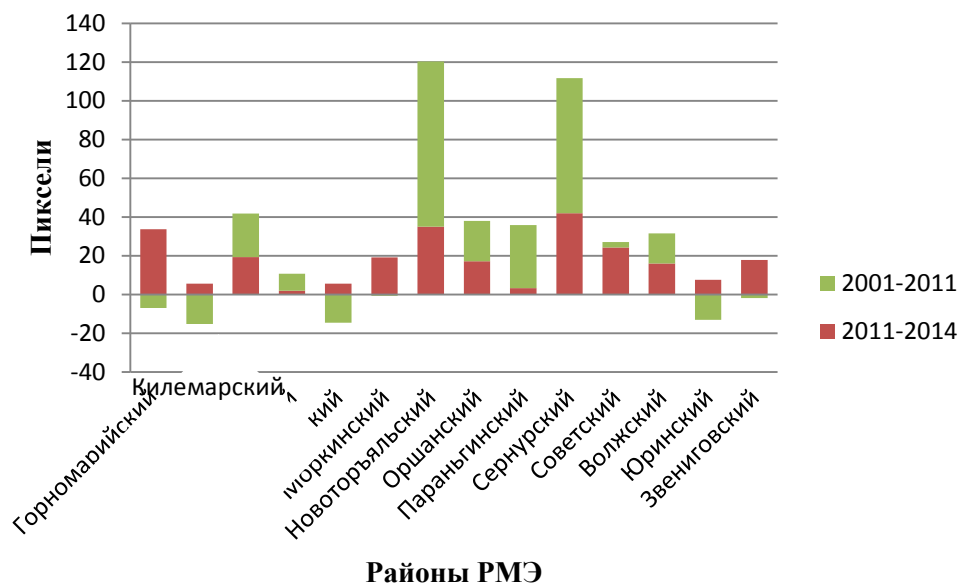


Рис. 3. Изменения в классах лесных насаждений

Исследования в области динамики растительного покрова служат основой для анализа пространственного распределения [8]. Выявление изменений является важным показателем при дальнейших исследованиях. Это необходимо для объяснения того, что и как происходит в течение изучаемого периода времени.

Результаты данной работы станут основой для моделирования пространственного распределения лесов средствами ГИС (Geostatistical Analyst) с учетом социально-экономических и климатических условий.

Выводы. Флора изучаемой территории находится на границе южной тайги и смешанных (хвойных и лиственных) лесов. Основная доля площадей лесных земель приходится на южную и юго-западную часть РМЭ.

Основные изменения в лесном покрове связаны с заготовкой древесины, лесными пожарами и усыханием еловых древостоев в результате засухи 2010 года (в связи с увеличением роли изменения климата). Кроме того, во время этого периода заболоченные территории (торфяники, земли с избыточным увлажнением) были более опасными с точки зрения лесных пожаров. Это объясняется уменьшением площадей этих классов в течение периода 2001-2011.

Оценка динамики лесного покрова носит фундаментальный характер [9, 10]. Результаты, представленные в статье, послужат основой для пространственно-временного анализа состояния лесных насаждений в РМЭ, а также моделирования изменений с использованием ГИС-технологий.

Для принятия решений устойчивого лесопользования своевременный и точный анализ картографических данных является важным показателем. Практическое использование результатов данного исследования важно для решения производственных вопросов в условиях изменения климата и роли лесов в глобальном цикле углерода.

Список литературы

1. Czewinski, C.J. Mapping forest growth and decline in a temperate mixed forest using temporal trend analysis of Landsat imagery, 1987-2010 / C.J. Czewinski, D.J. King, S.W. Mitchell // Remote Sensing of Environment. Volume 141, 2014. P. 188-200.
2. Griffiths, P. Forest disturbances, forest recovery, and changes in forest types across the carpathian ecoregion from 1985 to 2010 based on Landsat image composites / P. Griffiths, T. Kuemmerie, M. Baumann, V.C. Radeloff, I.V. Abrudan, J. Lieskovsky, C. Munteanu, K. Ostapowicz, P. Hostert // Remote Sensing of Environment. Volume 151, 2014. P. 72-88.
3. Ohmann J.L., Gregory M.J., Roberts H.M., Cohen W.B., Kennedy R.E., Yang Z. Mapping change of older forest with nearest-neighbor imputation and Landsat time-series // Forest Ecology and Management. №272, 2012. P. 13-25.
4. Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э. А. Курбанов [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 3. С. 82-92.
5. Методика выявления степени повреждения древостоев после пожаров 2010 года в Среднем Поволжье / О. Н. Воробьев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 4. С. 217-229.
6. Четыре десятилетия исследований лесов по снимкам Landsat / Э. А. Курбанов [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 1(21). С. 18-32.
7. Моделирование пространственного распределения видов с использованием геоинформационных систем / А. В. Егошин // ArcReview. Корпоративные ГИС для всех и для каждого. 2013. № 1 (64).
8. Lu D., Li G., Moran E., Hetrick S. Spatiotemporal analysis of land-use and land-cover change in the Brazilian Amazon // International Journal of Remote Sensing. Volume 34, Issue 16, 2013. P. 5953-5978.
9. Grecchi R.C., Gwyn Q.H.J., Béné G.B., A.R. Formaggio Assessing the spatio-temporal rates and patterns of land-use and land-cover changes in the Cerrados of southeastern Mato Grosso, Brazil // International Journal of Remote Sensing. Volume 34, Issue 15, 2013. P. 5369-5392.
10. Loboda T.V., Krankina O.N., Kurbanov E.A. Understanding Origins and Impacts of Drought // Eos, Transactions American Geophysical Union. 2012. Vol. 96(43). P. 417.

**MAPPING OF FOREST COVER DYNAMIC IN THE REPUBLIC OF MARI EL FOR 2001-2014
WITH THE USE OF REMOTE SENSING**

Polevshchikova Iuliia Alexandrovna, Lezhnin Sergey Anatolyevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The paper presents the methodology and results of study to assess of forests in the Republic of Mari El for the period 2001-2014 using remote sensing. Mapping of forest cover dynamics in the study area before and post-fire period 2010 year with the use of an unsupervised classification of Landsat images of medium resolution of 2001, 2011 and 2014 was performed. The results showed a significant decrease in forest cover for 2001-2011 due to the forest fires and logging and an increase in forest cover over the period 2011-2014 due to reforestation on disturbed area. The map of forest cover dynamics reflects the dynamics of the carbon balance in the Republic of Mari El over the study period.

Keywords: forest cover, dynamic, classification, thematic mapping, satellite images data, remote sensing

УДК 630*165.6

СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В АРХИВЕ КЛОНОВ

Прохорова Елена Валерьевна

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

Представлены результаты исследований по изучению роста клонов ели на архиве в зависимости от географического происхождения и клоновой принадлежности. Показана возможность сохранения генофонда плюсовых деревьев в архиве клонов, а также оценки наследственных свойств плюсовых деревьев для введения их потомств на лесосеменные плантации.

Ключевые слова: ель, плюсовые деревья, клоновое потомство, архив клонов, сохранение генофонда

Введение. Возрастающие масштабы лесопользования, массированное загрязнение окружающей среды вызывают неуклонное сокращение видового и формового разнообразия древесной растительности, в конечном итоге – снижение устойчивости, качественного состава и продуктивности лесных биоценозов, утраты перспективы их генетического улучшения в будущем [1]. Как подчеркивают многие авторы, особенно важно сохранение биоразнообразия при создании объектов семеноводства. Необходимо всемерно сохранить хозяйственно ценные экземпляры отобранных и испытанных плюсовых деревьев [2-5]. Это целесообразно для улучшения и сохранения ценного генофонда, а также и для того, чтобы в будущем нашим потомкам не пришлось искусственно создавать потерянные сегодня уникальные сочетания генов [6].

Архив клонов – коллекционные насаждения, создаваемые с целью сохранения генофонда лесных пород. При сохранении генофонда плюсовых деревьев исходят из того, что каждый генотип уникален, при гибели этого дерева потеря его генотипа невозполнима. Архив клонов используют также в качестве экспериментальных объектов с целью оценки наследственных свойств плюсовых деревьев [7].

Цель работы – проанализировать сохранность 19-летних клонов на архиве, изучить рост клонов ели в зависимости от географического происхождения и клоновой принадлежности.

Объект исследования и методы работы. Архивная клоновая плантация ели была заложена в Нолькинском лесничестве Учебно-опытного лесхоза МарГТУ (ныне ПГТУ) в квартале 20 в 1991 году.

Площадь участка 6 га. Тип лесорастительных условий – С2, тип леса – ельник липовый. Окружающие насаждения – липняки снытьевые. Обработка почва проводилась полосами, с корчевкой пней в полосе. Расстояние между центрами полос – 4 м. В полосе шириной 2 м производилась двухрядная посадка трехлетними сеянцами ели европейской. Расстояние между рядами 1 м, шаг посадки – 0,8 м.

В качестве подвоя использовались саженцы ели, достигшие высоты около 1 м. Прививка проводилась в каждой полосе, ряды делились на 4-метровые отрезки, в каждом отрезке делали по четыре прививки черенками одного клона. Схема смешения клонов – рендомизированная. Одноименные клоны размещали как можно дальше друг от друга. Прививки производились способом «за кору» во второй декаде мая. Было

сделано прививок 1318 черенками с 88 плюсовых деревьев из Республики Марий Эл, Удмуртской Республики, Нижегородской и Кировской областей (далее в тексте – марийские, удмурдские, кировские, нижегородские).

В августе 2009 года подсчитано количество рамет по клонам. У 88 клонов измерены высота и окружность ствола на высоте 1,3 м.

Деревья с одной раметой в статистическую обработку не включали. В анализ вошли 64 клон, представленные 421 раметой.

Результаты исследования. Согласно «Указаниям по лесному семеноводству в РФ» [7], в архиве клонов каждый клон должен быть представлен 15-20 раметами. На обследованном архиве только пять клонов отвечают этому требованию. У 54 клонов имеется меньше десяти рамет. Тем не менее, все 88 клонов сохранены и могут быть размножены как способом прививки, так и в культуре *in vitro*.

На архиве представлен 31 нижегородский клон, что составляет (35,2 %), 6 удмуртских клонов (6,8 %), 16 кировских (18,2 %) и 35 марийских клонов (39,8 %).

Сравнивая средние значения высот 19-летних клонов разного географического происхождения, можно видеть, что наибольшее среднее значение высоты оказалось у нижегородских клонов – 7,05 м, что достоверно больше, чем у кировских и удмуртских ($t_d = 2,3$ и $3,37$ соответственно) (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели высоты клонов (м) в зависимости от географического происхождения

Клоны	X	$\pm S_x$	min	max	V, %	Счет	t_d от 1	t_d от 2	t_d от 3
1. Нижегородские	7,05	0,18	2,5	13	31,4	160	-	1,52	2,3
2. Марийские	6,7	0,15	1,7	11	30,1	184	1,52	-	1,28
3. Кировские	6,29	0,28	1,7	10	32,8	53	2,30	1,28	-
4. Удмуртские	5,5	0,43	2	9	38,1	24	3,37	1,75	1,55
Среднее	6,71	0,1	1,7	13	31,8	421			

Несколько меньшее среднее значение высоты имеют клоны из Республики Марий Эл – 6,7 м. Но среднее значение высоты марийских клонов достоверно не отличается ни от горьковских, ни от кировских ни от удмуртских ($t_d = 1,52$, $1,28$ и $1,75$, соответственно). Среднее значение высоты кировских клонов составило 6,29 м, а удмуртских – 5,5 м. Эти высоты достоверно между собой не различаются ($t_d = 1,55$).

Результаты дисперсионного анализа зависимости высоты от географического происхождения клонов свидетельствуют, что доля влияния географического происхождения на высоту клонов составила 3,5 %.

Анализ высоты клонов показал, что среднее значение высоты изучаемых клонов составило 6,7 м. Минимальная высота – 1,7 м оказалась у раметы клона № КА117, а максимальная высота – 13,0 м у раметы клона № Г109. Самая низкая рамета в 7,6 раза ниже самой высокой. Поэтому изменчивость высоты по архиву большая – 31,8 %.

Дисперсионный анализ показал, что изменчивость высоты клонов не зависит от клоновой принадлежности ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$).

Тем не менее, можно выделить группы клонов по высоте: высокие (быстрорастущие), средние, низкие (отстающие в росте) клоны. В группу высоких и низких клонов вошли клоны, отличающиеся по высоте от среднего значения высоты ($t_d \geq 2,0$) (табл. 2).

В результате анализа в группу высоких вошли девять клонов: Г109, М162, КУ172, Г62, Г120, М74, Г52, КА111, М89. Среднее значение высоты у этой группы составляет 7,9 м. Эта группа составляет 14,1 % от общего числа клонов в данном архиве.

Таблица 2

Статистические показатели высоты по группам высот (м) (фрагмент)

Группы	Клон	X	$\pm Sx$	δ	min	max	V, %	Счет	t_d от среднего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высокие	Г109	8,66	0,83	2,34	5,75	13	27,1	8	2,33
	М162	7,68	0,4	1,05	6	9	13,7	7	2,35
	КУ172	7,86	0,46	1,21	6	9	15,5	7	2,44
Средние	КА118	6,78	0,75	1,83	3,5	8,5	27,0	6	0,09
	И329	6,5	0,98	2,41	3	9	37,1	6	0,21
	М14	6,85	0,5	2,07	3,5	9,5	30,2	17	0,27
Низкие	Г40	6,5	0,5	2,34	3	11,5	36	22	0,41
	КА117	4,7	0,94	2,31	1,7	8,5	49,1	6	2,13
	М38	5,57	0,47	2,03	2,8	10,5	36,4	19	2,37
	Г189	4,25	0,75	1,06	3,5	5	25,0	2	3,25
	среднее	6,71	0,1	2,13	1,7	13	31,8	421	

В группу низких вошли шесть клонов: КА117, М128, М38, М18, Г189, М16. Среднее значение высоты – 5,1 м. Эта группа составляет 9,4 % от общего числа клонов на архиве.

В группу средних входят все оставшиеся клоны, значение высоты у которых близко к среднему значению высоты (6,7 м). Эта группа составляет 76,5 % от общего числа клонов.

Статистические показатели окружности ствола в зависимости от географического происхождения показаны в таблице 3.

Таблица 3

Статистические показатели окружности ствола клонов (см) в зависимости от географического происхождения

Клоны	X	$\pm Sx$	min	max	V, %	Счет	t_d от 1	t_d от 2	t_d от 3
1. Нижегородские	26,1	0,86	7	58	41,5	160	-	1,45	2,3
2. Марийские	24,5	0,72	4	48	40,1	184	1,45	-	1,37
3. Кировские	22,4	1,36	5	39	44,2	53	2,30	1,37	-
4. Удмуртские	18,2	1,71	8	38	44,8	24	4,14	3,38	1,92
Среднее	24,5	0,5	4	58	42,0	421			

Сравнивая средние значения окружности ствола клонов разного географического происхождения, можно видеть, что наибольшее среднее значение окружности ствола оказалось у нижегородских клонов – 26,1 см, что достоверно больше, чем у кировских и удмуртских ($t_d = 2,3$ и 4,14 соответственно). Среднее значение окружности ствола у клонов из Республики Марий Эл составило 24,5 см. Среднее значение окружности ствола марийских клонов достоверно не отличается ни от горьковских, ни от кировских ($t_d = 1,45$ и 1,37 соответственно). Окружность ствола марийских клонов достоверно больше этого показателя у удмуртских клонов ($t_d = 3,38$).

Среднее значение окружности ствола кировских клонов составило 22,4 см, а удмуртских – 19,2 см. Эти окружности ствола достоверно между собой не различаются ($t_d = 1,92$).

Дисперсионный анализ зависимости окружности от географического происхождения клона выявил, что изменчивость окружности клонов на 3,4 % обусловлена географическим происхождением клонов.

При анализе высоты и окружности ствола клонов разного географического происхождения наблюдается общая закономерность – и по высоте, и по окружности ствола лучшие показатели имеют нижегородские клоны, за ними идут марийские, потом Кировские. Хуже всех растут клоны из Удмуртии.

Среднее значение окружности ствола составило 24,5 см, минимальное значение окружности ствола оказалось равным 4 см, а максимальное значение окружности ствола – 58 см. То есть максимальное значение окружности ствола превысило минимальное в 14,5 раза. Изменчивость окружности ствола по архиву большая – 42,0 %.

Дисперсионный анализ показал, что изменчивость значения окружности ствола не зависит от клоновой принадлежности.

Для анализа роста клонов по окружности ствола изучаемые клоны распределены по группам: толстые, средние и тонкие. В группу толстых и тонких клонов будут входить клоны, которые достоверно отличаются от среднего значения окружности ствола ($t_d \geq 2,0$) (табл. 4).

Таблица 4

Статистические показатели окружности ствола клонов по группам толщины (см) (фрагмент)

№п/п	Клон	X	± Sx	δ	min	max	V, %	Счет	t _d от среднего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толстые	M89	31	3,19	6,38	25	40	20,6	4	2,02
	Г52	31,5	3,27	8,02	21	39	25,5	6	2,12
	КУ172	32,57	2,41	6,37	20	38	19,6	7	3,28
Средние	Г40	24,26	2,47	11,58	8	54	47,5	22	0,09
	И329	21	3,37	8,25	10	30	39,3	6	1,02
	M14	28	2,82	11,63	11	45	41,5	17	1,23
	КА117	18,5	4,25	10,41	5	31	56,3	6	1,40
Тонкие	КА118	18,83	2,65	6,49	12	29	34,5	6	2,10
	Г60	22	1	1,73	21	24	7,9	3	2,23
	M38	18,74	1,89	8,24	9	41	44,0	19	2,94
	среднее	24,49	0,5	10,28	4	58	42,0	421	

В результате в группу толстых вошли три клона: M89, Г52, КУ172. Значение окружности ствола у этих клонов лежит в пределах от 20 до 40 см. Среднее значение составляет 31,7 см. Эта группа составляет 4,7 % от общего числа всех клонов.

В группу тонких вошли двенадцать клонов: КА118, И321, Г60, Г103, И336, М128, М18, М149, КА110, М38, И335, КО93. Значение окружности ствола у этих клонов изменяется от 8 до 41 см. Среднее значение окружности ствола 17,4. Эта группа составляет 18,8 %.

В группу средних входят все оставшиеся клоны, значение окружности ствола у которых близко к среднему значению окружности (24,49). Эта группа составляет 75,5 % от общего числа.

Выводы. 1. На изученном архиве клонов ели сохранились все 88 клонов, которые были привиты в 1991 году. Но количество рамет у большинства клонов недостаточно, поэтому необходимо их размножить способом прививки или в культуре *in vitro*.

2. Клоновое потомство на архиве клонов представлено клонами различного географического происхождения: из Республики Марий Эл, Удмуртской Республики, Нижегородской и Кировской областей.

Наибольшее среднее значение высоты и окружности ствола оказалось у нижегородских клонов.

Дисперсионный анализ выявил следующее:

- изменчивость окружности ствола и высоты клонов на 3,4-3,5 % обусловлена их географическим происхождением;
- изменчивость высоты и окружности ствола клонов не зависит от клоновой принадлежности ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$).

3. Для целей семеноводства, для создания лесосеменных плантаций следует использовать клоны, предварительно прошедшие оценку по семенному потомству в испытательных культурах, по клоновому потомству на архивах клонов.

Проведенный анализ выявил наиболее перспективные клоны, имеющие показатели высоты Г109, М162, КУ172, Г62, Г120, М74, Г52, КА111, М89 и окружности ствола М89, Г52, КУ172, достоверно большие по сравнению со средними значениями:

- 1) среди клонов Республики Марий Эл: М89, М162, М 74;
- 2) среди клонов Кировской области: КУ172, КА 111;
- 3) среди клонов Нижегородской области: Г52, Г189, Г109, Г 120.

Клоны, вошедшие в группу растений с высотой, достоверно меньше средней, нецелесообразно использовать в семеноводческих целях до тех пор, пока они не пройдут оценку в испытательных культурах.

Список литературы

1. Мамаев С. А., Махнев А. К., Семериков Л. Ф. Проблема биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах // Лесоведение. 1996. № 5. С. 3-10.
2. 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. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2008. № 3. С. 43-49.
3. Прохорова, А. А., Прохорова Е. В. Изменчивость морфометрических показателей семян ели на архиве клонов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. № 1. С. 23-27.
4. Новиков П. С., Шейкина О. В., Криворотова Т. Н. Изменчивость плюсовых деревьев сосны обыкновенной на архиве клонов по ISSR-маркерам // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 3. С. 82-88.
5. Прохорова А. А., Шейкина О. В., Гладков Ю. Ф. Генетическая изменчивость вегетативного потомства плюсовых деревьев ели на архиве клонов в Республике Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 2. С. 91-100.
6. Царев А. П., Лаур Н. В. Вопросы и проблемы плюсовой селекции // Лесной вестник. 2006. № 5. С. 118-123.
7. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М., 2000. 199 с.

A CONSERVATION OF SPRUS PLUS TREES IN THE CLONAL ARCHIVE

Prokhorova Elena Valerevna

Volga state university of technology, Russia, Yoshkar-Ola

The results of studies of the spruce clones growth on the archive depending on the geographical origin and clonal origin are presented. A possibility of plus trees genetic conservation in the clonal archive are shown, as well as assessing the hereditary characteristics of plus trees in order to introduce their offspring to the seed orchards.

Keywords: *spruce, plus trees, clonal progeny of clones archive, preserve the gene pool*

УДК 630*235.9

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА ГАРЯХ УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ПГТУ

**Романов Евгений Михайлович, Нуреева Татьяна Владимировна,
Мухортов Дмитрий Иванович, Хусаинов Ильназ Ильфатович**

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

Анализируется состояние лесных культур сосны, созданных по ресурсосберегающей технологии, в Учебно-опытном лесничестве ПГТУ. Оценивается их результативность. Показана экологическая значимость данных лесных культур в создании высокопродуктивных насаждений.

Ключевые слова: искусственное лесовосстановление, ресурсосберегающая технология лесовосстановления, лесные культуры, трехразмерное размещение растений на площади

Введение. Ускоренное выращивание высокопродуктивных лесных культур является средством удовлетворения долгосрочных стратегических потребностей общества в древесине, позволяющих не только получать высококачественное сырье, но и сохранять природные ресурсы страны.

При ускоренном лесовыращивании эффект достигается за счет комплекса мероприятий, в котором одна операция дополняет и усиливает действие другой. А правильно выбранные густота посадки и размещение посадочных мест играют важнейшую роль в обеспечении быстрого роста и высокой производительности лесных культур.

В настоящее время, в связи с обострением экологической обстановки, удорожанием энергоносителей, лесокультурное производство должно быть переведено на эколого-ресурсосберегающие технологии, охватывающие период от выращивания крупномерного посадочного материала до формирования насаждений, обеспечивающих получение планируемого целевого конечного результата искусственного лесовосстановления [1].

Предприятия, ведущие лесное хозяйство, проводят лесовосстановление главным образом либо естественным путем, либо по технологии позапрошлого века (посадка под меч Колесова), что противоречит требованиям технологии интенсивного ведения лесного хозяйства [2]. Отсутствие возможности прохода техники между рядами культур ведет к отказу от уходов за ними и, следовательно, к снижению сохранности и продуктивности насаждений.

Разработкой технологий создания и выращивания устойчивых насаждений в трудных для лесовосстановления и, кроме того, в пожароопасных боровых условиях занимались многие ученые и лесоводы (А. А. Юницкий, Г. К. Незабудкин, И. С. Аверкиев, А. Р. Чистяков, Н. В. Еремин, В. А. Бочкарев и др.) [3-6].

Работы по производству культур механизированным способом были начаты в 1959 году коллективом Учебно-опытного лесхоза и кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ ПГТУ вначале на вырубках с временно избыточно-застойным увлажнением почв. На вырубках производилась частичная корчевка пней в полосах шириной 2,5-3 м с расстоянием между центрами полос 6-9 м. Подготовка раскорчеванной полосы включала в себя очистку площади от пней, вычесывание корней

и выравнивание поверхности почвы бульдозером, двукратное дискование тяжелой дисковой бороной БДТ-3. По раскорчеванным полосам производилась механизированная посадка двухлетних сеянцев двухрядной лесопосадочной машины конструкции В. А. Бочкарева, которая производила одновременно нарезку плужных борозд и посадку.

Агротехнический уход за культурами осуществлялся навесным плугом-культиватором, состоящим из навесного двухотвального плуга, который обеспечивал рыление борозды и придавал всему агрегату устойчивое движение по борозде. Рабочие органы, обеспечивающие рыление почвы, взяты от дискового культиватора ДЛКН-6,8. Лесоводственный уход проводился кусторезом КН-ПЛТИ [7].

Данную технологию впоследствии применили при создании лесных культур на гарях 1972 года. Было использовано трехмерное размещение культур на площади, которое предполагало чередование узких и широких междурядий [3]. При такой технологии обеспечивалась экономия затратных ресурсов за счет уменьшения первоначальной густоты и количества посадочного материала, трудовых и материальных затрат на 1 га культур. Эта технология способствует формированию культур высокой биологической устойчивости и обеспечивает противопожарную защиту насаждений.

Лесокультурный опыт данного периода свидетельствует о том, что соблюдение основных правил выполнения технологических операций при создании и выращивании культур способствует формированию высокопродуктивных насаждений с преобладанием в составе культивируемой породы. Следовательно, оценка лесоводственной эффективности разработанной ресурсосберегающей технологии на основании изучения эколого-биологических особенностей, а также роста и продуктивности культур сосны является на сегодня актуальной задачей.

Целью исследований являлось обобщение результатов применения ресурсосберегающей технологии лесовосстановления на гарях учебно-опытного лесничества ПГТУ.

Решаемые задачи: выявление площадей и анализ лесоводственно-таксационных показателей искусственных насаждений сосны, созданных по ресурсосберегающей технологии в Учебно-опытном лесничестве, по данным лесоустройства.

Методика исследований. Для решения задачи были использованы разработанные методы и методика определения оценочных показателей искусственных насаждений [8]. Материалом для анализа служили: электронная поведельная база данных, содержащая детальную таксационную характеристику культур сосны с двухрядным биогрупповым размещением, произрастающих на территории Учебно-опытного лесничества ПГТУ, на 1.01.2012 года. Работа с базами данных заключалась в последовательной сортировке исходных данных по возрасту, полноте, классам бонитета и доле участия целевой породы. Цифровой материал обработан на РС IBM с использованием пакета программ Excel.

Интерпретация результатов и их анализ. Лесные культуры сосны по ресурсосберегающей технологии были созданы в Нолькинском участковом лесничестве на площади 360 га, из них сохранилось насаждений на площади 353,9 га (сохранность 98 %), что составляет 6,9 % от покрытой лесом площади. Молодняки занимают площадь 203,5 га или 57,5 %, средневозрастные – 150,4 га или 42,5 %. Общий запас культур составляет 15,01 тыс. м³ или 4,6 % от общего запаса насаждений Нолькинского лесничества.

В результате исследований было выявлено, что 33 % сосновых культур с трехмерным размещением произрастают в условиях А₂, 16 % – в условиях В₂, 47 % – в условиях С₂. В остальных типах лесорастительных условий доля площадей не превышает 4 %.

Возраст искусственных древостоев сосны варьирует незначительно. В культурах сосны, созданных по технологии с попарно-сближенными рядами, преобладают насаждения I (21-40 лет) и II классов возраста (41-60 лет), 57,2 % культур находятся в возрасте 31-40 лет; 28,7 % – 41-50 лет; 13,8 % – 51-60 лет (табл. 1).

Таблица 1

Возрастная структура культур сосны в различных ТЛУ

ТЛУ	Площадь лесных культур сосны различного возраста: числитель – га, знаменатель – %				
	21-30	31-40	41-50	51-60	Общий итог
A ₁ -A ₃ , в т.ч. A ₂	<u>1,1</u> 0,9	<u>119,7</u> 99,1	0,0	0,0	<u>120,8</u> 100,0
B ₂ -B ₄ , в т.ч. B ₃	0,0	<u>28,3</u> 41,4	<u>20,8</u> 30,4	<u>19,3</u> 28,2	<u>68,4</u> 100,0
C ₂	0,0	<u>54,4</u> 33,0	<u>80,7</u> 49,0	<u>29,6</u> 18,0	<u>164,7</u> 100,0
Общий итог	<u>1,1</u> 0,3	<u>202,4</u> 57,2	<u>101,5</u> 28,7	<u>48,9</u> 13,8	<u>353,9</u> 100,0

Характер распределения площади культур сосны по составу древостоев показывает, что участие в них главной породы в различных ТЛУ сильно варьирует (табл. 2).

Таблица 2

Распределение площади культур сосны в различных ТЛУ по доле участия в их составе главной породы

ТЛУ	Возраст	Площадь участков с различной долей участия, ед.							
		4	5	6	7	8	9	10	Общий итог
A ₁ -A ₃ , в т.ч. A ₂	21-30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
	31-40	0,0	1,0	0,6	0,0	9,2	80,5	8,7	100,0
	в целом	0,0	1,0	0,6	0,0	9,1	79,8	9,5	100,0
B ₂ -B ₄ , в т.ч. B ₃	31-40	4,9	0,0	48,1	10,2	17,0	0,0	19,8	100,0
	41-50	0,0	21,6	0,0	78,4	0,0	0,0	0,0	100,0
	51-60	0,0	0,0	0,0	50,3	0,0	49,7	0,0	100,0
	в целом	2,0	6,6	19,9	42,3	7,0	14,0	8,2	100,0
C ₂	31-40	0,0	41,2	0,0	36,8	17,5	4,6	0,0	100,0
	41-50	8,1	18,1	2,7	33,3	22,9	14,9	0,0	100,0
	51-60	0,0	39,9	4,1	18,2	19,9	14,2	3,7	100,0
	в целом	3,9	29,6	2,1	31,8	20,6	11,4	0,7	100,0
Общий итог		2,2	15,4	5,0	22,9	14,0	35,2	5,1	100,0

В условиях свежих боров минимальная доля участия сосны составляет 8 единиц, большая часть насаждений на 90 % представлены сосной. В свежих суборах более половины площадей созданных культур сосны имеют в своем составе 70 % культивируемой породы. Каждый третий гектар созданных по ресурсосберегающей технологии культур в своем составе имеет от 8 и более единиц сосны. В свежих сураменах, где велика межвидовая конкуренция, доля участия сосны в составе искусственных древостоев начинается с 4 единиц. Это говорит о том, что в суборах и сураменах сформировались смешанные культуры сосны, т.е. в широких 6-9 метровых междурядьях, оставляемых для зарастивания, успешно появилось естественное возобновление. Зачастую в богатых условиях лесные культуры зарастают вследствие несвоевременного проведения уходов, или же эти уходы вообще отсутствуют. Немаловажно заметить, что все культуры имеют в своем составе долю главной породы от 4 единиц, что свидетельствует об устойчивости двухрядных био групп в межвидовой конкуренции.

Одним из важнейших показателей, отражающих степень реализации потенциальной производительности древостоев, является их относительная полнота, которая изменяется в гораздо более значительных пределах, от 0,4 до 1,0 (табл. 3). Во всех типах лесорасчетных условий преобладает доля высокополнотных древостоев (0,7 и выше).

Таблица 3

Распределение площади культур сосны в различных ТЛУ по их полноте

ТЛУ	Возраст	Доля участия участков различной полноты, %							
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Общий итог
А ₁ -А ₃ , в т.ч. А ₂	21-30	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
	31-40	2,8	0,6	1,0	64,5	28,3	0,3	2,4	100,0
В ₂ -В ₄ , в т.ч. В ₃	31-40	0,0	0,0	4,9	63,6	30,0	0,0	1,4	100,0
	41-50	0,0	0,0	12,0	13,0	39,4	35,6	0,0	100,0
	51-60	0,0	0,0	0,0	50,3	0,0	49,7	0,0	100,0
С ₂	31-40	17,5	0,0	0,0	0,0	82,5	0,0	0,0	100,0
	41-50	0,0	0,0	0,0	8,8	65,3	25,9	0,0	100,0
	51-60	0,0	0,0	0,0	13,9	86,1	0,0	0,0	100,0

Немаловажное значение имеет обоснование оптимальной густоты и размещения посадочных мест при ускоренном лесовыращивании. Известно, что при отсутствии возможности механизации уходов с помощью катков-осветлителей культуры на богатых почвах зарастают лиственными породами и существенно снижают производительность вследствие их отенения. Применение данной технологии создания культур путем формирования биогрупп из нескольких рядов и оставления широких междурядий позволяет полностью механизировать весь комплекс работ по созданию и выращиванию культур, обеспечить проведение профилактических противопожарных мероприятий и способствует сохранению лесной среды и естественного возобновления лиственных пород.

Как видно из данных таблицы 4, в борových и суборевых условиях ширина рядов между двурядными биогруппами оставалась постоянной и составляла 9 м. В условиях же свежих сураменей ширина изменялась в пределах 6-10 м.

Таблица 4

Распределение площади культур сосны в различных ТЛУ по вариантам размещений и доле участия главной породы

ТЛУ	Ширина междурядий, м	Площадь лесных культур сосны: числитель – га, знаменатель – %							
		4	5	6	7	8	9	10	Общий итог
А ₁ -А ₃ , в т.ч. А ₂	9,0	<u>0,0</u>	<u>1,2</u>	<u>0,7</u>	<u>0,0</u>	<u>11,0</u>	<u>96,4</u>	<u>11,5</u>	<u>120,8</u>
		0,0	1,0	0,6	0,0	9,1	79,8	9,5	100,0
В ₂ -В ₄ , в т.ч. В ₃	9,0	<u>1,4</u>	<u>4,5</u>	<u>13,6</u>	<u>28,9</u>	<u>4,8</u>	<u>9,6</u>	<u>5,6</u>	<u>68,4</u>
		2,0	6,6	19,9	42,3	7,0	14,0	8,2	100,0
С ₂	6,0	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>
		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
	7,0	<u>0,0</u>	<u>2,8</u>	<u>0,0</u>	<u>5,4</u>	<u>8,9</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>17,1</u>
		0,0	16,4	0,0	31,6	52,0	0,0	0,0	100,0
	7,5	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>5,9</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>5,9</u>
		0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
	8,0	<u>4,3</u>	<u>6,9</u>	<u>0,0</u>	<u>31,1</u>	<u>1,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>43,3</u>
		9,9	15,9	0,0	71,8	2,3	0,0	0,0	100,0
	9,0	<u>2,2</u>	<u>39,1</u>	<u>3,4</u>	<u>15,8</u>	<u>13,4</u>	<u>18,7</u>	<u>0,0</u>	<u>92,6</u>
		2,4	42,2	3,7	17,1	14,5	20,2	0,0	100,0
	10,0	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>4,7</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>4,7</u>
		0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0

Выводы

1. Результаты исследований показывают, что культуры, созданные по технологии с попарно-сближенными рядами, на период исследования отличаются более высокой производительностью, устойчивостью биогрупп из сближенных рядов и могут рекомендоваться для восстановления не покрытых лесом площадей, в т.ч. гарей. Однако при искусственном лесовосстановлении в нынешних условиях не всегда реализуются все естественные и искусственные факторы, влияющие на рост древесных растений и обеспечивающие успешность лесных культур.

2. Если рассматривать способы лесовосстановления, согласно Правилам лесовосстановления 2007 года, то 2,2 % насаждений, созданных с использованием ресурсосберегающей технологии, можно отнести к комбинированному лесовосстановлению, 97,8 % – к искусственному.

3. Направленность формирования состава древостоев из лесных культур зависит в основном от типов лесорастительных условий. Успешно созданные лесные культуры прошлых лет, организация и агротехника их производства – это пример, показывающий, как можно обеспечить ускоренное воспроизводство леса, используя естественные и искусственные факторы для повышения производительности.

Список литературы

1. Романов Е. М., Еремин Н. В., Нуреева Т. В. Состояние и проблемы воспроизводства лесов России // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2007. № 1. С. 5-14.
2. Романов Е. М., Онучин Е. М. Подходы к разработке и исследованию инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 3. С. 3-9.
3. Незабудкин Г. К. Типы лесных культур сосны на вырубках и гарях в сосняках Марийской АССР. Йошкар-Ола, 1961. 47 с.
4. Незабудкин Г. К. Рекомендации по борьбе с майским хрущем и проведению лесовосстановительных мероприятий в его очагах в лесах МАССР. Йошкар-Ола, 1966. 47 с.
5. Незабудкин Г. К., Еремин Н. В. Типы лесных культур сосны на землях Гослесфонда Марийской АССР. Йошкар-Ола, 1969. 72 с.
6. Юницкий А. А. Лесоводственная характеристика марийских горельников и восстановительные процессы на гарях 1921 года по данным Марийской экспедиции 1926 года. Йошкар-Ола, 1933. 82 с.
7. Незабудкин Г. К., Еремин Н. В., Романов Е. М. Лесные культуры: опытно-производственные объекты образовательного и научного назначения: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. 184 с.
8. Романов Е. М., Еремин Н. В., Нуреева Т. В. Методика определения оценочных показателей искусственных насаждений при устойчивом управлении воспроизводством леса. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. 40 с.

SUMMARY OF RESULTS OF REFORESTATION RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES TO SLASH AREAS TRAINING AND EXPERIMENTAL FOREST DISTRICTS VOLGA STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

*Romanov Evgenii Mikhailovich, Nureyeva Tatyana Vladimirovna,
Mukhortov Dmitry Ivanovich, Khusainov Ilnaz Ilfatovich*

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Analyzes the state of the forest cultures of a pine, created by the resource-saving technologies, training and experimental forestry Volga State University of Technology. Assess their impact. It is shown that the environmental importance of these forest cultures in the creation of highly productive plantations.

Keywords: Artificial reforestation, resource-saving technology of reforestation, forest plantations

УДК 58.006:634.1:634.24

ЭКСПОЗИЦИЯ «ДИКОПЛОДОВЫЕ РАСТЕНИЯ»: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Тимурғалиева Лариса Алексеевна, Мухаметова Светлана Валерьевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
timulari@mail.ru

На базе Ботанического сада-института ПГТУ сформирована коллекция дикоплодовых растений, отвечающая требованиям плодородства в условиях рискованного земледелия Среднего Поволжья. В статье рассматриваются основные принципы закладки сада нетрадиционных плодовых культур, современное состояние коллекции и перспективы дальнейшего использования экспозиции в рамках концепции развития БСИ ПГТУ.

Ключевые слова – нетрадиционные плодовые культуры, дикоплодовые растения, сорт, экспозиция, плодоношение, селекция

Введение. Коллекция нетрадиционных плодовых растений формируется в Ботаническом саду-институте ПГТУ с 90-х годов прошлого столетия [1]. В 2006 году были начаты работы по реконструкции экспозиции «Дикоплодовые растения», первоначальная площадь которой составляла 0,5 га. В рамках этого проекта был также освоен новый участок площадью 0,7 га, занятый ранее березовым древостоем.

Цель работы – проанализировать современное состояние экспозиции «Дикоплодовые растения» и определить перспективы ее развития.

Решаемые задачи – дать характеристику коллекционных фондов экспозиции, представить первые результаты научных исследований и определить перспективные направления развития.

Изложение результатов. Целью создания экспозиции является представление коллекции современных сортов нетрадиционных плодово-ягодных культур. В проект были включены сорта дикоплодовых культур с ценными пищевыми и лекарственными свойствами, удовлетворяющие таким требованиям, как устойчивость к условиям континентального климата, высокая и регулярная урожайность, хорошие вкусовые качества плодов, значительное содержание биологически активных веществ и витаминов [2].

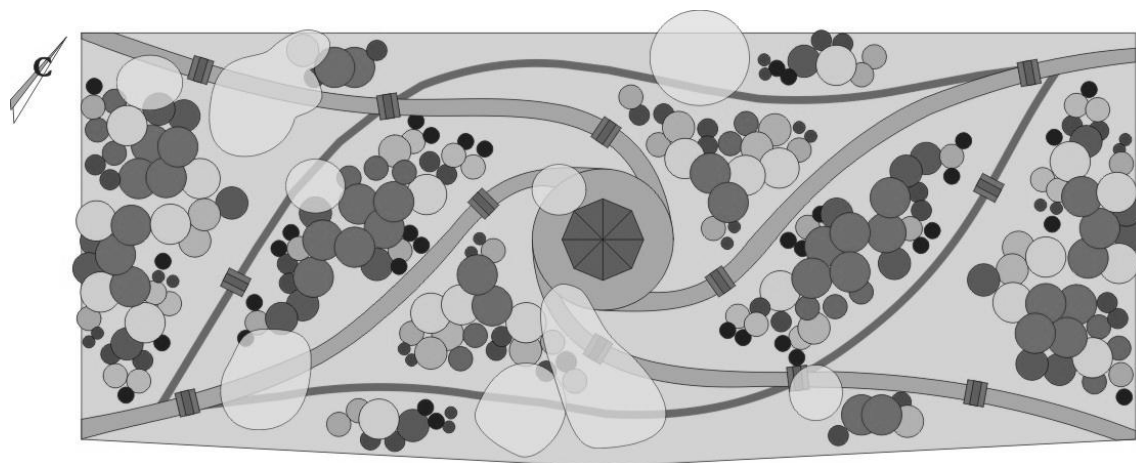


Рис. 1. Схема экспозиции «Дикоплодовые растения»

Согласно планировочному решению (рис. 1), новый участок состоит из восьми частей, на которых сформированы древесно-кустарниковые группы. Зеркальный принцип позволяет, с одной стороны, поддерживать баланс композиции, а с другой – дает возможность визуально оценивать группы со всех точек экспозиции.

Основополагающим фактором при размещении растений в группах было обеспечение перекрестного опыления, которое необходимо большинству сортов дикоплодовых растений для обильного плодоношения. Также учитывалось сочетание декоративных свойств растений: высота, форма кроны, окраска листьев, плодов и цветков, сроки цветения и плодоношения [3].

В настоящее время коллекция дикоплодовых растений насчитывает 23 вида и 129 культиваров – всего 152 таксона древесных растений, относящихся к 17 родам из 9 семейств: Черемуха (*Padus* – 34), Рябина (*Sorbus* – 28), Облепиха (*Hippophae* – 21), Калина (*Viburnum* – 12), Актинидия (*Actinidia* – 9), Роза (*Rosa* – 9), Яблоня (*Malus* – 8), Ежевика (*Rubus* – 5), Вишня (*Cerasus* – 4), Голубика (*Vaccinium* – 4), Лещина (*Corylus* – 4), Арония (*Aronia* – 3) и др. [4].

Большая часть имеющихся в экспозиции сортов черемухи относится к Новосибирской селекции: ‘Сахалинская Устойчивая’, ‘Памяти Саламатова’, ‘Мавра’, ‘Августина’, ‘Пурпурная Свеча’, ‘Сибирская Красавица’, ‘Плотнокистная’, ‘Самоплодная’ и другие [5]. Рябина представлена такими сортами, как ‘Гранатная’, ‘Титан’, ‘Рубиновая’, ‘Алая Крупная’, ‘Бурка’, ‘Невежинская’, ‘Вефед’ и др. Часть из них является гибридами рябины и боярышника, имеет приятный вкус и крупные плоды.

Большой интерес представляют сорта шиповника, полученные в результате гибридизации розы майской и розы Уэбба. Плоды данных сортов содержат большое количество витамина С, а в зоне плодоношения побеги не имеют колючек, что значительно облегчает сбор сырья. Это такие сорта как ‘Капитан’, ‘Хиромант’, ‘Румяный’, ‘Багряный’, ‘Рух’. Коллекция включает сорта калины ‘Красная Гроздь’, ‘Гранатовый Браслет’, ‘Ульгень’, ‘Жолобовская’, ‘Дачная’, ‘Зарница’, селекция которых проводилась на повышенное содержание биоактивных веществ в плодах.

Сорта актинидии ‘Находка’, ‘Парковая’, ‘Сентябрьская’, ‘Дальневосточная’, ‘Малосемянка’, ‘Сорока’ размещены вдоль дорожек на перголах. Селекция данных сортов проводилась по таким признакам, как повышенное содержание в плодах витамина С и различные сроки созревания плодов (ранние, средние, поздние).

К настоящему времени подавляющее большинство представленных в коллекции растений вступило в фазу генеративного развития, что позволило начать исследования по оценке параметров цветения и плодоношения имеющихся сортов.

В 2014 году было проведено изучение показателей плодоношения 12 сортов черемухи, в том числе номерных гибридов селекции В. С. Симагина (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск). Плоды собирали в фазу массового созревания, длину генеративного побега (кисти) и количество плодов определяли в 30 повторностях. Массу 100 штук измеряли на электронных весах в 3 повторностях. Отношением массы извлеченных косточек к массе навески плодов определяли их выход, выраженный в процентах; разницу принимали за содержание мякоти. Данные обработаны с помощью пакета анализа Microsoft Excel. Сорта разделены на группы с низким и высоким значением показателей относительно среднего значения. Уровень изменчивости оценен по Г. Н. Зайцеву [6].

Результаты исследования приведены в таблице. Можно видеть, что плоды изученных сортов черемухи начинали созревать с 28 июня по 18 июля, в среднем – 9 июля. К раносозревающим сортам отнесены: ‘Колората’, ‘Розовая’, ‘Зеленоплодная из Бочкара’, ‘Самоплодная’, ‘13-4-94’, ‘13-8-34’; к поздносозревающим – ‘Сахалинская Устой-

чивая', 'Плотнокистная', '13-4-91', 'Красный Шатер', 'Пурпурная Свеча', 'Сибирская Красавица'.

Параметры плодоношения сортов черемухи в 2014 г.

Наименование сорта	Дата начала созревания плодов	Длина кисти (генеративного побега), см	Количество плодов в кисти, шт.	Масса 100 шт. плодов, г	Содержание мякоти в плодах, %
'Зеленоплодная из Бочкара'	2.VII	13,2±0,29	6,7±0,44	36,3±1,86	79,8±0,88
'Колората'	28.VI	14,6±0,26	6,8±0,33	32,7±0,13	81,4±0,16
'Красный Шатер'	18.VII	11,2±0,38	5,4±0,29	68,0±1,56	83,4±0,07
'Плотнокистная'	11.VII	14,3±0,22	11,5±0,58	46,6±1,73	85,4±0,63
'Пурпурная Свеча'	18.VII	11,1±0,40	5,2±0,33	53,9±0,98	81,4±0,21
'Розовая'	28.VI	13,5±0,32	7,6±0,49	29,9±0,41	81,0±1,51
'Самоплодная'	5.VII	12,7±0,26	10,5±0,64	51,3±2,12	84,9±0,57
'Сахалинская Устойчивая'	9.VII	—	—	36,9±1,12	77,6±1,25
'Сибирская Красавица'	18.VII	10,0±0,19	2,5±0,09	56,7±1,09	87,0±0,21
'13-4-91'	11.VII	13,8±0,31	9,1±0,44	97,3±2,33	87,9±0,19
'13-4-94'	7.VII	12,5±0,48	7,8±0,49	108,9±2,46	88,5±0,29
'13-8-34'	7.VII	15,1±0,52	3,8±0,14	120,1±3,13	88,0±0,05
среднее	9.VII±2,1	12,9±0,48	7,0±0,38	61,6±1,68	83,9±0,5
Коэффициент вариации, %	5,5	12,4	39,0	50,1	4,3

Примечание: «—» – нет данных.

Средняя длина кисти у изученных черемух варьировала от 10,0 до 15,1 см, коэффициент вариации составил 12,4 %, что свидетельствует о нормальном варьировании признака (нижняя норма). Среднее количество плодов в кисти колебалось от 2,5 до 11,5 шт., коэффициент вариации равен 39,0 %, что входит в верхнюю норму варьирования.

Средняя масса 100 плодов изменялась от 29,9 ('Розовая') до 120,1 г ('13-8-4'), уровень изменчивости значительный (50,1 %). Средние значения содержания мякоти характеризовались небольшим варьированием (4,3 %) и колебались от 77,6 % до 88,5 %. Выявлена положительная корреляция между массой плодов и содержанием в ней мякоти ($r=0,80$), то есть в более крупных плодах содержалось больше мякоти.



Рис. 2. Плоды сортов черемухи:

а – 'Зеленоплодная из Бочкара', б – 'Плотнокистная', в – 'Самоплодная', г – '13-4-94'

Изученные сорта черемухи разделены на мелко- и крупноплодные. В группу мелкоплодных входят 'Розовая', 'Колората', 'Зеленоплодная из Бочкара', 'Сахалинская

Устойчивая', 'Плотнокистная', 'Самоплодная', 'Пурпурная Свеча', 'Сибирская Красавица' (рис. 2). К группе крупноплодных отнесены 'Красный Шатер' и гибриды '13-4-91', '13-4-94', '13-8-4', которые представляют практическую ценность в качестве пищевого ресурса.

Перспективы использования экспозиции «Дикоплодовые растения» в деятельности БСИ ПГТУ отражены в концепции плана комплексного развития сада. Во-первых, экспозиция является объектом для проведения учебных практик и дипломного проектирования студентов Института леса и природопользования ПГТУ, а также может быть использована в рамках курсов дополнительного образования и повышения квалификации. Во-вторых, коллекция представляет несомненную ценность для научно-исследовательской работы, в том числе селекции новых сортов дикоплодовых растений. В-третьих, на базе коллекций экспозиции предусматривается экскурсионная деятельность, включающая общие и тематические экскурсии для различных категорий посетителей (школьников, студентов, пенсионеров, специалистов и т.д.). Тематика экскурсий посвящена плодовым и декоративным яблоням, формам плодовых древесных растений, нетрадиционным плодовым растениям. В-четвертых, коллекция может быть предоставлена для проведения уроков биологии, географии, живописи, литературы и др.

Таким образом, экспозиционный участок «Дикоплодовые растения» позволяет решать следующие задачи:

- изучать дикоплодовые растения в условиях интродукции в РМЭ;
- использовать коллекцию для обучения студентов Института леса и природопользования ПГТУ;
- провести на базе экспозиции НИР и НИРС;
- представлять многообразие селекционных форм дикоплодовых растений и пропагандировать нетрадиционные плодовые растения с улучшенными пищевыми и декоративными свойствами в зоне рискованного земледелия;
- использовать коллекцию в пищевых и лекарственных целях;
- дает возможность применять нетрадиционные плодовые растения в ландшафтном дизайне.

Выводы. Изучение и формирование коллекции «Дикоплодовые растения», а также современное ее использование базируются на приоритетных направлениях развития научно-технических исследований в области рационального использования биологических ресурсов. Научные исследования, проводимые на основании экспозиции, нацелены на обогащение биологического разнообразия региона и рациональное использование генетических ресурсов растений. Дальнейшее формирование экспозиции будет направлено на дополнение ее новыми сортами и гибридами, которые будут актуальны в современном садоводстве и плодоводстве.

Список литературы

1. Идеи ученого воплощаются в жизнь (к 70-летию со дня рождения Михаила Михайловича Котова 27.11.1939 – 15.03.2003) / Е. М. Романов [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2009. № 3. С. 91–94.
2. Ботанический сад-институт ПГТУ: история, коллекции, исследования / С. М. Лазарева [и др.]. Йошкар-Ола: «Стринг», 2014. 108 с.
3. Тимурғалиева Л. А. Экспозиция «Дикоплодовые растения» в Ботаническом саду-институте МарГТУ // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные

исследования: мат-лы всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-лет. со дня рожд. академ. Л. Н. Андреева (5–7 июля 2011 г., Москва). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 638–639.

4. Коллекционные фонды Ботанического сада-института Марийского государственного технического университета / Л. И. Котова [и др.]; отв. ред. С. М. Лазарева. Изд. 2-е, доп., испр. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. 152 с.

5. Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири / А. Б. Горбунов [и др.]; науч. ред. И. Ю. Коропачинский, А. Б. Горбунов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Центральный сибирский ботанический сад. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. 290 с.

6. Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.

THE EXPOSITION «WILD FRUIT PLANTS». CURRENT STATE AND PROSPECTS

Timurgalieva Larisa Alekseevna, Mukhametova Svetlana Valeryevna

Botanical Garden-Institute of Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The collection of wild fruit plants formed in the Botanical Garden-Institute of Volga State University of Technology. It meets the requirements of fruit growing in risky agriculture conditions in the Middle Volga Region. This article discusses the basic principles of non-traditional fruit crops garden, the current state and prospects of further exposition use within the concept of the VSUT BGI development.

Keywords: non-traditional fruit crops, wild fruit plants, variety, exposition, fruits, selection

УДК 630.232

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СНИЖЕНИЯ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В КОРНЕЗАКРЫВАЮЩИХ СУБСТРАТАХ ПРИ СВЧ-ОБЛУЧЕНИИ

*Толчин Александр Эдуардович, Мухортов Дмитрий Иванович,
Дрошнев Ольга Николаевна*

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

Приведены результаты исследования закономерности снижения всхожести семян мари белой в корнезакрывающих тепличных субстратах при СВЧ-облучении. Определены оптимальные режимы СВЧ-облучения для обеспечения стерильности субстрата от семян сорных растений.

Ключевые слова: СВЧ-облучение, мари белая, субстрат, сорняк, семена, сеянцы сосны

Введение. На сегодняшний день, в связи с развитием тепличного лесопитомнического хозяйства актуальной проблемой является использование стерильного питательного субстрата. Стерильность питательного субстрата зависит от таких факторов, как вид торфа (низинный, переходный, верховой), из которого изготавливается субстрат, и его места заготовки, технологии производства субстрата и условий его хранения на территории предприятия [1-3]. Торфяной питательный субстрат может содержать в себе большое количество семян сорных растений. В тепличных условиях семена сор-

ных растений прорастают быстро, а их мощная корневая система сильно угнетает культурные растения, снижая продуктивность тепличного пространства.

Сегодня тепличные комплексы используют традиционные способы для дезинфекции питательных корнезакрывающих субстратов, основным элементом которых является его нагрев. Нагрев тепличных субстратов может осуществляться либо горячим водяным паром при применении различных видов торфов в качестве основы субстрата, либо за счет деятельности микроорганизмов при саморазогреве компостируемой смеси при производстве нетрадиционных субстратов из органических отходов [4]. Данные способы дезинфекции обладают высокой производительностью, однако воздействие пара незначительно и неравномерно, а затраты на топливо и электроэнергию, используемые для производства горячего пара и транспорта субстрата, увеличивают себестоимость контейнерных семян. Применение автоклавов в промышленном масштабе, обеспечивающих обработку материалов водяным паром под давлением, в настоящее время не нашло широкого применения из-за низкой производительности, а также сложностей в обеспечении техники безопасности.

Одним из путей дезинфекции тепличных субстратов может стать использование СВЧ-облучения. Преимуществами СВЧ-облучения является возможность дезинфекции субстратов в промышленном масштабе, а также возможность стерилизации пластиковой тары и кассет при вторичном использовании. Вторым преимуществом является экономия времени, трудозатрат, расходных материалов и электроэнергии [5, 6].

Цель работы – выявление закономерности снижения всхожести семян сорных растений и обоснование способа с использованием СВЧ-облучения корнезакрывающих тепличных субстратов.

Решаемые задачи: 1) определить различные варианты режима СВЧ-облучения (продолжительность и мощность облучения) питательного субстрата, произведенного на основе верхового торфа и комплексных минеральных удобрений, а также дополненного семенами мари белой; 2) исследовать прорастание семян и роста сорных растений в течение вегетационного периода в зависимости от режима СВЧ-облучения субстрата; 3) исследовать рост однолетних семян сосны обыкновенной, выращенных на питательном субстрате на основе верхового торфа, подверженном СВЧ-облучению; 4) определить оптимальный режим СВЧ-облучения тепличного субстрата.

Техника эксперимента. Объектами исследования являются семена сорных растений (марь белая), торфяной питательный субстрат на основе верхового торфа и воздействие на них различных режимов СВЧ-облучения.

Опытные объекты располагались в малом тепличном комплексе на территории Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета, а экспериментальные опыты проводились в лаборатории «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» ЦКП «ЭБЭЭ».

Подготовительные работы включали сбор семян мари белой, сушку, и извлечение семян от чашуек и примесей, приготовление питательного субстрата. Сбор семян мари белой осуществлялся в августе 2013 года. Для очистки семян сорняка от примесей применялась установка для очистки и сортировки семян ВСС (Швеция) на базе учебно-производственного тепличного комплекса ПГТУ.

Первоначальные варианты режима СВЧ-облучения составляли 350 различных режимов облучения, а каждый вариант включал еще по 3 повторности. Для уменьшения количества вариантов режима облучения отсекались «ненужные» варианты, то есть такие варианты, которые не показали бы эффективного результата согласно литературным данным. В данном случае для снижения жизнеспособности семян сорняка

необходимо прогреть их до температуры близкой, к 100 °С. Данный показатель температуры питательного субстрата зависит от влажности субстрата, мощности СВЧ-облучения и времени обработки.

Для начала работы подготавливались образцы субстрата, определялась их средняя влажность при помощи влагомера марки ADS-50. Средняя влажность питательного субстрата составила 55 %. Затем каждый образец доводился до различной влажности – 25 %, 35 %, 45 %, 55 %, 65 %, 75 %, 85 %. Образцы субстрата помещались в пластиковую тару объемом 1 литр и облучались в СВЧ-печи. Показания температуры облученного субстрата определялись при помощи электронного термометра MULTI-THERMO.

При отборе «рабочих» режимов СВЧ-облучения мы руководствовались «минимальными» эффективными (температура, близкая к 100 °С) характеристиками. Для влажности субстрата данный показатель составил 75 %, а время обработки при мощности 350 Вт – 8 минут, при 500 Вт – 6 минут, 800 Вт – 4 минуты. Для сравнения в схему эксперимента были добавлены мощности – 70 и 150 Вт при времени обработки 10 минут.

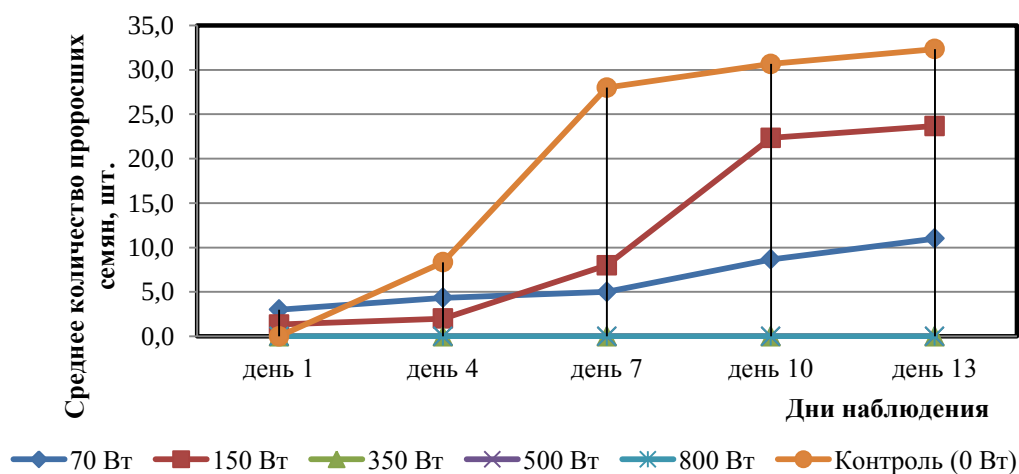
После определения рабочей влажности весь питательный субстрат доводился до влажности 75%. Из рабочего питательного субстрата изымались пробы, равные объему 3 пластиковых контейнеров марки «Ардатов-40» (объем пробы = 9120 см³). Каждая проба насыщалась семенами сорняка мари белой в количестве 150 штук.

Приготовленные пробы субстрата с семенами помещались в СВЧ печь и подвергались СВЧ-облучению согласно вариантам режима облучения. После обработки субстрат, модифицированный семенами мари белой, помещался в контейнеры «Ардатов-40», которые расставлялись в теплице с поликарбонатным покрытием.

Подсчет всхожести семян мари белой осуществлялся с 1 по 13 день с периодом между наблюдениями 3 дня.

Для оценки влияния СВЧ-облучения тепличных субстратов на рост сеянцев сосны обыкновенной в каждую ячейку контейнера «Ардатов-40» высевалось по одному семени сосны. В конце вегетационного периода у сеянцев сосны определялись биометрические показатели, такие как высота стволика, диаметр корневой шейки, длина корневой системы и биомасса органов молодых древесных растений.

Анализ результатов. Результаты наблюдений за всхожестью семян мари белой после СВЧ-облучения питательного субстрата представлены на рисунке.



Динамика прорастания семян мари белой

Установлено, что при обработке тепличного субстрата СВЧ-облучением мощностью 350-800 Вт продолжительностью от 4 до 8 минут обеспечивает нулевую всхожесть семян мари белой. На остальных вариантах наибольший пик всхожести семян приходится на 7-10 день, а на 13 день интенсивность прорастания семян сорняка спадает. В целом можно сказать, что СВЧ-облучение оказало положительный результат на стерилизацию тепличного субстрата от семян сорняка на всех вариантах, так как значения грунтовой всхожести семян мари белой на опытных вариантах существенно меньше, чем на контроле. При режиме СВЧ-облучения мощностью 150 Вт и 10 минут, оказало стимулирующий эффект на прорастание семян мари белой.

Грунтовая всхожесть семян мари белой при мощности облучения 350-800 Вт оказалась нулевой, а при мощности 70-150 Вт составила 21,3 и 38,2 %. На контрольном варианте доля проросших семян составила 66,2 %.

Таким образом, рекомендуемые режимы СВЧ-облучения питательного субстрата для целенаправленного уничтожения семян сорных растений являются:

- мощность 350 Вт, время обработки 8 минут, влажность субстрата – 75 %;
- мощность 500 Вт, время обработки 6 минут, влажность субстрата – 75 %;
- мощность 800 Вт, время обработки 4 минуты, влажность субстрата – 75 %.

При использовании СВЧ-облучения могут изменяться свойства питательного тепличного субстрата, что отразится на биометрических параметрах культивируемых растений.

Результаты исследований показали, что сеянцы сосны обыкновенной, выращенные на субстрате, обработанном СВЧ при режиме мощностью 800 Вт в течение 4 минут, характеризуются лучшими линейными показателями (табл. 1).

Таблица 1

Влияние СВЧ-облучения тепличного субстрата на линейные параметры сеянцев сосны обыкновенной

Мощность СВЧ облучения, Вт	Время обработки, мин.	Высота стволика, см $\bar{X}_{\text{ср}} \pm m_x$	Длина корневой системы, см $\bar{X}_{\text{ср}} \pm m_x$	Диаметр корневой шейки, мм $\bar{X}_{\text{ср}} \pm m_x$
350	8	$8,61 \pm 0,12$	$15,19 \pm 0,51^*$	$1,27 \pm 0,01$
500	6	$8,85 \pm 0,15^*$	$15,54 \pm 0,72^*$	$0,94 \pm 0,02^*$
800	4	$9,86 \pm 0,14^*$	$14,65 \pm 0,65^*$	$1,50 \pm 0,01^*$
Контроль		$8,72 \pm 0,16$	$16,76 \pm 0,55$	$0,98 \pm 0,01$

Примечание: * – различие существенно на 5 % уровне значимости ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{критич.}}$), $t_{\text{критич.}} = 3,88$.

Установлено, что высота стволика в 1,2, а диаметр корневой шейки в 1,5 раза больше, чем у сеянцев на контрольном варианте. Вместе с тем длина корневой системы преобладает у сеянцев, питательный субстрат которых не подвергался СВЧ-облучению. Это свидетельствует о том, что без подавления роста сорняков сеянцам приходится конкурировать с травянистой растительностью за потребление питательных веществ, воду и свет. Различие средних показателей между значениями линейных показателей сеянцев сосны, полученных с опытных и контрольных вариантов, существенно на всех режимах СВЧ-облучения, кроме варианта обработки субстрата мощностью 350 Вт в течение 8 минут, что доказано на 5 % уровне значимости.

Максимальные значения биомассы имеют сеянцы сосны обыкновенной, выращенные на субстрате, подвергнутому СВЧ-облучению мощностью 800 Вт продолжительностью 4 минуты (табл. 2). Масса корневой системы 100 растений в 1,3, стволиков

в 1,2, а хвои в 1,3 раза больше, чем масса соответствующих органов растений на контрольном варианте.

Таблица 2

Влияние СВЧ-облучения тепличного субстрата на биомассу органов семян сосны обыкновенной

Мощность СВЧ облучения, Вт	Время обработки, мин	Биомасса органов семян, г/100 шт.			
		корней	стволиков	хвои	общая
350	8	7,68	2,52	13,77	23,97
500	6	9,41	2,39	17,57	29,37
800	4	12,19	3,76	18,02	33,97
Контроль		9,21	3,25	13,44	25,90
НСР ₀₅		2,32*	2,40	6,99	8,21
Грасч.		6,97	0,77	1,29	3,05
Гтабл.		4,07			

Примечание: * – различие существенно на 5 % уровне значимости (Грасч. > Гтабл.).

Существенность различия биомассы органов молодых древесных растений между вариантами опыта была доказана только по подземной части семян. При этом достоверное на 5 % уровне значимости превышение массы корней 100 растений, полученных с контрольного варианта, было для варианта обработки тепличного субстрата СВЧ-облучением мощностью 800 Вт в течение 4 минут. По остальным частям растений существенности различий доказано не было.

Таким образом, обработка тепличного субстрата СВЧ-облучением не оказывает существенного влияния на биомассу семян сосны обыкновенной, а некоторые различия между опытными и контрольными вариантами в большей степени связаны с конкуренцией молодых древесных растений с сорняками при произрастании на одной территории.

Выводы

1. Грунтовая всхожесть семян мари белой в тепличном субстрате при мощности его облучения 350-800 Вт нулевая, при мощности 70-150 Вт составляет 21,3 и 38,2 %. На контроле грунтовая всхожесть семян составила 66,2 %.

2. Наилучшие показатели линейных параметров и биомассы имеют семена сосны обыкновенной, выращенные на субстрате, обработанном СВЧ при режиме мощностью 800 Вт продолжительностью 4 минуты.

3. Рекомендуемый режим СВЧ-облучения питательного субстрата для целенаправленного уничтожения семян сорных растений является режим с мощностью СВЧ-облучения 800 Вт, времени обработки 4 минуты и влажности субстрата – 75 %.

Список литературы

1. Жигунов А. В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / Федеральная служба лесного хозяйства России, НИИ лесного хозяйства. СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. 294 с.
2. Mathers H. M. A place to stand and a place to grow. Arner. Nurseryman. 2004. 199(6): 26-31.
3. Raviv M.R., Medina S. (1997) Physical characteristics of separated cattle manure compost. Compost Sci. Util.: 44–47.

4. Мухортов Д. И., Романов Е. М. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 3. С. 20–35.

5. Полевик Н. Д. Методы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием импульсных СВЧ-излучений: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02. Челябинск. 2007. 344 с.

6. Старунов А. В., Нурписов Ж. А., Жикеев А. А. Влияние электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на всхожесть семян сорных растений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46), ч. 1. С. 63-66.

NATURAL DECREASE GERMINATION OF WEED SEEDS IN ROOT CLOSING SUBSTRATE AT MICROWAVE IRRADIATION ROOT CLOSING

Tolchin Alexander Eduardovich, Muhortov Dmitri Ivanovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The results of the study patterns of decline in seed germination Marie White in kornezakryvayuschi substrate at microwave irradiation. The optimal mode of microwave radiation to ensure sterility of the substrate from the seed germination of weeds.

Keywords: *microwave irradiation, pigweed white substrate, weed seeds, pine seedlings*

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 628.87:519.25

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПО ОЦЕНКЕ ВРЕМЕНИ ЗРИТЕЛЬНОГО ОЩУЩЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Алиев Марат Туфикович

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

Предложена математическая модель оптимизации яркости монитора по оценке времени зрительного ощущения операторов видеодисплейных терминалов. Разработана блок-схема алгоритма оптимизации рабочего места, которая состоит из трех основных этапов: оценка времени зрительного ощущения, кодирование значений факторов и принятия мер по обеспечению нормальной работы оператора.

Ключевые слова: время ощущения, алгоритм оптимизации, зрительное утомление, видеодисплейный терминал, зрительный анализатор, рабочее место

Введение. В своей профессиональной деятельности человек испытывает длительное влияние внешних и внутренних производственных факторов, что, несомненно, приводит к формированию повышенной психоэмоциональной напряженности и хронической усталости.

В настоящее время одним из видов такой деятельности является операторское сопровождение видеодисплейных терминалов (ВДТ) вычислительных комплексов. В свою очередь, длительное воздействие и напряженная зрительная работа при близком расстоянии к ВДТ приводит к развитию новых форм функциональных зрительных расстройств, связанных с нейрофизиологической нагрузкой на зрительный анализатор (ЗА) – зрительное утомление. В связи с широким внедрением вычислительных комплексов с ВДТ в промышленное производство, научно-техническую и другие сферы деятельности проблемы зрительного утомления затрагивают не только профессиональных операторов, но и широкий круг пользователей в учебных заведениях и в домашних условиях.

Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что продолжительность работы, особенно во время наблюдения за экранными формами на ВДТ, служит основным фактором, вызывающим зрительное утомление. Ряд исследователей отме-

чает, что эффективность зрительных функций снижается через два часа непрерывной работы за монитором. Изучение зрительных расстройств показало, что при утомлении происходят не только функциональные изменения ЗА (сокращение объема аккомодации, изменение мышечного баланса и ухудшение характеристик центральной нервной системы) [1-4].

Установлено, что время ощущения ЗА является информативным параметром зрительного утомления и позволяет оценить снижение зрительных функций через 2 часа в условиях монотонной непрерывной работы за ВДТ [5].

Исследование зрительного утомления по оценке времени ощущения выполнялось при 8-часовой рабочей смене, регламентированные перерывы продолжительностью 15 минут предоставлялись через 2 часа после начала рабочей смены и через 2 часа после обеденного перерыва. Обеденный перерыв предоставлялся через 4 часа после начала рабочей смены. Во время работы все операторы вводили один и тот же текст, при максимальной индивидуальной скорости ввода. Оценка динамики времени ощущения проводилась в начале рабочего дня, после перерывов и через каждые 30 минут работы [6].

Целью исследования является разработка алгоритма оптимизации рабочего места по оценке времени зрительного ощущения оператора ВДТ для обеспечения комфортной работы.

Решаемые задачи: 1) предложить математическую модель для оптимизации яркости монитора в соответствии с освещением рабочего места; 2) разработать алгоритм оптимизации рабочего места по оценке времени зрительного ощущения оператора ВДТ.

Математическое моделирование. Одной из главных задач является проверка математической модели объекта, описывающей в количественной форме взаимосвязи между входными и выходными параметрами объекта. В качестве входных параметров возьмем те, которые в данной системе мы можем регулировать для повышения уровня комфорта пользователя. Такими параметрами являются уровень яркости монитора и количество запускаемых программ для релаксации глаз.

Для современных жидкокристаллических мониторов уровень яркости составляет в среднем 250 кд/м^2 , и его возможно уменьшить до 150 кд/м^2 , эти значения примем за верхний и нижний предел регулирования яркости монитора.

Согласно СНиП 23-05-95 нормируемая освещенность рабочего места в соответствии с требуемыми требованиями при зрительной работе за ВДТ должна составлять не менее 400 лк. Примем возможным изменение этого показателя варьирования в пределах до 500 лк, эти значения определим как верхний и нижний пределы регулирования освещения рабочего места оператора [7, 8].

Для точного математического описания отклика системы при минимальном количестве экспериментов разработан план полного факторного эксперимента, который подразумевает проведение 9 опытов.

Составим таблицу соответствия натуральных уровней кодированным для каждого из факторов, также запишем интервалы манипулирования (табл. 1).

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Ед. изм.	Диапазон варьирования (e)	Натуральные уровни, соответствующие кодированным (X)		
			-1	0	1
x_1 – яркость монитора	кд/м ²	100	150	200	250
x_2 – освещение	лк	100	400	450	500

Кодированные значения факторов x связаны с натуральными через диапазон варьирования e и натуральные значения фактора в центре плана X_0 :

$$x = \frac{X - X_0}{e}. \quad (1)$$

Для описания результатов плана второго порядка применяют полиномы второй степени, в данном случае [9]:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_{12} x_1 x_2 + a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2. \quad (2)$$

Составим таблицу матрицы эксперимента второго порядка с кодированными значениями факторов x_1 и x_2 в соответствии со значениями y , полученными в ходе эксперимента (табл. 2).

Таблица 2

Матрица эксперимента

№ опыта	x_1	x_2	$x_1 x_2$	x_1^2	x_2^2	y
1	-1	-1	1	1	1	15,93604
2	-1	0	0	1	0	16,59284
3	-1	1	-1	1	1	16,06989
4	0	-1	0	0	1	16,97750
5	0	0	0	0	0	16,20572
6	0	1	0	0	1	18,77742
7	1	-1	-1	1	1	18,45597
8	1	0	0	1	0	19,52107
9	1	1	1	1	1	19,79965

Вычислим коэффициенты уравнения (2), применив алгоритм симплексного метода для решения линейных и целочисленных задач оптимизации. В итоге получим значения, записанные в таблице 3.

Таблица 3

Рассчитанные коэффициенты

a_0	a_1	a_2	a_{12}	a_{11}	a_{22}
17,16716	1,52965	0,546242	0,302466	0,409049	0,22956

С помощью полученной математической модели в таблице 4 приведены значения уровней яркости монитора относительно рассчитанных среднеквадратичных отклонений освещения рабочего места, по оценке зрительного ощущения операторов ВДТ.

Таблица 4

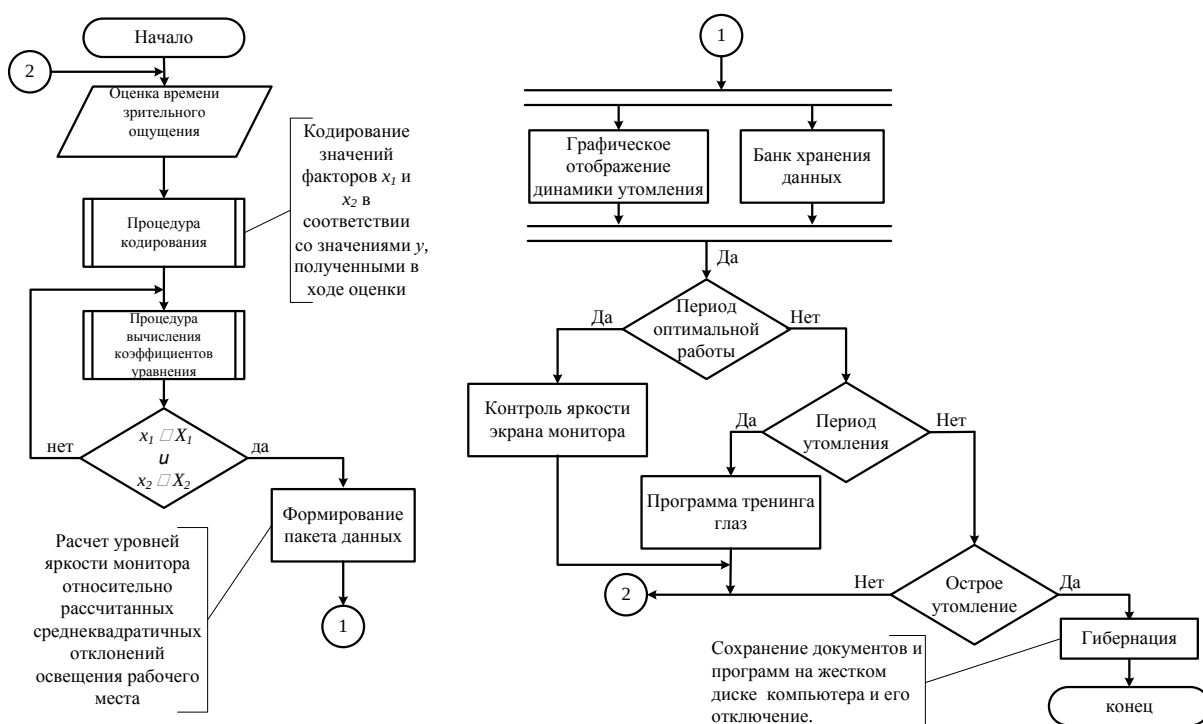
Значения уровней яркости монитора

$y \backslash x_1$	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20
400	250,98	247,96	250,59	249,49	250,34	248,16	249,94	251,68	250,38	250,05	251,68
410	246,91	243,89	246,53	245,43	246,29	244,11	245,9	247,64	246,35	246,02	247,65
420	242,81	239,8	242,44	241,35	242,21	240,04	241,82	243,57	242,28	241,96	243,6
430	238,68	235,67	238,32	237,23	238,1	235,93	237,72	239,48	238,19	237,87	239,52
440	234,52	231,52	234,17	233,09	233,96	231,8	233,59	235,35	234,07	233,76	235,4
450	230,33	227,33	229,99	228,91	229,79	227,63	229,44	231,2	229,92	229,61	231,26
460	226,11	223,12	225,79	224,71	225,6	223,44	225,25	227,02	225,75	225,44	227,1
470	221,86	218,87	221,55	220,48	221,37	219,22	221,03	222,81	221,54	221,24	222,9
480	217,58	214,6	217,28	216,22	217,11	214,97	216,79	218,56	217,31	217,01	218,68
490	213,27	210,3	212,98	211,92	212,83	210,69	212,51	214,3	213,04	212,75	214,42

Из данной таблицы ясно видно, что распределение значений неравномерное, верхнее значение совпадает с заданным по таблице кодирования, а нижний предел отклонен в среднем на +10. Такие ошибки могут быть объяснены погрешностями вычислений при переводе из кодированных координат в естественные, интервалы результатов экспериментов у были распределены также неравномерно.

Анализ степени утомления, основанный на получении и оценке времени ощущения ЗА оператора, представляет собой сложную алгоритмическую задачу, поскольку помимо вычисления численных значений необходимо также принимать решения, отправлять данные для хранения.

Блок-схема алгоритма оптимизации рабочего места по оценке времени зрительно-го ощущения операторов ВДТ представлена на рисунке.



Блок-схема алгоритма оптимизации рабочего места

Работа системы состоит из трех основных этапов: оценка времени зрительного ощущения, передача результатов вычисления для отображения, хранения и последующего анализа и принятие мер обеспечения нормальной работы оператора.

На первом этапе осуществляются оценка времени зрительного ощущения, вычисления среднеквадратического отклонения и формирование пакета данных для последующего анализа.

На втором этапе производятся передача данных в банк хранения данных, обработка и отображение динамики накопления усталости.

На третьем этапе происходит сравнение полученных параметров динамики усталости и принятие решения по оптимизации условий работы оператора, таких как изменение яркости монитора и запуск программного обеспечения тренинга глаз. При обнаружении острого утомления обеспечивается перевод ЭВМ в режим гибернации с предварительным оповещением оператора и сохранением состояния всех запущенных приложений.

Выводы. В результате анализа литературных данных выявлено, что время ощущения ЗА является диагностическим параметром, обеспечивающим явную границу наступления зрительного утомления, что особенно важно в момент перехода в состояние острого утомления.

Предложена математическая модель оптимизации яркости монитора относительно рассчитанных среднеквадратичных отклонений освещения рабочего места, по оценке зрительного ощущения операторов ВДТ. Для увеличения периода оптимальной работоспособности разработан алгоритм управления яркостью экрана монитора и запуска программного обеспечения тренинга глаз. При переходе в состояние острого утомления запускается режим гибернации с предварительным оповещением оператора и сохранением состояния всех запущенных приложений.

Список литературы

1. Казарян Э. Э., Мамиконян В. Р. Причины и профилактика утомляемости зрительного анализатора у пользователей компьютерных видеодисплеев // Вестник офтальмологии. 2003. Т. 119, № 3. С. 50-53.
2. Роженцов В. В. Критическая частота световых мельканий: применение, способы и устройства измерения: монография. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. 156 с.
3. Розенблат В. В. Проблема утомления. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1975. 240 с.
4. Психофизиологические основы профилактики перенапряжения / Ю. В. Мойкин [и др.] // М. Медицина, 1987. 256 с.
5. Роженцов В. В., Алиев М. Т. Время ощущения зрительного анализатора человека // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. 2005. № 3 (39). С. 20-23.
6. Алиев М. Т., Тихонов С. Л. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2010. № 3. С. 76-85.
7. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила Российской Федерации. М.: Изд-во стандартов, 1995. 35 с.
8. ГОСТ Р 50949-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерения и оценки эргономических параметров и параметров безопасности. М.: Изд-во стандартов, 2001. 33 с.
9. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.

OPTIMIZATION OF THE WORKPLACE ACCORDING TO TIME OF VISUAL FEELING OF OPERATORS OF VIDEO DISPLAY TERMINALS

Aliyev Marat Tufikovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The mathematical model of optimization of brightness of the monitor according to time of visual feeling of operators of video display terminals is offered. The flowchart of algorithm of optimization of a workplace work which consists of three main stages is developed: assessment of time of visual feeling, coding of values of factors and taking measures to ensuring normal work of the operator.

Keywords: *feeling time, algorithm of optimization, visual exhaustion, video display terminal, visual analyzer, workplace*

УДК 621.383:61.001.8

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗРИТЕЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ ПУТЕМ АНАЛИЗА СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СКЛЕРЫ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

Алиев Марат Туфикович, Полякова Ксения Дмитриевна

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

Представлена математическая модель преобразования и анализа изображений состояния сосудистой системы склеры зрительного анализатора. Для уменьшения вычислительных затрат необходимо выполнить преобразование каждого изображения в серое, данное преобразование присутствует в большинстве процессоров и препроцессорах видеоматриц. Разработана структурная схема системы технического зрения бесконтактного действия для анализа зрительного утомления, выполняющая функции окончательного принятия решений, отображения динамики утомления оператора и отправки этих данных на ЭВМ.

Ключевые слова: зрительное утомление, видеодисплейный терминал, оператор, изображение, зрительный анализатор, система, структурная схема

Введение. В сфере профессиональной деятельности человека длительное влияние на него внешних и внутренних факторов производственного процесса вызывает появление повышенной психоэмоциональной напряженности и хронической усталости.

В ходе анализа литературных данных установлено, что продолжительность работы, особенно время наблюдения за экранными формами на видеодисплейных терминалах (ВДТ), является основным фактором, определяющим зрительное утомление. Ряд авторов свидетельствует, что эффективность зрительных функций снижается через два часа непрерывной работы за монитором. Результаты выполненных исследований по изучению зрительных расстройств показали, что при утомлении происходят функциональные изменения зрительного анализатора (ЗА), такие как сокращение объема аккомодации, изменение мышечного баланса и ухудшение характеристик центральной нервной системы [1, 2].

Длительная напряженная работа за персональным компьютером связана с большой зрительной нагрузкой. Такое продолжительное нахождение глаз в напряженном состоянии ввиду относительно малой их подвижности, а также близкого фокусного расстояния мышцы глаза находятся в расслабленном состоянии значительно меньший промежуток времени, чем это необходимо. В результате этого повышается внутриглазное давление, расширяются сосуды и глаза, а точнее – белая глазная оболочка (склера), краснеют.

Степень покраснения может быть различной. Она зависит в первую очередь от индивидуальных оптических дефектов, вызванных перенапряжением мышц глаза (миопия, астигматизм и др.). Таким образом, анализируя состояние сосудистой системы глаза, можно определять момент наступления утомления.

Целью настоящей работы является разработка системы и способа оценки зрительного утомления операторов ВДТ путем анализа сосудистой системы склеры ЗА.

Решаемые задачи: разработать математическую модель и структурную схему системы оценки зрительного утомления операторов ЭВМ.

Математическое моделирование. Наиболее часто в задачах распознавания образов рассматриваются монохромные изображения, что дает возможность рассматривать изображение как функцию на плоскости, которую можно представить в виде матрицы.

Двумерный характер изображения по сравнению с обычными сигналами содержит дополнительные возможности оптимизации цифрового представления с целью сокращения объема получаемых цифровых данных. В подавляющем большинстве случаев на практике применяют дискретизацию, основанную на использовании прямоугольного раstra, и равномерное квантование яркости. Это связано с простотой выполнения соответствующих операций и относительно небольшими преимуществами при использовании оптимальных преобразований [3, 4].

При рассмотрении точечного множества на плоскости, где яркость, прозрачность и оптическая плотность – функции, формальную запись изображения можно определить как двумерную функцию $f(x, y)$, где x и y – координаты на плоскости, и значение которой в любой точке, задаваемой парой координат (x, y) , определяется яркостью изображения в этой точке [4, 5]. Множество же всех возможных функций $f(x, y)$ на плоскости есть модель множества всех изображений.

Диапазон яркостей изображения в некотором интервале $[L_{\min}, L_{\max}]$ (минимальная и максимальная яркость изображения соответственно) определяется следующими границами:

$$L_{\min} \leq l \leq L_{\max}. \quad (1)$$

По числовой оси на интервале $[0, 1]$, края которого принимаются за уровень черного при $l = 0$ и уровень белого при $l = 1$, все промежуточные значения в этом интервале соответствуют некоторым оттенкам серого при изменении от черного до белого [4].

На рисунке 1 представлены изображения анализируемого ЗА с чистой склерой (а) и ярко выраженными сосудами (б).

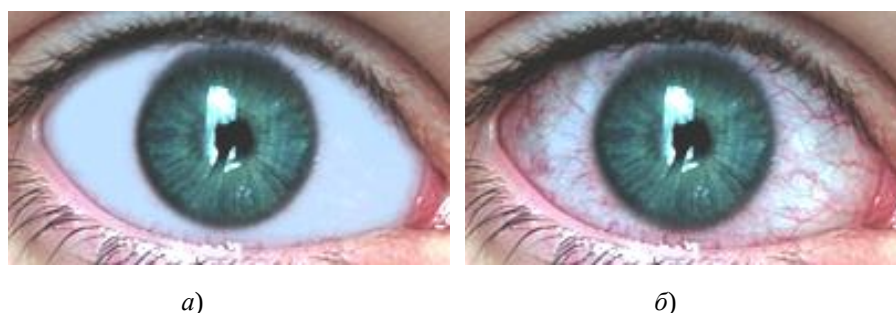


Рис. 1. Анализируемые изображения ЗА с чистой склерой (а) и с ярко выраженными сосудами (б)

Изображение, полученное матрицей сенсоров, можно представить в виде трех матриц, строки и столбцы которых соответствуют строкам и столбцам соответствующих трех каналов цветного изображения в цветовом пространстве RGB : красного, синего и зеленого. Значения элементов этих матриц будут соответствовать значениям яркостей пикселей в соответствующем канале.

Для анализа сосудистой системы склеры зрительного анализатора представим изображение на рисунке 1 (а) в виде трех матриц в цветовом пространстве яркости красного A_r , зеленого A_g и синего A_b (2).

$$A_r(m, n) = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,n-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m-1,0} & a_{m-1,1} & \cdots & a_{m-1,n-1} \end{bmatrix}; \quad A_g(m, n) = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,n-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m-1,0} & a_{m-1,1} & \cdots & a_{m-1,n-1} \end{bmatrix};$$

$$A_b(m, n) = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,n-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m-1,0} & a_{m-1,1} & \cdots & a_{m-1,n-1} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

Также представим изображение на рисунке 1 (б) в виде трех матриц в цветовом пространстве яркости красного B_r , зеленого B_g и синего B_b (3).

$$B_r(m, n) = \begin{bmatrix} b_{0,0} & b_{0,1} & \cdots & b_{0,n-1} \\ b_{1,0} & b_{1,1} & \cdots & b_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m-1,0} & b_{m-1,1} & \cdots & b_{m-1,n-1} \end{bmatrix}; \quad B_r(m, n) = \begin{bmatrix} b_{0,0} & b_{0,1} & \cdots & b_{0,n-1} \\ b_{1,0} & b_{1,1} & \cdots & b_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m-1,0} & b_{m-1,1} & \cdots & b_{m-1,n-1} \end{bmatrix};$$

$$B_r(m, n) = \begin{bmatrix} b_{0,0} & b_{0,1} & \cdots & b_{0,n-1} \\ b_{1,0} & b_{1,1} & \cdots & b_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m-1,0} & b_{m-1,1} & \cdots & b_{m-1,n-1} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Для уменьшения вычислительных затрат необходимо преобразовать оба изображения в серое, чтобы сократить количество матриц на изображении с трех до одной. Наиболее распространенным способом перевода цветного RGB изображения в серое является перевод в цветовое пространство по следующим формулам (4)-(6) [6]:

$$Y = 0,299 \cdot R + 0,587 \cdot G + 0,114 \cdot B \quad (4)$$

$$U = -0,14713 \cdot R - 0,28886 \cdot G + 0,436 \cdot B + 128 \quad (5)$$

$$V = 0,615 \cdot R - 0,51499 \cdot G - 0,10001 \cdot B + 128. \quad (6)$$

В итоге получим результирующее значение яркости изображения Y , что соответствует формату серого, представленное формулами

$$A_{mn} = 0,2989 \cdot A_r + 0,5870 \cdot A_g + 0,1140 \cdot A_b \quad (7)$$

$$B_{mn} = 0,2989 \cdot B_r + 0,5870 \cdot B_g + 0,1140 \cdot B_b \quad (8)$$

где A_{mn} – матрица результирующего уровня яркости после преобразования первого изображения, B_{mn} – матрица результирующего уровня яркости после преобразования второго изображения.

На рисунке 2 представлены изображения уставшего ЗА при переводе в цветовое пространство по формулам (4)-(6).

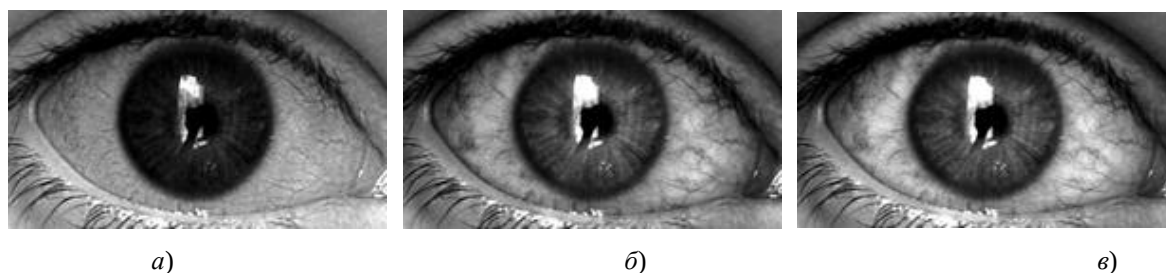


Рис. 2. Изображения уставшего ЗА: а – красный, б – зеленый, в – синий

Выполнив сравнительный анализ изображений, выявили, что в красном канале сосуды менее различимы, поскольку имеют единый спектр, в зеленом и синем каналах их видимость практически одинакова и наиболее значимым является зеленый канал.

Подставляя выражения (2) и (3) в (7) и (8) соответственно, получаем две матрицы преобразования цветных изображений в серые с чистой склерой (A) и с ярко выраженными сосудами (B), представленные следующими соотношения:

$$A_{mn}(m,n) = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,n-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m-1,0} & a_{m-1,1} & \cdots & a_{m-1,n-1} \end{bmatrix}, B_{mn}(m,n) = \begin{bmatrix} b_{0,0} & b_{0,1} & \cdots & b_{0,n-1} \\ b_{1,0} & b_{1,1} & \cdots & b_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m-1,0} & b_{m-1,1} & \cdots & b_{m-1,n-1} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Полученные матрицы имеют одинаковую размерность, соответствующую количеству пикселей в исходных изображениях. Теперь их можно сравнивать друг с другом и анализировать их отличие математическими способами.

Для реализации способа разработана структурная схема системы технического зрения бесконтактного действия (рис. 3), которая включает в себя какой-либо объект, оптическую систему, предназначенную для приема и создания изображения объекта, включая устройство обработки информации.

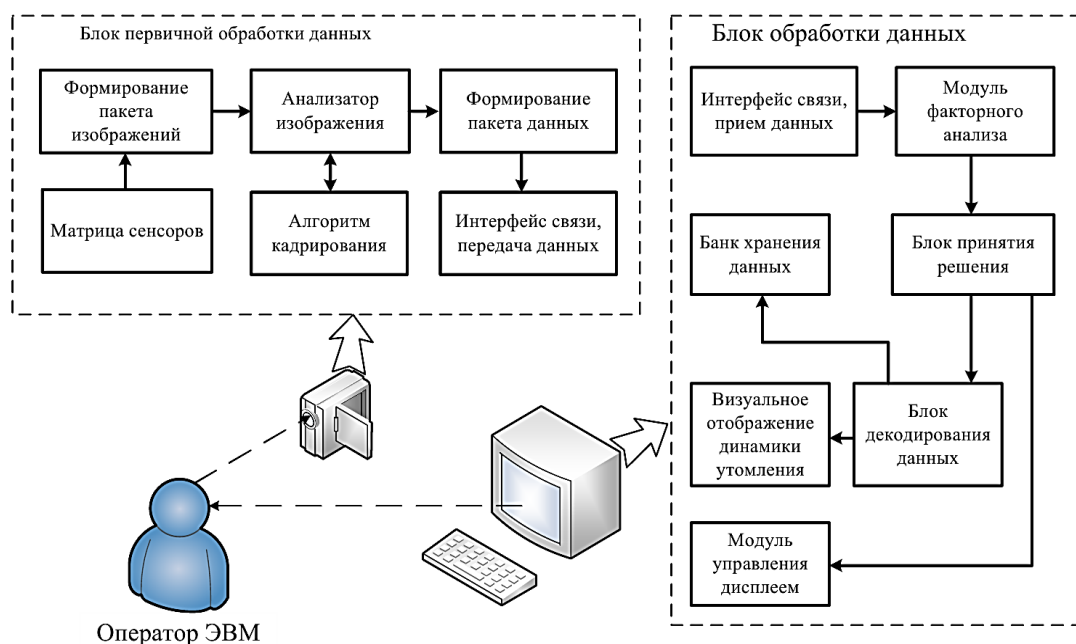


Рис. 3. Структурная схема системы оценки утомления операторов ВДТ

Матрица сенсоров представляет собой набор светочувствительных элементов и предназначена для получения цифрового изображения глаза оператора для последующего анализа и проведения оценки состояния сосудистой системы глаза [3].

Под анализатором изображения подразумевается вычислитель, способный достаточно быстро обработать получаемую последовательность изображений и произвести их сравнение.

С анализатором кадров двунаправленной связью соединен алгоритм кадрирования, выполняющий задачу отсечения ненужной части кадра путем определения центра зрачка глаза и границ склеры.

При помощи канала связи блок первичной обработки соединен с блоком обработки данных, который представляет собой ПК с предустановленным программным обеспечением, выполняющим функции окончательного принятия решений.

Вывод. В результате анализа выявлено, что склера ЗА является диагностическим параметром, обеспечивающим явную границу наступления зрительного утомления, что особенно важно в момент перехода в состояние острого утомления.

Разработана система технического зрения бесконтактного действия, которая обеспечивает режим принятия решения, отображение динамики утомления оператора и отправку этих данных на ЭВМ.

Список литературы

1. Казарян Э. Э., Мамиконян В. Р. Причины и профилактика утомляемости зрительного анализатора у пользователей компьютерных видеодисплеев // Вестник офтальмологии. 2003. Т. 119. № 3. С. 50-53.
2. Алиев М. Т., Тихонов С. Л. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2010. № 3. С. 76-85.
3. Алиев М. Т., Буканова Т. С. Метод формирования изображения в режиме реального времени // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 5. С. 47-50.
4. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В. А. Сойфера. 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 784 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
6. Быков Р. Е., Гуревич С. Б. Анализ и обработка цветных и объемных изображений. М.: Радио и связь, 1984. 248 с.

SYSTEM OF THE ASSESSMENT OF VISUAL EXHAUSTION OF OPERATORS OF VIDEO DISPLAY TERMINALS BY THE ANALYSIS OF VASCULAR SYSTEM OF SKLERA OF THE VISUAL ANALYZER

Aliyev Marat Tufikovich, Polyakova Ksenia Dmitriyevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The mathematical model of transformation and the analysis of images of a condition of vascular system skler of the visual analyzer is presented. For reduction of computing expenses it is necessary to execute transformation of each image to gray, this transformation is present at the majority of processors and preprocessors of video matrixes. The block diagram of system of technical sight of contactless action is developed for the analysis of visual exhaustion carrying out functions of final decision-making, display of dynamics of exhaustion of the operator and sending these data for the computer.

Keywords: *visual exhaustion, video display terminal, operator, image, visual analyzer, system, block diagram*

УДК 681.532.55

ЭЛЕКТРОПРИВОД НА ОСНОВЕ ДВУХРОТОРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

*Алиев Марат Туфикович, Буканова Татьяна Сергеевна,
Шарипова Танзиля Рамилевна*

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

Выполнен анализ технических систем и комплексов, где для повышения энергоэффективности их функционирования необходимо использовать двухроторные электрические машины. Представлена структурная модель электропривода на основе двухроторной электрической машины с планетарной передачей, приведен алгоритм управления для регулирования частоты вращения двухроторной электрической машины с двумя дифференциально взаимосвязанными роторами.

Ключевые слова: электропривод, двухроторная электрическая машина, структурная модель, планетарная передача

Введение. Около 60 % всей вырабатываемой электроэнергии используется электроприводами в различных технических системах и комплексах для приведения в движение станков, механизмов, транспортных средств, и более половины этой энергии используются нагнетателями систем вентиляции и кондиционирования воздуха [1-3].

Все электроприводы технических систем и комплексов можно условно разделить на две большие группы [1]:

- к первой группе относится не более 10 % всех электроприводов, используемых в сложных технических системах и комплексах, функционирование которых невозможно без тонкого управления параметрами внешней среды;
- ко второй группе относится около 90 % всех электроприводов, которые используются в простых агрегатах – насосах, вентиляторах, нагнетателях бытовых и общепромышленных системах.

В технических системах второй группы используются нерегулируемые электроприводы, которые подобраны с запасом по мощности [4], при этом степень загрузки оборудования по мощности составляет 40-60 %. Управление в данном случае осуществляется энергетически неэффективно и приводит к большим потерям энергии, которые составляют порядка 38...46 % [1, 4, 5], и порождает несовершенство самого технологического процесса – снижает производительность, надежность и качество продукта [6].

Таким образом, переход к управляемым электроприводам – основное направление как улучшения показателей качества технических систем, так и повышения энергоэффективности их функционирования.

Основным устройством электропривода, определяющим его технические и энергетические характеристики в процессе эксплуатации и управления, является его электромеханическое устройство – электрическая машина.

Одним из методов совершенствования электрических двигателей служит разработка энергоэффективных электрических машин для энергосберегающих технологий, т.е. проектирование и изготовление двигателей специально для конкретных условий

эксплуатации. Энергоэффективной является электрическая машина, в которой с использованием системного подхода при проектировании, изготовлении и эксплуатации повышены КПД, коэффициент мощности и надежность [2, 7].

Довольно перспективным методом совершенствования регулируемых ЭП служит конструктивное видоизменение двигательных устройств.

Одним из конструктивных видоизменений электрических машин являются машины с двумя и более роторами (см. рис. 1), при этом внутренний ротор – обычный, с короткозамкнутой обмоткой, а второй ротор выполнен в виде полого цилиндра, статор – традиционной конструкции.

Другим вариантом конструктивных видоизменений электрической машины являются двухмерные электрические машины – машины, у которых вращаются и ротор, и статор. Это машины с двумя степенями свободы, где внутренний и внешний роторы вращаются относительно друг друга в противоположные стороны [8-10].

Таким образом, вопросы разработки устройства двухроторной электрической машины с планетарной передачей и алгоритма управления являются актуальной задачей для совершенствования средств управления и электротехнических комплексов систем кондиционирования промышленного и бытового назначения.

Цель исследования – разработка электропривода на основе электрической машины с планетарной передачей.

Решаемые задачи: разработать структурную модель и алгоритм управления частотой вращения двухроторной электрической машины с планетарной передачей.

Структурная модель. Для управления рабочим органом технологического аппарата предложено использовать двухроторную электрическую машину (ДЭМ) с планетарной передачей. ДЭМ состоит из двух взаимосвязанных подсистем: двигательной и генераторной. В отличие от обычных двигателей, в разработанной электрической машине управление осуществляется путем изменения величины электромагнитного момента, действующего со стороны статорной обмотки на внутренний и внешний роторы, взаимосвязанные планетарной передачей. Дифференциальное управление частотой вращения ДЭМ заключается в целенаправленном воздействии на дополнительно введенный внешний ротор системы взаимосвязанных роторов планетарной передачей с целью достижения заданного состояния, например стабилизации частоты вращения основного ротора.

Структурная модель электрической машины с планетарной передачей представлена на рисунке 1.

Устройство управления формирует управляющий ток и подает сигнал управления на двухроторную электрическую машину через механизм щеток и контактных колец, расположенных на промежуточном статоре. При отсутствии питания ротор неподвижен.

Внутренний ротор закреплен на центральном валу и соединен с механической нагрузкой. Происходит пуск основной части и ее работа в обычном режиме при жестко закрепленном внешнем роторе. Для управления частотой вращения ротора необходимо протекание по обмотке статора электрического тока, т.е. необходима полезная нагрузка. При подаче питания с устройства управления на внутреннюю обмотку статора электрической машины образуется вращающееся магнитное поле. Магнитное поле пересекает проводники обмотки внутреннего ротора и индуцирует в них ЭДС. При подключении активной нагрузки происходит управление частотой вращения внутреннего ротора посредством управления подключаемой нагрузки согласно алгоритму.

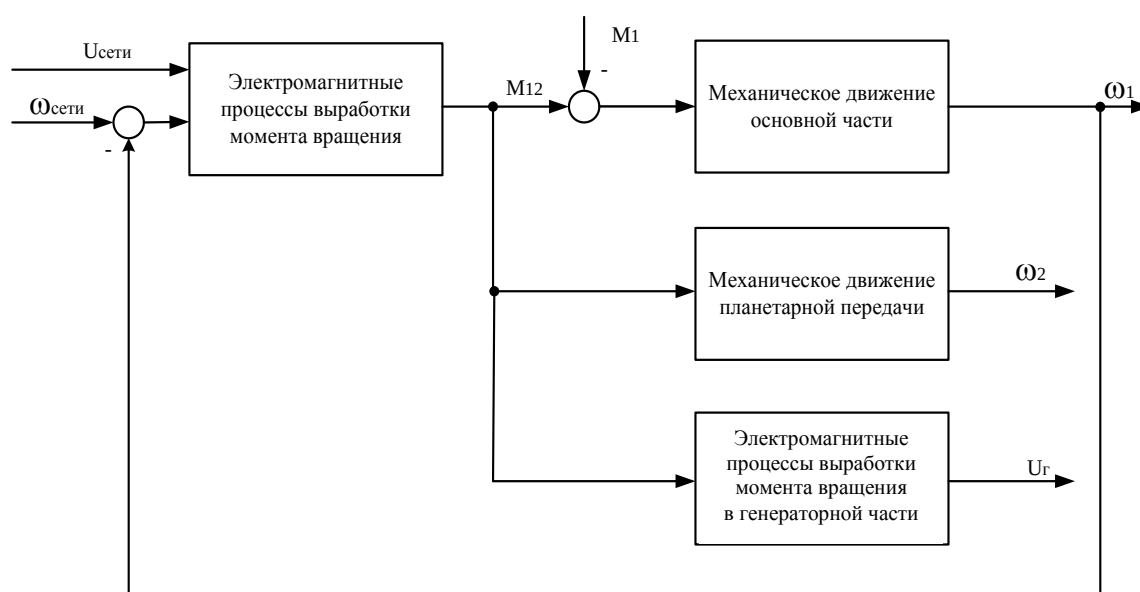


Рис. 1. Структурная модель электрической машины с планетарной передачей

Таким образом, образуются электромагнитные процессы выработки момента вращения (M_{12}). На момент вращения также действует сопротивление внешних сил (M_1). Так как ротор закреплен на центральном валу, то вращательное движение ротора является вращательным движением основной части, на выходе которой имеется угловая скорость вращения (ω_1). Такой режим работы электрической машины является двигателем.

Для того чтобы привести в движение внешний ротор электрической машины, подается питание на внешнюю обмотку статора с помощью ключа от внутренней обмотки статора или непосредственно с устройства управления. При протекании электрического тока по внешней обмотке статора внешний ротор растормаживается и начинает вращаться. Электромагнитные процессы выработки момента вращения, образуемые на внешней обмотке статора и в проводниках обмоток внешнего ротора, приводят в механическое движение дополнительную часть – внешний ротор. Внешний ротор зафиксирован с коронной шестерней планетарной передачей электрической машины. Таким образом, внешний ротор приводит в движение коронную шестерню, которая через подвижные сателлиты передает момент вращения на солнечную шестерню планетарной передачи на другой выход электрической машины с противоположно направленной угловой скоростью вращения ω_2 без потери передаточных характеристик.

В начальный момент времени происходит получение задания требуемой частоты вращения внутреннего вала (ω_1). Измеренное значение текущей частоты вращения внутреннего ротора (ω_1) сравнивается с заданным. Если развиваемая частота вращения внутреннего ротора ω_1 совпадает с требуемой $\omega_{1\text{треб}}$, то текущее значение сопротивления в нагрузочной цепи обмотки статора фиксируется и двухроторная электрическая машина переходит в режим циклического отслеживания текущей и заданной частот вращения внутреннего ротора.

Таким образом, в процессе работы двухроторной электрической машины с планетарной передачей происходят два независимых друг от друга процесса.

На рисунке 2 представлена структурная схема управляемого электропривода на основе ДЭМ с планетарной передачей, которая имеет основные блоки:

- механическую часть, включающую в себя непосредственно электромеханическое устройство, сопряженную с механической нагрузкой;
- силовую часть, представляющую собой управляемый выпрямитель напряжения для преобразования переменного тока в постоянный и управляемую нагрузку обмотки генераторной части – блок управления нагрузкой;
- управляющую часть, представляющую собой терминальную систему управления электроприводом, основное назначение которой – формирование сигналов управления для изменения нагрузки по результатам анализа процессов на основании разрабатываемой структурной модели ДЭМ с планетарной передачей.

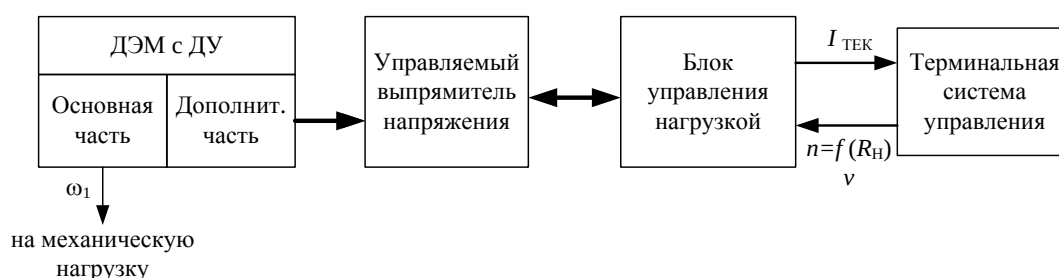


Рис. 2. Структурная схема управляемого электропривода на основе двухроторной электрической машины с планетарной передачей

ДЭМ с планетарной передачей соединена с сетью переменного напряжения общепромышленного назначения. В результате роторы ДЭМ начинают вращаться. Внутренний ротор ДЭМ с планетарной передачи соединен с механической нагрузкой электропривода и предназначен для приведения в действие рабочего органа технологической машины с частотой вращения ω_1 . При функционировании ДЭМ с планетарной передачей происходит вращение вторичного ротора с частотой ω_2 . Дополнительная часть ДЭМ с планетарной передачей соединена с блоком управления нагрузкой через управляемый выпрямитель напряжения, формирующий шину постоянного тока. Управление величиной нагрузки происходит по сигналам n и v с терминальной системы управления, определяющим вид подключаемой нагрузки к основной и дополнительной части.

Следует считать, что характерной особенностью блока управления для электрической машины является согласование частот вращения магнитного поля, внутреннего и внешнего ротора. Только при указанном условии в проводниках обмоток роторов индуцируется достаточная ЭДС и возникает вращающий момент для вращения обоих роторов.

Выводы. Представлены структурная модель электрической машины с планетарной передачей и алгоритм работы электропривода на ее основе. Разработана структурная схема управляемого электропривода на основе двухроторной электрической машины с планетарной передачей. Особенностью предлагаемого электропривода является отсутствие датчиков, отслеживающих механические параметры движения рабочего органа технологической машины. Таким образом, осуществляется регулирование частоты вращения внешнего вала в широком диапазоне с обеспечением номинальных энергетических характеристик работы дополнительной части во всем диапа-

зоне регулирования, осуществляя при этом распределение мощности, потребленной ДЭМ с планетарной передачей. В свою очередь, внутренний ротор может обеспечивать постоянное вращение с заданной частотой и мощностью, передаваемой на нагрузку.

Список литературы

1. Ильинский Н. Ф., Москаленко В. В. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение. М.: Академия, 2008. 201 с.
2. Муравлева О. О., Тютеева П. В. Совершенствование асинхронных двигателей для регулируемого электропривода // Известия Томского политехнического университета. 2007. Т. 310. № 2. С. 177-181.
3. Cirstea M. N., Dinu A., Khor J. G. Neural and Fuzzy Logic Control of Drives and Power Systems. M.. McCormick. 1 edition. Oxford, UK: Newnes, 2002. 408 p.
4. Браславский И. Я., Костылев А. В., Степанюк Д. П. Энергетическая оптимизация пусковых режимов асинхронных электроприводов // Электромашиностроение и электрооборудование, 2006. № 66. С. 303-304.
5. Муравлева О. О., Вехтер Е. В., Жарикова Т. В. Оценка влияния энергетических характеристик асинхронного двигателя на энергосбережение насосного агрегата // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 1. С. 174-178.
6. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006. 359 с.
7. Муравлева О. О. Энергоэффективные асинхронные двигатели для регулируемого электропривода // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 7. С. 135-139.
8. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. Т. 1 / под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. М.: Энергоатомиздат, 1988. 455 с.
9. Патент 2400006 Российская Федерация, МПК7 Н 02К 16/02 Электрическая машина / Савиных А. Б., Буканова Т. С.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Марийский государственный технический университет. № 2009104680/28; заявл. 11.02.2009; опубл. 20.09.2010, Бюл. №26. 8 с.
10. Буканова Т. С., Савиных А. Б. Устройство и характеристики электропривода с дифференциальным торможением // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. Йошкар-Ола, 2011. № 2(12). С. 74-81.

CONTROL OF THE ELECTRIC DRIVE ON THE BASIS OF THE TWO-ROTOR ELECTRIC MACHINE WITH DIFFERENTIAL MANAGEMENT

Aliyev Marat Tufikovich, Bukanova Tatiana Sergeevna, Sharipova Tanzilya Ramilevna

Volga State University of Technology, Russia, Ioshkar-Ola

The analysis of technical systems and complexes is made where for increase of energy efficiency of their functioning it is necessary to use two-rotor electrical machines.

The structural model of the electric drive on the basis of the two-rotor electrical machine with planetary transfer is presented, the algorithm of management for regulation of frequency of rotation of the two-rotor electrical machine with two differentials no the interconnected rotors is given.

Keywords: *electric drive, two-rotor electrical machine, structural model, planetary transfer*

УДК 681.532.55

ЭЛЕКТРОПРИВОД НА ОСНОВЕ ДВУХРОТОРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Буканова Татьяна Сергеевна

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

Представлен оригинальный подход к построению управляемых исполнительных устройств, на основе которого разработана математическая модель двухроторной электрической машины с дифференциальным управлением, осуществлено имитационное моделирование управления электроприводом на ее основе. В ходе анализа проведенного эксперимента установлены основные закономерности функционирования.

Ключевые слова: дифференциальное управление, двухроторная электрическая машина, математическая модель, управляемое распределение частот вращения

Введение. Математическое моделирование является одним из перспективных и наиболее распространенных методов изучения объектов исследования. Построение математических моделей позволяет изучить функционирование объекта исследования, научиться эффективно управлять объектом путем апробирования различных вариантов управления, прогнозировать состояние объекта под действием внешних дестабилизирующих факторов [1-4].

В ходе анализа литературных данных установлена закономерность дифференциального управления частотой вращения исполнительных устройств.

Дифференциальное управление (ДУ) частотой вращения исполнительного устройства представлено на рисунке 1 и заключается в смещении отрезка АВ, регламентирующего вращающий момент исполнительного устройства, параллельно вверх или вниз, образуя смещение т. С на Δx .

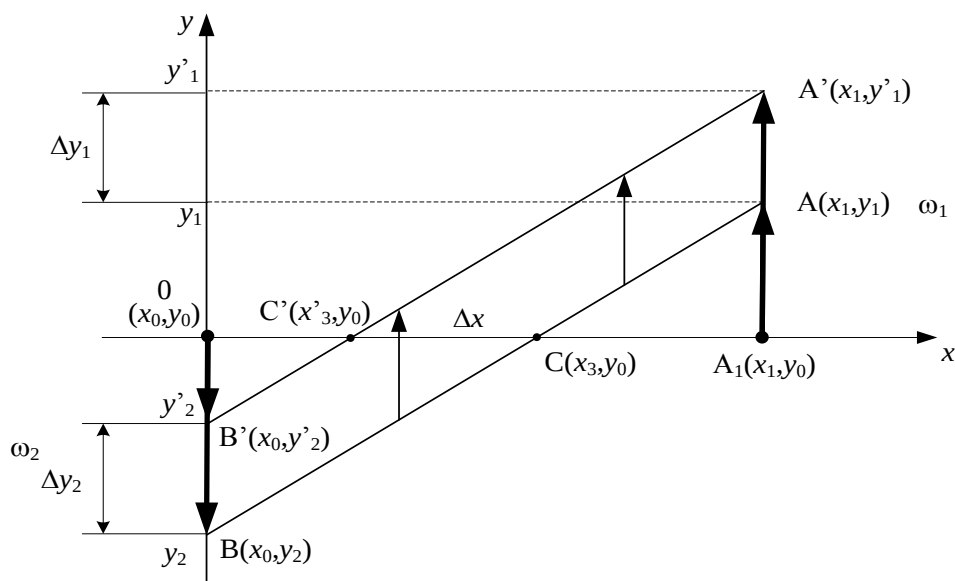


Рис. 1. Модель дифференциального управления частотой вращения исполнительного устройства

Смещение точки $C \rightarrow C'$ на Δx приводит к смещению $AB \rightarrow A'B'$, причем соблюдается условие $AB \parallel A'B'$. Смещение $AB \rightarrow A'B'$ ведет к изменению величин частот вращения устройства; если ввести обозначение $\omega'_1 = |y'_1|$ и $\omega'_2 = |y'_2|$, состояние исполнительного устройства будет описываться следующими формулами:

$$\frac{\omega'_1}{A'C'} = \frac{\omega'_2}{C'B'} = \frac{\omega'_1 + \omega'_2}{A'B'}; \quad \frac{\omega'_1}{x_1 - x'_3} = \frac{\omega'_2}{x'_3} = \frac{\omega'_1 + \omega'_2}{x_1}. \quad (1)$$

Запишем последнее соотношение, используя приращения для частот вращения $\Delta\omega_1 = \Delta y_1 = |y_1 - y'_1|$ и $\Delta\omega_2 = \Delta y_2 = |y_2 - y'_2|$ относительно исходных частот вращения исполнительного устройства и с учетом выражения для смещения т.С $\rightarrow$ т.С' $\Delta x = |x_3 - x'_3|$ и $x'_3 = x_3 - \Delta x$ в виде соотношения:

$$\frac{\omega'_1 + \omega'_2}{x_1} = \frac{\omega_1 + \Delta\omega_1}{x_1 - (x_3 - \Delta x)} = \frac{\omega_2 - \Delta\omega_2}{x_3 - \Delta x}; \quad (2)$$

В случае ДУ для устройства соблюдается следующее равенство:

$$\frac{\omega'_1 + \omega'_2}{A_1 B_1} = \frac{\omega_1 + \Delta\omega_1 + \omega_2 - \Delta\omega_2}{AB} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{AB} = \text{const}. \quad (3)$$

Следовательно, смещение Δx ведет к изменению частот вращения ω_1 и ω_2 исполнительного устройства на $\Delta\omega$, при этом одна из частот вращения увеличивается, другая – уменьшается на $\Delta\omega$ т.е. $\Delta\omega = \Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$. Сумма частот вращения остается постоянной $\omega_1 + \omega_2 = \text{const}$. Данное смещение характеризует распределение вращающего момента между основной и альтернативной частотами вращения.

Таким образом, ДУ частотой вращения исполнительным устройством заключается во введении дополнительной степени свободы, характеризующей альтернативную частоту вращения [5, 6], направленную противоположно основной частоте вращения, и управление основной ω_1 частотой вращения путем целенаправленного распределения вращающего момента исполнительного устройства между основной ω_1 и альтернативной ω_2 частотами вращения, которые взаимосвязаны конструкцией устройства и в установившихся режимах работы в любой момент времени определяются соотношением $\omega_1 + \omega_2 = \text{const}$.

Целью работы является исследование функционирования двухроторной электрической машины с дифференциальным управлением (ДЭМ с ДУ) методом имитационного моделирования и получение ее переходных характеристик.

Решаемые задачи: предложить математическую модель и провести имитационный эксперимент ДЭМ с ДУ.

Математическая модель. В соответствии со структурной моделью электрической машины с ДУ предложена математическая модель, отражающая физические процессы, происходящие в электрической машине с ДУ [7-9].

Математическая модель электромагнитного преобразования энергии и выработки электромагнитного момента вращения представлена в виде совокупности дифференциальных уравнений (4) в нормальной форме Коши, описывающей изменение параметров объекта во времени, записанной во вращающейся системе координат (α, β) :

$$\frac{d}{dt} \psi_{2\alpha} = u_{2\alpha} - \frac{1}{\sigma T_2} \psi_{2\alpha} + \frac{k_1}{\sigma T_2} \psi_{2\alpha} + \omega_0 \psi_{2\beta} - \psi_{1\beta} (\omega_0 - \omega_{12}),$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt} \psi_{1\alpha} &= -\frac{1}{\sigma T_1} \psi_{1\alpha} + \frac{k_1}{\sigma T_1} \psi_{2\alpha} + \psi_{1\beta} (\omega_0 - \omega_{12}) \\
 \frac{d}{dt} \psi_{1\beta} &= -\frac{1}{\sigma T_1} \psi_{1\beta} + \frac{k_1}{\sigma T_1} \psi_{2\beta} - \psi_{1\alpha} (\omega_0 - \omega_{12}) \\
 \frac{d}{dt} \psi_{2\beta} &= u_{2\beta} - \frac{1}{\sigma T_2} \psi_{2\beta} + \frac{k_2}{\sigma T_2} \psi_{1\beta} - \omega_0 \psi_{2\alpha} + \psi_{1\alpha} (\omega_0 - \omega_{12}) \\
 M_{12} &= \frac{3}{2} p_2 \frac{k_2}{\sigma L_1} (\psi_{1\alpha} \psi_{2\beta} - \psi_{2\alpha} \psi_{1\beta}),
 \end{aligned} \tag{4}$$

где $u_{2\alpha}$, $u_{2\beta}$ – проекции напряжения промежуточного ротора, подаваемого на его вход; $\psi_{1\alpha}$, $\psi_{1\beta}$ – проекции потокоцепления внутреннего ротора, $\psi_{2\alpha}$, $\psi_{2\beta}$ – проекции потокоцепления промежуточного ротора; M_{12} – электромагнитный момент, развиваемый основной частью электрической машины с ДУ; p_2 – количество полюсов внутренней обмотки промежуточного ротора основной части электрической машины с ДУ; ω_0 – частота напряжения питающей сети; ω_{12} – суммарная частота вращения валов электрической машины с ДУ.

Уравнения механического движения основной части электрической машины с ДУ представлены уравнением

$$\frac{J_1}{p_2} \frac{d\omega_1}{dt} = M_{12} - M_1, \tag{5}$$

где ω_1 – частота вращения внутреннего ротора электрической машины с ДУ – выходного вала, соединенного с механической нагрузкой; J_1 – момент инерции вращающихся частей механической нагрузки; M_1 – момент механической нагрузки основной части электрической машины с ДУ.

Уравнение механического движения промежуточного ротора электрической машины с ДУ представлено формулой

$$\frac{J_2}{p_3} \frac{d\omega_2}{dt} = M_{32} - M_{12}, \tag{6}$$

где J_2 – момент инерции вращающихся частей промежуточного ротора электрической машины с ДУ; M_{12} является двигательным моментом для промежуточного ротора электрической машины.

Уравнение связи движущихся частей электрической машины с ДУ выражено формулой

$$\omega_{12} = \omega_1 + \omega_2. \tag{7}$$

Работа электрической машины с ДУ представлена уравнениями процесса распределения электромагнитной мощности, вырабатываемой основной частью, на две составляющие, используемые для вращения основного и промежуточного роторов.

Имитационный эксперимент. Для исследования работоспособности ДЭМ с ДУ разработана имитационная модель на основе предложенной математической модели электрической машины, в виде дифференциальных уравнений в прямоугольной системе координат, описывающих электромеханическое преобразование энергии в электроприводе, имеющей две степени свободы – вращающиеся роторы и управляемой

электрическим сопротивлением нагрузки обмотки дополнительной части [10]. В течение периода времени t_1 увеличивается частота вращения внутреннего ротора до ω_{1H} , представляющей собой номинальную частоту вращения основной части ДЭМ с ДУ. По мере приближения частоты вращения внутреннего ротора к ω_{1H} происходит снижение электромагнитного момента до задающего момента нагрузки, равного нулю.

В рамках имитационных исследований проведена оценка характеристик при включении ДЭМ с ДУ и её реакции на ступенчатое изменение электрической и механической нагрузок. Результаты имитационного эксперимента, отражающие переходные процессы по переменным состояния ДЭМ с ДУ – частотам вращения роторов, приведены на рисунке 2.

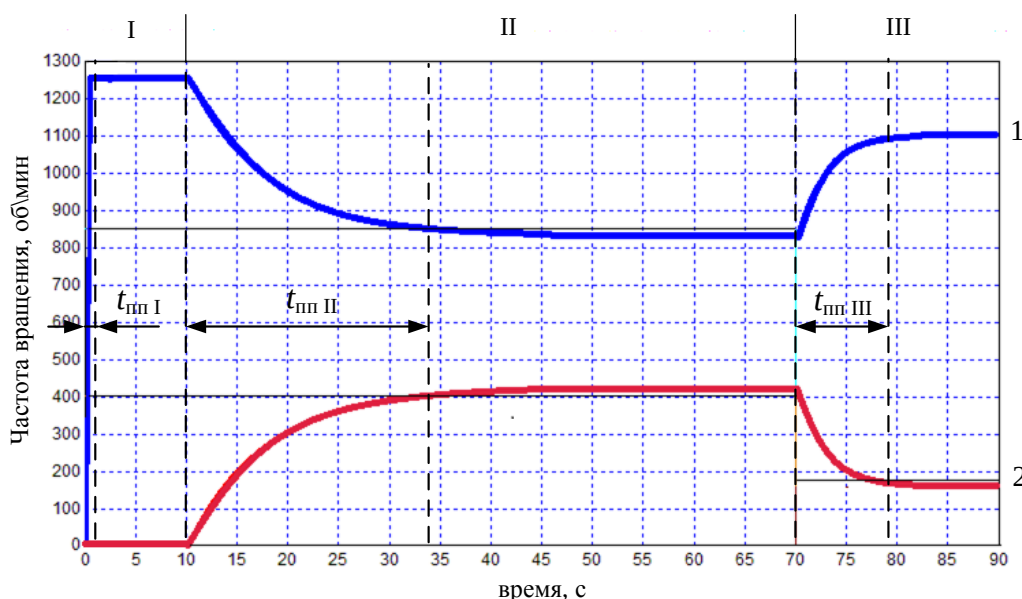


Рис. 2. Результаты имитационного исследования режимов работы двухроторной электрической машины с дифференциальным управлением при изменении сопротивления нагрузки:

1 – внутренний ротор, 2 – промежуточный ротор; I – режим включения двигателя ($\omega_2=0$); II – режим расторможенных роторов; III – резкое снижение электрической нагрузки

Диапазон частот вращения между роторами ДЭМ с ДУ зависит от конструктивных исполнения и приложенных внешних нагрузок и определяется формулой (8):

$$\omega_{1\min} = (1 - M_1/M_{1\text{НОМ}}) \cdot \omega_{12}; \quad \omega_{1\max} = (M_{32}\omega_{2\max})/M_1, \quad (8)$$

где $M_{1\text{НОМ}}$ – номинальный момент, $\omega_{2\max}$ – максимальная частота вращения.

В ходе проведения имитационного эксперимента были сняты основные параметры при моделировании различных режимов работы ДЭМ с ДУ.

Параметры и время переходного процесса $t_{\text{пп}}$ для различных режимов, полученные методом имитационного моделирования ДЭМ с ДУ, представлены в таблице.

Параметры и время переходного процесса при имитационном исследовании режимов работы двухроторной электрической машины с дифференциальным управлением

Режим работы ДЭМ с ДУ	Время переходного процесса, с	Частота вращения внутреннего ротора, об./мин.	Частота вращения промежуточного ротора, об./мин.
I	1	1261	0
II	23	832	425
III	11	1105	153

В связи с влиянием величины механической нагрузки на частоту вращения внутреннего ротора ДЭМ с ДУ для поддержания требуемой частоты вращения необходима система управления ЭП, осуществляющая контроль и подстройку частоты вращения к требуемому заданному значению.

Выводы. Предложена модель ДУ частотой вращения исполнительного устройства, заключающаяся в управлении дополнительно введенной степенью свободы устройства, которая взаимосвязана с его основными параметрами. Проведенное исследование функционирования ДЭМ с ДУ методом имитационного моделирования позволило оценить коэффициенты механической мощности и частоты вращения системы двух дифференциально взаимосвязанных роторов.

Список литературы

1. Krishnan R. Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control. Prentice Hall, 2001. 652 p.
2. Макаров В. Г. Анализ современного состояния теории и практики асинхронного электропривода // Вестник Казанского технологического университета, 2011. № 6. С. 109-120.
3. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2002. 316 с.
4. Krause P. C., Wasynczuk O., Sudhoff S. D. Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. 2nd Edition. Wiley-IEEE Press, 2002. 613 p.
5. Савиных А. Б., Буканова Т. С., Стешина Л. А. Оптимизационная концепция синтеза современных элементов управления на основе электроприводов // Автоматизация и современные технологии, 2010. № 11. С. 20-23.
6. Современная прикладная теория управления. Часть 3. Новые классы регуляторов технических систем / А. А. Колесников [и др.]. Таганрог: изд-во ТРТУ, 2000. 656 с.
7. Буканова Т. С. Математическая модель электрической машины // Наука в условиях современности: сб. статей профессорско-преподавательского состава, докторантов, аспирантов и студентов МарГТУ по итогам научно-технической конференции в 2010 г. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. С. 71-75.
8. Буканова Т. С. Способ управления и модель электрической машины с дифференциальным торможением // Мехатроника, автоматизация и управление, 2011. № 10. С. 21-27.
9. Буканова Т. С., Савиных А. Б. Устройство и характеристики электропривода с дифференциальным торможением // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. Йошкар-Ола, 2011. № 2(12). С. 74-81.
10. Буканова Т. С., Савиных А. Б., Алиев М. Т. Алгоритм управления электропривода с дифференциальным торможением // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып.5. Тула: Изд-во ТулГУ. 2012. С. 120-129.

THE ELECTRIC DRIVE ON THE BASIS OF THE TWO-ROTOR ELECTRICAL MACHINE WITH DIFFERENTIAL MANAGEMENT

Bukanova Tatiana Sergeevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

Original approach to creation of the operated actuation mechanisms on the basis of which the mathematical model of the two-rotor electrical machine with differential management is developed is presented, imitating modeling of control of the electric drive on its basis is carried out. During the analysis of the made experiment the main consistent patterns of functioning are determined.

Keywords: differential management, the two-rotor electrical machine, mathematical model, the operated distribution of frequencies of rotation

УДК 004.93

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ГРУППОВЫХ ТОЧЕЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ипатов Юрий Аркадьевич, Кревецкий Александр Владимирович

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

В работе приведен аналитический обзор методов анализа и распознавания объектов на основе точечного представления. Смоделированы методы распознавания групповых точечных объектов с использованием минимального оставного дерева и ассоциированного сплошного образа. Получены оценки сложности алгоритмов.

Ключевые слова: *точечные объекты; групповые точечные объекты; минимальное оставное дерево; ассоциированный сплошной образ; моделирование точечных объектов; сложность алгоритма*

Выбор уникальных признаков для создания интеллектуальных систем по их распознаванию и анализу является актуальной и востребованной научно-технической задачей. На сегодняшний день не существует универсальных подходов к определению таких характеристик, а их выбор зависит от контекста решаемой задачи и регистрируемых условий наблюдения. В качестве доминирующих признаков могут быть выбраны различного рода дескрипторы: точки, линии, углы и геометрические примитивы.

Рассмотрим существующие методы и подходы, которые в качестве описательных признаков используют особые точки [1, 2]. Существует множество алгоритмов для локализации такого рода точек. Так, можно выделить класс методов, где особые точки подвергаются минимальным искажениям с течением времени, например, между соседними кадрами видеопоследовательности. Одним из наиболее распространенных типов особых точек являются углы на изображении, т.к. в отличие от ребер углы на паре изображений можно однозначно сопоставить. Детектор Моравеца [3] является самым простым детектором углов. Предлагается измерять изменение интенсивности пикселя $I(x,y)$ посредством смещения небольшого квадратного окна с центром в (x,y) на один пиксель в каждом из восьми принципиальных направлений. Следует отметить, что данный детектор не является инвариантным относительно преобразования поворота и имеет большое число ложных срабатываний на ребрах вследствие шума. Детектор Харриса [4] строится на основании детектора Моравеца и является его улучшением, т.к. для него характерна анизотропия по всем направлениям. Харрис и Стефан вводят в рассмотрение производные по некоторым принципиальным направлениям, раскладывают функцию интенсивности в ряд Тейлора. Однако ему присущи некоторые недостатки, среди которых большая вычислительная трудоемкость (по сравнению с детектором Моравеца), чувствительность к шуму и зависимость результатов детектирования от масштаба изображения. Также здесь можно отметить алгоритмы нахождения особых точек, основанные на преобразованиях вейвлет [5], риджет [6], Хафа [7] и др.

Следующий класс обнаружителей особых точек, которые являются стабильными при смене освещения и небольших движениях объекта. Детектор MSER (Maximally Stable Extremal Regions) [8] решает проблему инвариантности особых точек при мас-

штабировании изображения. Детектор выделяет множество различных регионов с экстремальными свойствами функции интенсивности внутри региона и на его внешней границе. Преимущества, которыми обладает детектор, – это инвариантность к аффинным преобразованиям интенсивностей, устойчивость, одновременное детектирование областей разного масштаба и вычислительная эффективность. Описанные ранее детекторы определяют особые точки на изображении, в частности, углы, применяя некоторую модель или алгоритм, напрямую обращаясь к пикселям исходного изображения. Альтернативный подход состоит в том, чтобы использовать алгоритмы машинного обучения для тренировки классификатора точек на некотором множестве изображений. FAST-детектор (Features from Accelerated Test) [9] относится к эвристическим алгоритмам и строит деревья решений для классификации пикселей. Он хорошо зарекомендовал себя при слежении за объектами в реальном времени.

В настоящее время существует ряд методик описания изображений по особым точкам, которые обладают высокой стабильностью и хорошими характеристиками работы, инвариантными к масштабу и повороту: алгоритм SIFT (Scale Invariant Feature Transform) [10]. Один из наиболее часто используемых алгоритмов описания особых точек. Точки, полученные с помощью алгоритма, устойчивы к изменениям освещения, шумам и изменениям позиции наблюдателя. Характеризуется приемлемой вычислительной эффективностью. Алгоритм SURF (Speeded Up Robust Features) [11]. Методика основана на поиске особых точек, при этом для каждой точки считается градиент максимального изменения яркости и коэффициент масштабирования по матрице Гессе. Метод RIFF (Rotation Invariant Fast Features) [12]. В основу метода положено радиальное и тангенциальное разложение гистограмм градиента и последующая обработка по кольцам. Дескриптор также инвариантен к изменению освещенности.

В исследовании анализируются алгоритмы распознавания изображений изменчивых по структуре сгущений малоразмерных объектов в двумерном или трехмерном пространстве, когда априори неизвестно, какие отметки в наблюдаемой сцене из смеси с шумом составляют распознаваемые группы, сколько их и каких классов, неизвестна их ориентация, а иногда и масштаб изображения. Объекты интереса могут быть представлены точечными объектами (ТО) или групповыми точечными объектами (ГТО). Предполагается, что задачи обнаружения отдельных ТО и пространственной локализации ГТО решены.

В задачах распознавания образов ГТО представляют собой множества изолированных точек в непрерывном или дискретном пространстве заданной размерности, где для их моделирования предполагается использовать пространственные эллипсоиды (1), которые определяются заданной плотностью ТО.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (1)$$

где a, b, c – полуоси эллипсоида.

На рисунке 1, a представлена моделируемая сцена, которая состоит из смеси ТО и ГТО.

Важнейшим информативным признаком, отличающим область расположения ГТО от фона из ложных отметок, служит более высокая плотность точечных объектов. Для представления и дальнейшей обработки предполагается решить задачу построения (рис. 1, b) минимального остовного дерева на множестве точек (рис. 1, a).

Пусть в трехмерном пространстве заданы функция расстояния между ТО этого пространства и конечное множество точек V , которые могут рассматриваться как вершины графа. Отрезки, соединяющие точки из V , могут рассматриваться как ребра некоторого неориентированного графа, а расстояние между этими точками – весом

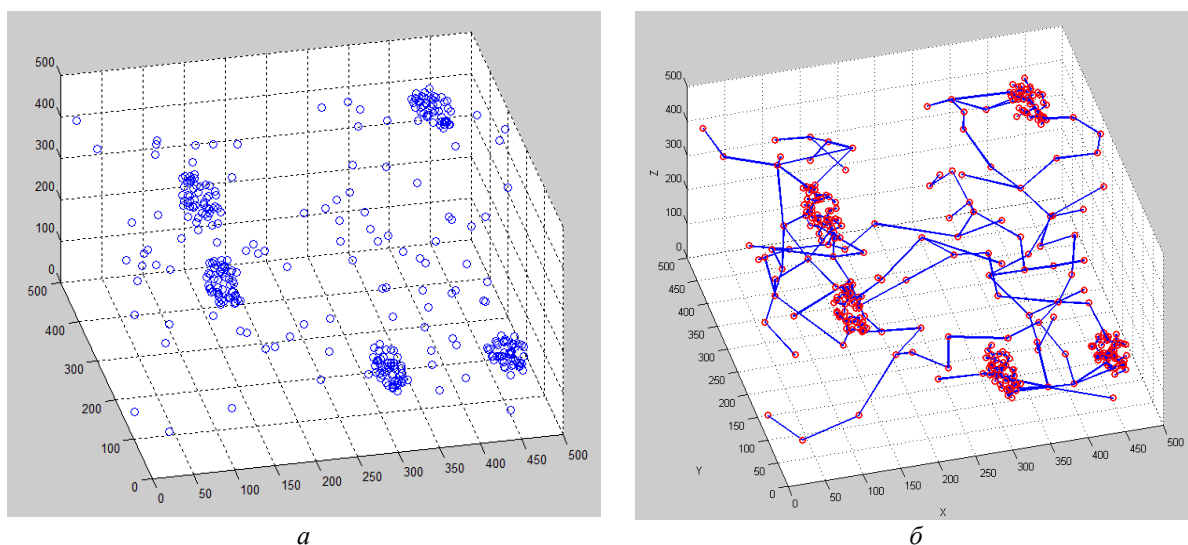
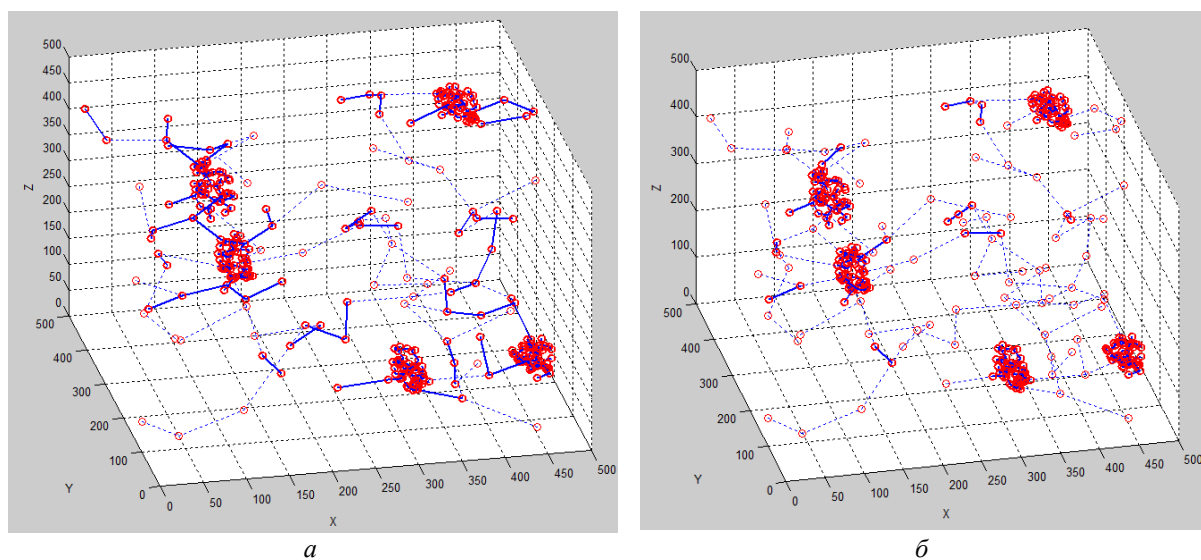


Рис. 1. Моделирование ГТО и ТО

соответствующих ребер. Тогда задача построения минимального охватывающего дерева имеет следующую формальную постановку.

Пусть имеется связный неориентированный граф $G = (V, E)$, в котором V – множество ТО, E – множество ребер. Для каждого ребра графа (u, v) задан неотрицательный вес $w(u, v)$, измеряемый евклидовой метрикой. Задача состоит в нахождении подмножества $T \subset E$, связывающего все вершины, для которого суммарный вес $\omega(T) = \sum_{(u, v) \in T} \omega(u, v)$ минимален. Минимальным покрывающим деревом называют покрывающее дерево, имеющее минимально возможный вес. Наиболее известными алгоритмами построения минимального остоного дерева являются алгоритмы Крускала, Прима и Боруки [13-16].

На рисунке 2 представлен результат обнаружения ГТО после пороговой обработки при различных значениях, причем $\lambda_1 < \lambda_2$.

Рис. 2. Обнаружение ГТО при разных значениях порогового значения λ_i

В модель наблюдаемого изображения – результат обнаружения точечных объектов, введем дополнительный математический объект – ассоциированный сплошной образ (АСО). АСО представляет собой новый объект, полученный посредством увеличения радиуса ТО до некоторого значения, при котором ГТО начинает рассматриваться как единый объект. На рисунке 3 представлен процесс моделирования АСО из ТО с ростом внутреннего радиуса ТО. Для построения объекта АСО используется алгоритм заполнения области с затравкой [17].

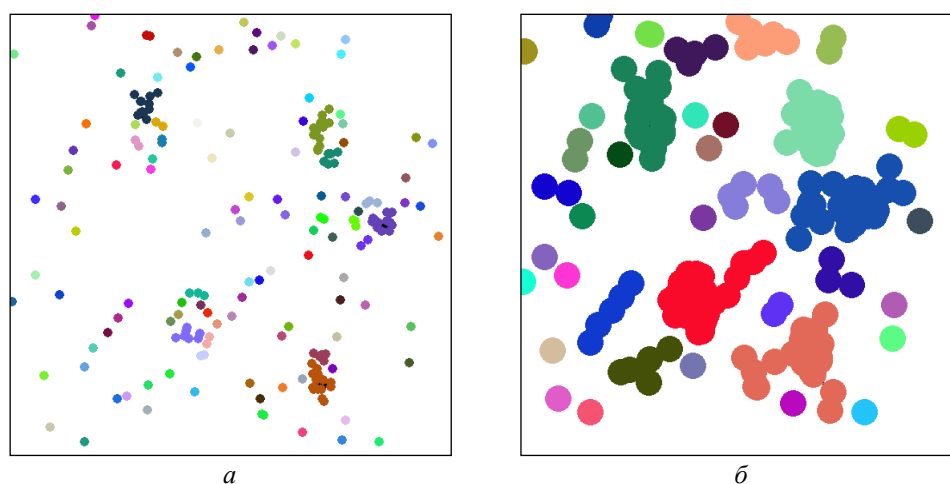


Рис. 3. АСО с разным внутренним радиусом для ТО

Результаты исследований показывают, что внутренний радиус ТО при некотором значении объединяет ГТО в единый объект (АСО), при этом такие объекты имеют большую площадь, по сравнению со случайными ТО.

Таким образом, были промоделированы алгоритмы обнаружения ГТО на основе минимального оставного дерева и с использованием модели ассоциированного сплошного образа. Анализ результатов исследований показывает, что первый алгоритм имеет линейную сложность, а второй – экспоненциальную. При этом до некоторой размерности скорости работы алгоритмов будут примерно сопоставимы. Синтезированные алгоритмы подтверждаются теоретическими и практическими расчётами [18-20].

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 13-01-00427.

Список литературы

1. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2011. 812 p.
2. Вудс Р., Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Moravec H. Rover visual obstacle avoidance // Proc. Intl. Joint Conference on Artificial Intelligence. 1981. P. 785–790.
4. Harris C. G., Stephens M. J. Combined corner and edge detector // Proc. Fourth Alvey Vision Conference. 1988. P. 147–151.
5. Дзенчарский Н. Л., Медведев М. В., Шлеймович М. П. Поиск изображений с выделением особых точек на основе вейвлет-преобразования // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань: Изд-во КГТУ, 2011. № 1. С. 131–135.

6. D. L. Donoho, "Ridge functions and orthonormal ridgelets," *Journal of Approximation Theory*, vol. 111, no. 2, pp. 143–179, 2001.
7. Hough P. V. C. Methods, Means for Recognizing Complex Patterns / U.S., Patent 3069654, 1962.
8. Matas J., Chum O., Urban M., and Pajdla T. Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions. Proc. of British Machine Vision Conference. 2002. P. 384-396.
9. Rosten E., Drummond T. Machine learning for high-speed corner detection // Proc. European Conference on Computer Vision. 2006. V. 1. P. 430–443.
10. Lowe D. Object Recognition from Local Scale-Invariant Features // Proceedings of the International Conference on Computer Vision. 2. 1999. P. 1150-1157.
11. Herbert B. SURF: Speeded Up Robust Features / B. Herbert, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool // Computer Vision and Image Understanding (CVIU). 2008. Vol. 110. No. 3. P. 346-359.
12. Unified Real-Time Tracking and Recognition with Rotation-Invariant Fast Features [Электронный ресурс] / G. Takacs, V. Chandrasekhar, S. Tsai, D. Chen, R. Grzeszczuk, B. Girod // CVPR2010_RIFF.pdf
13. Joseph. B. Kruskal. On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem. // Proc. AMS. 1956. Vol 7, No. 1. P. 48-50.
14. Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов. СПб.: Питер, 2002. 420 с.
15. Окулов С. М. Программирование в алгоритмах. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 341 с.
16. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. 2-е изд. М.: Вильямс, 2005. 1296 с.
17. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики / пер. с англ. М.: Мир, 1989. 512 с.
18. Кревецкий А. В. Инвариантные к форме обнаружение и пространственная локализация групп точечных объектов в трехмерном пространстве // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2011. № 1(11). С. 47-52.
19. Кревецкий А. В., Уржумов Д. В. Специализированный графический редактор локационных изображений ландшафтных сцен с группами малоразмерных и точечных объектов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2012. № 2(16). С. 24-28.
20. Архитектура системы комплексного дешифрирования изображений аэрокосмических изображений подстилающей поверхности земли в реальном масштабе времени / Ю. А. Ипатов, А. В. Кревецкий, Д. В. Уржумов, С. Е. Чесноков // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2012. № 1(14). С. 47-59.

MODELING AND ANALYSIS DETECTION ALGORITHM FOR GROUP POINT OBJECTS

Ipatov Yury Arcadieievich, Krevetsky Alexandr Vladimirovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The paper presents a review of analytical methods for the analysis and recognition of objects based on the representation of a point. Simulated methods of recognition of group point objects with the minimum spanning tree and the associated continuous image. The complexity of algorithms was estimated.

Keywords: point objects; group point objects; minimum spanning tree; associated continuous image; point objects modeling; complexity of the algorithm

УДК 621

СКАЗОЧНЫЙ КУКОЛЬНЫЙ ТЕАТР В ГОРОДЕ ЙОШКАР-ОЛЕ

Лаврентьев Борис Федорович

ФБГУ УПО «Поволжский государственный технологический университет, Россия, Йошкар-Ола
Lavrentevbf@volgatech.net

В статье предлагается вариант создания в городе Йошкар-Оле нового «сказочного» кукольного театра. Значительное внимание уделено вопросам проектирования динамических робототехнических сказочных фигур для повышения эмоционально-психологического воздействия на зрителей.

Ключевые слова: кукольный театр, робототехнические конструкции, сказочные герои, декоративные часы, динамический цветомузыкальный фонтан, эмоционально-психологическое воздействие

Введение. В Йошкар-Оле появилось новое здание Республиканского театра кукол. Глава РМЭ Л. И. Маркелов назвал его сказочным замком, украшенным многочисленными башенками. Это прекрасное здание, несомненно, станет одним из лучших украшений столицы республики. В связи с этим студенты и сотрудники Поволжского государственного технологического университета разработали проект «сказочного» кукольного театра на базе нового театра в Йошкар-Оле. Очевидно, что в идеале каждый театр должен иметь свое лицо и по возможности не иметь аналогов. Как это сделать? Прежде всего, необходимо его «оживить». Этого можно добиться, если внутри театра и снаружи создать динамические, информационные автоматизированные робототехнические конструкции. Известно, что «живые» экспонаты привлекают зрителей значительно больше, чем статические: например, на центральной площади г. Йошкар-Олы динамические часы с двигающейся фигурой ослика привлекают внимание горожан значительно больше, чем неподвижный памятник воеводе, стоящий на этой же площади.

Это говорит о том, что для повышения эмоционально-психологического воздействия театра на зрителей необходимо оснастить его дешевыми, интеллектуальными, автоматизированными робототехническими конструкциями, выполненными в виде сказочных или былинных героев.

Вопросам создания автоматизированных электронных средств психоэмоционального воздействия на людей в настоящее время уделяется значительное внимание. За рубежом существует большое количество высокоинтеллектуальных робототехнических конструкций для зон отдыха, парков, культурных заведений. В Сингапуре, например, действует всемирно известный Тайгер-парк, в котором представлены многочисленные персонажи из китайских сказок; во Франции всегда привлекает внимание посетителей Диснейленд. Ближайший от нас центр создания аппаратуры для развлекательных центров находится в Минске, однако его продукция отличается высокой стоимостью и не всегда, на наш взгляд, соответствует задачам воспитания детей.

В нашей стране работы по созданию робототехнических информационных конструкций практически не ведутся. Патентный поиск, проведенный по данной тематике, показал, что имеется целый ряд патентов на различные технические решения, но они, как правило, носят разрозненный характер и не связаны с созданием конкретных объектов.

В последние годы в Поволжском государственном технологическом университете были разработаны информационные робототехнические конструкции различного назначения: «Крокодил Гена и Чебурашка», «Попугай», «Декоративные часы с движущейся фигурой Буратино», «Говорящие урны» и т.д. В настоящее время сотрудниками и студентами ПГТУ и сотрудниками Республиканского кукольного театра выполнены эскизные проекты на целый ряд «сказочных» героев. Нами введено понятие информационные робототехнические конструкции, в которых нет элементов искусственного интеллекта, однако они обладают большими информационными ресурсами и художественными формами, что более важно для восприятия детьми. Но главное их преимущество состоит в том, что их стоимость в сотни раз меньше, чем интеллектуальные робототехнические конструкции. Робототехнические герои «работают» по заданному сценарию, включая движение головы, рук, глаз, губ; ведут в диалоге беседу с окружающими, дают пояснения к мероприятиям, на которых присутствуют. Управление роботами может осуществляться по внутренней компьютерной программе или внешне – по радиоканалу. В проекте заложены современная элементная база, новейшие технологии и недорогие комплектующие.

Целью настоящей работы является создание «сказочного» кукольного театра с использованием нового класса дешевых информационных робототехнических конструкций.

Основные задачи проекта – повысить зрелищность театральной площади и всего близ лежащего района, создать праздничную атмосферу перед началом спектакля, способствовать разностороннему воспитанию детей, создать визитную карточку города.

Для решения этих задач на фасаде кукольного театра предлагается разместить на уровне третьего этажа по центру здания декоративные часы диаметром 250 см. Циферблат часов полупрозрачный с внутренней подсветкой. На циферблате с внутренней стороны изображены «динамические человечки» в виде веселых обезьянок, птичек, животных, человечков, которые благодаря внутренней подсветке будут хорошо видны снаружи. Возможно использование световых эффектов или голограмм. В центре часов можно расположить сказочного героя, например, *Буратино* с руками в виде минутной и секундной стрелок. По окружности часов располагаются двенадцать светящихся цифр, выполненных на сверхъярких светодиодах зеленого или красного цвета высотой 120 мм. Одна цифра светится в полную яркость, остальные слабее. По внешней окружности циферблата располагаются 60 мощных полноцветных светодиодных элементов, формирующих секундную стрелку. Секундная стрелка представляет собой шестьдесят светящихся элементов, которые перемещаются со скоростью 1 с по световой дорожке, имеющий другой цвет. Окраска перемещающихся элементов и цвет дорожки изменяются по программе в зависимости от дня недели с учетом праздничных дней. Количество перемещающихся элементов соответствует дню недели (понедельник – 1, вторник – 2, воскресенье – 7).

Таким образом, каждый будет знать не только текущее время, но и день недели. Над циферблатом располагается «золотая» клетка с «Кукушкой», которая каждый час появляется из клетки и сообщает текущее время. (Вместо кукушки может быть другой персонаж, например, олень, отбивающий время золотым копытцем, создавая большое количество драгоценных камней (вспомним сказки Бажова). Работа часов сопровождается музыкальным оформлением в соответствии с заложенной программой (перед каждым представлением включается специальная программа, посвященная предстоящему спектаклю). Декоративные часы содержат много интересных технических решений, на

которые получены патенты. Подобных часов пока нигде не существует. Ориентировочная стоимость предлагаемого устройства – 3-5 млн рублей.

На каждой из двух башен фасада театра размещаются по три манекена «Трубачей» с трубами и механическим поворотом их в пределах $\pm 60-80^\circ$. Звуками труб «Трубачи» извещают о начале спектакля. Дополнительно их можно задействовать вместе с боем декоративных часов и с другими мероприятиями. Стоимость манекенов может быть относительно небольшой (в пределах 100-200 тыс. руб).

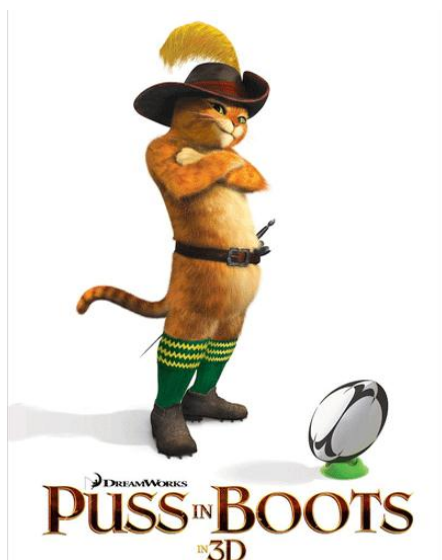
«Золотой петушок». Это известный персонаж из сказки А. С. Пушкина. Его можно разместить на втором этаже на выдвижном шесте. Петушок имеет туловище, лапки,



голову. На ногах «золотые шпоры». Туловище и голова могут поворачиваться в пределах $\pm 30-45^\circ$. Петушок приподнимается на ногах, моргает, клюв его движется в такт со звуком. В обычном режиме конструкция работает по внутренней программе, а перед спектаклем может переходить на внешнее управление (от артиста), при котором возможны индивидуальные контакты со зрителями. Этот режим особенно эффективен при общении с детьми дошкольного возраста.

Петушок может быть изготовлен литьем из металла с подогревом или из стекловолокна с эпоксидной. Габаритные размеры «Золотого петушка» – 80-120 см, ориентировочная стоимость в пределах 1,2-1,8 млн руб.

Внутри здания у входа на парадную лестницу можно разместить «Кота в сапогах», который будет встречать зрителей, снимать шляпу, поворачивать голову, моргать, двигать ртом в такт с речью, приветствовать зрителей и желать им счастливого пути после спектакля. Датчик присутствия обеспечивает действия робота только при наличии вблизи людей. Управление фигуркой – внутреннее (по специальной про-



грамме), а также внешнее (с участием артистов), в виде индивидуального диалога со зрителями, в режиме реального времени. В этом режиме артист видит окружающую обстановку вблизи кота, слышит звуки и в образе сказочного персонажа общается с окружающими, ведет диалог с детьми и взрослыми, рассказывает о спектакле, о пра-

вилах хорошего поведения, шутит и т.д. Ориентировочная стоимость «Кота в сапогах» порядка 0,6-2 млн руб.

В фойе зала можно установить «Попугая». Он будет вертеть головой, моргать, в такт с речью раскрывать и закрывать клюв, приподниматься на ногах, махать крыльями, поднимать гребешок и работать в трех режимах:

- в режиме внутреннего программного управления,
- в режиме внешнего управления по радиоканалу с участием артистов,
- в режиме трехкратного повторения «услышанных» фраз («попугайничание»).

Третий режим возникает автоматически, если зритель близко подходит к роботу. В этом режиме «Попугай» внимательно смотрит на зрителя, не двигается и три раза с акцентом повторяет последнюю услышанную фразу, то есть «попугайничает». Ориентировочная стоимость «Попугая» – 0,8-1,2 млн руб.

Внутри театра на площадке может быть установлена «Сказочная избушка на курьих ножках» с окошком, в котором сидит бабушка-сказочница. Из окошка свешивают-



ся 10 различных цветков. Когда маленький зритель дотрагивается до определенного цветка, то сказочница начинает рассказывать одну из десяти сказок, записанных на флеш-память. Ориентировочная стоимость робототехнической конструкции порядка 1,2-1,5 млн руб.

Белый гриб-сказочник может также быть установлен на одной из площадок здания театра. Он может поворачиваться вокруг оси на угол $\pm 45^\circ$, сдвигать шляпу, моргать, говорить с движением губ и ненавязчиво учить посетителей правилам хорошего тона. Он имеет датчик присутствия и «оживает» только при приближении зрителей. Ориентировочная стоимость 0,2-0,3 млн руб.

Динамический цветомузыкальный фонтан «Дюймовочка» является одной из центральных робототехнических конструкций кукольного театра, которая может устанавливаться в центре фойе театра. Фонтан представляет собой художественно оформленный бассейн диаметром 2-2,5 метра с цветовой подсветкой и изумрудной водой. В центре фонтана художественно оформленный цветок с закрытыми лепестками. По внешней окружности бассейна установлены обитатели водной среды: лягушки, рыбы, крокодильчики, из пасти которых бьют подсвеченные струи воды. Бассейн наполняется водой, и поплавки через систему рычагов раскрывают лепестки прекрасного цветка, в центре которого сидит Дюймовочка. Она поднимается, раздается музыка, возникают световые эффекты, и Дюймовочка начинает танцевать с вращением и движениями рук и головы. Фонтанчики продолжают работать, изменяя цвет в зависимости от музыкального сопровождения, а через заданное время открывается клапан, и вода сбрасывается из бассейна в подвальный резервуар. Уровень воды в бассейне понижается, Дюймовочка приседает, лепестки цветка закрываются, и действие мини-спектакля заканчивается. Фонтан продолжает работать, уровень воды в бассейне повышается, и спектакль с Дюймовочкой повторяется... Так продолжается до момента отключения насоса. Таким образом, работа цветомузыкального фонтана происходит автоматически под воздействием воды, что значительно снижает эксплуатационные расходы и

повышает надежность конструкции. В процессе работы фонтана происходит ионизация воздуха, что обеспечит создание «морского климата», который, как известно, благоприятно влияет на здоровье человека. Ориентировочная стоимость ЦМФ без учета строительных работ составляет порядка 5-9 млн руб.

«Чебурашка и крокодил Гена» – эти робототехнические конструкции изготовлены и установлены в фойе театра, но их следует модернизировать, для чего необходимо: ввести моргание глаз, движение рта в такт с голосом, движение гармошки, музыкальное сопровождение и восстановление корпуса. Ориентировочная стоимость работ 200-300 тыс. руб.

«Декоративные часы с Буратино». Их планируется поставить перед входом в зрительный зал. Часы необходимо «оживить»: создать внутреннее программное и внешнее управление, световую подсветку, радиоканал управления. Сказочный человек будет индивидуально общаться с посетителями, комментировать спектакль, приглашать зрителей в зал путем подачи предварительных и основных звонков, прощаться со зрителями после спектакля, желать им счастливого пути. Ориентировочная стоимость декоративных часов 1,0-2,0 млн руб.

Заключение. Выполнение настоящего проекта позволит превратить кукольный театр в сказку, в любимое место для детей, будет способствовать всестороннему их развитию и формированию личности ребенка. Кукольный театр станет достопримечательностью города, его визитной карточкой, т.к. подобного в нашей стране нет.

По тематике проекта поданы заявки на патенты, которые позволят создать малое предприятие по изготовлению и внедрению робототехнических конструкций для других регионов нашей страны. При серийном изготовлении таких конструкций для детских дошкольных учреждений и детских лечебных и культурных центров их стоимость снизится в 3-4 раза, а следовательно, их экономическая рентабельность будет высокой.

В работах над проектом примут участие сотрудники Поволжского государственного технологического университета, Марийского государственного университета, Республиканского кукольного театра, проектного института, художественного училища, подрядные организации.

После выполнения настоящего проекта планируется проведение научно-исследовательской работы по вопросам влияния сказочного кукольного театра на всестороннее развитие и воспитание детей.

Выполняется по гранту Российского гуманитарного научного фонда 2015 года (РГНФ), проект «Создание особого класса детских информационных робототехнических конструкций и исследование их влияния на воспитание и всестороннее развитие детей».

Список литературы

1. Робототехническая конструкция: патент RU №133009 U1 / Лаврентьев Б. Ф., Бусыгин Г. В., Христофоров А. А., Кудрявцев И. А. Оpubл. 10.10.2013.
2. Фонтан: патент RU № 2484904. U1 / Лаврентьев Б. Ф. Оpubл. 20.06.2013.
3. Робототехническая конструкция: патент RU № 1239409 U1 / Лаврентьев Б. Ф., Щипкова Е. В., Орлова Н. А., Иванов Д. И. Оpubл. 20.04.2014.
4. Фонтан: патент RU №136368 U1 / Лаврентьев Б. Ф., Бусыгин Г. В., Дзюба В. Е. Оpubл. 10.01.2014.

5. Робототехническая конструкция с внутренним и внешним управлением: патент RU № 142839 U1 / Лаврентьев Б. Ф., Васильева Я. М. Оpubл. 10.07.2014.

6. Лаврентьев Б. Ф., Васильева Я. М. Создание информационных робототехнических конструкций для всестороннего развития и воспитания детей // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сборник научных трудов Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания «ЮКОМ», 2015. С. 119-121.

7. Лаврентьев Б. Ф., Васильева Я. М. Детские информационные робототехнические конструкции для лечебных и культурных центров // Вестник современной науки. 2015. № 1. С. 111-113.

FABULOUS PUPPET THEATRE IN YOSHKAR-OLA

Lavrentev Boris Fedorovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

In this article the variant of creation in the city of Yoshkar-Ola, the new "fabulous" puppet theater. Considerable attention is paid to the design of dynamic, robotic figures and dressings to enhance the emotional and psychological impact on viewers.

Keywords: puppet theater, robotic design, fairy-tale characters, miniature clocks, The Golden Cockerel, Puss in Boots, a parrot, a dynamic color-musical fountain, emotional and psychological impact

УДК 617

СОЗДАНИЕ ПРИБОРА ДЛЯ ЦВЕТОТЕРАПИИ

Лаврентьев Борис Федорович, Богатов Максим Сергеевич

ФБГОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет, Россия, Йошкар-Ола
Lavrentevbf@volgatech.net

Рассматриваются вопросы создания простого и высокоэффективного прибора для цветотерапии с целью проведения клинических научно-исследовательских работ в специализированных медицинских центрах.

Ключевые слова: цветотерапия, световые сигналы, приборы, режимы работы, лечение органов человека, программное устройство, сферический экран

Введение. Существует ряд различных теорий цветоощущения, но наибольшим признанием пользуется трехкомпонентная теория цветоощущения, согласно которой в сетчатке глаза человека существуют три разных типа цветовоспринимающих фоторецепторов – колбочек. В колбочках находятся различные светочувствительные вещества, причем, одни колбочки содержат вещество, чувствительное к красному, другие – к зеленому, третьи – к фиолетовому цвету. Всякий свет оказывает воздействие на все три цветоощущающих элемента, но в разной степени. Эти возбуждения суммируются зрительными нейронами и, дойдя до коры головного мозга, дают ощущение того или иного цвета и воздействуют на определенные органы человека.

Эффективность использования светового воздействия на тот или иной орган человека с целью его лечения определяется тем, что электромагнитное излучение видимого оптического диапазона является неотъемлемым компонентом среды обита-

ния человека. Многочисленные исследования показали, что световое излучение различного спектра регулирует углеводный, белковый, жировой, водно-солевой и минеральный обмены веществ, клеточный метаболизм, сложные адаптационные процессы [1].

Известно большое количество патентов д.м.н. Т. П. Тетериной и Л. П. Волковой (патенты № 2401672. 26.01.2009; №2230534. 04.04.2004; №2206300. 20.06.2003; №2290053 27.12.2006 и другие) [2, 3]. Эти приборы, как правило, относятся к цветотерапии, предназначены для лечения функциональных органов человека. Установлено, например, что красный цвет повышает чувствительность рецепторов сетчатки и остроту зрения; синий – нормализует сон и снижает внутриглазное давление; зеленый – эффективно восстанавливает биоритмы зрительного анализатора.

Известны приборы, в которых для диагностики и лечения патологических процессов зрительной системы человека используется мелькающий свет (КЧСМ) различной цветности (патенты №2168964, № 2162310, №2084845, №268964) [4]. Мелькающий свет применяется для диагностики и лечения патологических процессов зрительной системы человека [5].

Недостаточная эффективность фармакотерапии на клинически выраженной стадии различных болезней настоятельно диктует необходимость поиска новых технологий, относящихся к области восстановительной медицины.

В последнее время применяется метод импульсной цветотерапии, заключающийся в воздействии светом различных цветов, подаваемым с различной частотой и длительностью импульса. Метод обладает всеми преимуществами физиотерапевтических методов лечения: не имеет побочных эффектов, оказывает положительный эффект на весь организм в целом, мягко влияет на отдельные органы и системы.

Цель работы – создание простого многофункционального прибора для научных медицинских центров для проведения клинических исследований при лечении различных заболеваний человека с использованием элементов цветотерапии.

Основными **задачами** являются: информационный поиск по теме, создание прибора для цветотерапии, разработка технической документации, изготовление и настройка прибора и передача его в медицинский центр.

В приборе заложены широкие функциональные возможности воздействия на организм человека через зрение световыми сигналами различной цветности, яркости, формы, скорости движения световых стимулов с возможностью их оперативного изменения.

В настоящее время ряд зарубежных и отечественных фирм выпускают специализированные приборы для цветотерапии. Среди них наиболее известны зеленая, красная и синяя светодиодные лампы «НЕВОТОН» монохромного излучения, приборы Bremed BioSun BD7000, фирма Bremed (Италия) и Биоптрон (Россия), с комплектом сменных цветных фильтров, аппарат Вега-Люкс 790А, фирма «Vega» (ФРГ), российские аппараты серий «АС», «АЦЛ», «АЦТ», «АПЭК», «ИРИС», «Геска», «ПОЛИЦВЕТ», «Меллон», аппараты цветотерапии «Ультрамарин», «Дюна-Т» и другие с источниками света различных длин волн постоянного или импульсного излучения.

На основе анализа известных приборов цветотерапии и собственного опыта по разработке приборов медицинского назначения в 2014 году в Поволжском государственном технологическом университете разработан и изготовлен опытный экземпляр прибора для цветотерапии «Лучик-5» [6, 7].

Основные технические характеристики прибора «Лучик-5»:

- количество режимов работы.....8 (64)
 - формы световых мельканий.....8
 - время одного цикла, с.....0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0
 - количество циклов в одном сеансе 12; 32; 64; 128
 - в одном сеансе могут быть использованы все восемь режимов или только часть из них путём набора соответствующих кнопок «Режим работы», расположенных на передней панели прибора «Лучик-5»;
 - цвета красный, зеленый, синий, белый, меняющийся
 - изменение яркости.....0– макс
 - питание, В.....9
 - потребляемая мощность, Вт,..... не более 15
- Структурная схема прибора для цветотерапии «Лучик-5» приведена на рисунке 1.

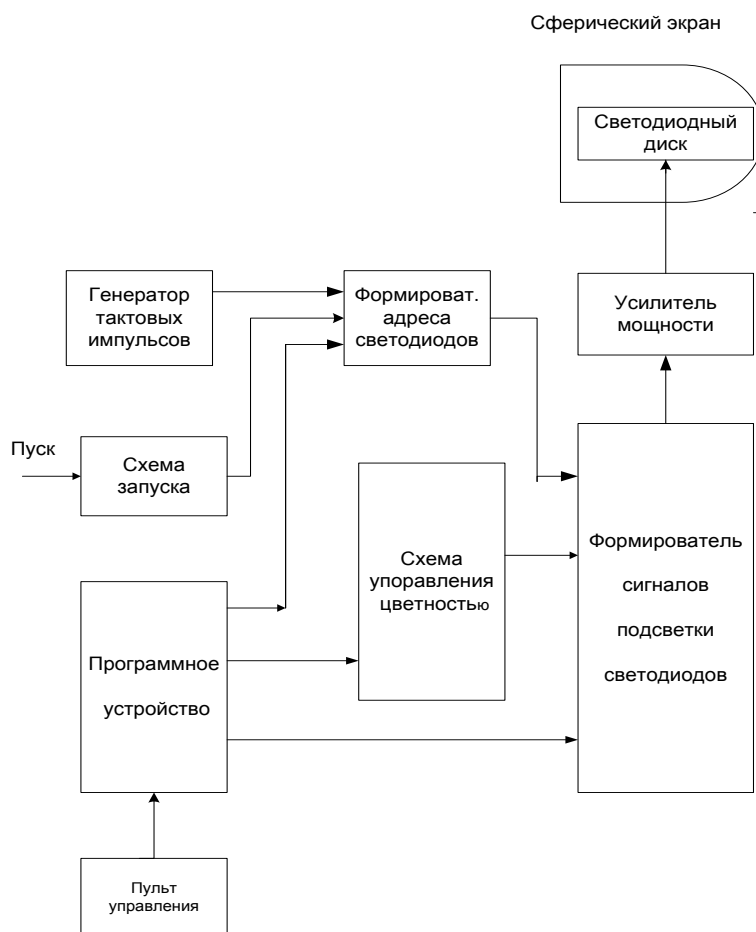


Рис. 1. Структурная схема прибора «Лучик-5»

С помощью пульта управления в зависимости от назначения врача задается программа сеанса. Программное устройство в соответствии с заданными параметрами сеанса лечения формирует адреса светодиодов, количество режимов работы, время одного цикла, количество циклов в одном сеансе, цвета, яркость световых стимулов. Формирователь адреса светодиодов устанавливает начальный адрес светодиодов и затем текущие адреса в соответствии с заданными параметрами движения световых сиг-

налов, схема управления цветностью управляет цветностью световых сигналов. Усилитель мощности формирует сигналы необходимого уровня для свечения светодиодов. Светоизлучающий экран прибора имеет сферическую форму.

Конструкция прибора включает в себя блок управления и сферический экран, который подключается к блоку управления с помощью кабеля. Прибор имеет прямоугольную форму, на передней панели размещаются органы управления и индикации. С помощью органов управления, расположенных на панели управления, можно задать режим работы прибора и контролировать ее работу. На рисунке 2 приведена передняя панель блока управления с органами управления:

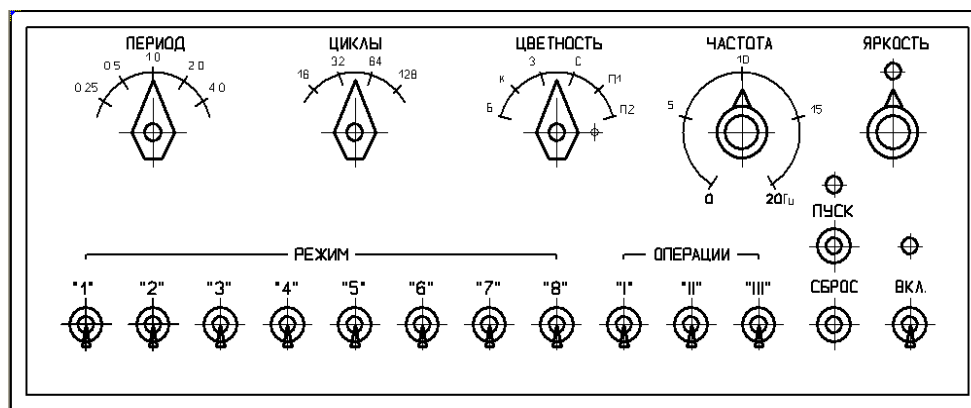


Рис. 2. Передняя панель управления прибора

В настоящее время разработана структурная схема прибора, выбрана элементная база, разработаны электрические принципиальные схемы прибора, проведена трассировка печатных плат, изготовлены модули и разработана конструкция прибора, изготовлен и настроен макет прибора, который планируется передать в 2015 году в Республиканский офтальмологический центр Республики Марий Эл для проведения клинических испытаний с целью его применения в лечебных целях.

Питание прибора производится с адаптера, включаемого в сеть $\approx 220\text{В}$. С адаптера напряжение 9В поступает к плате управления. Светоизлучающий экран устанавливается на подставке, которая крепится к столу и может менять расстояние по вертикали.

Вся аппаратура окрашена в черный цвет и выполнена с использованием современного дизайна.

В процессе выполнения настоящего проекта были получены подробные консультации со стороны медицинских работников глазных центров Республики Марий Эл, которые заинтересовались новым прибором и выразили желание исследовать возможности его использования для лечения различных заболеваний человека.

Работа выполняется по гранту «УМНИК» 2014 года М. С. Богатова, студента группы ЭВС-41, по проекту «Разработка медицинского прибора для расширения поля зрения человека».

Список литературы

1. Серов Н. В. Световая терапия СПб.: Речь, 2001. 256 с.
2. Аппарат для функциональной диагностики и коррекции зрительного анализатора: патент РФ № 58883 / Волкова Л. П., Садиков А. Д. Бюлл. № 34 от 10.12. 2006.

3. Система для восстановления зрительных функций: патент РФ №216312 / Голубцов К.В., Софронов П.В. Бюлл. № 3 2001

4. <http://www.fcdt.ru/dopoln/vision-r.htm>

5. Лежнина Т. А., Роженцов В. В. Точность измерения разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2014. № 2(21). С. 84.

6. Прибор для тренировки и коррекции зрения: патент RU № 20131340647 А / Лаврентьев Б. Ф. Дата публикации 10.01.2015.

7. Устройство для светового воздействия на зрительный анализатор человека. Заявка на патент № 2013502526 / Богатов М.А., Лаврентьев Б.Ф. от 11.12.2014 года.

CREATION OF TOOLS FOR COLOR THERAPY

Lavrentiev Boris Fedorovich, Bogatov Maxim Sergeevich

Volga State Technological University, Russia, Yoshkar-Ola

The problems of creating a simple and highly efficient device for color therapy with the purpose of conducting clinical research work in specialized medical centers

Keywords: color therapy, light signals, devices, operating modes, the treatment of human, computer device, a spherical screen

УДК 612.84.001.8

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ РЕЦЕПТИВНЫХ ПОЛЕЙ НЕЙРОНОВ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Лежнина Татьяна Александровна, Роженцов Валерий Витальевич

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

Предлагается способ повышения точности измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы путем вычисления оценки по результатам измерений, полученных в квазистационарном режиме после окончания переходного процесса.

Ключевые слова: зрительная система, рецептивные поля нейронов, полоса пропускания, точность измерения

Введение. Основной структурной и функциональной единицей нервной системы является нейрон. Он способен принимать, обрабатывать, кодировать, хранить и передавать информацию, устанавливая контакты с другими нейронами. Каждый нейрон своей воспринимающей частью (дендритом) связан с несколькими нейронами нижнего уровня нервной системы или периферическими рецепторами. Та область рецепторной поверхности, с которой связан отдельный нейрон через нейроны нижнего уровня или непосредственно, называется рецептивным полем [1, 2].

Одной из гипотез описания изображений в зрительной системе является гипотеза пространственно-частотной фильтрации, когда рецептивные поля нейронов рассмат-

риваются как полосовые фильтры пространственных частот, имеющих определенную полосу пропускания. Вопросы измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы и оценки их точности рассмотрены в работах [3-5]. Ширина полосы пропускания рецептивных полей нейронов обусловлена значением разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий, вопросы измерения которой рассмотрены в работе [6].

Цель – разработать способ повышения точности измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы.

Решаемые задачи: 1) выполнить анализ точности существующих способов измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы; 2) разработать алгоритмическое и программно-техническое обеспечение для повышения точности измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы; 3) провести экспериментальные исследования, подтверждающие повышение точности измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы.

Способ повышения точности измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы. Анализ литературных и патентных источников, а также собственные экспериментальные исследования авторов показали, что в процессе измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы результаты измерений постепенно улучшаются. Это объясняется адаптацией испытуемого к экспериментальным условиям, наличием «этапа вработывания» и влиянием «закона научения», согласно которому процесс формирования навыка развивается по экспоненте, т.е. присутствует переходной процесс. По окончании переходного процесса наступает квазистационарный режим, в котором наблюдается вариабельность измеряемых значений полосы пропускания рецептивных полей нейронов, объясняемая стохастичностью центральной нервной системы как сложного биологического объекта.

Для повышения точности определения полосы пропускания рецептивных полей нейронов испытуемым предъявлялись световые мелькания с заданной в видимом диапазоне частот начальной частотой, равной 10 Гц. Затем с заданным постоянным периодом, равным 1 с, предъявляли поочередно уменьшенную начальную (декрементную) и увеличенную начальную (инкрементную) частоты. Разницу между предъявляемыми частотами увеличивали, пока испытуемый не определял порог различения предъявляемых частот световых мельканий, который принимали равным значению полосы пропускания рецептивных полей нейронов [4].

Световые мелькания предъявлялись с использованием светодиода желтого цвета диаметром 5 мм с силой света 3 мкд, размещаемого в районе ближней точки ясного видения. Формирование предъявляемых световых импульсов и измерение полосы пропускания рецептивных полей нейронов выполнялось с использованием ПЭВМ.

Измеренное значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов отмечалось на плоскости в координатах «полоса пропускания – номер измерения». Описанная процедура повторялась, строился график зависимости значений полосы пропускания рецептивных полей нейронов ΔF как функции $\Delta F = f(N_i)$, где N_i – номер i -ого измерения, $i = 1, 2, \dots, k$, k – число измерений, до получения квазистационарного режима, когда переходной процесс закончен [5].

В квазистационарном режиме выполняли заданное количество измерений, после чего вычисляли оценку полосы пропускания рецептивных полей нейронов как среднеарифметическое значение по формуле

$$\Delta F = \sum_{j=k}^{k+(n-1)} \Delta F_j / n,$$

где ΔF_j – значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов в квазистационарном режиме в j -м измерении, Гц; $j = k, k+1, \dots, k + (n - 1)$; k – номер измерения, соответствующий окончанию переходного процесса (началу квазистационарного режима); n – число измерений полосы пропускания рецептивных полей нейронов в квазистационарном режиме.

Результаты экспериментальных исследований. В обследовании приняло участие 10 обученных испытуемых в возрасте от 18 до 23 лет с нормальным или скорректированным зрением. Измерения выполнялись в первой половине дня с 9 до 12 часов.

В результате измерений для испытуемого П., 19 лет, получены следующие значения полосы пропускания рецептивных полей нейронов в Гц: 1,6; 1,4; 1,0; 0,9; 1,0; 1,0; 0,8; 0,9; 0,8; 0,9; 1,0; 0,9, которые представлены в виде графика на рис. 1.

Время переходного процесса определяется временем, после которого имеет место неравенство [7]:

$$|\Delta F_i - \Delta F_0| \leq \Delta/2,$$

где ΔF_i – значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в i -м измерении, $i = 1, 2, \dots, k$, k – число измерений; ΔF_0 – среднее значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в квазистационарном режиме; $\Delta = (\Delta F_{\max} - \Delta F_{\min})$ – вариационный размах значений полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в квазистационарном режиме; $\Delta F_{\max}$ – максимальное значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в квазистационарном режиме; $\Delta F_{\min}$ – минимальное значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в квазистационарном режиме.

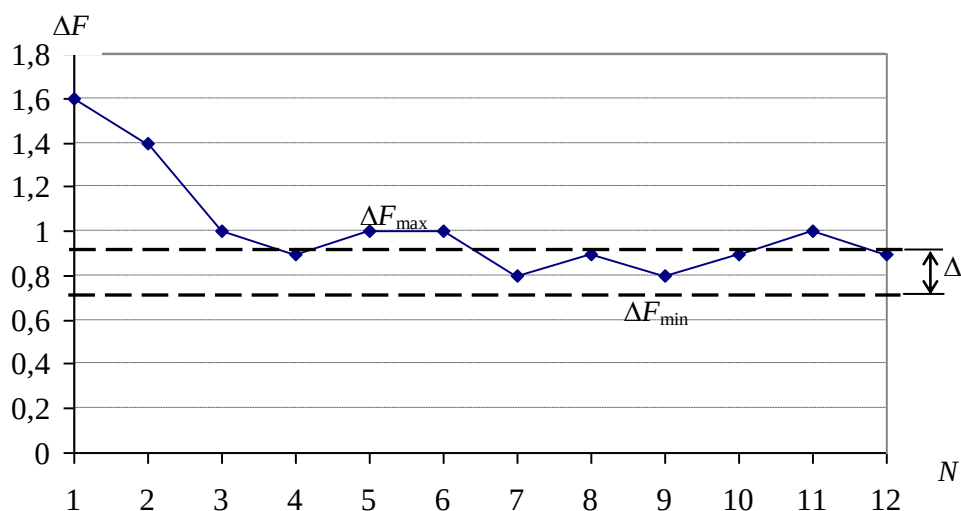


Рис. 1. Результаты измерений полосы пропускания рецептивных полей нейронов испытуемого П.
По горизонтальной оси – номер измерения, по вертикальной – значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов, Гц (обозначения величин см. в тексте)

По диаграмме определили номер измерения 3, соответствующий окончанию переходного процесса. Оценку полосы пропускания рецептивных полей нейронов зри-

тельной системы в квазистационарном режиме вычислили как среднеарифметическое значение по формуле

$$\Delta F = \frac{\sum_{j=k}^{k+9} \Delta F_j}{n} = \frac{\sum_{j=3}^{12} \Delta F_j}{10} = \frac{1,0 + 0,9 + 1,0 + 1,0 + 0,8 + 0,9 + 0,8 + 0,9 + 1,0 + 0,9}{10} = 0,9 \text{ Гц.}$$

Среднеквадратическое отклонение измеренных значений полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в квазистационарном режиме равно 0,079 Гц.

При исключении из статистического анализа первых двух измерений, как принято в [3], среднеарифметическое значение и среднеквадратическое отклонение значений полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы совпадают с значениями, вычисленными для квазистационарного режима.

Для другого испытуемого С., 20 лет, получены следующие значения полосы пропускания рецептивных полей нейронов, Гц: 2,3; 1,9; 1,6; 1,7; 1,5; 1,4; 1,1; 1,2; 1,2; 1,0; 1,2; 1,0; 1,2; 1,2; 1,0; 1,1, которые представлены в виде графика на рисунке 2.

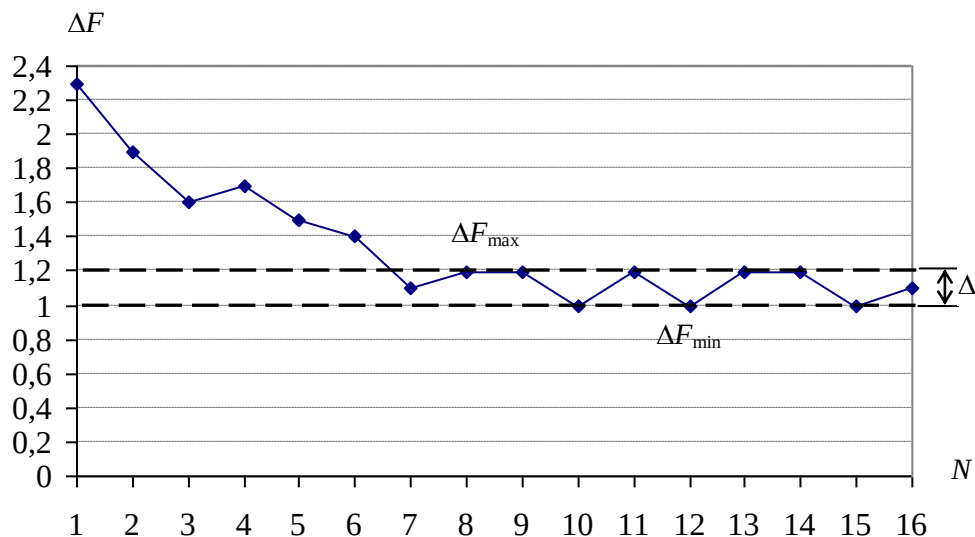


Рис. 2. Результаты измерений полосы пропускания рецептивных полей нейронов испытуемого С. По горизонтальной оси — номер измерения, по вертикальной оси — значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов, Гц (обозначения величин см. в тексте)

По графику определили номер измерения 7, соответствующий окончанию переходного процесса. Оценку полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в квазистационарном режиме вычислили как среднеарифметическое значение по формуле

$$\Delta F = \frac{\sum_{j=k}^{k+9} \Delta F_j}{n} = \frac{\sum_{j=7}^{16} \Delta F_j}{10} = \frac{1,1 + 1,2 + 1,2 + 1,0 + 1,2 + 1,0 + 1,2 + 1,2 + 1,0 + 1,1}{10} = 1,1 \text{ Гц.}$$

Среднеквадратическое отклонение измеренных значений полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы в квазистационарном режиме равно 0,092 Гц.

При условии обработки первых 13 измерений и исключении из статистического анализа первых трех измерений, как принято в [3], среднеарифметическое значение полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы равно 1,3 Гц, среднеквадратическое отклонение – 0,222 Гц.

Уменьшение случайной составляющей погрешности измерений (среднеквадратическое отклонение) при вычислении оценки полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы по предложенному способу в сравнении с вычислениями, когда из статистического анализа исключены первые три измерения, составило 58,6 %.

Полученные результаты не противоречат экспериментальным данным, приведенным рядом авторов, об улучшении зрительных функций в процессе измерений. Это наблюдается относительно остроты зрения [8], контрастных порогов при обнаружении узкой полосы [9].

Выводы

1. По результатам экспериментальных исследований по группе из 10 испытуемых получено уменьшение случайной составляющей погрешности измерений у 7 испытуемых, которое составило от 38,3 до 77,4 %.

2. Анализ полученных результатов свидетельствует, что предложенный способ позволяет повысить точность измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы, тем самым дает возможность точнее оценить динамику происходящих в ней процессов.

Список литературы

1. Шевелев И. А. Временная переработка сигналов в зрительной коре // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 2. С. 68-79.
2. Вартамян И. А. Физиология сенсорных систем: руководство. СПб.: Изд-во «Лань», 1999. 224 с.
3. Лежнина Т. А., Роженцов В. В. Оценка точности измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 9 (99). С. 22-25.
4. Роженцов В. В. Измерение полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. 2008. № 3(51). С. 32-34.
5. Способ определения времени обучения оценке полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы: пат. 2394468 Рос. Федерация / Лежнина Т. А., Полевщиков М. М., Роженцов В. В. № 2009114377/14; заявл. 15.04.2009; опубл. 20.07.2010, Бюл. № 20. 9 с.
6. Роженцов В. В., Лежнина Т. А. Способ сокращения времени измерения разрешающей способности зрения по частоте световых мельканий // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2010. № 3(10). С. 86-89.
7. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. М.: Машиностроение, 1985. 535 с.
8. Leler L., Wilson T. A. Myopia Reduction Training with a Computer-Based Behavioral Technique: A Preliminary Report // J. Behav. Optom. 1993. № 4(4). P. 87-92.
9. Бондаренко В. М., Гаузельман В. Е., Чихман В. Н. Изменение контрастных порогов обнаружения узкой полосы в процессе тренировки // Сенсорные системы. 1999. № 13(3). С. 189-194.

IMPROVING THE ACCURACY OF MEASURING THE PASSBAND OF RECEPTIVE FIELDS OF NEURONS IN THE VISUAL SYSTEM

Lezhnina Tatyana Aleksandrovna, Rozhentsov Valeriy Vitalyevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

We propose a method for improving the accuracy of measuring the passband of receptive fields of neurons in the visual system by calculating the estimation based on measurement results obtained in the quasi-stationary mode after the transition process.

Keywords: visual system, receptive fields of neurons, passband, measurement accuracy

УДК 621.316.8

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ПОДГОНКИ РЕЗИСТОРОВ

*Леухин Владимир Николаевич, Шабдаров Евгений Васильевич,
Блинов Илья Давидович*

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

Рассмотрен процесс электроискровой подгонки резисторов. Разработана физическая модель, связывающая скорость подгонки с параметрами разряда и геометрией резистора. Исследовано влияние способа изменения длительности пачки импульсов подгонки на продолжительность процесса.

Ключевые слова: электроискровая подгонка, физическая модель процесса подгонки, скорость подгонки

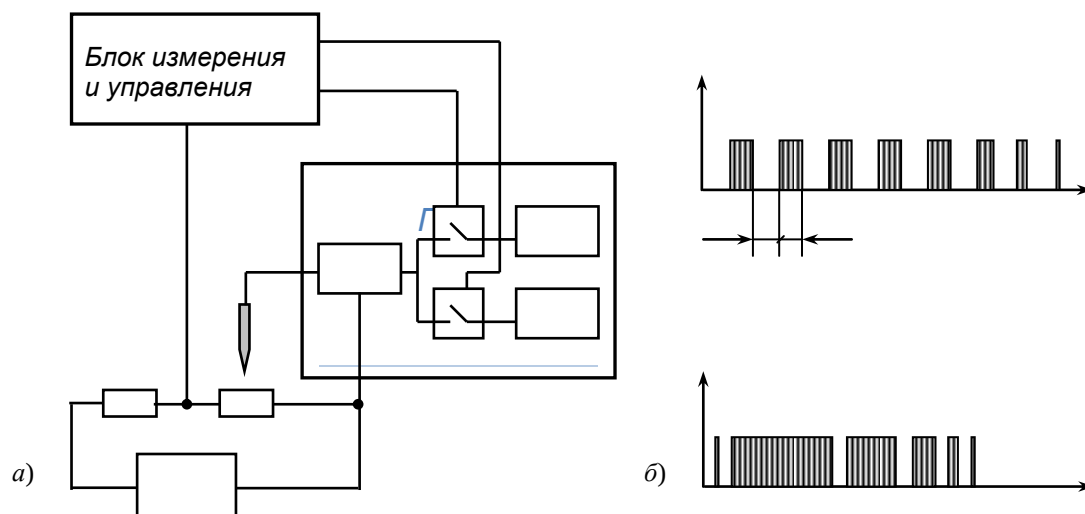
Введение. Технологическая точность изготовления резистивных элементов ($\pm 5\%$ для тонкопленочных резисторов и $\pm 20\%$ для толстопленочных) не удовлетворяет предъявляемым требованиям к их точности, что требует введения в процесс их изготовления операции корректировки величины сопротивления, именуемой подгонкой резисторов. Одним из таких методов является электроискровая подгонка, разрабатываемая на кафедре КиПР ПГТУ.

Электроискровая подгонка резисторов реализуется следующим образом (рис. 1). При подгонке напряжение прикладывается между электродом и телом резистора, причем электрод располагается на некотором расстоянии от резистора (обычно в пределах от 100 до 2500 мкм). Прикладываемое напряжение носит импульсный характер, что приводит к периодическому пробою искрового промежутка.

Частота повторения разрядных импульсов – от десятков герц до десятков килогерц, рабочее напряжение – от сотен вольт до нескольких киловольт.

Для обеспечения двунаправленной подгонки в состав установки подгонки входят низкочастотный (0,05-3 кГц) и высокочастотный (10-20 кГц) генераторы (рис. 1а), формирующие соответственно разряд дискретной или дуговой формы.

Цель работы – обеспечение высоких технологических показателей процесса электроискровой подгонки: производительности и точности.



ГРИ – генератор разрядных импульсов; ВВП – высоковольтный преобразователь;
ГВЧ и ГНЧ – генераторы высокой и низкой частоты; Э – электрод

Рис. 1. Принципы электроискровой подгонки

Решаемые задачи:

- 1) выбор способа управления энергией электроискрового разряда;
- 2) исследование влияния способа изменения длительности пачки разрядных импульсов на показатели процесса подгонки.

Моделирование процесса электроискровой подгонки

Важными показателями процесса подгонки является допустимая погрешность операции (точность подгонки). Под скоростью подгонки V_n будем понимать величину процентного изменения сопротивления в единицу времени, т. е.

$$V_n = \frac{(R_n - R_x) \times 100\%}{R_x \times t}, \quad (1)$$

где R_n – сопротивление резистора после подгонки;

R_x – исходная величина сопротивления;

t – время подгонки.

С целью обеспечения высокой точности в состав установки входит сравнивающее устройство (схема сравнения). Так как в момент разряда на резистор воздействует высокое напряжение, достигающее несколько киловольт, то непрерывное сравнение величин сопротивлений подгоняемого и эталонного резисторов невозможно. В связи с этим процесс подгонки состоит из чередующихся циклов измерения и подгонки. При синхронизации от сети длительность этих циклов составляет около 10 мс. В результате точность подгонки будет зависеть в основном от двух факторов:

- 1) от величины погрешности сравнения сопротивлений подгоняемого и эталонного резисторов (данная погрешность обычно находится в пределах $\pm (0,01 \dots 0,05) \%$;
- 2) от величины приращения сопротивления резистора, приходящегося на один цикл подгонки.

Если первый фактор сохраняет сравнительно постоянное значение, то второй – во многом определяется свойствами резистивного материала, геометрическими размерами резистора и режимами подгонки.

В зависимости от типа резистивного материала величина приращения на один цикл подгонки может изменяться в очень широких пределах – от тысячных долей процента до нескольких процентов. От величины приращения за один цикл подгонки зависит и скорость подгонки. Чем больше величина приращения, тем выше скорость подгонки. Таким образом, два основных показателя процесса подгонки (точность и скорость подгонки) обратнозависимы.

В общем случае скорость подгонки определяется следующим образом:

$$V = \frac{k F f_c T R_n \cdot 10^2}{\rho_0 l^2 h \rho} \int_0^{\tau_u} U(t) I(t) dt, \quad (2)$$

где k – коэффициент, учитывающий теплофизические свойства резистивного материала и полярность импульсов:

F – частота следования импульсов;

f_c – частота синхронизации (частота следования циклов подгонки);

T – длительность цикла подгонки;

R_n – сопротивление после подгонки;

ρ_0 – удельное сопротивление резистивной пленки;

l – длина резистора;

h – толщина пленки;

ρ – плотность материала;

τ_u – длительность разрядного импульса;

$U(t)$ – амплитуда напряжения разрядного импульса;

$I(t)$ – амплитуда тока разрядного импульса.

Данная физическая модель увязывает величину скорости подгонки как с основными параметрами разряда (напряжением и током разрядных импульсов, их длительностью, частотой следования, продолжительностью цикла подгонки), так и с геометрическими размерами резистора и свойствами материала резистивной пленки.

Уменьшить энергию разрядных импульсов в цикле подгонки и соответственно величину приращения сопротивления можно за счет изменения таких параметров, как амплитуда импульсов и их длительность, частота следования, длительность пачки импульсов. Однако с уменьшением амплитуды возможно прекращение искрового разряда, и в этом случае (изменяя амплитуду) процессом управлять более сложно, нежели при варьировании длительности импульсов и длительности пачки импульсов.

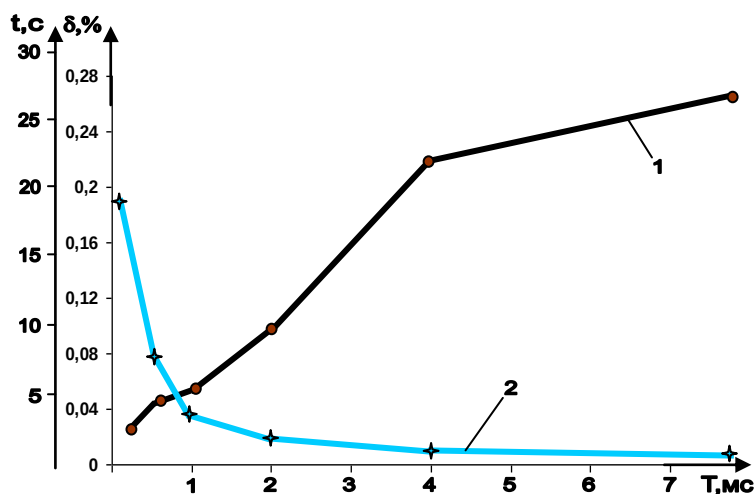


Рис. 2. Влияние длительности пачки импульсов на обеспечиваемую точность (1) и время подгонки (2)

Подчеркнем еще раз, что два основных показателя процесса подгонки – точность и скорость – обратнозависимы (рис. 2). Для одновременного улучшения обоих показателей следует активно изменять длительность цикла подгонки (длительность пачки импульсов) по мере приближения сопротивления подгоняемого резистора к номиналу.

Наиболее просто длительность цикла подгонки может изменяться по следующему закону:

$$T_n = T_0 \times 2^{-n}, \quad (3)$$

где T_n – длительность цикла подгонки при подходе к номиналу в зависимости от номера n цикла;

T_0 – первоначально установленная длительность цикла подгонки;

n – номер цикла подгонки после достижения подгоняемым резистором сопротивления, отличающегося от номинального на величину приращения за один цикл подгонки постоянной длительности.

Применительно к электроискровой подгонке были разработаны более эффективные способы повышения производительности и точности подгонки, основанные на изменении длительности периода подгонки (длительности пачки импульсов) [1-3]:

$$T_n = T_0 \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{n+1}{4^n + n}\right) \quad (4)$$

и

$$N_{\Pi_i} = C \frac{D_{\Pi_i}}{K_i}, \quad (5)$$

где C – постоянный коэффициент, выбираемый из диапазона между 0 и 1;

i – номер цикла подгонки;

$K_i = \frac{R_{\Pi_i} - R_{\Pi_{i-1}}}{R_{\Pi_{i-1}} N_{\Pi_{i-1}}}$ – относительное изменение сопротивления за один разрядный импульс;

пульс;

D_{Π_i} – относительное отклонение требуемой величины сопротивления от величины сопротивления подгоняемого резистора:

$$D_{\Pi_i} = \frac{R_H - R_{\Pi_i}}{R_{\Pi_i}};$$

R_H – требуемое номинальное сопротивление;

R_{Π_i} – сопротивление подгоняемого резистора перед i -м циклом подгонки.

Начальное значение K_1 определяется заранее для конкретных типов резистивных материалов и определенных параметров высоковольтных разрядных импульсов. Коэффициент C для первой (тестовой) пачки импульсов берется достаточно малым с целью избежания переподгонки, так как значение K_1 может отличаться от его действительной величины для подгоняемого резистора, поэтому величину C для первой пачки устанавливают, например, равной 0,1. После первой пачки происходит уточнение величины K для конкретного подгоняемого резистора и далее коэффициент C можно увеличить, например, до значения 0,5. Чем меньше величина C , тем меньше вероятность переподгонки, но время подгонки увеличивается из-за дополнительных циклов измерения.

Общее время подгонки по сравнению со способами с фиксированной длительностью пачки при одинаковых параметрах разрядных импульсов будет меньше на разницу сумм циклов измерения. С возрастанием величины начального отклонения со-

противления от требуемой величины эффективность способа будет увеличиваться и в пределе даст двукратное сокращение времени подгонки. Теоретически достижимая точность равна K , то есть относительному изменению сопротивления за один разрядный импульс и соответственно в основном зависит от параметров этого разрядного импульса. На рисунке 3 показаны зависимости относительного отклонения подгоняемого резистора δ от номера пачки по предложенному способу подгонки и по способу с фиксированной длительностью пачки импульсов.

Наиболее успешно это возможно реализовать при управлении процессом подгонки при помощи встроенной управляющей микроЭВМ, обеспечивающей программными средствами задание любого соотношения между длительностью цикла подгонки и цикла измерения [4]. В результате процесс подгонки может быть сведен к 5-6 циклам разряда, что существенно повышает производительность при одновременном повышении точности подгонки на заключительной стадии.

На рисунке 3 показана кинетика изменения сопротивления резистора при изменении длительности пачки импульсов.

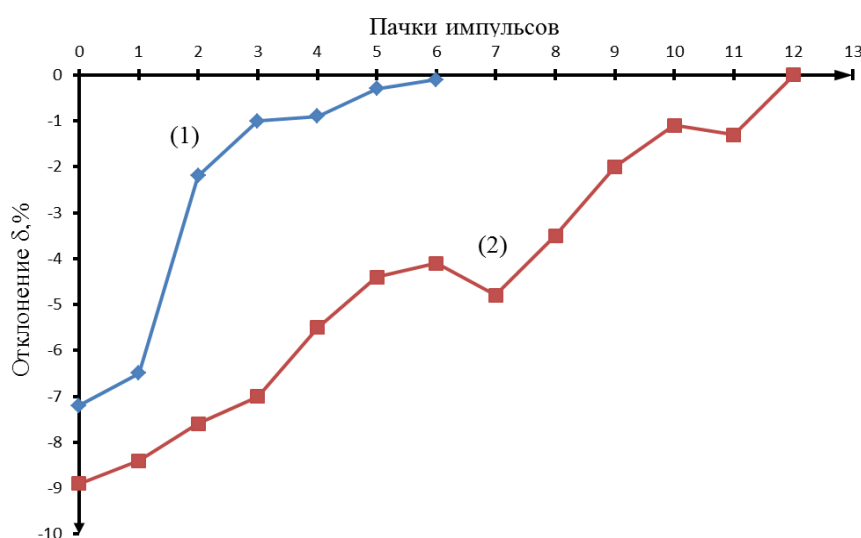


Рис. 3. Диаграмма подгонки с изменяющимися по длительности пачками импульсов (1) и с постоянными по длительности пачками (2)

Выводы

1. Построена физическая модель процесса электроискровой подгонки, связывающая параметр скорость подгонки с режимами воздействия (амплитудой разрядных импульсов, длительностью и частотой следования импульсов, амплитудным значением разрядного тока) и геометрией резистора.
2. Рассмотрены возможные способы изменения длительности пачки импульсов.
3. Исследовано влияние способа изменения длительности пачки импульсов на продолжительность заключительной стадии процесса подгонки.

Список литературы

1. Способ электроискровой подгонки пленочных резисторов: патент РФ 2190274 МКИ4 Н 01 С 17/00 / А. М. Сухов. Опубл. 27.09.2002.
2. Леухин В. Н., Блинов И. Д. Особенности увеличения производительности и точности при электроискровой подгонке резисторов // Сборник научных трудов SWorld. Выпуск 3. Том 11. Одесса: Купrienko С.В, 2013. Цит: 313-0869. С. 66-69.

3. Леухин В. Н., Блинов И. Д. Вопросы повышения производительности при электроискровой подгонке групп резисторов // Материалы III Международной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013). Тольятти, 2013. С. 182-187.

4. Сухов А. М., Леухин В. Н. Автоматизированная система подгонки пленочных резисторов // Проектирование и технология электронных средств. 2002. № 2. С. 55-61.

THE TECHNOLOGY OF ELECTRO-SPARK TRIMMING RESISTORS

Leukhin Vladimir Nikolaevich, Shabdarov Evgenyi Vasilevich, Blinov Ilya Davidovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Considered the process of electro-spark trimming resistors. Developed a physical model relating the rate of adjustment to the parameters of the discharge and the geometry of the resistor. Investigated the effect of the method of changing the duration of the burst fit for the duration of the process.

Keywords: *electro-spark trimming, physical model of the trimming process, trimming speed*

УДК 621.316.8

ДИСКРЕТНОЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КАК МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕЙ ПОДГОНКИ РЕЗИСТОРОВ

Шабдаров Евгений Васильевич, Леухин Владимир Николаевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
Shabdarov2010@yandex.ru

Предлагаются метод и средства неразрушающей подгонки толстопленочных резисторов. Сконструирована автоматизированная установка для измерения и подгонки сопротивления толстопленочных резисторов.

Ключевые слова: *толстопленочный резистор, дискретное электроискровое воздействие, неразрушающая подгонка, распределение потенциала, функциональная характеристика*

Введение. Одной из проблем при производстве толстопленочных резисторов является точность их изготовления. Точность изготовления резисторов по толстопленочной технологии составляет $\pm 40\%$. Данный показатель является неприемлемым для всех типов переменных и постоянных резисторов. Для большинства резисторов широкого применения допустимые отклонения составляют $\pm 10\%$ и $\pm 20\%$. Также существуют резисторы, для которых допустимые отклонения составляют десятые, а то и сотые доли процента. Поэтому возникает необходимость подгонки резисторов до необходимого номинала.

Существует большое разнообразие типов подгонки под номинал, такие как лазерная подгонка, подгонка высокочастотным разрядом, электроэрозионная подгонка, электроимпульсная подгонка, а также электроискровая подгонка. Все вышеперечисленные методы способны разрушать резистивный слой, что является неприемлемым для переменных резисторов. Это обусловлено тем, что для переменных резисторов важно не только сопротивление, но и поверхность резистивного слоя, которая должна быть без разрушений. Также важным для переменных резисторов является распределение потенциала по длине

резистора, которое является эквивалентом функциональной характеристики. Функциональная характеристика представляет собой зависимость сопротивления от длины резистора, и для большинства переменных резисторов она линейна. Эта характеристика является важным параметром для любого переменного резистора, поэтому необходим такой метод, который бы позволил подгонять резисторы без разрушения резистивного слоя и функциональной характеристики с минимальными временными затратами [1-3].

Цель работы – выбрать метод неразрушающей подгонки резисторов, сконструировать автоматизированную установку, а также исследовать влияние выбранного метода на функциональную характеристику резистора.

Решаемые задачи:

- 1) выбор метода для неразрушающей подгонки резистивной пленки;
- 2) разработка установки для автоматизированной подгонки – сканирования сопротивления резистивной пленки;
- 3) исследование влияния дискретного электроискрового воздействия на вид функциональной характеристики;
- 4) анализ применимости метода для подгонки переменных резисторов.

Техническое моделирование. Для обработки результатов исследования влияния электроискрового воздействия на вид функциональной характеристики резистивной пленки использовалось программное преобразование числовых данных в графический вид. Применялись программы MS Excel и MathCad 14.

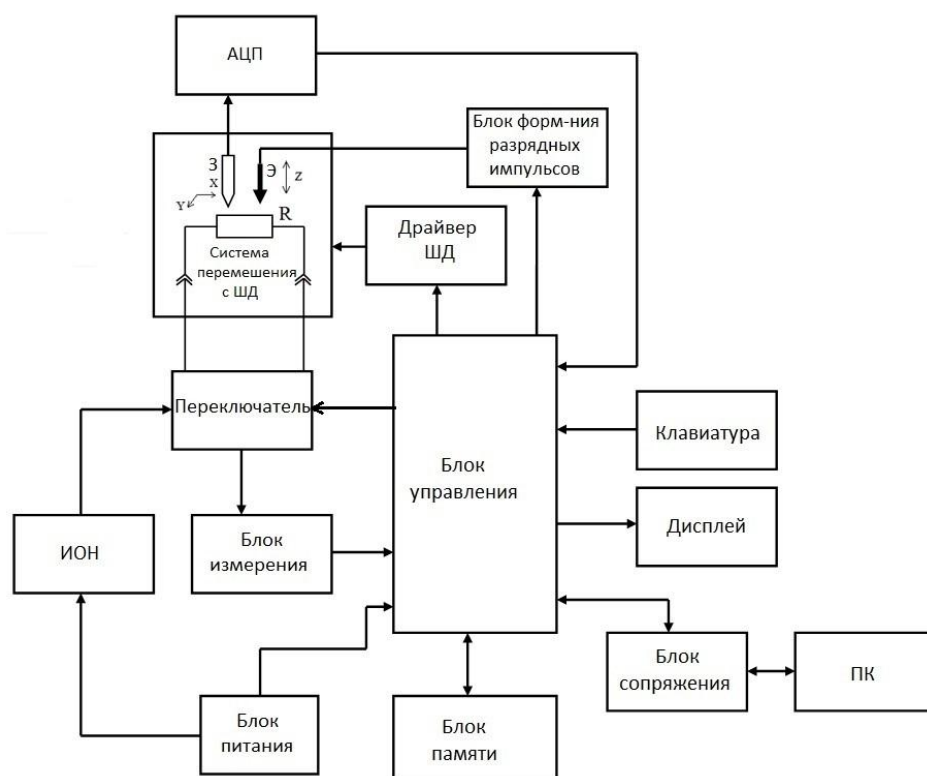


Рис. 1. Функциональная схема установки сканирования-подгонки

Техника эксперимента. Для осуществления автоматизированной неразрушающей подгонки разработана установка, функциональная схема которой представлена на рисунке 1. Центральным элементом схемы является блок управления, который является посредником между исполнительными механизмами и компьютером. В установке

предусмотрена система перемещения по двум осям (двухкоординатный стол), которая позволяет смещать подложку с резисторами относительно зонда З и электрода Э. Уникальность данной установки заключается в том, что в ней совмещены система сканирования и система подгонки.

Система сканирования резистора подразумевает использование зонда З, который измеряет потенциал на поверхности резистора, и аналого-цифрового преобразователя АЦП, преобразующего данные в цифровой вид для дальнейшей обработки в ПК.

Система подгонки содержит в себе электрод Э и блок формирования импульсов. Для измерения сопротивления в режиме подгонки служит блок измерения. Для подачи опорного напряжения на резистор в режиме сканирования резистивной пленки служит источник опорного напряжения ИОН. Поэтому для предотвращения одновременного подключения ИОН и блока измерения к подложке с резистором необходимо применение переключателя.

Для питания всей системы служит блок питания. Также система содержит блок памяти для хранения программы, клавиатуру и дисплей. Все настройки и функции управления выполняет компьютер, подключаемый к блоку управления через блок сопряжения.

Интерпретация результатов. В качестве объекта исследования использовались толстопленочные резисторные подложки Б19К-2 без нанесения диэлектрического слоя, резистивный материал которой изготовлен из оксида рутения (рис. 2). Результаты, полученные при сканировании и подгонке содержат распределение потенциала по поверхности резистивной пленки, а также по длине резистора до и после подгонки. Для анализа было построено распределение потенциала по длине резистора, так как оно не требует дополнительных расчетов, но в то же время несет ту же самую информацию, что и функциональная характеристика.

При исследовании был использован данный тип резисторов, поскольку они имеют прямоугольную форму и их проще сканировать. Однако это не меняет сути в плане применимости метода к переменным резисторам, имеющим дугообразный резистивный слой.

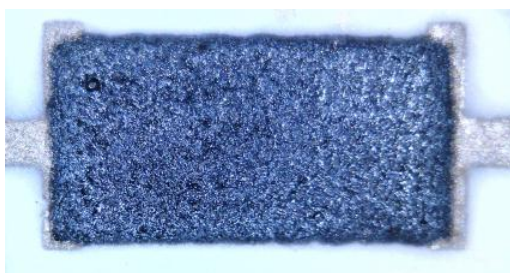


Рис. 2. Толстопленочный резистор

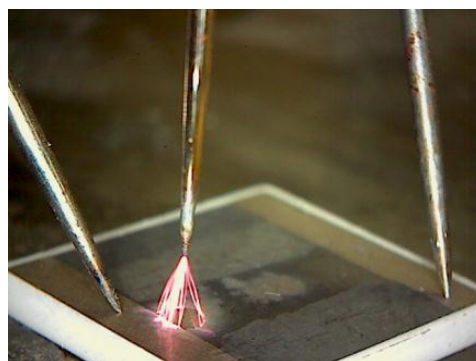


Рис. 3. Дискретное электроискровое воздействие

Процесс неразрушающей подгонки толстопленочных резисторов подразумевает воздействие дискретной искрой, представленной на рисунке 3, на поверхность резистивной пленки. Фотография, содержащая вид искры была сделана только для представления и не является процессом подгонки. Особенность такой искры в том, что распределение энергии на резистивном слое происходит равномерно и резистивный слой не разрушается.

На рисунке 4 представлены диаграммы распределения потенциала по поверхности резистора до и после подгонки. На графике отображены полосы разных цветов, характеризующие потенциалы на разных участках резистивной пленки. Графически было установлено 10 диапазонов от 0 В до 1 В. Такое построение позволяет выявить проблемные участки на резистивной пленке и является удобным для восприятия. Особенно это касается работ, связанных с корректировкой функциональной характеристики.

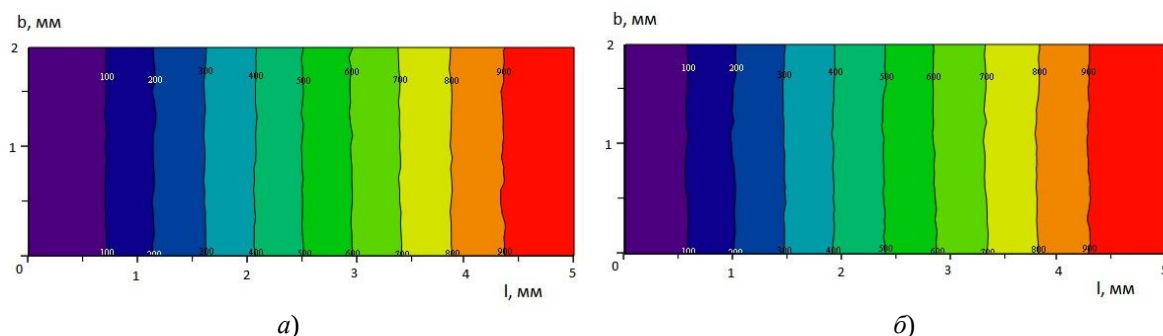


Рис. 4. Распределение потенциала по поверхности резистора:
а) до подгонки; б) после подгонки

Как видно из диаграмм, распределение потенциала по поверхности резистора равномерное как до подгонки, так и после. Ширина полос одинаковая. Полосы параллельны друг другу, что является хорошим показателем для переменного резистора с линейной функциональной характеристикой.

Также было построено распределение потенциала по длине резистора до и после подгонки (рис. 5).

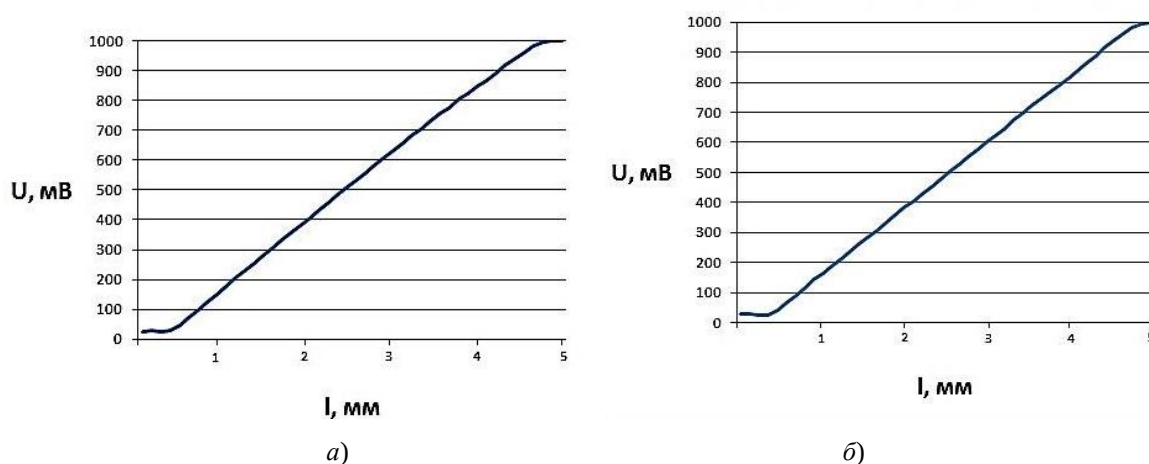


Рис. 5. Распределение потенциала по длине резистора:
а) до подгонки; б) после подгонки

Как видно на рисунке 5, функциональная характеристика толсто пленочного резистора сохраняет свою линейность после подгонки. Это является крайне важным для переменных резисторов с линейной функциональной характеристикой. Кроме того, данный метод при необходимости позволяет корректировать функциональную характеристику при предварительном создании модели резистора.

Выводы

1. Выбран метод для неразрушающей подгонки толсто пленочных резисторов, применимый как для постоянных, так и для переменных резисторов.
2. Разработано устройство для автоматизированного сканирования и подгонки резистивной пленки.
3. Исследовано влияние дискретного электроискрового воздействия на распределение потенциала по длине резистора.
4. Проведен анализ применимости метода для подгонки переменных резисторов. Результатом анализа является пригодность метода для подгонки постоянных и переменных резисторов как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения сопротивления.

Список литературы

1. Леухин В. Н., Нагаев А. А. Анализ применимости электроискровой подгонки для корректировки функциональной характеристики пленочных резистивных элементов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и информационные системы. 2009. № 3. С. 51–59.
2. Шабдаров Е. В., Леухин В. Н. Исследование влияния электроискровой подгонки пленочных резисторов на распределение поверхностного электрического потенциала // Сб. науч. тр. SWorld. Одесса, 2014. Выпуск 4(37). С. 17–21.
3. Шабдаров Е. В., Леухин В. Н., Блинов И. Д. Исследование влияния различных типов электроискрового воздействия на функциональную характеристику резистора // Наука и инновации – 2014: Девятая международная научная школа. Йошкар-Ола, 2014. С. 174-177.

DISCRETE ELECTRO-SPARK IMPACT AS A METHOD OF NONDESTRUCTIVE TRIMMING OF RESISTORS

Shabdarov Evgenyi Vasilevich, Leukhin Vladimir Nikolaevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The method and tools of nondestructive trimming of thick film resistors are offered. The automated equipment is designed for researching and trimming of resistance of thick film resistors.

Keywords: *thick film resistor, discrete electro-spark impact, nondestructive trimming, potential distribution, functional characterization*

ТРАНСПОРТ. ЭНЕРГЕТИКА. МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 620.2:614

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БРЕКЕТ-СИСТЕМЫ

Алибеков Сергей Якубович, Манукянц Елена Валерьевна

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

Предлагаются результаты исследований физико-механических свойств брекет-системы.

Ключевые слова: *брекет-система, ортодонтическая дуга, нержавеющая сталь*

Введение. В настоящее время люди испытывают дискомфорт из-за неровного расположения зубных рядов. Для исправления прикуса широко применяются несъемные ортодонтические аппараты, среди которых наибольшее распространение получили брекет-системы – аппараты, состоящие из нескольких элементов: непосредственно брекетов (bracket), ортодонтической дуги и опорных элементов.

Все брекет-системы можно разделить на две большие группы:

- вестибулярные (устанавливаются на наружной поверхности зубного ряда);
- лингвальные (устанавливаются на внутренней поверхности зубов).

В настоящее время идет постоянный поиск новых методик изготовления брекет-систем, которые были бы не только функциональны, но и эстетичны или, по меньшей мере, не так бросались бы в глаза. В качестве материалов для выполнения брекетов используются как металлы (золото, титан, нержавеющая сталь), так и неметаллические материалы (монокристалл, композит, керамика, специальное стекловолокно, пластмасса) [1].

Целью работы является исследование физико-механических свойств металлических брекет-систем.

Решаемые задачи: 1) установить химический состав брекетов и их замков; 2) определить структуры брекетов и их замков.

Методы исследования. На смену металлическим брекетам вначале пришли пластмассовые. Пластмассовые брекеты не так заметны при креплении на зубы, однако с течением времени цвет их менялся под воздействием красителей, содержащихся в пище, да и прочность их оставляла желать лучшего. Так как лечение с помощью брекет-системы – процесс длительный, пазы пластиковых брекетов укрепили металлом.

Пластиковые системы несколько более дорогостоящие, нежели металлические, но более дешевы, чем керамические.

Следующим этапом в улучшении эстетики брекетов стала разработка керамических брекетов. Керамические брекет – самый дорогой и самый незаметный вид брекетов. Все керамические брекет можно разделить на поликристаллические и монокристаллические. Поликристаллические брекет в различной степени матовые и частично непрозрачные. Монокристаллические брекет выпускает лишь компания Ormco, называются они Inspire. Это наиболее дорогие и эстетичные керамические брекет, их ещё называют «сапфировыми». Они прозрачны и максимально незаметны на зубах.

А абсолютно незаметной для окружающих является лингвальная брекет-система. Лингвальная брекет-система создает несколько большие неудобства и дискомфорт при еде, речи и чистке зубов, чем таковая, расположенная на внешней поверхности зубов. Привыкание к аппарату завершается к концу второй-третьей недели. Расположение брекетов на лингвальной поверхности зубов, более варибельной по анатомическому строению, абсолютно изменило методику фиксации брекетов на зубах и тактику ведения ортодонтического лечения. Были разработаны новые технологии и вспомогательные технические, лабораторные аппараты, позволяющие своевременно начать, провести и закончить это сложное ортодонтическое лечение. Однако лингвальная техника имеет два существенных недостатка: высокая стоимость и некоторое нарушение дикции в начале лечения.

Несмотря на разнообразие материалов, наибольшую популярность на сегодняшний момент имеют металлические брекет. В основном металлические брекет изготавливаются из нержавеющей стали медицинского назначения. В современной стоматологии происходит постоянное совершенствование брекет-систем. Поэтому сегодня металлические брекет разделены на несколько групп:

- *лигатурные, или классические*, у которых дуга соединяется с брекетом при помощи эластичных металлических нитей-лигатур;
- *безлигатурные, или самолигирующиеся* – в таких системах дуга закрепляется в брекет благодаря наличию специального замочка или клипсы, которые наряду с сохранением перечисленных достоинств обладают еще и меньшими размерами [1].

Металлические брекет-системы – наиболее известны и широко применимы. Однако, как и у всех, у них есть как достоинства, так и недостатки.

К несомненным преимуществам металлических брекетов необходимо отнести относительную дешевизну, по сравнению с брекетами, изготовленными из других, менее заметных материалов, поскольку техника их изготовления достаточно отработана и известна.

Вторым преимуществом брекетов, изготовленных из металла, является то, что при их применении быстрее достигается желаемый эффект. Происходит это потому, что сила трения между дугой и пазом брекета меньше, чем при использовании других материалов, а поэтому и перемещение зубов к нормальному положению происходит в более короткие сроки. Следовательно, и активное лечение проходит в более сжатые сроки, и длительность восстановительного (ретенционного) периода тоже сокращается.

Есть у металлических брекетов и недостатки, одним из главных многие считают их «заметность».

Несмотря на кажущуюся простоту, конструкция металлического брекета достаточно сложная. Дуга изготавливается из материала, который обладает «памятью формы», то есть он, с одной стороны, достаточно податливый и эластичный для того, что-

бы позволять легко установить аппарат, а с другой стороны – достаточно упругий, чтобы при установке неправильно стоящие зубы перемещались в нужном направлении. Направление это передается на зуб самим брекетом, форма и размер которого зависят от того, для какого именно зуба он предназначен, а также паз брекета должен соответствовать сечению дуги. Направление паза и определяет в конечном итоге то направление, в котором будет перемещаться зуб, поэтому на брекеты нанесена маркировка, не позволяющая ошибиться при его установке.

Сами брекеты крепятся к подготовленной заранее поверхности зуба при помощи специального состава. Зубы при этом предварительно тщательно очищаются от налета и зубного камня, кроме того, обязательно проводится реминерализация – покрытие поверхности зуба специальным фторсодержащим составом [2].

Техника эксперимента. Результаты проведенных исследований химического состава с использованием рентгено-флуоресцентного спектрометра S1 TITAN показали, что при изготовлении брекетов в основном используют нержавеющие стали. Химический состав брекетов представлен на гистограммах (рис. 1, 2).

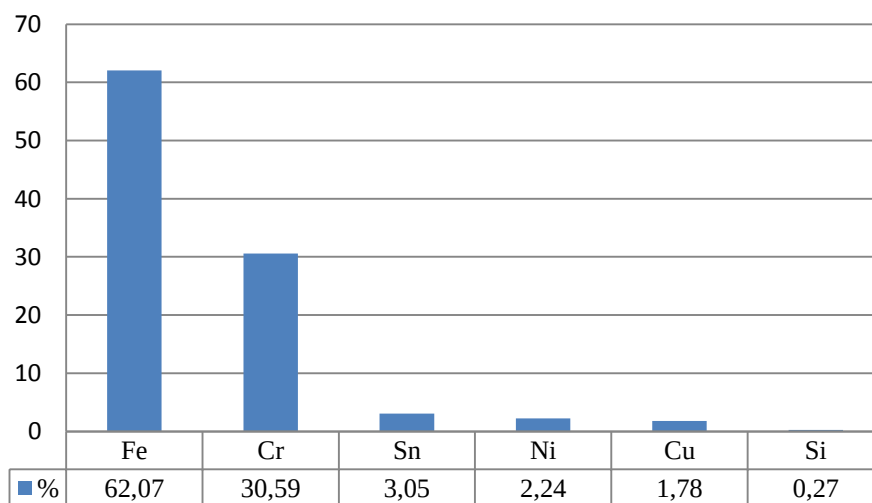


Рис. 1. Гистограмма химического состава брекета

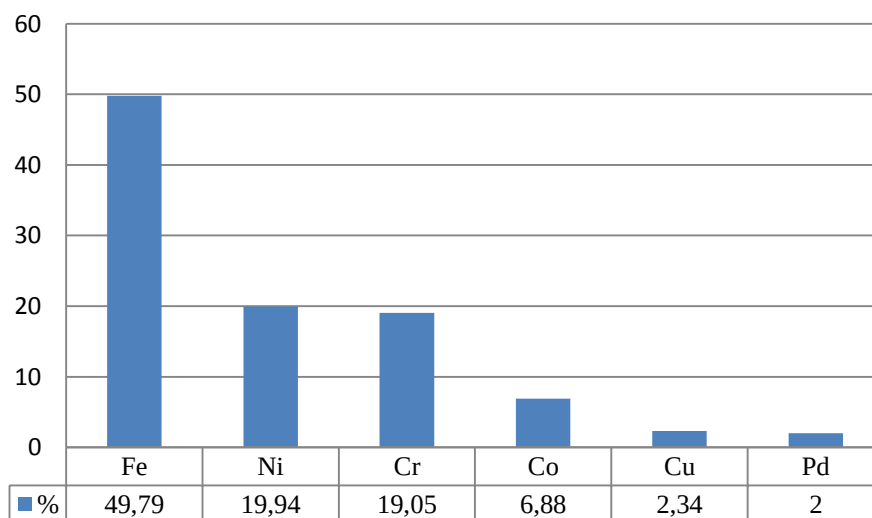


Рис. 2. Гистограмма химического состава замка брекета

Как видно из гистограмм, брекетy содержат Cr и Ni в соотношении 15:1, а замки брекета имеют их соотношение 1:1. Это свидетельствует о том, что замки более эластичны и податливы, чем брекетy. Они способствуют более легкому перемещению дуги в пазах брекета и тем самым ускоряют перемещение зубов в правильное положение.

Металлические дуги являются неотъемлемой частью брекет-системы. Их главная функция заключается в том, чтобы тянуть за собой неправильно расположенные зубы. Достигается это благодаря тому, что дуги для брекетов изготавливаются по образцу идеального зубного ряда. Причем им присуще такое свойство, как память формы. То есть дуга постоянно стремится вернуться в исходное положение – то, которое ей было задано при производстве.

На протяжении всего срока лечения ортодонтом производится периодическая замена дуги для брекетов. Делается это из-за необходимости время от времени изменять усилие, прикладываемое к зубам для их лучшего и, самое главное, правильного перемещения [3].

Выводы

1. Установлено, что брекетy, содержащие 30,59 % Cr, по износостойкости и коррозионной стойкости превосходят замки, содержащие равное количество никеля и хрома (по 19 %). Замки за счет своих упругих свойств позволяют выравнивать зубной ряд.

2. Установлены структуры брекетов и замков брекетов. Структуры равномерные и состоят из ферритно-аустенитных зерен.

Список литературы

1. Виды брекетов [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusmedserv.com/orthodontics/types_bracket (дата обращения 20.04.2015).
2. Металлические брекетy [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusmedserv.com/orthodontics/types_bracket/metall_bracket (дата обращения 20.04.2015).
3. Дуги для брекетов и их виды [Электронный ресурс]. URL: <http://mirbreketov.ru/dugi-dlja-breketov-i-ih-vidy> (дата обращения 20.04.2015).
4. Алимова М. Я., Макеева И. М. Ортодонтические ретенционные аппараты. М.: МЕД-пресс-информ, 2009. 71 с.
5. Боярский М. В., Тарасова О. Г. Анализ видов покоробленностей и способов их измерения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 3. С. 76-82.

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BRACES

Alibekov Sergey Yakubovich, Manukyanc Elena Valerievna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Offered the results of studies of physical and mechanical properties of braces.

Keywords: braces, orthodontic archwire, stainless steel

УДК 628.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ВОЛОКОН ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Алибеков Сергей Якубович, Сютова Анна Игоревна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
annais@mail.ru

В данной статье рассмотрены некоторые аспекты очистки воды от нефтепродуктов. Авторами предложен сорбционный способ очистки с использованием углеродных волокнистых сорбентов, проведены эксперименты и получены данные, позволяющие судить об эффективности УВМ при очистке воды от нефтесодержащих веществ.

Ключевые слова: углеродные волокнистые материалы, сорбция, нефтепродукты

Введение. Нефть относится к одной из наиболее опасных групп веществ, загрязняющих окружающую среду. Она влияет на структуру экосистемы живых организмов, приводя к изменению соотношения видов и уменьшению их разнообразия.

Бензол и толуол – составляющие нефти – являются быстрораспадающимися высокотоксичными веществами, а многоядерные ароматические углеводороды менее токсичны, но тяжелые фракции оседают на дно и воздействуют на окружающую среду в течение более долгого времени, нанося ей тем самым куда больший вред.

Основными источниками загрязнения нефтью и нефтепродуктами являются нефтедобывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, морские и речные нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции. Нефть, разлитая на водной поверхности, представляет собой гораздо большую опасность, чем нефть, разлитая на суше, поскольку на воде нефтяное пятно может расплзаться на сотни морских миль и превратиться в тончайшую масляную пленку, покрывающую даже пляжи. Разлитие нефти с трудом поддается контролю.

Только в России потери нефти и нефтепродуктов за счет аварийных ситуаций и несоблюдения технологической дисциплины составляют 4,8 млн т ежегодно [1]. Таким образом, своевременная и эффективная очистка водных источников от нефтяных загрязнений является очень актуальной задачей.

На сегодняшний день известно множество способов очистки воды от нефти и нефтепродуктов [2, 3]. Большинство из них являются дорогостоящими, сложными в исполнении или требуют дефицитных реагентов, поэтому особый интерес представляют простые и недорогие методы очистки, к числу которых относится сорбция. Сорбция – один из наиболее эффективных и дешевых методов очистки воды. Ее преимущества: возможность удаления загрязнений чрезвычайно широкой природы практически до любой остаточной концентрации, отсутствие вторичных загрязнений и управляемость процессом.

Для ликвидации разливов нефти в мире в настоящее время используется около двухсот различных сорбентов, которые подразделяются на неорганические, природные органические и органоминеральные, а также синтетические [1]. Применение сорбентов может сочетаться с механическими методами сбора нефти. Качество сорбентов определяется их ёмкостью по отношению к нефти и нефтепродуктам, степе-

нию гидрофобности, возможностью десорбции нефти, регенерации или утилизации сорбента [4].

Однако, несмотря на обилие сорбентов и технологий очистки, проблема очистки воды от нефтяных загрязнений на сегодняшний день окончательно не решена. Многие из известных способов имеют существенные недостатки, и поиск новых альтернативных решений по-прежнему актуален.

Целью настоящей работы явилось исследование сорбционных свойств углеводородных материалов различных видов для выявления их сорбционной емкости по отношению к нефтепродуктам и маслам.

Известно, что сорбция на активных углях является одним из эффективных способов очистки воды от нефтепродуктов. В последнее время промышленностью выпускаются углеродные волокнистые материалы (УВМ) на основе гидратцеллюлозы, вискозных волокон и активированных углей, которые обладают хорошими сорбционными свойствами. Некоторые из них можно изготовить из отходов, ежедневно производимых промышленностью в больших количествах.

Ранее авторами были проведены исследования сорбционной способности УВМ относительно соединений тяжелых металлов, присутствующих в сточных водах промышленных предприятий [5, 6], разработан способ очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, механических примесей и окрашенных веществ.

Для исследования сорбционных свойств УВМ относительно нефтесодержащих веществ нами были отобраны 3 вида УВМ типа УВИС: сорбционно-активные углеродные волокнистые материалы УВИС-АК-В, УВИС-АК-ТЛ и ТР-3/2. Они представляют собой материалы черного цвета, без запаха, нерастворимые в воде и органических растворителях, устойчивые к действию кислот и щелочей, нетоксичные.

Сорбционные характеристики:

удельная поверхность – до 2000 м²/г;

суммарная пористость – 0,3-0,8 см³/г;

адсорбционная активность по индикатору метиленовому голубому – не менее 50-100 мг/г.

Материалы УВИС имеют в составе около 85 % углерода, подходят для многократного использования и регенерации, выпускаются в промышленном объеме, технология их получения экологически безопасна.

Эти данные свидетельствуют о том, что УВМ типа УВИС имеют ряд преимуществ перед другими сорбентами и могут быть эффективны при очистке воды от нефтесодержащих веществ.

Техника эксперимента и изложение полученных результатов

Для исследования сорбционных свойств УВМ были подготовлены по 2 образца тканей каждого вида массой около 1 г:

УВИС-АК-В массой 1,04 г и 1,04 г,

УВИС-АК-ТЛ массой 1,12 г и 1,13 г,

ТР-3/2 массой 1,02 г и 1,06 г.

Также были подготовлены 6 растворов: 3 исходных раствора воды с добавлением керосина 1:4 (100 мл воды и 25 мл керосина) и 3 исходных раствора воды с добавлением бензина 1:4 (100 мл воды и 25 мл бензина с примесью машинного масла).

Эксперимент проводился в статических условиях. Исследуемые образцы тканей погружались в исходные растворы двух видов (время экспозиции 30 минут), после чего извлекались и взвешивались, а в растворах после проведения эксперимента изме-

рялся объем масляной фракции. На основании этих данных сделаны выводы об эффективности сорбции различными образцами УВМ.

Также были сделаны контрольные повторы для подтверждения достоверности полученных данных.

Результаты эксперимента представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Степень поглощения керосина

Тип УВМ	Масса образца до сорбции, г	Масса образца после сорбции*, г	Исходный объем керосина, мл	Удержано керосина	
				мл	%
УВИС-АК-В	1,04	10,72	25	13	52
УВИС-АК-ТЛ	1,12	3,58	25	5	25
ТР-3/2	1,02	3,63	25	5	25

Таблица 2

Степень поглощения бензина

Тип УВМ	Масса образца до сорбции, г	Масса образца после сорбции*, г	Исходный объем бензина, мл	Удержано бензина	
				мл	%
УВИС-АК-В	1,04	10,43	25	23	92
УВИС-АК-ТЛ	1,13	3,77	25	14	56
ТР-3/2	1,06	3,45	25	15	60

* Масса влажных образцов (после сорбции) уменьшалась в течение нескольких минут за счет испарения летучих фракций нефтепродуктов и частичного испарения воды.

Анализ результатов

Согласно полученным данным из таблиц 1 и 2 видно, что все исследуемые образцы оказались эффективными и могут быть использованы для сорбционной очистки воды от нефтесодержащих веществ.

Как видно из таблицы 2, наилучший результат сорбции наблюдался у образца типа УВИС-АК-В. Степень поглощения бензина из водного раствора составила 92 % (23 мл) и на 42 % превышает результат сорбции керосина тем же исследуемым образцом при практически одинаковой исходной массе.

Хороший результат сорбции бензина (60%) показал образец типа ТР-3/2, он более чем в 2 раза превышает результат сорбции керосина тем же образцом при практически одинаковой исходной массе.

Из данных таблиц 1 и 2 следует, что все исследуемые образцы показали лучшие результаты по сорбции смеси бензина с маслом по сравнению с данными по сорбции керосина.

Выводы. Проведенный априорный анализ данных и результаты эксперимента подтвердили гипотезу авторов о том, что углеродные волокнистые материалы могут быть успешно применены для очистки водной среды от нефтесодержащих веществ. Эффективность сорбции исследуемыми типами УВМ гораздо выше многих известных на сегодняшний день сорбентов за счет более развитой удельной поверхности, которая главным образом определяет его нефтеемкость. Исследуемые сорбенты имеют более высокую (по сравнению с природными и известными синтетическими сорбентами) степень насыщения, длительный срок эксплуатации и легко подвергаются многократной регенерации.

Таким образом, дальнейшие исследования в этой области актуальны, способ очистки сточных вод от нефтесодержащих веществ с применением УВМ может стать

хорошей альтернативой другим известным сорбционным способам очистки воды от нефти и нефтепродуктов.

Список литературы

1. Артемов А. В., Пинкин А. В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений // Вода: химия и экология. 2008. № 1. С. 19-25.
2. Стахов Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. Л.: Недра, 1983. 263 с.
3. Минаков В. В., Кривенко С. М., Никитина Т. О. Новые технологии очистки от нефтяных загрязнений // Экология и промышленность России. 2002. Май. С. 7-9.
4. Цомбуева Б. В. Применение природных материалов в качестве сорбентов для очистки почв от нефтяного загрязнения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.
5. Сютова А. И., Алибеков С. Я. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов // Новые задачи технических наук и пути их решения: международная научно-практическая конференция. Уфа: Аэтерна, 2014. С. 80-83.
6. Алибеков С. Я., Сютова А. И. Очистка сточных вод углеродными волокнистыми материалами // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2008. № 2.

**SCIENTIFIC INQUIRY THE SORPTION PROPERTIES OF HYDROCARBON FIBERS
IN THE PURIFICATION OF WATER FROM PETROLEUM PRODUCTS**

Alibekov Sergey Yakubovich, Syutova Anna Igorevna

Volga state university of technology, Russia, Yoshkar-Ola

Some aspects clearing the sewage from petroleum products are considered in this article. The sorption way with using carbon fiber materials offered by authors, held investigation, and received data to judge the effectiveness of carbon fiber materials in the purification of water from oil-containing substances.

Keywords: carbon fiber materials, sorption, petroleum products

УДК 620.952

**РАЗРАБОТКА СХЕМНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ БИОТОПЛИВНОЙ
КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ МОДУЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ
С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА**

Анисимов Павел Николаевич, Онучин Евгений Михайлович

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

Предлагается схема функционирования биотопливной когенерационной установки модульного исполнения с двигателем Стирлинга. Обоснована целесообразность применения предлагаемых решений. Проведен анализ энергетического потенциала древесных отходов на территории России и Республики Марий Эл в частности. Разрабатываемая когенерационная установка с двигателем Стирлинга может использоваться для реконструкции старых угольных котельных в мини-ТЭЦ на местной топливной щепе.

Ключевые слова: распределенная энергетика, когенерация, мини-ТЭЦ, топливная щепка, биотопливо, двигатель Стирлинга

Введение. Согласно «Стратегии инновационного развития России до 2020 года» основными тенденциями мирового технологического развития до 2020 года, в том числе, являются: достижение с использованием технологий альтернативной энергетики экономически приемлемых параметров, улучшение экологических параметров тепловой энергетики. Разрабатываемые когенерационные установки модульного исполнения способствуют расширению использования альтернативных видов энергии, таких как энергия растительной биомассы, в частности, древесной.

Диспропорция регионального развития связана, в том числе, с неравномерным распределением энергоресурсов и отсутствием во многих районах нашей страны централизованного энергоснабжения. Разрабатываемая когенерационная установка на основе двигателя с внешним подводом теплоты позволит организовать автономное энергоснабжение в районах, богатых лесом, а это большая территория нашей страны и Республики Марий Эл в частности. Кроме того, она даст возможность эффективно использовать энергетический потенциал органических отходов [1].

За последние годы в России (в том числе и в Марий Эл) малые угольные котельные повсеместно реконструировались и переводились на природный газ. Однако для населенных пунктов, в которых отсутствует централизованное газоснабжение, реальной альтернативой является реконструкция отопительных котельных в мини-ТЭЦ с переводом на местное древесное топливо, а именно: топливную щепу из лесосечных отходов и отходов лесопильных и деревообрабатывающих производств.

В России в настоящее время имеются поселковые котельные на угле, многие из которых нельзя перевести на природный газ, поскольку в населенных пунктах отсутствует централизованное газоснабжение. Известно, что ископаемое твердое топливо является дорогим и самым грязным с точки зрения экологии. Положение усугубляет тот факт, что котельное оборудование малых поселковых угольных котельных морально и физически устарело, физический износ энергетического оборудования большинства котельных России, по последним данным, достигает 68 % (данные аналитических материалов Российского энергетического агентства за 2013 г.). На таких котельных применяются неэффективные технологии низкотемпературного сжигания угля в котлах с низким КПД порядка 65-75% и отсутствует комбинированная выработка тепловой и электрической энергии [2].

Потребление угля котельными централизованного теплоснабжения в России составляет около 30 млн т у.т. в год [2]. Количество угля, потребляемого котельными, находящимися от месторождений на расстояния более 500 км, и транспортируемого железнодорожным и автомобильным транспортом примерно 15 млн т у.т. в год, при этом, по экспертным оценкам, в 50 % случаев более конкурентоспособными являются местные возобновляемые источники энергии, в основном древесное топливо. Таким образом, при реконструкции старых угольных коммунальных котельных потребление угля в количестве 5-7 млн т у.т. в год целесообразно было бы заменить на местное возобновляемое топливо – топливную щепу, получаемую в основном из лесосечных отходов и отходов лесопиления.

Рассмотрим возможность реконструкции в мини-ТЭЦ на топливной щепе неэффективных муниципальных отопительных угольных котельных на примере Республики Марий Эл. В настоящее время в Марий Эл работают 43 поселковых отопительных котельных централизованного теплоснабжения, работающих на угле. Суммарная установленная мощность угольных котельных 50 Гкал/ч, суммарное потребление угольного топлива около 30 тыс. т у.т. По данным Министерства лесного хозяйства Республики Марий Эл, ежегодный объем лесозаготовок на территории Марий Эл со-

составляет 1331,8 тыс. м³ год [3]. По экспертным оценкам, объем лесосечных отходов составляет 30% от объема лесозаготовок. Больше половины лесосечных отходов может быть использовано для производства топливной щепы. Отходы лесопиления составляют около 15% от объема лесозаготовок [4]. Таким образом, энергетический потенциал лесосечных отходов и отходов лесопиления при текущих объемах лесозаготовки в Марий Эл составляет 584 тыс. Гкал в год или 110,5 Гкал/ч установленной тепловой мощности в отопительный период. Следовательно, энергетического потенциала местного возобновляемого топлива достаточно, чтобы все угольные котельные Марий Эл были реконструированы с увеличением мощности в мини-ТЭЦ на топливной щепе. Это даст новые возможности для развития в районах республики производств по переработке сельскохозяйственной продукции, строительства новых производств глубокой переработки древесины и т.д.

В России общий запас древесины по данным Федерального агентства лесного хозяйства составляет 83 млрд м³, заготовка – около 200 млн м³/год. Суммарный объем лесосечных лесосечные отходов и отходов лесопиления, которые могут быть использованы для производства топливной щепы, составляет 51 млн плотн. м³ древесины в год. В энергетическом эквиваленте это 82 млн Гкал/год или 11,7 млн т у.т. Таким образом, энергетического потенциала древесных отходов хватит, чтобы производить 41,5 млн Гкал/год полезной тепловой энергии для отопления и 6,7 млрд кВтч/год электрической энергии. Это позволит произвести реконструкцию старых угольных котельных России, потребляющих дорогое привозное топливо, в мини-ТЭЦ, работающих на местной топливной щепе.

Цель работы – найти схемно-конструктивные решения энергоэффективной когенерационной установки модульного исполнения на базе двигателя с внешним подводом теплоты, работающего на биотопливе низкого качества (в том числе древесине и древесных отходах) для автономного энергоснабжения производственных и бытовых объектов.

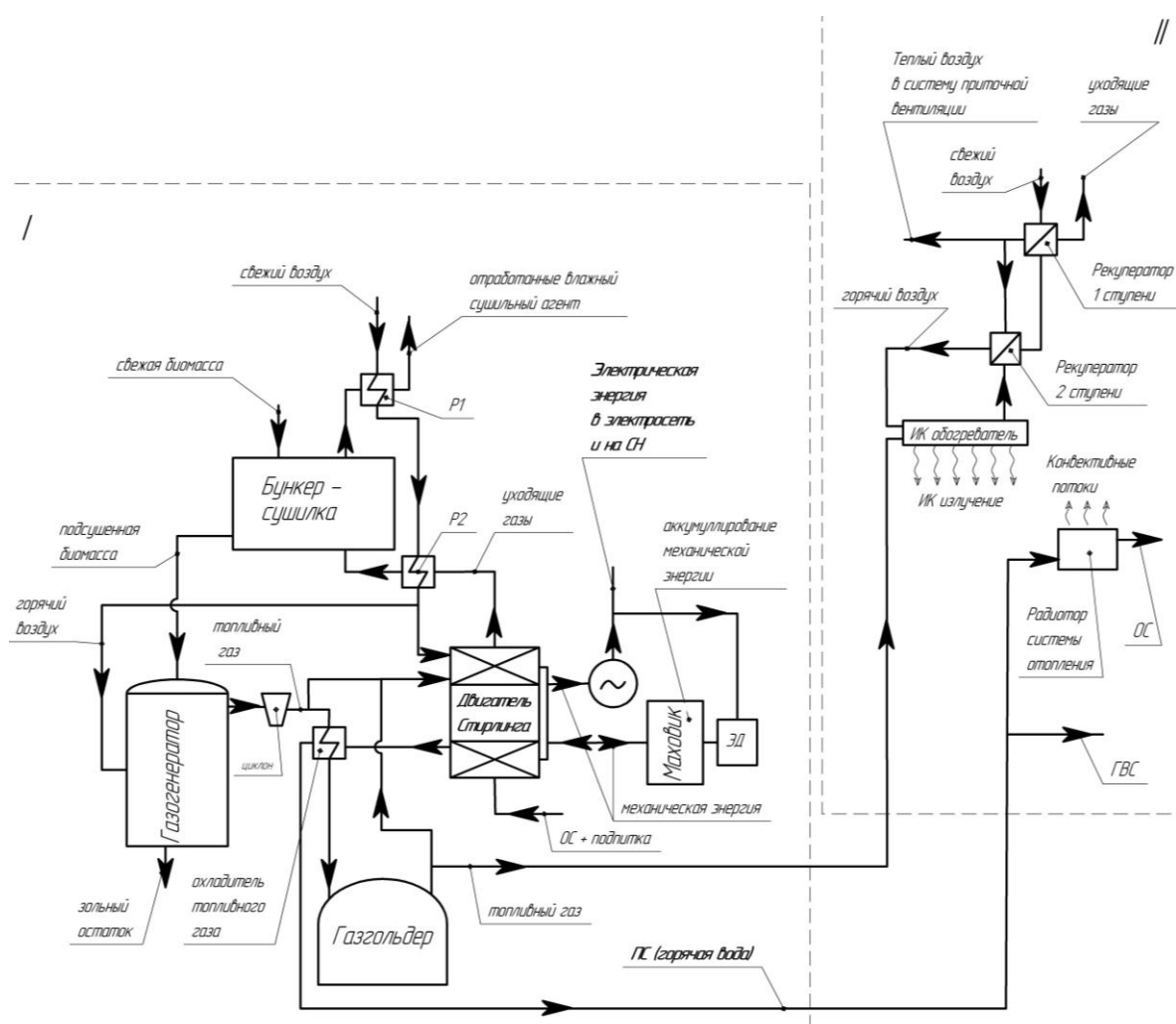
Решаемые задачи: 1) разработать структуру и компоновку элементов когенерационной установки модульного исполнения, позволяющие использовать её для энергоснабжения производственных и бытовых объектов; 2) разработать новые патентоспособные технические и технологические решения когенерационной установки модульного исполнения, обеспечивающие эффективное использование энергетического потенциала местных источников биомассы в системах локального тепло- и электро-снабжения.

Предлагаемые схемно-конструктивные решения. Разрабатываемая биотопливная когенерационная установка с двигателем Стирлинга работает следующим образом.

Свежая биомасса, имеющая высокую начальную влажность, загружается в бункер-сушилку, где за счет теплоты уходящих газов после камеры сгорания нагревателя двигателя Стирлинга она подсушивается. Подсушенная биомасса загружается в газогенератор обращенного типа, где под воздействием температуры при частичном окислении происходит её газификация с образованием зольного остатка. Часть полученного в газогенераторе топливного газа, пройдя через циклон, поступает в горячем состоянии в камеру сжигания двигателя Стирлинга, остальная часть топливного газа после циклона направляется через охладитель в газгольдер. Охлаждение топливного газа перед газгольдером необходимо для уменьшения его объема и дополнительной очистки от примесей. Тепловая энергия горячего топливного газа в охладителе передается теплоносителю системы отопления и ГВС; таким образом, охладитель топливного газа является второй ступенью подогрева теплоносителя. Первой ступенью подогрева теп-

лоносителя – обратной сетевой воды (ОС) и подпитки является холодильник двигателя Стирлинга.

В газгольдере происходит аккумулятивное топливо газа с целью повышения надёжности энергоснабжения. Из газгольдера газ подается в камеру сгорания нагревателя двигателя Стирлинга и в камеру сгорания каталитического инфракрасного обогревателя. Уходящие газы после нагревателя двигателя Стирлинга в рекуператоре 2-й ступени (P2) отдают свою энергию окислителю (атмосферному воздуху), который предварительно подогрет в рекуператоре 1-й ступени (P1) отработанным сушильным агентом, удаляемым в атмосферу. Уходящие газы после каталитического сгорания топлива в инфракрасном излучателе перед удалением в атмосферу охлаждаются в 2-ступенчатом рекуператоре, при этом в 1-й ступени нагревается свежий воздух для системы приточной вентиляции, во 2-й ступени подогревается часть этого воздуха, направляемая в камеру сжигания.



Общая схема функционирования энергоэффективной когенерационной установки на топливной цепи с двигателем Стирлинга

Двигатель Стирлинга служит для производства механической энергии, которая используется для привода электрогенератора. Избыток вырабатываемой механической энергии аккумулируется посредством раскрутки маховика. Маховик соединен с валом

двигателя Стирлинга и электрогенератором посредством механической передачи. В момент избытка генерации электрической энергии маховик раскручивается, в моменты пикового потребления электроэнергии в сети маховик наоборот служит приводом для электрогенератора.

Таким образом, в рамках когенерационной установки с каталитическими камерами сгорания, работающей на биотопливе будет разработано два модуля: I – основное энергогенерирующее оборудование, которое устанавливается в специальном помещении (котельной) или контейнере; II – отопительное оборудование, которое располагается непосредственно у потребителя (в отапливаемом помещении, здании или каком-либо сооружении). Модуль основного генерирующего оборудования представляет собой совокупность оборудования подготовки и преобразования биомассы и оборудования для преобразования энергии, в том числе сушильную камеру, газогенератор, газгольдер, двигатель Стирлинга, электрогенератор, маховик, а также рекуперативные и регенеративные теплообменники. Основное оборудование скомпоновано на основе принципов модульности, адаптивности и экономии энергетических ресурсов, в рамках которых особое внимание уделяется использованию вторичной и низкопотенциальной теплоты сопрягаемыми установками, а также аккумулированию энергии с целью сглаживания графика неравномерного суточного потребления. Модуль отопительного оборудования, размещаемого в рамках объекта обогрева, будет представлять собой совокупность пассивных радиаторов системы отопления, через которые циркулирует теплоноситель, и активных инфракрасных обогревателей на базе каталитических устройств, работающих за счет сжигания генераторного газа.

Преимущества разрабатываемой схемы следующие:

- соблюдение принципа комбинированного производства тепловой и электрической энергии. При этом многоступенчатое производство тепловой энергии в данной схеме осуществляется и за счёт использования тепловых выбросов двигателя, что повышает общий эффективный КПД установки, и за счёт тепловых выбросов газогенератора, что делает систему теплоснабжения самостоятельной, не зависящей от объёмов генерации электрической энергии;
- предусмотрено аккумулирование топливного газа в газгольдере;
- предусмотрено аккумулирование механической энергии;
- необходимое охлаждение топливного газа перед газгольдером осуществляется с помощью подогрева подпиточной или обратной воды системы отопления и ГВС;
- осуществляется рекуперация тепловой энергии всех потоков теплоносителя удаляемой в окружающую среду;
- предусмотрено теплоснабжение различных потребителей от одного биотопливного источника энергии тремя способами: нагревом приточного воздуха системы вентиляции, обогревом с помощью инфракрасного излучения, отоплением с помощью конвективных теплообменников с промежуточным теплоносителем, а также горячее водоснабжение.

Выводы

Разработанные схемно-конструктивные решения могут использоваться при создании когенерационных установок малой и средней мощности для автономного электро- и теплоснабжения производственных и бытовых объектов.

Выход на рынок когенерационного модуля на топливе из древесины по доступной цене даст существенный толчок к развитию, освоению и заселению экологически чистых, благоприятных для проживания и развития здорового человека районов нашей страны. Способствует развитию производств переработки сельскохозяйственной про-

дукции и глубокой переработки древесины, существенно повысит рентабельность продукции сельского и лесного хозяйства. Произойдёт частичное (более равномерное) перераспределение населения по территории каждого из регионов России.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке проектов реконструкции районных отопительных котельных. Предполагается использование полученных данных при разработке перспективных схем теплоснабжения муниципальных образований.

Список литературы

1. Сидыганов Ю. Н., Мухортов Д. И., Шамшуров Д. Н. Пути применения биогазовых технологий в агропромышленном комплексе Республики Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2008. № 1. С. 70-79.
2. Российское энергетическое агентство [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rosenergo.gov.ru/> (дата обращения 25.03.2015).
3. Лесной план Республики Марий Эл: утв. распоряжением Главы Республики Марий Эл от 16 окт. 2012 г. № 309-рг. 2012. 501 с.
4. Холодков В.С. Использование отходов лесозаготовок для производства древесного топлива [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.bellona.ru/filearchive/fil_Holodkov_BELLONA.pdf. (дата обращения 24.03.2015).

DEVELOPMENT OF SCHEMATICS AND DESIGN SOLUTIONS OF BIOFUEL CO-GENERATION PLANT WITH STIRLING ENGINE

Anisimov Pavel Nikolaevich, Onuchin Evgeniy Mikhaylovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The scheme of operation of the biofuel co-generation plant with Stirling engine is shown. Expediency of application of the proposed solutions is proved. The analysis of an energy potential of wood waste in the territory of Russia and the Republic of Mari El in particular is carried out. The developed cogeneration installation with the Stirling engine can be used for reconstruction of old coal boiler rooms in mini-co-generation plant on local chip fuel.

Keywords: co-generation plant, chip fuel, biofuel, Stirling engine

УДК 669-1

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧЕННЫХ ФОРМОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ ПОРОШКОВ ЖЕЛЕЗА, ЕГО ОКСИДОВ И СВЯЗУЮЩЕГО, В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Зверева Оксана Сергеевна, Соловьева Екатерина Вениаминовна

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

Выполнены экспериментальные исследования процессов, проходящих при термической обработке в гетерогенных системах, состоящих из порошка железа, полученного методом распыления расплава, порошка окиси железа и фенолформальдегидной смолы. Показаны ме-

тоды регулирования структуры материала за счет количества этапов термической обработки и режима нагрева.

Ключевые слова: высоконаполненные композиции, динамическая вязкость, структура материала, металлические порошки, порошки окиси железа, полимерное связующее

Введение. Развитие технологий заготовительного производства в области машиностроения в последние десятилетия идет как по пути совершенствования традиционных методов формообразования (литья, пластического деформирования, размерной резки и т.д.), так и по пути создания принципиально новых технологий, основанных на процессах формования и консолидации материалов, находящихся в высокодисперсном состоянии. К таким технологиям относятся методы традиционной порошковой металлургии, СВС-процессы, лазерное спекание с применением 3D-принтеров и др. При этом порошковая металлургия, позволяющая получать изделия высокой размерной точности в сочетании со сложностью формы и возможностью создавать уникальные свойства материалов, остается одной из наиболее интенсивно развивающихся областей техники. Следует отметить, что в настоящее время существуют десятки «работающих» вариантов технологических схем порошковой металлургии, среди которых наиболее широко применяются:

- изготовление изделий конструкционного и триботехнического назначения, а также пористых изделий путем прессования и спекания порошков на основе железа, меди, алюминия, титана и других металлов;
- изготовление изделий и конструкционных материалов путем шликерного литья, в том числе инъекционного (МИМ-технологии) с последующим спеканием;
- изготовление изделий из твердых сплавов на основе тугоплавких соединений металлического связующего путем прессования твердосплавных смесей и жидкофазного спекания.

Однако проблема получения высокоточных заготовок с заданной структурой и свойствами материала и с конкурентной себестоимостью остается актуальной [1]. В работе [2] показано, что применение композиций порошок оксида железа – железный порошок – связующее для формования изделий сложной формы позволяет существенно снизить стоимость изделий по сравнению со стоимостью изделий, получаемых МИМ-технологией. Вместе с тем для повышения конкурентоспособности предложенной технологии представляет интерес увеличение размеров частиц железа в формуемых композициях до величин порядка 75 мкм, что позволило бы применять обычные железные порошки, полученные распылением. В результате предложена технология переработки прессматериала, состоящего из крупных порошков железа, его тонких оксидов и полимерного связующего.

Соотношение объемного содержания компонентов оптимизировалось по следующим критериям:

- соотношение между оксидом железа и фенолформальдегидного связующего – исходя из необходимости обеспечения необходимого количества пироуглерода для восстановления оксида и легирования сплава, а также исходя из влияния данного соотношения на реологические свойства композиций;
- соотношение между порошком железа и связующим – исходя из необходимости обеспечить максимальное объемное содержание железа с одновременным достижением приемлемой текучести композиций при формовании и достаточной активности при спекании;

- соотношение между всеми компонентами – исходя из необходимости достигнуть максимальной размерной точности готового стального изделия.

В результате теоретических исследований и экспериментов по определению вязкости композиций, представленных в работах [3-5], критической степени наполнения композиции твердой фазой, при которой она полностью теряет текучесть, было установлено, что имеется область предпочтительных концентраций наполнителей, при которых объемное содержание твердой фазы в сформованных изделиях доходит до 70-80 %. В настоящей работе были изучены процессы, проходящие при термической обработке данных композиций.

Цель работы – исследовать эволюцию структуры композиций из порошков железа, его оксидов и связующего при термической обработке.

Решаемая задача: установить закономерности изменения фазового состава композиций в процессе их изготовления и переработки в металлоизделия.

Аналитическое моделирование. Теоретический расчет состава композиции для прессования и дальнейшего исследования с учетом необходимости обеспечить максимальное объемное содержание железа с одновременным достижением приемлемой текучести композиций при формовании производился по аналитическому выражению

$$\frac{\eta_K}{\eta} = \frac{A}{\left[1 - \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_{k1}}\right)^{\frac{1}{3}}\right] \cdot \left[1 - \left(\frac{\gamma_2}{\gamma_{k2}}\right)^{\frac{1}{3}}\right] \cdot \left[1 - \left(\frac{\gamma_3}{\gamma_{k3}}\right)^{\frac{1}{3}}\right]}, \quad (1)$$

где γ_1 – объемное содержание наполнителя №1 в композиции в целом;

γ_2 – объемное содержание наполнителя №2 в системе: связующее + наполнитель №2 + наполнитель №3;

γ_3 – объемное содержание наполнителя №3 в системе: связующее + наполнитель №3;

$\gamma_{k1}, \gamma_{k2}, \gamma_{k3}$ – критические объемные содержания 1-го, 2-го и 3-го компонентов в системах компонент – связующее, при которых такие однокомпонентные композиции теряют текучесть;

η – динамическая вязкость связующего;

η_K – динамическая вязкость композиции;

A – постоянная, определяемая экспериментально.

В данном случае объемное содержание твердой фазы в композиции (γ) составит величину, рассчитываемую по уравнению

$$\gamma = \gamma_1 + (1 - \gamma_1) \cdot \gamma_2 + (1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2) \gamma_3. \quad (2)$$

Теоретический расчет состава композиции для прессования и дальнейшего исследования с целью обеспечить необходимое условие восстановления железа (II, III) окиси производился по аналитическому выражению

$$V_c \cdot \rho_c \cdot \kappa \geq V_o \cdot \rho_o \cdot a \cdot 0,1038, \quad (3)$$

где V_c – объемная доля ФФС;

V_o – объемная доля оксида;

ρ_c – плотность смолы;

ρ_o – плотность оксида;

κ – коксовое число смолы;

a – коэффициент, определяющий избыток углерода, необходимый для полного восстановления в конкретных условиях нагрева.

Техника эксперимента. В качестве основных исходных материалов использовались:

- порошок железный марки A100S, производство фирмы "Höganäs", Швеция;
- оксид железа марки ElectrOxide 20, производство фирмы "Höganäs", Швеция;
- смола фенолформальдегидная жидкая, марки СФЖ - 301.

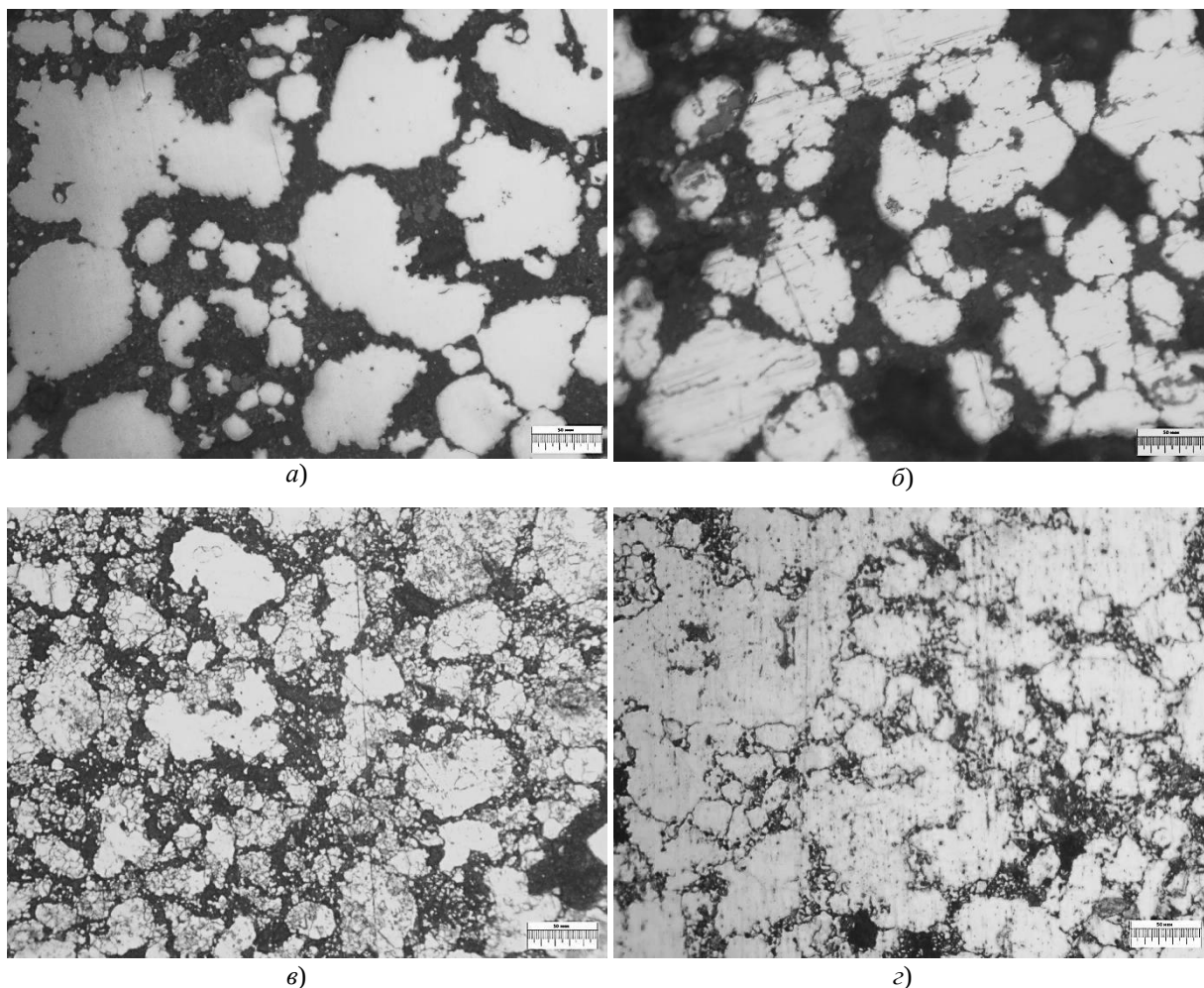
Для получения композиций материалы смешивались в смесителе миксерного типа с последующим обжатием в валках, сушкой при температуре 80- 85 °С и дроблением.

Композиции формовались прямым компрессионным прессованием в бруски с размерами (ШхВхГ) 10х10х55 мм.

Полученные бруски подвергались термической обработке в три стадии:

- I-я стадия – образцы нагревались без доступа воздуха при температуре 800 °С;
- II-я стадия – образцы нагревались в вакууме при температурах 800÷900 °С;
- III-я стадия – образцы нагревались в среде эндотермического газа при температуре 1100 °С.

Результаты эксперимента. На рисунке представлена структура материала на каждой стадии технологического процесса.



Структура композиций после прессования и различных стадий термической обработки: а) после прессования, ×200, б) после I стадии, ×200, в) после II стадии, ×200, травлено 5 % раствором азотной кислоты, з) после III стадии, ×200, травлено 5 % раствором азотной кислоты. Длина размерной шкалы 50 мкм

На рисунке 1 а видны частицы крупнодисперсного железа размером преимущественно от 72 мкм до 120 мкм, также читается оксидная фаза с размерами частиц до 10 мкм. Структура композиции после I стадии термической обработки (рис. 1 б) состоит из исходных частиц железа, смеси оксиды железа – пироуглерод, который находится и на поверхности частиц в виде углеродной оболочки, и в межчастичном пространстве, и небольшого количества восстановленного железа. После II стадии термообработки (рис. 1 в) структура состоит из исходных частиц железа и высокодисперсного губчатого железа – продукта восстановления оксида железа, при этом в структуре губчатого железа сохраняется наследственность, обусловленная дисперсностью исходных оксидов, размер которых составлял до 10 мкм. Структура спеченного материала при температуре 1100 °С (рис. 1 г) представляет собой металлическую основу, состоящую из феррит – перлита (перлит зернистый, феррита 70-80 %) с относительно равномерным распределением пор.

В таблице представлено общее количество углерода (%), определенное на каждом этапе технологического передела.

Общее количество углерода (%), установленное на каждом этапе технологического передела

Параметр	I стадия	II стадия	III стадия
Содержание углерода, %	2,6-2,8	1,00-1,11	0,29-0,31

Как видно из таблицы, обезуглероживание имеет место на всех стадиях термической обработки. В данном случае можно регулировать содержание углерода путем изменения времени выдержки, или сокращением количеств отжигов. Так был поставлен эксперимент, в котором формованные прямым компрессионным прессованием бруски из исследуемого материала подвергались термической обработке в две стадии:

- I стадия – образцы нагревались без доступа воздуха при температуре 900 °С;
- II стадия – образцы нагревались в среде эндотермического газа при температуре 1100 °С.

Структура материала после II стадии представляет собой металлическую основу, состоящую из феррит – перлита (перлит зернистый, феррита 60-70 %) с относительно равномерным распределением пор. Общее содержание углерода в %, 0,45-0,51.

Выводы. Представленные данные о структуре композиций на различных стадиях термической обработки показывают, что рассматриваемый метод дает возможность получения стальных каркасов из композиций порошок железа – окись железа – связующее и располагает возможностями регулирования структурой данного материала. Существование по границам частиц железа средней дисперсности тонких частиц восстановленного железа может способствовать решению ряда материаловедческих задач, среди которых радикальное повышение механических свойств сталей, деформирование в режиме сверхпластичности, создание жаропрочных композиционных материалов и другие.

При этом данная технология позволяет добиться точных размеров готовых изделий и существенно снизить затраты на исходные материалы с целью получения качественных металлоизделий с применением стандартного оборудования, с одновременным расширением возможностей управления структурой и свойствами материалов.

Список литературы

1. Емадаков Р. Ю. Методологические подходы к классификации видов экономической конкуренции // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. 2013. № 1 (17). С. 27-39.

2. Довыденков В. А., Санникова Н. Г., Мерзлякова О. С. Теоретические и экспериментальные основы формирования состава композиций из порошков металлов, их оксидов и связующего для получения фасонных металлозаготовок // Новые материалы и технологии их получения: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 15-17 ноября 2011 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: ЛИК, 2011. С. 19-23.

3. Довыденков В. А., Зверева О. С. Технология изготовления деталей сложной формы путём формования и спекания композиций из порошков железа, его оксидов и связующего // Порошковая металлургия. 2013. № 9/10. С. 137-143.

4. Довыденков В. А., Зверева О. С., Фетисов Г. П. Динамическая вязкость композиций из порошков, их оксидов и связующего для получения стальных заготовок // Технология металлов. 2012. № 11. С. 44-47.

5. Влияние вида сырья на динамическую вязкость композиций из порошков металлов, их оксидов и связующего / В. А. Довыденков, О. С. Зверева, С. Я. Алибеков, Р. С. Сальманов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т.16. № 6. С. 87-89.

THE EVOLUTION OF THE STRUCTURE OF THE MATERIAL BILLETS PRODUCED BY COMPRESSION OF THE COMPOSITION FROM IRON POWDER, ITS OXIDES AND BINDER, DURING THE HEAT TREATMENT

Zvereva Oksana Sergeevna, Solov'eva Ekaterina Veniaminovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Experimental study of the processes passing during the heat treatment of heterogeneous systems consisting of iron powder obtained by spraying molten, iron oxide powder and phenol-formaldehyde resin. The methods of regulation of the structure of the material due to the number of stages of heat treatment and the heating mode.

Keywords: *highly filled compositions, dynamic viscosity, structure, material, metal powders, iron oxide powder, polymer binder*

УДК 539.9

О РАСЧЕТЕ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Иванов Сергей Павлович, Иванова Анастасия Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
IvanovSP@volgatech.net, sp-ivanov@mail.ru

Представлен метод расчета физически нелинейных стержней. Выведены дифференциальные уравнения равновесия при растяжении-сжатии стержней. Приводится алгоритм реализации данной задачи аналитическим и численным методами.

Ключевые слова: *стержень, физическая нелинейность*

Введение. Стержневые системы находят широкое применение в строительстве, авиастроении, машиностроении, приборостроении и других областях техники. Поэтому задачи расчета стержневых систем на прочность, устойчивость и жесткость являются важными для науки и практики.

Исследованиям прочности, устойчивости стержней, пластин и пластинчатых систем с учетом физической нелинейности материала посвящены работы многих авторов [1-5].

Цель – разработать метод расчета стержней и стержневых систем при растяжении-сжатии с учетом нелинейной диаграммы деформирования материала.

Решаемые задачи: 1) с помощью энергетического метода получить дифференциальные уравнения равновесия; 2) в качестве примера выполнить расчет стержня.

Диаграмма деформирования физически нелинейных материалов хорошо аппроксимируется кубическим полиномом

$$\sigma = E \cdot \varepsilon - E_1 \cdot \varepsilon^3, \quad (1)$$

где σ – нормальные напряжения, ε – линейные деформации, E – начальный модуль упругости материала, а E_1 – постоянная, учитывающая степень физической нелинейности материала [1].

Рассмотрим метод расчета стержней под действием распределенной нагрузки q при различных граничных условиях (рис. 1).

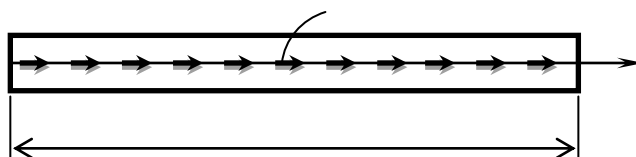


Рис. 1. Общий вид стержня с действующей распределенной нагрузкой q

Составим выражение для полной энергии Π деформирования стержня. Полная энергия Π состоит из работы внутренней продольной силы N и внешних сил q :

$$\Pi = \int_0^l \left(\frac{1}{2} N \varepsilon - q u \right) \cdot dx, \quad (2)$$

где u – перемещение поперечного сечения стержня.

Запишем выражения продольной силы N и деформации ε :

$$N = (E \varepsilon - E_1 \varepsilon^3) A; \quad \varepsilon = \frac{du}{dx} = u', \quad (3)$$

где A – площадь поперечного сечения стержня.

С учетом (3) запишем выражение полной энергии (2):

$$\Pi = \int_0^l \left[\frac{1}{2} (E \varepsilon^2 - E_1 \varepsilon^4) A - q u \right] \cdot dx = \int_0^l \left\{ \frac{1}{2} [E (u')^2 - E_1 (u')^4] A - q u \right\} \cdot dx. \quad (4)$$

Определим экстремальное значение энергии (4), используя уравнение Эйлера-Лагранжа:

$$\frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial u'} - \frac{\partial F}{\partial u} = 0, \quad (5)$$

где F – подынтегральная функция (4).

Раскрывая (5), получим обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение равновесия, записанное в перемещениях:

$$u'' = -\frac{q}{EA} + 6 \frac{E_1}{E} u'' (u')^2. \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение (6) решается совместно с граничными условиями на концах стержня. Рассмотрим два случая.

1. Левый конец стержня ($x = 0$) зашпелен, перемещение $u(0) = 0$; правый конец стержня ($x = l$) свободный, нормальные напряжения равны 0, т.е. $u'(l) = 0$.

2. Левый и правый концы стержня зашпелены, перемещения при $x = 0$, $u(0) = 0$; при $x = l$, $u(l) = 0$.

Решение уравнения (6) можно провести методом последовательных приближений, приняв перемещения в виде бесконечного ряда:

$$u = u_1 + u_2 + u_3 \dots \quad (7)$$

Подставляя (7) в (6), получим бесконечную систему линейных дифференциальных уравнений (8). В большинстве случаев решения задач ряд достаточно быстро сходится. Для получения удовлетворительного результата достаточно использовать первое приближение:

$$\begin{aligned} u_1'' &= -\frac{q}{EA}; \\ u_2'' &= 6 \frac{E_1}{E} u_1'' (u_1')^2; \\ u_3'' &= 6 \frac{E_1}{E} u_2'' (u_2')^2. \end{aligned} \quad (8)$$

.....

Решить задачу можно также численным методом [1]. Для численного интегрирования нелинейного дифференциального уравнения (6) применялся метод Рунге-Кутты. Для определения недостающего граничного условия при $x=0$, $u'(0)$ использовался итерационный метод типа Ньютона.

По результатам расчета построены графики изменения перемещений в зависимости от действующей нагрузки (рис. 2). На графике приняты следующие обозначения: $Q = ql/EA$, $u^* = u/l$. График 2 построен с учетом степени нелинейности $E_1/E = 10^3$.

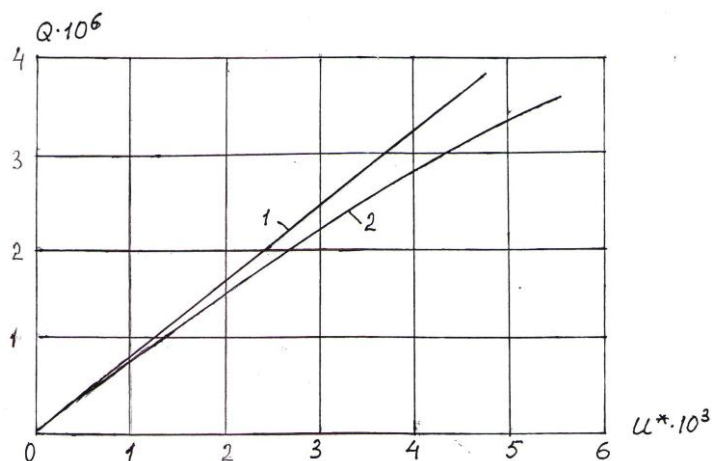


Рис. 2. Графики изменения перемещения свободного конца зашпеленного стержня в зависимости от действующей нагрузки: 1 — по линейной теории, 2 — с учетом физической нелинейности

Рассмотрим задачу с применением статического метода. Абсолютно жесткая статически неопределимая балка закреплена при помощи шарнирно-неподвижной опоры

и двух нелинейно-упругих стержней 1, 2 (рис. 3). На балку действует сосредоточенная сила P .

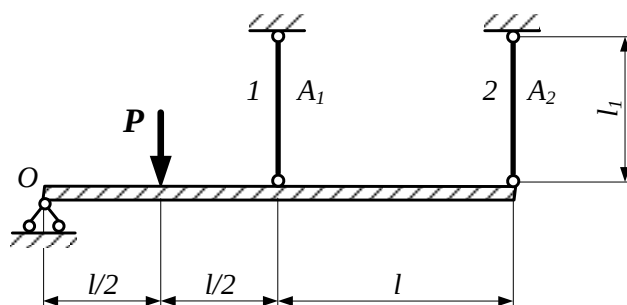


Рис. 3. Схема статически неопределимой балки

Для расчета статически неопределимой системы используем статические и геометрические уравнения. Составим расчетную и деформированную схему балки при малых перемещениях (рис. 4).

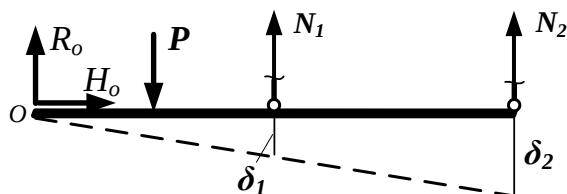


Рис. 4. Расчетная и деформированная схема балки

Из статического уравнения $\sum M_0 = 0$ и подобия двух треугольников получим систему уравнений

$$\begin{aligned} P &= 2(N_1 + 2N_2); \\ \delta_2 &= 2\delta_1. \end{aligned} \quad (9)$$

Используя уравнение (1), преобразуем первое уравнение системы (9)

$$P = 2(\sigma_1 A_1 + 2\sigma_2 A_2) = 2[(E\varepsilon_1 - E_1\varepsilon_1^3)A_1 + 2(E\varepsilon_2 - E_1\varepsilon_2^3)A_2], \quad (10)$$

где A_1 и A_2 – площади поперечных сечений стержней 1 и 2.

Деформации $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ равны:

$$\varepsilon_1 = \frac{\delta_1}{l_1}; \quad \varepsilon_2 = \frac{\delta_2}{l_1} = 2\frac{\delta_1}{l_1}. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10), получим

$$P = 2 \left\langle \left[E \frac{\delta_1}{l_1} - E_1 \left(\frac{\delta_1}{l_1} \right)^3 \right] A_1 + 4 \left[E \frac{\delta_1}{l_1} - 4E_1 \left(\frac{\delta_1}{l_1} \right)^3 \right] A_2 \right\rangle, \quad (12)$$

Вводим следующие обозначения:

$$P^* = \frac{P}{EA}; \quad \xi = \frac{\delta_1}{l_1}; \quad \frac{E_1}{E} = E_2. \quad (13)$$

С учетом обозначений (13) уравнение (12) принимает следующий вид:

$$P^* = \frac{2}{A}[(A_1 + 4A_2)\xi - (A_1 + 16A_2)E_2\xi^3]. \quad (14)$$

Для частного случая $A_1 = A_2 = A$ получим

$$P^* = 2(5\xi - 17E_2\xi^3). \quad (15)$$

Выводы

1. Составлены уравнения деформирования физически нелинейных стержней при растяжении (сжатии) для двух видов задач.
2. Из результатов расчета (рис. 2) следует, что учет физической нелинейности оказывает значительное влияние на напряженно-деформированное состояние стержня в зависимости от степени физической нелинейности материала.

Список литературы

1. Иванов С. П. Пластинчатые системы, контактирующие с упругой средой: монография. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. 164 с.
2. Потапов А. Н., Уфимцев Е. М. Уругопластические колебания стержневой системы с учетом продольной податливости её элементов при запроектом воздействии // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2014. №2. с.5-10.
3. Иванов С.П. Расчет тоннелей на основе вариационного метода В.З. Власова // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2007. № 1. С. 82-86.
4. Рудых О. Л., Соколов Г. П., Пахомов В. Л. Введение в нелинейную строительную механику. М.: АСВ, 1999. 103 с.
5. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики. М.: Стройиздат, 1978. 208 с.

THE ANALYSIS OF PHYSICALLY NONLINEAR BEAM

Ivanov Sergey Pavlovich, Ivanova Anastasya Sergeevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The method of stability analysis of physically nonlinear beam is presented. The set of differential equations of stability of beam is given.

Keywords: *physical nonlinearity, beam, stability*

УДК 539.43

ВАРИАНТ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОСТИ СПИЦЕВОГО КОЛЕСА

Киртаев Евгений Алексеевич, Булдакова Юлия Михайловна

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

Предлагается при расчете на устойчивость спицевого колеса в расчетную схему ввести упругий элемент по линии действия нормальной к плоскости обода силы.

Ключевые слова: *спицевое колесо, устойчивость*

Введение. Экспериментальное исследование колеса с большим количеством спиц как сложной упругой стержневой системы, показало, что обод колеса теряет устойчивость в двух случаях нагружения: во-первых, при действии приложенной к ободу сосредоточенной радиальной силы, направленной к центру колеса, и, во-вторых, сосредоточенной нормальной к плоскости обода силы, приложенной в произвольной точке обода.

Второй, рассматриваемый в данной статье случай нагружения отмечен в государственном стандарте [1], где согласно п. 8.4.1 всё испытание сводится к выдержке в течение одной минуты горизонтально закрепленного спицевого колеса велосипеда, к ободу которого подвешен груз $180H$. При этом не оговорено поведение обода в процессе нагружения, выдержки, снятия груза, в то время как обод может потерять устойчивость, т.е. резко деформироваться при нагрузке, меньше назначенной, а при снятии нагрузки вернуться в исходное состояние. Сила, при которой происходит процесс резкого перехода в более глубокое деформированное состояние, называется предельной критической [2]. Такое поведение наблюдалось, например, у экспериментального колеса велосипеда «Бриз». При конструировании колеса крайне важно знать эту предельную критическую силу.

Целью работы является разработка варианта определения нормальной к плоскости обода критической силы на базе метода последовательных нагружений.

Решаемые задачи, направленные на достижение цели: 1) разработать методику и создать установку для эксперимента; 2) провести эксперимент с фиксацией необходимых результатов; 3) разработать математическую модель, позволяющую определять величину нормальной к плоскости обода критической силы; 4) произвести аналитический расчет и сравнить его результат с результатом эксперимента.

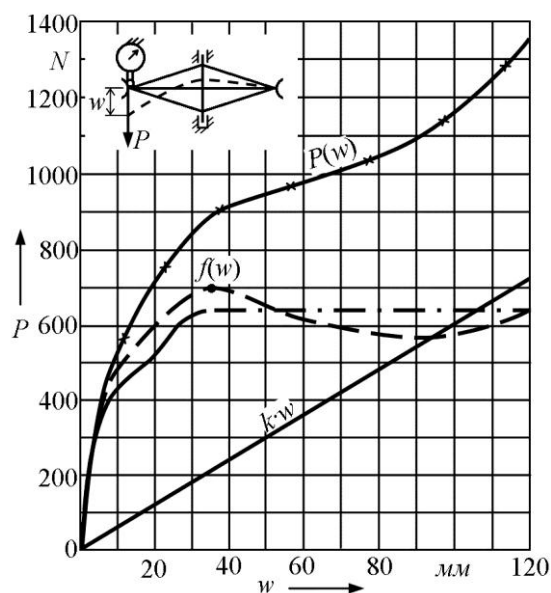


Рис. 1. Графики зависимости нормальной к плоскости обода силы от перемещения точки приложения силы на ободе

Постановка эксперимента. Рассмотрим поведение спицевого колеса в процессе его нагружения нормальной к плоскости обода сосредоточенной силой. Образцом для эксперимента взято колесо велосипеда «Салют» с 32 спицами. На рис. 1 в левом верх-

нем углу показана схема экспериментальной установки. Полученный график перемещения точки обода в направлении действия силы показан сплошной линией. При критической нагрузке 640 Н произошло резкое перемещение точки приложения силы с 35 мм до 120 мм. При этом половина спиц, которые должны были работать на сжатие, провалились в отверстия обода и перестали работать. Процесс полной разгрузки колеса привел к тому, что обод колеса вернулся в состояние, близкое к исходному. Колесо практически восстановило свои размеры и форму. Остаточные изменения формы, проявляющиеся для наблюдателя при вращении колеса в виде так называемой «восьмерки», связаны с измененным положением концов спиц в местах установки в ободу и фланцах ступицы и, как следствие, измененная система сил со стороны спиц деформирует обод. Регулировка натяжением спиц привела обод в плоское состояние.

Из результатов поставленного эксперимента важнейшей является величина нормальной к плоскости обода предельной критической силы, определяющей несущую способность колеса.

Математическое моделирование. Для разработки варианта определения предельной нормальной к плоскости обода критической силы используется метод последовательных нагружений с учетом геометрической и конструктивной нелинейности колеса на базе метода конечных элементов [3]. Конструктивная нелинейность состоит в том, что с ростом нагрузки количество спиц, проваливающихся в отверстия обода, растет и их необходимо исключать из расчетной схемы.

При нагрузке, близкой к критической, не удается получить результат решения. Вычислительный процесс становится неустойчивым. Для преодоления данного затруднения можно применить метод смены параметра [4] и сделать ведущим параметр перемещения точки обода в направлении действия силы вместо самой силы.

Другим, более простым, вариантом решения данной проблемы является введение в расчетную схему колеса упругого элемента по линии действия силы (рис. 2). В этом случае график сила – перемещение станет плавно возрастающим, позволяющим получить устойчивое решение на каждом шаге нагружения.

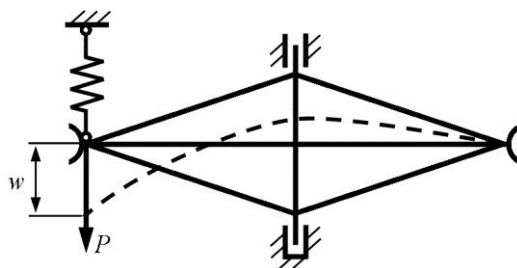


Рис. 2. Расчетная схема колеса с упругим элементом

Представим часть внешней силы, приходящуюся на деформирование обода колеса в виде неопределенной функции $f(w)$. Часть внешней силы, приходящуюся на деформирование упругого элемента, представим линейной функцией $k \cdot w$. Суммарная функция изменения внешней силы от перемещения точки обода в направлении действия силы $P(w) = k \cdot w + f(w)$ получается в результате решения методом последовательных нагружений (на рис. 1 – линия, обозначенная *). Окончательный график – действующая на обод колеса внешняя сила – перемещение точки обода в направлении действия силы $f(w) = P(w) - k \cdot w$ – показан штриховой линией.

Интерпретация результатов. Графики, полученные в результате эксперимента и аналитического решения $f(w)$ согласуются удовлетворительно. Особенно важно, что

разница между значениями предельных критических сил составляет 9 %. Причем в процессе решения задачи шаг нагружения в этом варианте можно брать большим, чем в методе смены параметра.

Необходимо отметить, что k – коэффициент жесткости упругого элемента определяется подбором. Из опыта расчетов можно рекомендовать k равным 0,1–0,2 коэффициента жесткости колеса на начальной стадии нагружения. Для рассмотренного примера коэффициент жесткости упругого элемента взят равным 6 Н/мм.

Выводы. Хорошее соответствие результата аналитического решения с результатом проведенного эксперимента позволяет применять этот вариант определения нормальной к плоскости обода критической силы с высокой степенью надежности.

Требование по результату испытания спицевого колеса в соответствии с упомянутым пунктом государственного стандарта недостаточно, особенно для колес двухколесных транспортных средств, которые испытывают значительные нормальные к плоскости обода нагрузки.

Список литературы

1. ГОСТ 31741-2012. Велосипеды. Общие технические условия – Введен 2014-01-01. М.: ВНИИНМАШ, 2014. 47 с.
2. Алфутов Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. М.: Машиностроение, 1978. 312 с.
3. Лоскутов Ю. В. Прямолинейный конечный элемент для расчёта композитных трубопроводов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 4. С. 42-49.
4. Валишвили Н. В. Методы расчета оболочек вращения на ЭЦВМ. М.: Машиностроение, 1976. 278 с.

VERSION OF THE ANALYTICAL SOLUTION OF THE PROBLEM OF STABILITY SPOKE WHEEL

Kirtayev Evgeny Alekseevich, Buldakova Yulia Mikhaelovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

It is offered at calculation on stability of a spoke wheel to enter an elastic element through action of force, normal to the rim plane, into the settlement scheme.

Keywords: *spoke wheel, stability*

УДК 621.357.12

ИОННЫЙ СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОПРЯЖЕНИЙ

Ласточкин Денис Михайлович, Лопатин Альберт Марсович

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

Предлагается новый способ электролитического осаждения ионов металла для восстановления изношенных поверхностей деталей транспортных и технологических машин. Рас-

смазываемый способ отличается тем, что предлагается одновременное восстановление поверхностей сопряжений, путем электролитического осаждения ионов металла из электролита, который одновременно служит смазочным веществом, в режиме нормальной эксплуатации либо в условиях специального технологического режима.

Ключевые слова: электролиз, восстановление поверхности, ремонт, смазка

Введение. Многие хозяйствующие субъекты заинтересованы в обеспечении и поддержании работоспособности своих транспортных и технологических машин. Парк имеющихся машин и техники постоянно требует внимания как по обслуживанию, так и по замене и ремонту вышедших из строя деталей машин и механизмов [1].

Импорт тракторов в Россию с каждым годом снижается, но их доля на рынке до сих пор остаётся значительной, более 40 % [2-3]. Несмотря на надежность и качество, зарубежная техника все равно не застрахована от поломок и нуждается в приобретении запасных частей, что в сочетании с ежегодными расходами на техническое обслуживание, которое должно проводиться в специальном сервисном центре соответствующими специалистами, делает эксплуатацию импортной спецтехники достаточно дорогой [4].

Экономические и политические разногласия между Россией, Европой и рядом стран Америки затрудняют импорт автомобильной продукции специального назначения. Это касается как сельскохозяйственной, строительной, лесозаготовительной техники, так и деталей для неё. Падение стоимости мировых цен на нефть и курса рубля привело к резкому удорожанию запасных частей деталей, узлов и агрегатов импортного производства как для зарубежной, так для отечественной техники [2-5].

Нередко выбраковка деталей, узлов и агрегатов происходит из-за малых износов и дефектов, и (в лучшем случае) они поступают на переплавку и утилизацию, что в конечном итоге сказывается на недоиспользовании ресурса и, следовательно, повышает конечную стоимость эксплуатации такой техники [6].

Исходя из вышесказанного, пополнение ремонтной базы предприятий, эксплуатирующих зарубежную технику целесообразно осуществлять путем ремонта и восстановления деталей, узлов и агрегатов машин, что требует значительно меньше затрат и является мощнейшим резервом в условиях экономической стагнации отрасли. Поэтому во всех странах мира независимо от степени развития машино- и приборостроения организовано восстановление изношенных деталей [6].

За рубежом крупные фирмы, например «Caterpillar Inc.», «International Harvester», «Von Roll Holding», «Yunaited Grading», «London Transport Board», «Boche», «Daimler-Benz AG», «Bestkop OÜ», «Perkins», «Berliet», «JAPEX» и многие другие занимаются восстановлением изношенных деталей со стоимостью не более 60 % от стоимости нового изделия и обеспечением не менее 90 %-го ресурса [7].

В настоящее время существует достаточный выбор способа восстановления и ремонта машин и агрегатов, и на их выбор влияет несколько факторов, но главными среди них являются: высокое качество, невысокие затраты, простота и производительность технологии.

Однако для сохранения и повышения рентабельности и целесообразности ремонтно-восстановительных мероприятий необходимо определить наиболее рациональные, производительные и совершенные способы восстановления и ремонта.

Процесс восстановления изношенных поверхностей деталей транспортных и технологических машин осуществляют различными способами, среди них распростране-

ние получил способ нанесения покрытия с помощью гальванических процессов [8]. Известно, что процесс гальванического осаждения (электроосаждения) покрытий на восстанавливаемую поверхность осуществляется путем переноса тока ионами металла, находящегося в растворе электролита. Характеристики восстановленных поверхностей с осаждённой пленкой зависят от насыщенности и состава электролита, плотности тока, температуры, скорости потока электролита, формы и состояния восстанавливаемой поверхности [8].

Цель работы – повышение эффективности восстановления поверхностей сопряжений деталей транспортных и технологических машин путем электролитического осаждения ионов металла из электролита, который одновременно служит смазочным веществом, в условиях нормальной эксплуатации либо в условиях специального технологического режима.

Решаемые задачи: 1) выполнить анализ известных способов гальванического покрытия; 2) разработать технологическое решение ионного способа восстановления сопряжений.

Анализ известных способов гальванического покрытия. В настоящее время известно несколько способов нанесения гальванического покрытия на поверхность детали, имеющих как преимущества, так и свои недостатки [9].

- *Ванное осаждение.* При этом способе деталь полностью помещается в ванну с электролитом. Преимуществом является простота выполнения. Главный недостаток такого способа – использование больших объемов электролита и необходимость изолировать большие участки детали.

- *Местное осаждение.* В данном случае покрытие наносится только на определенном участке детали с использованием местной ванны. Преимуществом является использование меньших объемов электролитов. К недостаткам можно отнести необходимость создания местной электролитической ячейки.

- *Проточное осаждение.* При этом способе происходит проток электролита в прикатодном пространстве. Преимуществом является использование постоянно обновляемого рабочего раствора небольшого объема. Главный недостаток такого способа – использование насосной станции для потока электролита.

- *Электронатирание, или контактное осаждение.* В данном случае анодом служит угольный или металлический стержень, который обертывают адсорбирующим материалом, пропитывают электролитом. Переход металла с электролита на восстанавливаемую деталь осуществляется во время перемещения анода по покрываемой поверхности. Достоинством является малое использование электролита. К недостаткам можно отнести возможность осаждения только тонких слоев.

- *Проточно-контактное осаждение.* При этом способе к контактному осаждению добавляется возможность проточного обновления электролита. Достоинством такого способа является получение более качественного покрытия за счет обновления рабочего раствора непосредственно у восстанавливаемой поверхности. Также проток электролита способствует очищению поверхности активирующих элементов, воздействующих на катод и отвод продуктов активации из зоны формирования слоя металла. К недостаткам можно отнести невозможность осаждения сравнительно толстых слоев.

- *Гальваномеханическое осаждение.* Данный способ основывается на проточно-контактном осаждении с механическим активированием катодной поверхности. Преимуществом такого способа является разрушение пассивирующей пленки и предотвращение дендритообразования. Главный недостаток – техническая сложность реализации такого способа гальванопокрытия.

Для повышения эффективности гальванического нанесения покрытий необходимо повысить производительность процесса электролиза (т.е. скорость осаждения, толщину покрытия и стабильность процесса) и качество наносимого покрытия (прочность сцепления, равномерность и структуру).

Основными путями повышения производительности процесса гальванического осаждения металлов являются: увеличение плотности и изменение направления тока при электролизе, повышение интенсивности колебаний температуры электролита, скорости его протока и перемешивания, изменения кислотности электролита и так далее. Но все перечисленные способы имеют ряд ограничений, препятствующих дальнейшему постоянному росту производительности процесса электролиза.

Проанализировав вышеприведенные способы гальванического нанесения покрытий, можно сказать, что все они имеют недостатки, к главным из которых относятся: необходимость в разборке механизма, мойка деталей, дефектация и достаточно сложный технологический процесс нанесения покрытий, механообработка с последующей сборкой.

Для устранения большинства из вышеуказанных недостатков предлагается использовать новый способ восстановления поверхностей сопряжений деталей транспортных и технологических машин гальваническим методом, когда в движущихся механизмах в качестве электролита используется смазочное вещество самого агрегата с добавлением необходимых присадок для приобретения необходимых свойств активного электролита.

Описание предлагаемого способа гальванического покрытия

Цель работы (технический результат) реализуется следующим образом. Известно, что нефтепродукты, то есть топливо, смазочные вещества обладают электропроводностью. С учетом того, что в смазочные вещества вводится множество различных присадок, которые частично приобретают свойства солей либо кислот и щелочей, при этом, как правило, электропроводность улучшается. Таким образом, смазочное вещество можно рассматривать как слабый электролит. Также возможно приготовление и использование специального смазочного вещества со свойствами более активного электролита. В этих условиях, если поместить в ванну смазочного вещества металлы либо их сплавы, например, для двигателя внутреннего сгорания Fe-P, Fe-Ni-P и другие и подключить положительный потенциал, а к изнашивающимся сопряжениям – отрицательный, получится гальваническая ванна. Принцип действия гальванических ванн известен, в данном случае будет происходить следующее. Анод в смазочном веществе, являющийся одновременно электролитом, будет растворяться, насыщая электролит ионами, которые в дальнейшем будут переноситься в зону контакта поверхностей сопряжений, которые одновременно и взаимно будут выполнять функцию адсорбирующего материала, пропитанного электролитом и к которым подведен отрицательный потенциал, то есть поверхности сопряжений являются катодом, на которых происходит осаждение слоя металла. Поверхности механизма, не являющиеся сопряжениями и не требующие восстановления, следует изолировать от контакта со смазочным веществом.

В условиях специального технологического режима подразумевается использование более активных электролитов в условиях ремонтного производства, то есть снятие механизма с режима эксплуатации.

Таким образом, изношенные поверхности сопряжений будут восстанавливаться, что позволит увеличить ресурс механизма.

Интерпретация результатов. Повторное использование восстановленных деталей машин и механизмов обеспечивает экономию качественного металла, трудовых и энергетических ресурсов и обеспечивает рациональное природопользование. Процесс восстановления работоспособности изношенных деталей требует в 5-8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей [6].

Самой первой и главной задачей при восстановлении изношенных деталей является выбор рационального способа их восстановления. Правильный выбор способа восстановления деталей снижает трудовые затраты, обеспечивает полную загрузку оборудования и увеличивает срок службы деталей и всего механизма. При выборе способа восстановления деталей необходимо сравнить не только экономические затраты, но и оценить качественные показатели надежности и долговечности восстановления. Таким образом, можно сказать, что выбор способа восстановления деталей необходимо проводить на основе комплексного анализа технической и экономической целесообразности их применения в каждом случае. Для обеспечения требуемого качества восстановительных работ, необходимо, первым делом, определить нагруженность работы восстанавливаемой детали и, во-вторых, иметь информацию о физико-механических свойствах материалов самой детали и материалов восстановления.

Повышение производительности современных гальванических производств в настоящее время осуществляется за счет совершенства технической составляющей механизации и автоматизации ручных и трудоемких процессов и химической составляющей создания более быстродействующих электролитов. Последний вопрос как раз и нашел отражение в рассматриваемом способе безразборного восстановления поверхностей сопряжений.

Выводы. По сравнению с обычными методами гальванического восстановления поверхностей предлагаемый способ проводится при температуре работы механизма, поэтому не оказывает влияния на структуру материала детали, не вызывает возникновения зон повышенных внутренних напряжений в металле и не приводит к зарождению трещин в нём. Экономическая составляющая также существенно ниже существующих решений за счет:

- отсутствия необходимости полной или частичной разборки механизма;
- наличия дополнительного оборудования;
- одновременного восстановления и смазки восстанавливаемых поверхностей;
- восстановления поверхностей сложной конфигурации;
- отсутствия подготовки поверхностей к нанесению покрытия и последующей механической обработки гальванического покрытия.

Таким образом, предлагаемый способ восстановления сопряжений является перспективным и требует дальнейшего углубленного анализа с изготовлением опытного устройства.

Список литературы

1. Онучин Е. М., Грязин В. А. Адаптивно-модульные технические средства для лесного комплекса // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 3. С. 45–49.
2. Обзор российского рынка сельхозтехники: тракторы сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс] // Редакция интернет-портала для продовольственного бизнеса – agro2b.ru. 2014. 12 ноября. URL: <http://agro2b.ru/ru/companiesnews/18817-Obzor-rossijskogo-rynka-selhoztehniki-traktory-selskohozyajstvennogo.html> (дата обращения: 20.03.2015).

3. Сысоева И. Б. Курсовые колебания, нехватка денег у аграриев и инициативы чиновников перевернули рынок сельхозтехники [Электронный ресурс] // Интернет-проект Agrobook.ru. 2014. 13 октября. URL: <http://www.agrobook.ru/blog/user/inga/kurovye-kolebaniya-nehvatka-deneg-u-agrariyev-i-iniciativy-chinovnikov-perevernuli> (дата обращения: 20.03.2015).

4. Какой комбайн выбрать хозяйству / Н. Бышов, А. Лопатин и др. // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2007. № 8. С. 41-43.

5. Вторичный рынок сельскохозяйственной техники: перспективы и прогнозы на 2015 год [Электронный ресурс] // Агропромышленная интернет выставка abc-agro.ru. 2015. 4 февраля. URL: <http://www.abc-agro.ru/agents/agent-articles/secondmarket2015/> (дата обращения 20.03.2015).

6. Петросов В. В. Ремонт автомобилей и двигателей: учебник: [для учреждений СПО по специальности "Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта", ПМ.01 "Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта"]. 8-е изд., стер. М.: Академия, 2014. 222 с.

7. Логинов П. К., Ретюнский О. Ю. Способы и технологические процессы восстановления изношенных деталей: учебное пособие / Юргинский технологический институт. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 217 с.

8. Надежность и ремонт машин: учебник для студентов вузов агроинженерных специальностей / [В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов и др.]; под ред. В. В. Курчаткина. М.: Колос, 2000. 775 с.

9. Захаров Ю. А., Ремзин Е. В., Мусатов Г. А. Основные дефекты корпусных деталей автомобилей и способы их устранения, применяемые в авторемонтном производстве [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал. 2014. № 4. URL: http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_48_Zaharov.pdf_f4e966deb9.pdf.

ION METHOD FOR RESTORING CONJUGATE

Lastochkin Denis Mickhaylivich, Lopatin Albert Marsovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

A new method of electrodeposition of metal ions to restore the worn surfaces of the parts of transport and technological machines. The subject method is characterized in that the simultaneous reduction serves mating surfaces by electrodeposition of metal ions from the electrolyte, which also serves as a lubricant in normal operation mode or in the special mode process.

Keywords: *electrolysis, lubrication, surface reconstruction, repair*

УДК 697.1:69.022

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ТЕПЛОВOM ПУНКТЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПЕРЕПАДА НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ И ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

*Макаров Александр Николаевич, Муреев Павел Николаевич,
Макаров Роман Александрович, Сорокин Олег Леонидович*

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

Предлагаемое устройство, обеспечивающее регулирование параметров теплоносителя системы отопления, относится к теплоэнергетике и предназначено для использования в системах теплоснабжения с зависимой схемой присоединения систем отопления (СО) в каче-

стве регулятора параметров теплоносителя в автоматизированном тепловом пункте (АТП). Данное устройство позволит соблюдать санитарно-гигиенические нормы, а именно постоянно поддерживать температурный перепад между внутренней поверхностью наружного ограждения и воздухом в помещении в пределах нормативных значений, установленных СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [1].

Ключевые слова: тепловой пункт, теплоэнергетика, теплоснабжение, строительные нормы и правила, термо-ЭДС, тепловая инерция, температурный перепад

Введение. При строительстве новых и реконструкции существующих зданий и сооружений, построенных во второй половине XX века, архитектору при проектировании наружного стенового ограждения, а также выборе системы регулирования параметров теплоносителя в тепловом пункте (ТП) приходится решать ряд сложных задач. Современная нормативная база, действующая на территории РФ в области проектирования зданий, требует сокращения потребления тепловой энергии за счет повышения теплофизических характеристик стеновых ограждений зданий. Проблемы энергоэффективности и энергосбережения включают в себя и развитие возобновляемой энергетики [4]. Другим направлением является разработка автоматизированных систем отопления, исключающих так называемый «перетоп» зданий, который приводит к значительным энергетическим и финансовым затратам. В то же время архитектор должен решить поставленную перед ним задачу – обеспечить комфортные санитарно-гигиенические параметры в помещении и в первую очередь температурный комфорт. Одним из главных параметров, обеспечивающим температурный комфорт в помещении, является температурный перепад между температурой на внутренней поверхности наружного ограждения и температурой внутреннего воздуха в помещении. Эта величина является базовой нормативной величиной, обеспечивающей комфортный теплообмен между человеком и наружной стеной. Сегодня для жилых зданий эта величина равна 4 градусам Цельсия. И спроектированная наружная стена, и система отопления должны обеспечить именно эту теплофизическую характеристику. Предлагаемая в данной работе система автоматизации (ТП) берет за основу именно этот параметр, обеспечивающий комфортные условия пребывания человека в помещении.

Цель работы – разработка устройства, обеспечивающего регулирование параметров теплоносителя в существующих системах отопления.

Существующие способы регулирования параметров теплоносителя в АТП, описанные, например, в патенте РФ № 2232351, обладают рядом недостатков [2]. Автоматизированный тепловой пункт системы отопления содержит подающий трубопровод тепловой сети с установленным в нем регулятором расхода, подающий трубопровод системы отопления, соединенный с обратным трубопроводом системы отопления перемычкой, включающей последовательно соединенные насос смешения и регулятор смешения, управляющим входом соединенный с выходом регулятора отопления, входы которого соединены с датчиками температур в системе отопления и окружающей среде, а также водонагреватель системы горячего водоснабжения, включенный между подающим и обратным трубопроводами тепловой сети.

Основным недостатком регулирования параметров теплоносителя в таком АТП является то, что не учитывается основной параметр санитарных норм – перепад температуры на внутренней поверхности наружного ограждения и воздуха в помещении.

В существующих системах регулирования параметр инерции наружной стены закладывается в виде постоянного коэффициента в зависимости от проектируемой ха-

рактеристики стенового материала без учёта фактического его состояния и постоянного контроля перепада температуры на внутренней поверхности.

Известны системы регулирования теплоносителя, косвенно учитывающие тепловую инерцию ограждающих конструкций. Одна из них предлагается в патенте РФ № 2300709 [3]. АТП содержит подающий и обратный трубопроводы тепловой сети, подающий и обратный трубопроводы системы отопления (СО) с регулятором расхода в трубопроводе, насос смешения, регулятор отопления, входы которого соединены с датчиками температур в СО, в помещении и в окружающей среде – датчик температуры наружного воздуха. Узел управления входом соединен с выходами датчиков параметров СО, а выходом – с входом регулятора расхода. Частотный преобразователь соединен входом с выходом регулятора отопления, а выходом – с электрическими выводами насоса смешения. Вход (всасывающий патрубок) насоса смешения присоединен к обратному трубопроводу СО, а его выход (нагнетательный патрубок) присоединен к подающему трубопроводу СО. Водонагреватель системы горячего водоснабжения включен типовым образом между подающим и обратным трубопроводами тепловой сети (рис. 1).

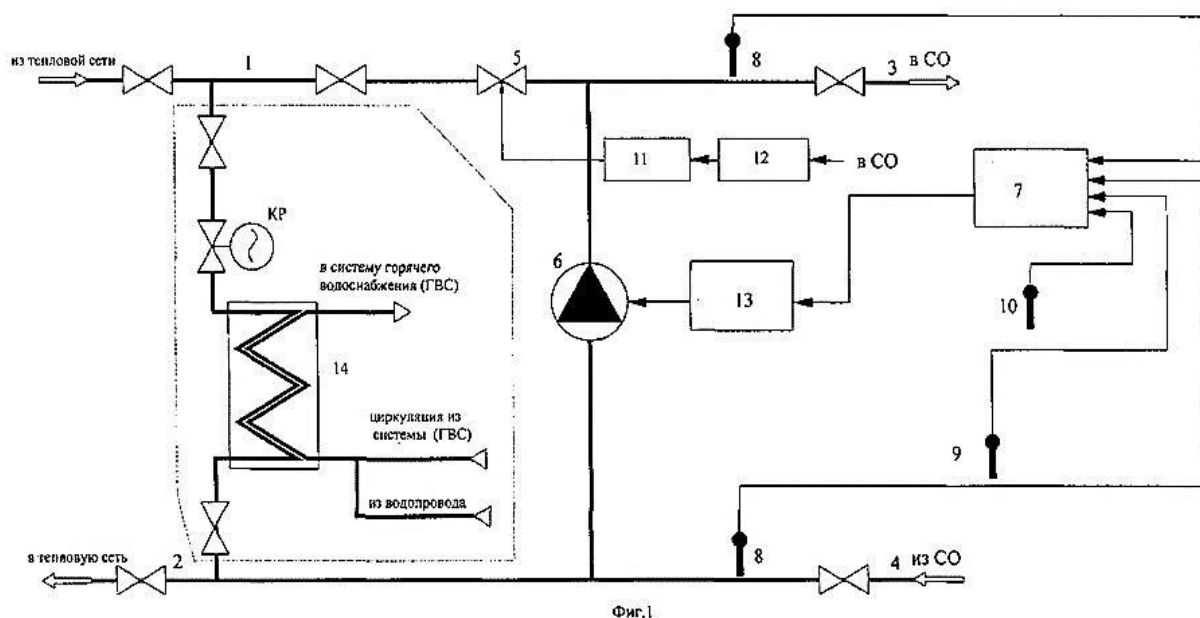


Рис. 1. Система регулирования теплоносителя, предлагаемая в патенте РФ №2300709: 1 – подающий трубопровод тепловой сети, 2 – обратный трубопровод тепловой сети, 3 – подающий трубопровод системы отопления, 4 – обратный трубопровод системы отопления, 5 – регулятор расхода, 6 – насос смешения, 7 – регулятор отопления, 8 – датчик температуры в системе отопления, 9 – датчик температуры воздуха в помещении, 10 – датчик температуры внутренней поверхности наружных ограждений, 11 – узел управления – электромеханический привод, 12 – датчики параметров, 13 – частотный преобразователь, 14 – водонагреватель системы горячего водоснабжения, 15 – элеватор, 16 – вход элеватора, 17 – выход элеватора, 18 – подмешивающий вход элеватора

Недостатком такой системы является то, что не учитывается фактическое время прохождения теплового потока через наружную ограждающую конструкцию, вследствие чего регулирование параметров теплоносителя обеспечивается с низкой точностью.

Решаемой технической задачей является постоянное регулирование параметров теплоносителя в зависимости от перепада температуры на внутренней поверхности наружного ограждения и воздуха в помещении.

Данная техническая задача решается следующим образом. Термопарный кабель состоит из двух термопар, из которых одна термопара размещена на внутренней поверхности наружного ограждения, другая регистрирует температуру внутреннего воздуха в помещении. Данные с термопар в виде термо-ЭДС поступают в устройство для измерения и контроля температуры УКТ 38, соединённое специальной программой с персональным компьютером, обеспечивающим фиксацию отклонения температурного перепада Δt в пределах основного параметра санитарных норм и подающим команду на регулятор отопления для получения нормируемого значения, учитывающего нестационарные условия системы отопления и фактическую инерцию наружной стены (рис. 2).

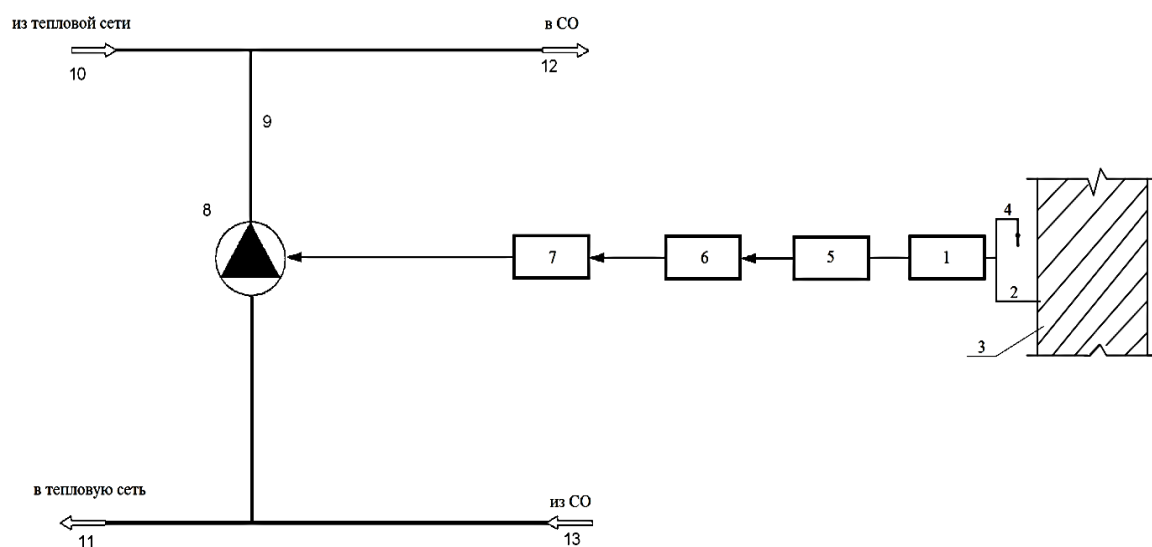


Рис. 2. Предлагаемое устройство, обеспечивающее регулирование параметров теплоносителя в существующих системах отопления: 1 – прибор для замера температуры, 2 – термопара, расположенная на внутренней поверхности наружного ограждения, 3 – наружное ограждение, 4 – термопара, расположенная в помещении, 5 – устройство для измерения и контроля температуры УТК 38, 6 – персональный компьютер, 7 – частотный преобразователь, 8 – электродвигатель, 9 – перемычка между обратным и сетевым трубопроводом, 10 – подающий трубопровод тепловой сети, 11 – обратный трубопровод тепловой сети, 12 – подающий трубопровод системы отопления, 13 – обратный трубопровод системы отопления

Принцип действия и отличительные признаки существующих СО предлагаемого устройства могут быть изложены следующим образом. Устройство для регулирования параметров теплоносителя в автоматизированном тепловом пункте системы отопления отличается тем, что прибор для замера температуры 1 состоит из двух термопар, из которых одна термопара 2 размещена на внутренней поверхности наружного ограждения 3 и регистрирует температуру внутренней поверхности наружного ограждения, другая термопара 4 размещена внутри помещения и регистрирует температуру внутреннего воздуха в помещении. Данные с термопар в виде термо-ЭДС поступают в устройство для измерения и контроля температуры УТК 38 5, соединенное специальной программой 6 с персональным компьютером 7, обеспечивающим фиксацию отклонения температурного перепада Δt между температурой воздуха в помещении и на внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции и подающим команду

на частотный преобразователь 8, подключенный к электродвигателю 9, расположенному на перемычке 10 между обратным и сетевым трубопроводом 11 системы отопления, обеспечивающий необходимые параметры теплоносителя до момента восстановления отклонения температурного перепада Δt до нормативного значения (рис. 2).

Предлагаемое нами решение – комплексное регулирование температуры внутренней поверхности стены (рис. 3).

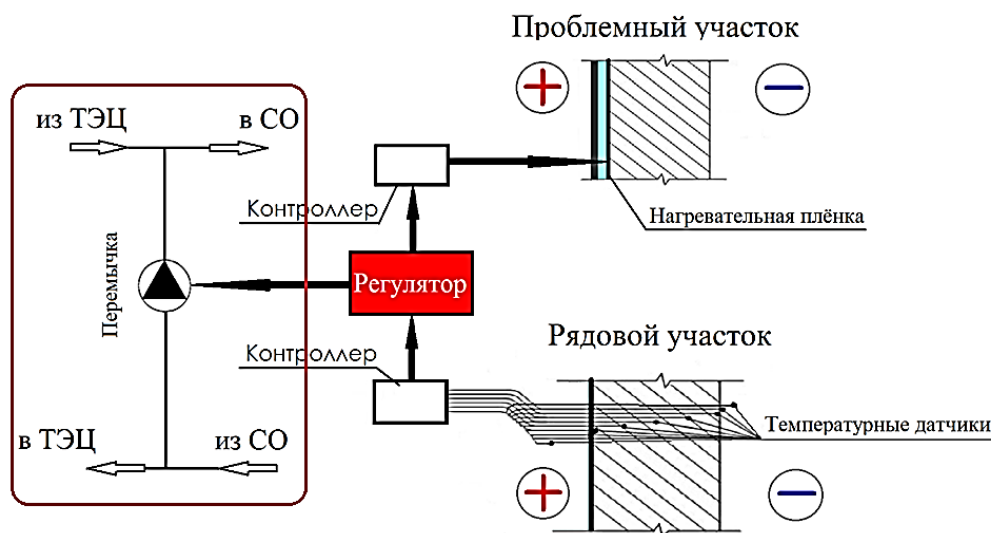


Рис. 3. Комплексное регулирование температуры внутренней поверхности стены

Принцип работы следующий: данные с температурных датчиков, расположенных в толще наружной стены поступают в регулятор, который даёт команду об изменении параметров теплоносителя на насос, расположенный между подающим и обратным трубопроводом системы отопления. Также регулятор даёт команду на включение нагревательной плёнки, которая расположена на проблемных участках: мостиках холода и углах, что позволит избежать выпадения конденсата и образования плесени.

Вывод. Результатом проведенных НИиОКР в лаборатории строительной физики кафедры проектирования зданий ПГТУ является разработка нового подхода к решению задачи обеспечения температурного комфорта пребывания человека в помещении. Проведенные научные исследования привели к созданию новых конструктивных решений наружных стеновых ограждений, а также автоматизированных систем отопления.

Список литературы

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий: приняты постановлением Госстроя РФ от 26 июня 2003 г. № 113.
2. Патент 2002124689 РФ. Автоматизированный тепловой пункт / Буровцев Б.А., Козлов К.С. № 2232351, опубли. 16.09.2002, Бюл. № 19.
3. Патент 2005112182/03 РФ. Автоматизированный тепловой пункт системы отопления (варианты) / Буровцев Б.А. № 2300709, опубли. 22.04.2005, Бюл. № 16.
4. Тюхов И. И. Возобновляемая энергетика и лесное хозяйство для устойчивого будущего // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2009. № 2(6). С. 53-59.

REGULATION COOLANT PARAMETERS HEATING SYSTEM IN AUTOMATED THERMAL ITEMS DEPENDING ON THE TEMPERATURE DIFFERENCE ON THE INNER SURFACE EXTERNAL PROTECTION AND ROOM AIR

**Makarov Aleksandr Nikolayevich, Mureyev Pavel Nikolayevich,
Makarov Roman Aleksandrovich, Sorokin Oleg Leonidovich**

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The proposed device provides for the regulation parameters of the coolant heating system relates to a power and is intended for use in heating systems with dependent heating circuit joining as a regulator of heat parameters in automated thermal points. This device will allow a hygienic norms namely constantly maintain the temperature difference between the inner surface of the outer fence and the room air within the normative values established by CNR 23-02-2003 "Thermal Performance of the Buildings".

Keywords: heating system, heat-and-power engineering, heat supply, construction norms and regulations, thermal electromotive force, thermal inertia, temperature drop

УДК: 681.51

**АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРИКЛАДНЫХ МОДУЛЕЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГИБКОГО МАНИПУЛЯТОРА
НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ**

**Онучин Евгений Михайлович, Семенов Константин Денисович,
Медяков Андрей Андреевич**

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет» Россия, Йошкар-Ола
semkostyan@mail.ru

Разработана структура входных и выходных данных, алгоритмов работы программного обеспечения системы автоматизированного управления гибким манипулятором.

Ключевые слова: входные данные, выходные данные, автоматизированное управление, гибкий манипулятор

Введение. Для создания программного обеспечения любой автоматизированной системы необходимо разработать последовательность действий для работы устройства. Элементы входных и выходных данных являются одними из ключевых при создании алгоритма действий процесса программирования. Входные данные являются исходными величинами, необходимыми для выполнения соответствующих алгоритмов работы отдельных модулей. Результатом обработки входных данных путем исполнения алгоритмов являются выходные величины, которые в свою очередь могут служить входными параметрами на следующих стадиях процесса функционирования программной системы [1].

Цель работы – разработать структуру входных и выходных данных в контексте хронологической последовательности событий, описывающих функционирование системы автоматизированного управления.

Решаемые задачи: 1) описать функционирование системы автоматизированного управления; 2) описать функциональные зависимости данных, получаемых на разных

этапах работы программного обеспечения; 3) рассмотреть общие алгоритмы работы программного обеспечения для выполнения задач измерения, управления и просмотра данных.

Техническое моделирование. Поскольку одним из функциональных назначений программного обеспечения системы автоматизированного управления манипулятором является обеспечение взаимодействия между элементами систем сканирования площадки для размещения поднимаемых предметов, контроля конфигурации манипулятора, контроля приводами, целесообразно рассмотреть структуру входных и выходных данных в контексте хронологической последовательности событий, описывающих функционирование системы управления.

Элементы системы автоматизированного управления включают в себя:

1) систему сканирования площадки для размещения поднимаемых предметов. Входными данными являются исходное состояние сканирующего устройства и размеры площадки, задаваемые оператором путем взаимодействия с пользовательским интерфейсом. Результатом исполнения алгоритма для обработки данных, считываемых с контроллера устройства сканирования, является массив точек, характеризующих размещение сортимента;

2) систему для контроля конфигурацией манипулятора. Входными величинами являются массив точек, полученный на предыдущем этапе сканирования площадки для размещения сортимента, и параметры, характеризующие исходное состояние манипулятора. Результатом исполнения алгоритма для обработки входных данных является конечный автомат в виде таблицы переходов и выходов для приведения текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию. Результат может быть представлен в виде многомерного массива или коллекции объектов, хранящих множество промежуточных состояний манипулятора в виде значений параметров;

3) систему для контроля приводами. Входной величиной является конечный автомат в виде таблицы переходов и выходов для приведения текущей конфигурации манипулятора к состоянию, обеспечивающему захват предмета. Выходными данными являются параметры, характеризующие мгновенные значения эксплуатационных параметров гибкого манипулятора (угол поворота, усилия и величины перемещения отдельных элементов и т.д.) [2-5].

Результатом исполнения алгоритма для обработки данных, считываемых с контроллера устройства сканирования, является массив точек, характеризующих размещение поднимаемых предметов. Графически операцию сканирования можно представить в виде, показанном на рисунке 1.

Однако можно отметить следующую функциональную зависимость между размером массива и размерами площадки:

$$l = f(x, y, \Delta x, \Delta y) = \left(\frac{y}{\Delta y} + 1\right) \times \left(\frac{x}{\Delta x} + 1\right), \quad (1)$$

где l – размер хранилища данных (одномерного массива – в случае использования массива для хранения состояния характерных точек; коллекции объектов – при использовании иной структуры для хранения данных, обеспечивающей больший функционал, однако требующей больше ресурсов памяти);

x и y – соответственно длина и ширина площадки;

Δx и Δy – заданные в настройках программного обеспечения шаги сканирования по соответствующим осям в системе координат сканирующего устройства.

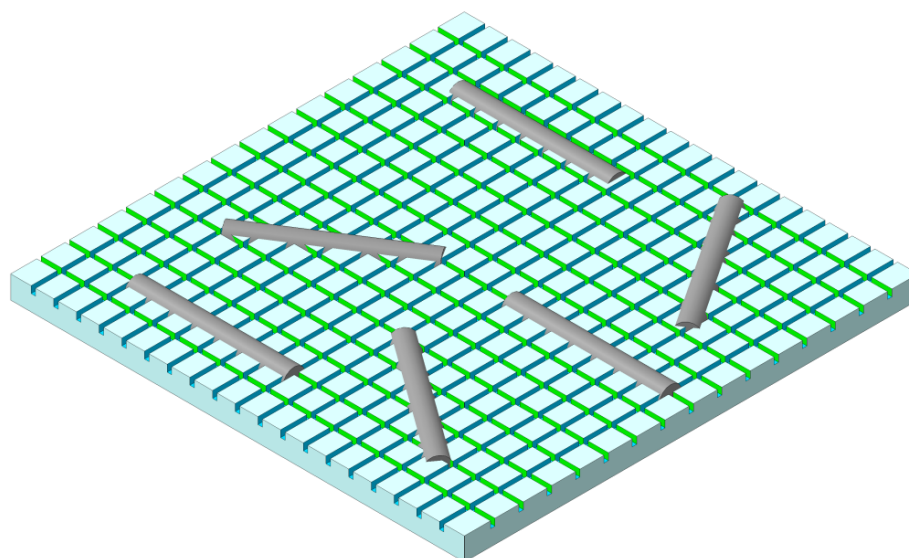


Рис. 1. Определение конфигурации размещения предметов

Результатом исполнения алгоритма для обработки входных данных контроля конфигурации манипулятора, полученных на предыдущем этапе, является конечный автомат в виде таблицы переходов и выходов для приведения текущей конфигурации манипулятора к требуемому состоянию. Поскольку нахождение оптимальных промежуточных состояний предполагает перебор возможных элементарных конфигураций манипулятора, приведем условие завершения цикла определения промежуточного состояния:

$$P = P' \text{ при } S' = \min(S_{1...n}), \quad (2)$$

где P – результирующее промежуточное состояние;

P' – некоторая конфигурация манипулятора;

S' – расстояние от захвата манипулятора в состоянии P' до точки, обеспечивающей захват сортамента;

$S_{1...n}$ – множество элементарных расстояний во всех возможных промежуточных конфигурациях манипулятора.

Для контроля приводами выходными данными являются параметры, характеризующие мгновенные значения эксплуатационных параметров манипулятора (угол поворота, усилия и величины перемещения отдельных элементов и т.д.). Вышеприведенные данные являются результатом чтения кодов измерительной аппаратуры и преобразования их в физические параметры [7-8].

Интерпретация результатов. Для реализации системы хронологической последовательности работы автоматизированного управления целесообразно использовать прикладные модули в качестве программного обеспечения, где каждый из модулей выполняет одну функцию – измерение, управление, просмотр. Данное решение позволяет упростить разработку, тестирование и сопровождение программного обеспечения.

Поскольку каждый управляющий параметр относится только к одной задаче управления, то для работы с каждой задачей составляется уникальный по содержанию список из всех принадлежащих ей параметров. Причем алгоритм работы с последними реализуется одним специализированным прикладным модулем, поддерживающим

диалоговые функции. Следует заметить, что потребность системы автоматизированного управления манипулятором самоходной лесной машины в совместных задачах управления реализуется путем совместной работы уже имеющихся прикладных модулей. Программно управляющий прикладной модуль основан на использовании класса, специально разработанного для обеспечения функционирования конкретной прикладной подсистемы. При этом класс включает унифицированные функции, которые используют объекты со значениями физических и технологических параметров и их описаниями.

В результате проведения моделирования процессов работы систем сканирования площадки, контроля конфигурации манипулятора и приводов разработан алгоритм работы прикладных модулей, предназначенный для выполнения вышеприведенных задач измерения, управления, просмотра (рис. 2).

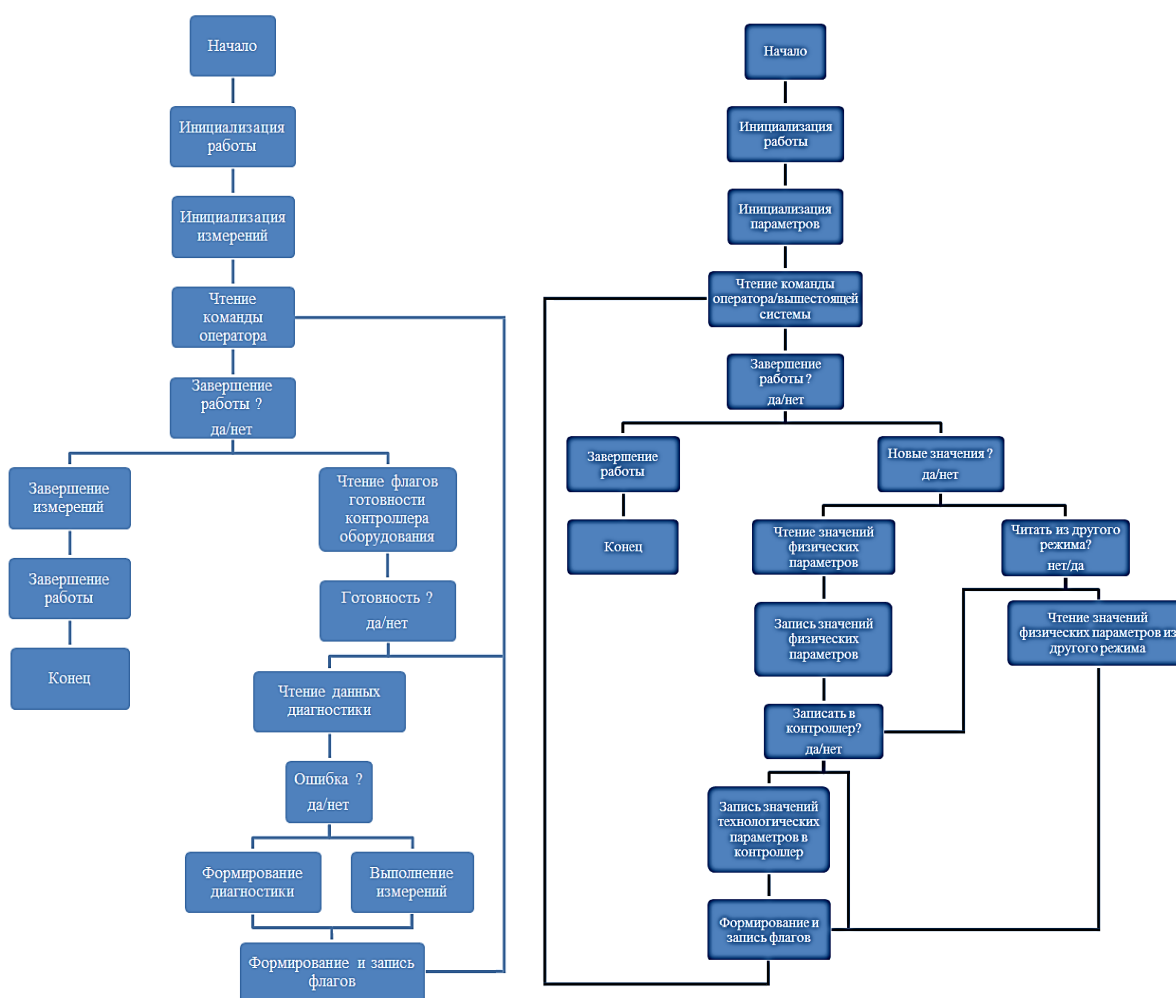


Рис. 2. Алгоритмы работы прикладных модулей измерения, а также управления и просмотра

Выводы

1. В рамках исследования разработана структура входных и выходных данных в контексте хронологической последовательности событий, описывающих функционирование системы автоматизированного управления.

2. Выявлены функциональные зависимости данных, получаемых на разных этапах работы программного обеспечения.

3. Разработаны общие алгоритмы работы программного обеспечения для выполнения задач измерения, управления и просмотра данных.

Список литературы

1. Онучин Е. М., Грязин В. А. Адаптивно-модульные технические средства для лесного комплекса // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 3. С. 45–49.

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. URL: <http://vsegost.com/Catalog/18/18984.shtml> (дата обращения 9.11.2013).

3. ISO/IEC 9126-1:2001. Software engineering -- Product quality / ISO standards. URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22749 (дата обращения 9.11.2013).

4. Программные требования (Software Requirements по SWEBOK - Software Engineering Body of Knowledge) // Основы программной инженерии. URL: http://swbok.sorlik.ru/1_software_requirements.html (дата обращения 12.11.2013).

5. Разработка требований. Масштабы и ограничения проекта / Веб технологии. URL: <http://pro100pro.com/category/projects/product-search> (дата обращения 12.11.2013).

6. Хорстманн К., Корнелл Г. Java 2. Библиотека профессионала. Т. 1: Основы: пер. с англ. 8-е изд. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. С. 62.

7. Проектирование программного обеспечения (Software Design по SWEBOK - Software Engineering Body of Knowledge) // Основы программной инженерии. URL: http://swbok.sorlik.ru/2_software_design.html#_3 (дата обращения 27.11.2013).

ALGORITHM APPLICATION MODULES AUTOMATED FLEXIBLE ARM STRUCTURE-BASED INPUT AND OUTPUT DATA

Onuchin Eugene Mihaylovich, Semenov Konstantin Denisovich, Medyakov Andrey Andreevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

To develop the structure of input and output data, the software algorithms of automated control system flexible arm.

Keywords: *inputs, outputs, automated management, flexible arm*

УДК 630*377.44

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ЗАЖИМНОГО УСТРОЙСТВА

Рябинин Денис Евгеньевич, Шестаков Яков Иванович

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

Проведены исследования нагрузки зажимного устройства в процессе перемещения груза по лесосеке. Нагрузка зажимных устройств должно выполняться в зависимости от объема формируемой пачки лесоматериалов.

Ключевые слова: *объем пачки, трелевка, зажимное устройство*

Введение. Наиболее перспективным направлением повышения качества зажимных устройств является снижение нагрузок на трелевочные устройства за счет адаптации к условиям функционирования и модульной компоновки. Благодаря данному технологическому оборудованию с системой автоматического поджатия повышается эффективность трелевки.

Анализ научно-исследовательских работ по обоснованию и модернизации зажимных устройств для трелевки лесоматериалов показал, что к настоящему времени есть методики и математические модели, описывающие определенным образом работу технологического оборудования для трелевки, но недостаточно изучены вопросы снижения нагрузок и обоснования параметров и конструкции зажимных устройств трелевочных машин [1, 2].

Для практической реализации данного оборудования необходимы апробированные методики инженерного расчета, для разработки которых необходимы комплексные научные исследования как самих возмущающих факторов, так и влияния конструктивно-технологических параметров технико-технологической системы на показатели эффективности её функционирования. Одним из этапов исследования трелевочных машин является проведение статических и динамических расчётов механизмов оборудования и динамических расчётов гидроприводов, позволяющих исследовать рабочие процессы с учётом влияния конструктивных и эксплуатационных факторов. Такие исследования на начальных этапах проектирования с применением систем автоматизированного проектирования позволяют сократить затраты на работы по выявлению дефектов и совершенствованию конструкций [3].

В этой связи обоснование конструкции и параметров адаптивно-модульных зажимных устройств для трелевочных машин представляет научный и практический интерес.

Цель работы – исследовать нагруженность зажимных устройств в процессе трелевки и выявить пути снижения рабочих нагрузок на данное оборудование.

Решаемая задача – на основании полевых наблюдений определить статистические характеристики зажимных устройств трелевочных машин.

Аналитическое моделирование. На основе статистической обработки информации представлено формализованное описание нагруженности зажимных устройств трелевочных машин.

Интерпретация результатов. Методом полевых наблюдений определены динамические нагрузки на зажимное устройство трелевочного трактора в процессе транспортировки при различных условиях.

При сжатии пачки древесины между их поверхностью, рычагами и тросом возникает сила трения. При транспортировке сжатой пачки возникает сила сопротивления движению. При недостаточном усилии сжатия пачка может выскользнуть из силового контура, а увеличение усилия сжатия приводит к процессу деформации древесины и повышению нагрузок на зажимные рычаги и трос. Сопротивление движению пачки древесины зависит от многих факторов: состояния поверхности волока, способа перемещения пачки (комлями или вершинами вперед) и его таксационных характеристик.

Для исследования динамических нагрузок, приходящихся на зажимное устройство в процессе транспортировки древесины, выбран трелевочный трактор с технологическим оборудованием.

В качестве тяговой машины для полевых наблюдений применялся трактор ТБ-1 с исследовательским зажимным устройством, позволяющим погружать на него комлевую или вершинную часть пачки хлыстов объемом до 8 м^3 . С учетом требований к исследованию на зажимное устройство были установлены датчики, позволяющие фиксировать необходимые величины. Сила сопротивления движению волочащейся части пачки древесины фиксируется датчиком давления Д2, установленным на линии штоковой полости гидроцилиндра наклона зажимного устройства, усилие сжатия пачки – датчиком давления Д1, установленным в поршневой полости гидроцилиндра привода зажимных рычагов. Все величины записывались непосредственно при движении груженого трактора по различным волокам. Показания датчиков регистрировались с помощью записывающего устройства, установленного в кабине трактора.

Наблюдения проводились на четырех экспериментальных лесосеках, характеристика которых приведена в таблице.

Таксационные характеристики экспериментальных лесосек

Номер лесосеки	Среднее расстояние трелевки, м	Средний объем деревьев, куб. м	Средний объем трелеваемой пачки, куб. м	Средний запас древесины на лесосеке, куб. м/га	Объем вывозки, куб. м
1	200	0,3	4,6	200	240
2	300	0,2	4,0	160	320
3	150	0,27	4,9	220	450
4	200	0,25	4,4	190	400

В ходе эксперимента лесосеки выбирались с учетом различного расстояния трелевки, среднего объема деревьев.

В ходе наблюдений определено влияние различных факторов на силу сопротивления движению, силу сжатия пачки, определение объема трелеваемой пачки. Основные результаты наблюдений представлены в виде графиков на рисунке.

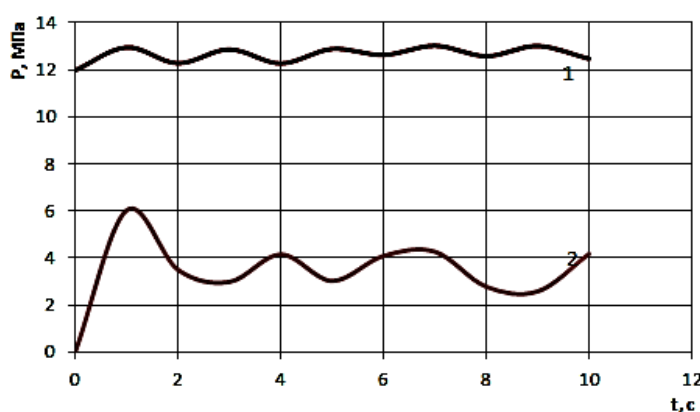


График изменения давления масла в гидролиниях сжатия пачки (1) и наклона зажимного устройства (2) при трелевке пачки объемом 4 м^3

Объем трелеваемой пачки зависит от площади поперечного сечения зажимного коника, объема трелеваемых деревьев, который в свою очередь зависит от диаметра и

длины дерева. При одном диаметре деревьев длина их, а следовательно, и объем деревьев в насаждениях различных разрядов высот значительно отличаются. Следовательно, обоснование параметров технологического оборудования трелевочной машины по максимально допустимой нагрузке недопустимо, так как это приводит к утяжелению машины, повышению ее стоимости, ухудшению проходимости и маневренности, повышению нагруженности отдельных элементов устройства, что в свою очередь приводит к повышению затрат на проведение ремонта и технического обслуживания.

Эффективность использования зажимных устройств при трелевке заключается в создании необходимого усилия сжатия пачки лесоматериалов, учитывающего изменение внешней нагрузки на технологическое оборудование. Для практической реализации такого режима работы необходим привод, который обеспечивал бы изменение усилия сжатия пачки в соответствии с меняющимися условиями нагружения (варьирования характеристик пачки и природных условий). Создание такого привода возможно на базе системы автоматического управления.

Выводы

1. В зависимости от лесорастительных условий при одинаковой площади поперечного сечения коника масса и объема трелеваемых пачек сила сопротивления движению пачки может изменяться в значительных пределах.

2. Усилие сжатия пачки в процессе трелевки практически не изменяется, это приводит к тому, что в 95 % времени привод зажимных рычагов перегружен, вследствие чего возникают значительные нагрузки на узлы конструкции, приводящие к выходу из строя этих узлов.

3. Средний объем трелеваемой пачки вследствие лесорастительных условий составляет 40-60 % от максимально возможного объема, приведенной в технической характеристике машины.

Список литературы

1. Александров В. А., Шестаков Я. И. Основы проектирования лесозаготовительных машин и оборудования: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 235 с.
2. Багаутдинов И. Н., Грязин В. А., Шестаков Я. И. Проектирование специальных лесных машин. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. 46 с.
3. Царев Е. М., Онучин Е. М., Кренев А. В. Расширение функциональных возможностей автоматизированных манипуляторов самоходных лесных машин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 3 (23). С. 31-42

RESEARCH LOADING ARRANGEMENT FOR SKIDDING TREE PACKET

Ryabinin Denis Evgenievich, Schestakov Yakov Ivanovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Trials were conducted arrangement for skidding packet.

Keyword: *volume packs, skidding, arrangement for skidding*

УДК 630*377.44

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЗАЖИМНОГО УСТРОЙСТВА С АДАПТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Рябинин Денис Евгеньевич, Шестаков Яков Иванович

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

Предложено оригинальное техническое решение адаптивного зажимного устройства с автоматизацией процесса зажима груза при перемещении по лесосеке. Нагружение зажимных устройств должно выполняться в зависимости от объема формируемой пачки лесоматериалов.

Ключевые слова: объем пачки, трелевка, зажимное устройство

Введение. В настоящее время лесное машиностроение РФ решает задачи, направленные на снижение материалоемкости производимых зажимных устройств для трелевки лесоматериалов с одновременным повышением долговечности и экологической совместимости с окружающей средой.

В настоящее время на лесозаготовительных предприятиях РФ эксплуатируется около 2 тыс. тракторов, предназначенных для бесчokerной трелевки лесоматериалов. Технологическое оборудование этих тракторов состоит из кониковых зажимных устройств, пачковых захватов. Эти зажимные устройства отличаются простотой эксплуатации, выгодно отличаются от оборудования для чокерной трелевки тем, что в процессе эксплуатации увеличивается производительность, снижаются повреждения, наносимые лесной среде при трелевке. Однако надежность зажимных захватов тракторов данного типа не полностью удовлетворяют требованиям эксплуатации в лесных условиях. При уплотнении трелеваемой пачки в устройстве происходит снижение производительности машины, так как наблюдаются случаи потери отдельных хлыстов из-за уменьшения силы обжатия пачки рычагами. Существующие зажимные устройства обладают тем недостатком, что не имеют возможности автоматически поджимать пачку лесоматериалов, что приводит к увеличению эксплуатационных затрат, связанных с повышенными нагрузками в отдельных элементах [1, 2].

В этой связи наиболее перспективным направлением повышения качества зажимных устройств является снижение нагрузок на трелевочные устройства за счет адаптации к условиям функционирования и модульной компоновки. Благодаря данному технологическому оборудованию с системой автоматического поджатия повышается эффективность трелевки.

Цель работы – повышение эффективности зажимных устройств путем снижения действующих на него рабочих нагрузок.

Решаемые задачи: разработка варианта технического решения, обеспечивающего снижение нагруженности зажимных устройств трелевочных машин; составление блок-схемы управления разработанным устройством.

Аналитическое моделирование. На основе анализа существующих конструкций предложено оригинальное техническое решение зажимного устройства с адаптивными свойствами.

Интерпретация результатов. Известные зажимные устройства трелевочных машин не обеспечивают оптимальность усилий зажима пачки деревьев (хлыстов) в зависимости от ее объема и условий движения машины при трелевке [4].

Технический результат в предлагаемой конструкции зажимного устройства заключается в оптимизации усилия зажима пачки.

Предлагаемая конструкция зажимного устройства позволяет снизить нагруженность элементов конструкции, не снижая надежности удержания деревьев (хлыстов), за счет оптимизации усилия зажима пачки в зависимости от изменения силы сопротивления перемещению трелеваемой пачки.

На рисунке 1 схематически изображено зажимное устройство трелевочной машины.

Зажимное устройство трелевочной машины включает основание 1, установленное посредством шарниров 2 на раме 3 машины с возможностью наклона вперед или назад машины гидроцилиндром 4, шарнирно установленным на раме 3 и шарнирно соединенным с основанием 1. На основании 1 шарнирно установлены гидроуправляемые от общего гидроцилиндра 5 зажимные рычаги 6, снабженные обвязочными тросами 7. В гидроприводе гидроцилиндра 4 установлен датчик 8 регистрации величины давления в приводе при движении машины с трелеваемой пачкой (не показано). Датчик 8 регистрации величины давления соединен с блоком обработки 9, который соединен в свою очередь с блоком управления 10.

Зажимное устройство трелевочной машины работает следующим образом. Трелеваемая пачка укладывается на основание 1 манипулятором машины. Оператор включает привод гидроци-

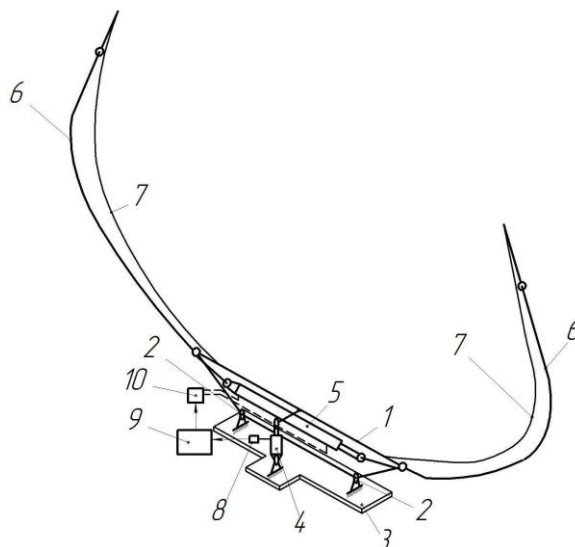


Рис. 1. Новое техническое решение зажимного устройства

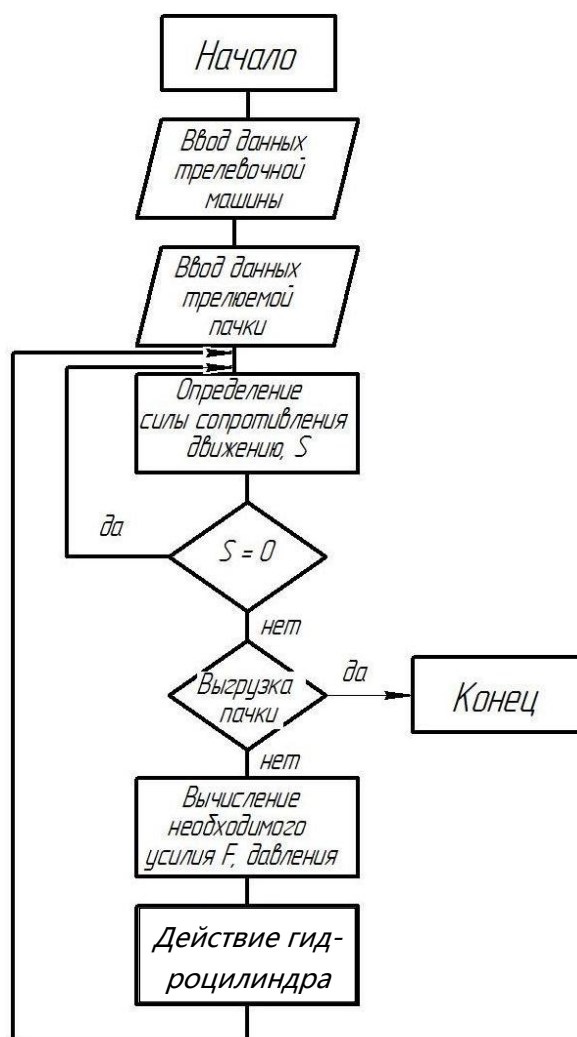


Рис. 2. Блок-схема управления зажимным устройством

линдра 5 и зажимными рычагами 6 с обвязочными тросами 7 зажимается. При этом гидроцилиндр 4 наклона зажимного устройства ставится в положение «заперто». При движении машины с трелюемой пачкой по волоку величина сопротивления движению пачки все время изменяется, и за счет изменения этой величины коник стремится наклониться относительно горизонтальной поперечной оси шарниров 2. При этом будет изменяться величина давления рабочей жидкости в приводе гидроцилиндра 4. Изменение этой величины давления регистрирует датчик 8 и передает в блок обработки 9, который в свою очередь воздействует на блок управления 10, воздействующий на гидроцилиндр 5, который увеличивает или уменьшает усилие зажима трелюемой пачки. Блок-схема управления зажима трелюемой пачки изображена на рисунке 2.

Предлагаемая конструкция зажимного устройства трелевочной машины позволяет снизить нагруженность элементов конструкции, а значит, уменьшить их массу, при этом не снижая надежности удержания трелюемой пачки.

Выводы

1. Разработано техническое решение адаптивного зажимного устройства, позволяющего обеспечить процесс автоматического поджатия и удержания пачки лесоматериалов при трелевке по лесосеке.

2. Разработанное адаптивное зажимное устройство с системой автоматического управления усилия зажима может быть рекомендовано для использования в конструкторских бюро заводов лесного машиностроения при модернизации существующих бесчokerных трелевочных машин.

Список литературы

1. Александров В. А. Динамические нагрузки в лесосечных машинах. Л.: ЛТА, 1984. 152 с.
2. Александров В. А., Шестаков Я. И. Основы проектирования лесозаготовительных машин и оборудования: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 235 с.
3. Пат. 2345913 Российская Федерация: С1МПКВ60Р7/12. Кониковое зажимное устройство / Шестаков Я.И., Рябинин Д.Е., Грязин В.А.: заявитель и патентообладатель МарГТУ. Заявлено 13.06.2007; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 4. 4 с.
4. Ширнин Ю. А., Роженцова Н. И. Технологические параметры лесосек с границами, полученными на основе ГИС // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2008. № 1(2). С. 40–48.

DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION SKIDDING ARRANGEMENT FOR TREE PACKET

Ryabinin Denis Evgenievich, Schestakov Yakov Ivanovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Offer original technical decision for skidding packet.

Keyword: *volume packs, skidding, arrangement for skidding*

УДК 621.762.8

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПСЕВДОСПЛАВА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И МЕДИ

Соловьева Екатерина Вениаминовна, Зверева Оксана Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
2804106@rambler.ru

Описана новая технология производства стальных деталей конструкционного назначения путем формования смесей порошков железа и его оксидов со связующим, вакуумного восстановления оксидов нанодисперсным продуктом пиролиза связующего при спекании и инфильтрации. Показана эволюция структуры и механических свойств полученных псевдосплавов в зависимости от времени выдержки при инфильтрации.

Ключевые слова: композиции, порошки железа, связующее, восстановленные, инфильтрация, псевдосплав, микротвердость, прочность

Введение. В последние годы разработаны новые методы промышленного получения металлозаготовок с использованием процессов восстановления оксидов нанодисперсным углеродом, образующимся при термическом разложении полимеров, содержащихся в связующем. Результаты промышленных испытаний этих материалов показали их высокую эффективность. Однако высокая стоимость этих материалов, обусловленная высокой дисперсностью компонентов и технологией их спекания, все еще накладывает существенные ограничения на их широкое применение в народном хозяйстве.

Цель работы – повышение эксплуатационных свойств пористых порошковых материалов для изделий машиностроения инфильтрацией медным сплавом заготовок из губчатого железа – продукта углеродного восстановления оксидов, а также подбор методов и режимов инфильтрации.

Решаемые задачи: 1) подбор технологического режима инфильтрации пористых порошковых материалов с целью повышения их физико-механических, химических и эксплуатационных свойств; 2) исследование кинетики процесса инфильтрации пористых порошковых материалов; 3) исследование влияния материала инфильтрата на полученные химические, физико-механические и эксплуатационные свойства пропитанных деталей; 4) разработка технологии получения порошковых изделий повышенной размерной точности с высокими физико-химическими свойствами и триботехническими характеристиками.

Аналитическое моделирование. Для описания процесса инфильтрации выбрано нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка, которое включает все значимые силы сопротивления: инерцию жидкости в резервуаре (источнике жидкой фазы) и газа в порах каркаса; вязкое трение газа и жидкости в порах каркаса; вес столба жидкости, а также движущую силу инфильтрации – капиллярную силу с учётом релаксации краевого угла смачивания $\theta(t)$ от значения в момент контакта пористого каркаса с жидкостью $\theta(0) = \pi/2$ до равновесного значения θ_p :

$$h_0 h'' + V_0 h' + \frac{hh'}{t_v} + gh = V_k^2 (1 - e^{-t/\tau_\theta}) \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
h_0 &= \frac{7Bd}{12} + \frac{\rho_\Gamma}{\rho_{\text{ж}}} LB^2; \\
V_0 &= \frac{32LB^2\eta_\Gamma}{d^2\rho_{\text{ж}}}; \\
t_v &= \frac{d^2\rho_{\text{ж}}}{32LB^2\eta_{\text{ж}}}; \\
V_k^2 &= \frac{4\sigma_{\text{ж}}\cos\theta_p}{d\rho_{\text{ж}}},
\end{aligned} \tag{2}$$

где B – коэффициент извилистости пор; d – диаметр пор каркаса, м; ρ_Γ – плотность защитной газовой атмосферы, кг/м³; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность расплава, кг/м³; L – высота пористого каркаса, м; η_Γ – вязкость защитной газовой атмосферы, Па·с; $\eta_{\text{ж}}$ – вязкость расплава, Па·с; $\sigma_{\text{ж}}$ – коэффициент поверхностного натяжения расплава, Н/м; θ_p – равновесный краевой угол смачивания, град; τ_θ – время релаксации краевого угла смачивания, с; h , h' , h'' – высота, скорость и ускорение подъёма фронта расплава, м, м/с, м/с² соответственно; t – время инфильтрации, с.

При температуре инфильтрации активно протекают диффузионные процессы, вызывающие взаимное легирование железного каркаса и расплава меди, растворение каркаса и жидкофазную перегруппировку частиц каркаса. В процессе инфильтрации происходит изменение размера пор каркаса, а также плотности, коэффициента поверхностного натяжения и вязкости расплава. Учитывая временные изменения физических величин $d = d(t)$, $\rho_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}}(t)$, $\sigma = \sigma_{\text{ж}}(t)$, $\eta_{\text{ж}} = \eta_{\text{ж}}(t)$, выражения (2) будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
h_0 &= \frac{7Bd(t)}{12} + \frac{\rho_\Gamma}{\rho_{\text{ж}}(t)} LB^2; \\
V_0(t) &= \frac{32LB^2\eta_\Gamma}{d^2\rho_{\text{ж}}}; \\
t_v(t) &= \frac{d^2(t)\rho_{\text{ж}}(t)}{32LB^2\eta_{\text{ж}}(t)}; \\
V_k^2(t) &= \frac{4\sigma_{\text{ж}}(t)\cos\theta_p}{d\rho_{\text{ж}}}.
\end{aligned} \tag{3}$$

В процессе изотермической инфильтрации вязкость расплава изменяется от некоторого начального значения $\eta_{\text{ж}}(0) = \eta_0 e^{Q/RT}$ до равновесного значения $\eta_{\text{ж}}(\infty) = \eta_{\text{ж}}(0) \cdot (1 + k_{\text{ж}})$, а изменение вязкости расплава в зависимости от температуры, предела растворимости железа в меди, а также концентрации различных функциональных добавок в работе [1] предложено в виде релаксационного уравнения

$$\eta_{\text{ж}}(t) = \eta_0 \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) \cdot (1 + k_{\text{ж}}(1 - \exp(-t/\tau_{\text{ж}}))), \tag{4}$$

где Q – энергия активация, Дж/моль; η_0 – предэкспоненциальный множитель, Па·с; $\tau_{ж}$ – время релаксации вязкости расплава, с; $k_{ж}$ – коэффициент увеличения вязкости в процессе инфильтрации.

Изменение размера пор в процессе инфильтрации вследствие жидкофазной перегруппировки от некоторого начального значения $d(0)$ до равновесного $d(\infty) = d/(0) \cdot (1 - k_d)$ учитывалось также уравнением релаксации

$$d(t) = d/(0) \cdot (1 - k_d(1 - \exp(-t/\tau_d))), \quad (5)$$

где τ_d – время релаксации размера пор каркаса, м; k_d – коэффициент уменьшения размера пор в процессе инфильтрации.

Можно предположить, что процесс инфильтрации каркасов с субмикрорекристаллическим размером будет иметь свои особенности, обусловленные размерными факторами. Это относится к кинетике инфильтрации, процессам взаимодействия каркаса и инфильтрата, требованиям к технологическим режимам, размерным изменениям инфильтрованных изделий, их структуре и физико-механическим характеристикам.

Техника эксперимента. Идея технологии заключается в том, что в композициях пространство между крупными частицами железа заполнено смесью оксида и связующего и эта смесь фактически является новым связующим [1-3].

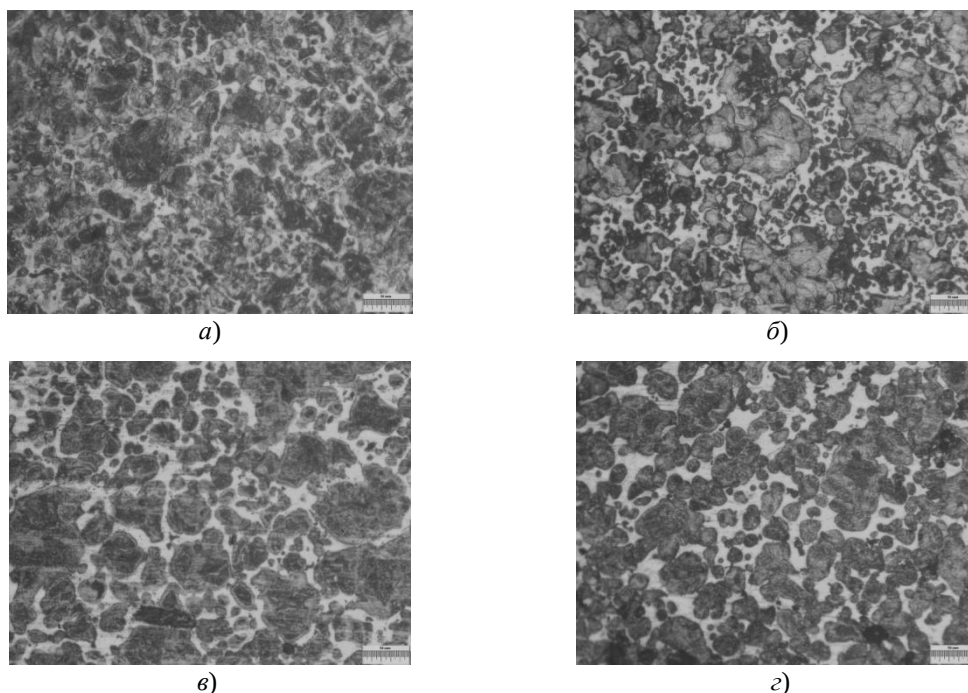
В качестве основных исходных материалов использовались порошок железа с размерами частиц 50-150 мкм, оксид железа Fe_3O_4 с размерами частиц 1-5 мкм, смола фенолформальдегидная СФЖ 3031, латунь марки Л63.

Для получения формуемых композиций компоненты смешивались в смесителе миксерного типа с обжатию полученной смеси в валках, последующей сушкой и дроблением. Расчёт рецептуры осуществлялся исходя из требований по вязкости композиций и требований, вытекающих из количества пироуглерода, необходимого для восстановления оксида [2-8].

Композиции формовались прямым компрессионным прессованием в бруски размерами 10×10×55 мм. Полученные бруски подвергались термической обработке в три стадии: на I-й стадии образцы нагревались без доступа воздуха; на II-й стадии образцы нагревались в вакууме; на III-й стадии образцы спекались в среде эндогаза.

Инфильтрация проводилась на специально сконструированном испытательном стенде для определения параметров инфильтрации. В цилиндрический герметичный контейнер устанавливали образец размерами 10×10×15 мм с размещенным сверху инфильтруемым материалом. Внутри контейнера помещен шуп с расположенной внутри термопарой для фиксации момента расплавления инфильтрата и температуры. Собранный контейнер закрывался водоохлаждаемой крышкой, и полученную сборку устанавливали в нагревательную шахтную мини-печь. После достижения требуемой температуры и выдержки нагрев отключали, контейнер вынимали и охлаждали до комнатной температуры. Затем открывали контейнер и вынимали инфильтрованную деталь. Инфильтрация полученных по вышеуказанной технологии пористых заготовок проводилась при температуре 950 °С с выдержкой 600 секунд, 60 секунд, 30 секунд и 15 секунд.

Интерпретация результатов. На рисунке приведены структуры композиций после инфильтрации с различным временем выдержки. Микроструктуру исследовали на микроскопе МБС-10.



Структура композиций после инфильтрации с различным временем выдержки:
 а – выдержка 15 секунд при $t=950\text{ }^{\circ}\text{C} \times 200$; б – выдержка 30 секунд при $t=950\text{ }^{\circ}\text{C} \times 200$;
 в – выдержка 60 секунд при $t=950\text{ }^{\circ}\text{C} \times 200$; г – выдержка 600 секунд при $t=950\text{ }^{\circ}\text{C} \times 200$

Структура композиций представляет каркас из крупных частиц железа (50-150 мкм), между которыми расположена высокодисперсная фаза, образованная в результате инфильтрации и последующего взаимного растворения губчатого железа (продукта восстановления оксида) и латуни. Структура железного каркаса – феррит (70-80 %) и перлит (20-30 %). Границы зерен видны четко, размеры частиц губчатого железа порядка 1 мкм и пор губчатого железа порядка 0,2 мкм. На образцах определялась плотность, твердость (табл. 1), микротвердость при нагрузке 10 г (табл. 2). Плотность образцов в зависимости от режима инфильтрации при температуре $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ имела величину: при выдержке 600 с – $7,69\text{ г/см}^3$, при выдержке 60 с – $7,68\text{ г/см}^3$, при выдержке 30 с – $7,76\text{ г/см}^3$, при выдержке 15 с – $7,75\text{ г/см}^3$. Уменьшение плотности, очевидно, обусловлено испарением цинка. Микротвердость определялась отдельно на железной частице, на губчатом железе и на медной фазе.

Таблица 1

Твердость НВ образцов после инфильтрации

Длительность инфильтрации, с	Твердость НВ, МПа	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа
600	138	48,3
60	120	42,0
30	107	33,3
15	95	27,5

Таблица 2

Микротвердость образцов после инфильтрации

Выдержка, с	600	60	30	15
Частица Fe, МПа	165,7	165,3	169,5	162,3
Губчатое железо, МПа	250,7	207,6	182,5	159,3
Фаза на основе меди, МПа	141,8	115,6	98,3	83,5

Выводы: 1) при использовании крупных порошков железа можно создать композиций оксид – порошок железа – ФФС для получения изделий сложной формы с достаточным уровнем механических свойств; 2) испытания на микротвердость показали, что при увеличении времени выдержки при установившейся температуре значения микротвердости частиц железного каркаса не изменяется, а губчатого железа и медной фаз увеличиваются; 3) структура композиций после инфильтрации определяется кинетикой процессов инфильтрации, а также процессов взаимного растворения компонентов псевдосплава. Инфильтрация латуни в субмикропоры заканчивается уже в течение 15 секунд, далее латунь растворяет губчатое железо, находящееся на поверхности субмикропор, в результате чего области, заполненные медным сплавом, увеличиваются. Очевидно, протекает также процесс растворения меди в железе. При охлаждении растворенное железо выпадает из раствора в виде частиц диаметром 1÷3 мкм при выдержке 30 с и в виде частиц диаметром 5÷8 мкм при выдержке 600 с. Кинетика этих процессов требует дополнительного изучения.

Список литературы

1. Дьячкова Л. Н. Получение антифрикционных композиционных порошковых инфильтрованных материалов на основе железа для тяжело нагруженных узлов трения: автореферат. Минск, 2013.
2. Довыденков В. А., Крысь Н. А., Фетисов Г. П. МИМ-технология: Новые возможности изготовления заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. 2006. № 8. С. 47-50.
3. Довыденков В. А., Зверева О. С. Технология изготовления деталей сложной формы путём формования и спекания композиций из порошков железа, его оксидов и связующего // Порошковая металлургия. 2013. № 9/10. С. 137-143.
4. Довыденков В. А., Санникова Н. Г., Мерзлякова О. С. Теоретические и экспериментальные основы формирования состава композиций из порошков металлов, их оксидов и связующего для получения фасонных металлозаготовок // Новые материалы и технологии их получения: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 15-17 ноября 2011 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: ЛИК, 2011. С. 19-23.
5. Патент № 2310542 Российская Федерация. Металлополимерная композиция для изготовления стальных заготовок / Довыденков В. А. Заявл. 17 июля 2006 г.; опубл. 20 ноября 2007 г.
6. Гончарова О. Н. Порошковые инфильтрованные материалы Fe-Ni-Cu на основе механически активированных шихт: автореферат. Новочеркасск, 2012.
7. Дьячкова Л. Н., Воронецкая Л. Я. Влияние методов получения композиционных инфильтрованных материалов на основе железа на их свойства // Порошковая металлургия (Минск). 1999. № 22. С. 97-100.
8. Кононов Г. Н., Федотов А. А., Угрюмов С. А. Химические процессы, протекающие при горячем прессовании в структуре древесно-стружечных плит на основе фурфуролацетонного мономера ФА // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. Йошкар-Ола, 2013. № 3(19). С. 65-71.

RESEARCH OF STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE PSEUDO-ALLOY ON THE BASIS OF IRON AND COPPER

Solov'eva Ekaterina Veniaminovna, Zvereva Oksana Sergeevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The new production technology of steel details of constructional appointment by formation of mixes of powders of iron and its oxides with binding, vacuum restoration of oxides a nanodisperse product of pyrolysis binding is described at agglomeration and an infiltration. Evolution of structure and mechanical properties of the received pseudo-alloy depending on hold time at an infiltration is shown.

Keywords: *compositions, iron powders, binding, restored, an infiltration, a pseudo-alloy, microhardness, durability*

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.011

УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫШТАМПОВАННЫХ ГОФРОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ ТОНКОСТЕННЫХ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

*Актуганов Александр Анатольевич, Актуганов Анатолий Николаевич,
Актуганов Олег Анатольевич*

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
Alexxander_White@mail.ru

Рассматривается работа новой металлодеревянной двутавровой тонкостенной балки, пояса которой выполнены из деревянных брусьев цельного сечения, а стенка – из тонкостенной оцинкованной стали. Приводятся данные о действительной работе тонкостенных металлодеревянных балок с выштампованными ортогональными ребрами жесткости в виде полуцилиндра, квадрата и треугольника. В статье приведены результаты испытаний данных балок на натурных образцах и их напряженно-деформированное состояние.

Ключевые слова: тонкостенная металлодеревянная двутавровая балка, ортогональные ребра жесткости в виде гофров, выштампованные гофры, тонколистовая стальная стенка, экспериментальные исследования, сравнительные оценки, пояса из древесины

Введение. В настоящее время наряду с деревянными балками как за рубежом, так и в нашей стране находят применение несущие конструкции, сочетающие в себе разномодульные материалы. Поэтому в целях уменьшения расхода материала предложена новая тонкостенная металлодеревянная двутавровая балка, в которой пояса выполняются из цельной или клееной древесины, а стенка – из тонкой оцинкованной стали [1, 2]. В целях обеспечения местной устойчивости стенки на ней могут быть выштампованы ортогональные: полуцилиндрические, квадратные или треугольные гофры с поочередной ориентацией влево и вправо относительно ее плоскости (рис. 1). Для крепления стенки балки к поясам в последних выполнены продольные пропилы и углубления, заполняемые эпоксидным клеем, в которые устанавливаются продольные кромки стенки и цилиндрические или квадратные нагели, в зависимости от формы выштампованных ребер жесткости.

Целью работы является разработка инженерной методики расчета таких балок, которая позволяет определять устойчивость их ребер жесткости в виде гофров.

Решаемые задачи: 1) проверка теоретических предпосылок расчета устойчивости ребер жесткости в виде гофр тонкостенных балок с учетом пластической работы

материала стенки; 2) сравнение численных данных балок, полученных по двум расчетным схемам.

Математическое моделирование. В целях определения напряженно-деформированного состояния и работы выштампованных ребер жесткости различной формы проведены численные исследования балок пролетом 3 м. Расчетная схема балки представляла собой конечно-элементную модель. Построение модели проведено в трехмерном пространстве $OXYZ$ в масштабе 1:1. Для моделирования стальной стенки и ортогональных гофр использованы плоские четырехузловые прямоугольные конечные элементы (КЭ–41); для моделирования поясов и опорных ребер из древесины – объёмные восьмиузловые изопараметрические конечные элементы (КЭ–36). Расчет по методу конечных элементов выполнен в программном комплексе Structure CAD.

Техника эксперимента. Для экспериментальных исследований НДС были изготовлены опытные балки пролетом 3 м (рис. 1, 2). Высота балки определялась из условия жесткости, размеры поясов – из условия прочности, а толщина стенки – по принятой гибкости $\lambda = 400$. Пояса балки изготавливались из деревянных брусков сечением 100×40 мм (сосна, второй сорт), а стенка – из тонколистовой оцинкованной стали толщиной 0,7 мм, шириной 300 мм. В поясах выполнен продольный пропил шириной 2 мм, глубиной 20 мм и подготовлены цилиндрические углубления Ø 42 мм или квадратные гнезда размерами 42×42 мм, в которые устанавливались продольные кромки стенки и закреплялись нагелями соответствующей формы. Соединение пояса со стенкой выполнялось на эпоксидном клею. На стенках балок выштампованы полуцилиндрические гофры радиусом $R = 20$ мм, прямоугольные гофры 20×40 мм или треугольные гофры высотой $f = 20$ мм, разделяющие стенку на 12 отсеков размерами 300×310 мм. Гофрирование ребер жесткости выполнялось в поперечном направлении с поочередной ориентацией влево и вправо относительно оси стенки.

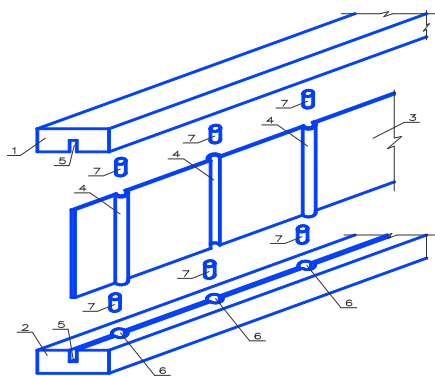


Рис. 1. Конструкция металлодеревянной двутавровой балки: 1 – верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – стальная стенка; 4 – гофры полуцилиндрической формы; 5 – продольный пропил; 6 – углубления цилиндрической формы; 7 – цилиндрические нагели



Рис. 2. Опытный образец балки с полуцилиндрическими гофрами в процессе испытания

Опорное ребро балки выполнялось деревянными брусками из древесины сечением 100×40 мм с пропилом шириной 2 мм, глубиной 20 мм, в который устанавливался торец металлической стенки на эпоксидном клею. Опорное ребро устанавливалось в торцах балки и соединялось с поясами при помощи нагелей [3].

Экспериментальные исследования показали, что в ребрах жесткости возникают нормальные и касательные напряжения. Устойчивость выштампованных ребер жесткости различной формы рассматривалась на предмет воздействия усилий от нормальных и касательных напряжений (рис. 3, 4).

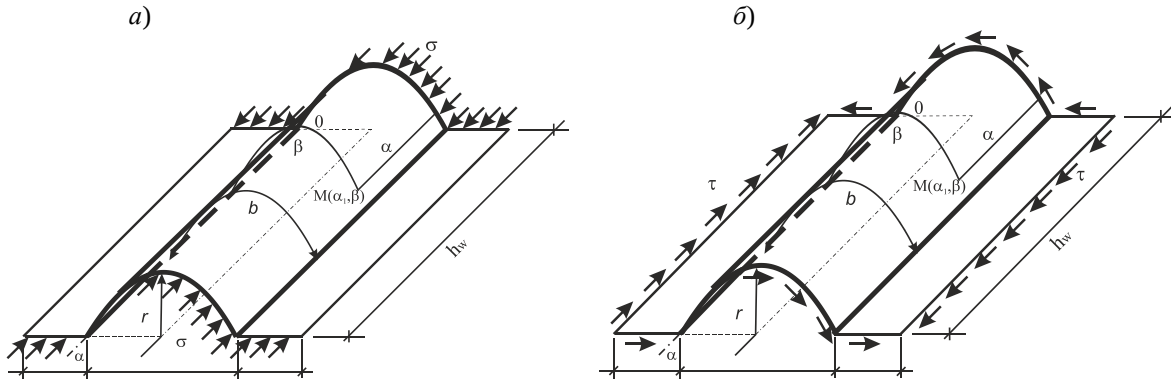


Рис. 3. Напряжения в полумоцилиндрическом гофре: а – нормальные; б – касательные

Локальные нормальные и касательные критические напряжения равны.

Устойчивость ребра жесткости полумоцилиндрической формы обеспечена, если выполняется условие

$$(\sigma_{loc} / \sigma_{loc.cr})^2 + (\tau / \tau_{cr.loc})^2 \leq 1, \quad (1)$$

где σ_{loc} – нормальное напряжение вдоль выштампованных ребер жесткости от поперечных нагрузок с учетом устойчивой части стенки $S = 0,65t_w\sqrt{E/R_y}$ с обеих сторон ребра:

$$\sigma_{loc.cr} = 1,9(h_w / 2(r + S))^2 R_y / \bar{\lambda}_w^2, \quad \tau_{cr.loc} = 12,9(h_w / 2(r + S)) R_s / \bar{\lambda}_w^2$$

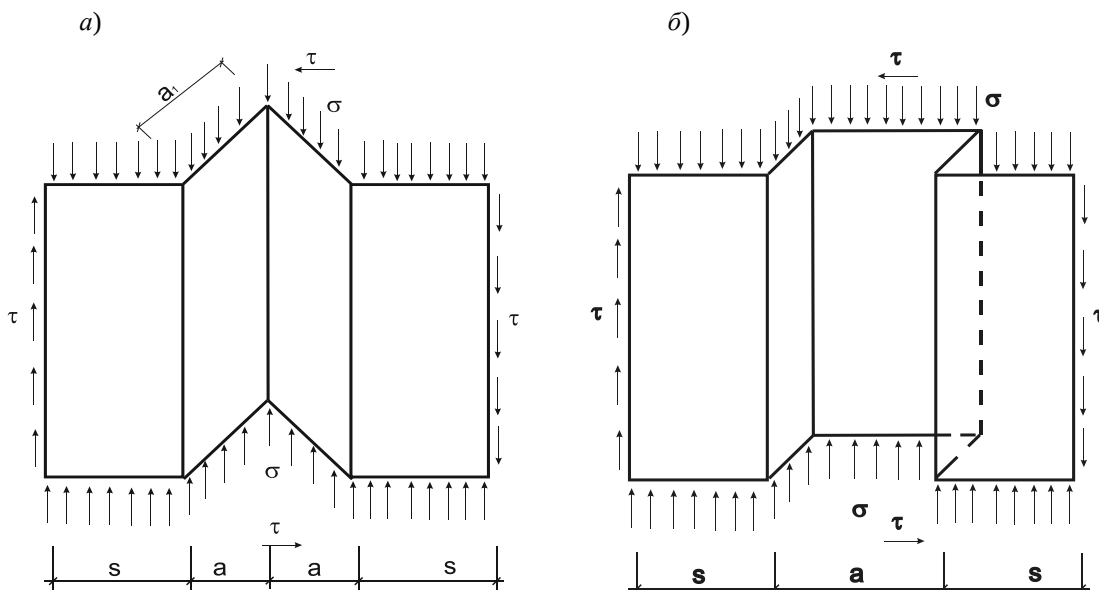


Рис. 4. Нормальные и касательные напряжения в гофрах: а – треугольный; б – квадратный

Устойчивость ребра жесткости прямоугольной формы обеспечена, если выполняется условие

$$\left(\frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{loc,cr}} \right)^2 < 1, \quad (2)$$

где
$$\sigma_{loc,cr} = \frac{1,8 \cdot h_w}{(\mu \cdot a_1)^2} \cdot \frac{R_y}{\lambda_w^2}, \quad \tau_{loc,cr} = \frac{12,9 \cdot h_w}{(\mu \cdot a_1)^2} \cdot \frac{R_s}{\lambda_w^2}.$$

Устойчивость ребра жесткости треугольного формы обеспечена, если выполняется условие

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{loc}}{\tau_{loc,cr}} \right)^2} \leq \gamma_c, \quad (3)$$

где
$$\sigma_{loc,cr} = \frac{1,8 \cdot h_w}{(\mu \cdot a)^2} \cdot \frac{R_y}{\lambda_w^2}, \quad \tau_{cr,loc} = 8,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2} \right) \cdot \frac{\mu^2 R_s}{\lambda_w^2}.$$

Аналитический расчет выполнен на продольные усилия, возникающие от действия изгибающего момента для однопролетных балок, и на опорные моменты, возникающие над гофрами [4].

Экспериментальные исследования показали, что у всех балок пояса и стенка работают в упругой области до нагрузки $F = 8000 \text{ Н}$. При нагрузках, превышающих 8000 Н , пояс работает в упругой области, а стенка – в упругопластической. При нагрузке более $F = 16000 \text{ Н}$ стенка переходит в закритическую стадию работы, т.е. образуются наклонные волны по диагонали, воспринимающие растягивающие усилия, но ребра жесткости не теряют устойчивость. Разрушение всех балок с разными формами выштампованных ребер жесткости происходит при нагрузках, превышающих $F = 24000 \text{ Н}$, т.е. при $\sigma = 24,8 \text{ МПа}$ (248 кг/см^2), за счет потери прочности поясов.

В упругой области прогиб балки изменяется прямолинейно до нагрузки $F = 12000 \text{ Н}$ и составляет 16 мм . В дальнейшем происходит увеличение прогиба от смятия нагелей (гофров), установленных в цилиндрические углубления. Остаточная деформация при нагрузке $F = 16000 \text{ Н}$ составляет $1,9 \text{ мм}$, т.е. 10% от полного прогиба. Теоретическая деформация рассчитывается по формуле

$$f = f_M + f_Q = \int \frac{\bar{M} \cdot M}{E_f I_f} + \int \frac{\bar{Q} \cdot Q}{G_1 A_w}, \quad (4)$$

где $E_f I_f$ – жесткость пояса; $G_1 A_w$ – сдвиговая жесткость стенки в закритической стадии работы.

Прогиб от поперечной силы составляет $10 \dots 15 \%$.

Сдвиг стенки относительно полки f составляет $1,1 \text{ мм}$ при нагрузке $F = 16000 \text{ Н}$. Сдвиг стенки в основном происходит из-за потери местной устойчивости гофров в опорной зоне и из-за образования диагональных волн в отсеках между ребрами жесткости, воспринимающих растягивающие усилия. Разрушение по клеевому соединению не обнаружено, что говорит о том, что сопряжение стенки с полками можно рассматривать как жесткое.

Выводы

1. Аналитические расчеты, численные и экспериментальные исследования показали, что при нагрузке 22000 Н:

– напряжения в поясах экспериментальных балках составили 11,2, 13,1, 14,8 МПа для балок с полуцилиндрическими, прямоугольными и треугольными гофрами соответственно;

– прогиб экспериментальных балок составил 45, 50, и 50 мм;

– сдвиг пояса относительно стенки составил 1,9 (жесткое соединение), 1,95, 2,1 мм. Сдвиг стенки относительно полки во всех балках прошел за счет образования наклонных волн по диагонали в отсеках между вертикальными выштампованными ребрами жесткости.

2. Результаты численных и аналитических расчетов, а также экспериментальных исследований выявили, что для тонкостенных металлодеревянных двутавровых балок наиболее устойчивыми являются выштампованные ребра жесткости полуцилиндрической формы.

3. Проведенные численные и экспериментальные исследования показали, что наиболее рациональной с точки зрения экономии материала и технологичности изготовления, а также наибольших жесткостных характеристик является металлодеревянная двутавровая балка с ребрами жесткости в виде выштампованных ортогональных полуцилиндрических гофров.

Список литературы

1. Кузнецов И. Л., Актуганов А. А., Трофимов А. П. Разработка и исследование металлодеревянной двутавровой балки // Известия КазГАСУ. Казань: ПМО КазГАСУ, 2010. № 1(13). С. 117-121.

2. Патент № 2382855 Российская Федерация, МПК E04C 3/29. Металлодеревянная двутавровая балка / И. Л. Кузнецов, А. А. Актуганов, А. П. Трофимов; 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 строгания древесины на шпон // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 1 (8).

4. Методика расчета тонкостенных металлодеревянных двутавровых балок / А. А. Актуганов, И. Л. Кузнецов, В. Г. Котлов и др. // Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012»: Сборник научных трудов SWorld. Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. Т. 30, вып. 3. С. 53-63.

STABILITY STAMPED CORRUGATIONS OF VARIOUS SHAPES OF THIN-WALLED METALL-WOOD I-BEAM

Aktuganov Anatolij Nikolaevich, Aktuganov Aleksandr Anatol'evich, Aktuganov Oleg Anatol'evich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Examined the work of the new metal-wood thin-walled I-beam, shelves are made of entire wood blocks and the wall of a thin-walled galvanized steel. Showed the evidences on the actual work of the metal-wood thin-walled beams with stamped orthogonal stiffening plates in the form of a half-cylinder, foursquare and triangle. The test results on such beams relating to full-scale models and their stress-strain state given in the article.

Keywords: metal-wood thin-walled I-beam, orthogonal stiffening plates in the form of corrugations, stamped corrugations, thin sheet steel wall, experimental studies, comparative assessments, wood belts

УДК 691.3

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В УСЛОВИЯХ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

Анисимов Сергей Николаевич

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

Выполнены исследования по разработке пластифицированной бетонной смеси с низким расходом цемента и высокими показателями прочности. Показана возможность применения составов при бетонировании в зимних условиях.

Ключевые слова: *пластификатор, бетон, прочность, подвижность, механические свойства, добавки, температура, твердение*

Введение. Развитие строительства как одного из основополагающих факторов роста экономического благосостояния общества предопределяет наличие широкого выбора технических решений, направленных на получение высококачественных и экономичных конструкций и материалов. Современный строительный рынок требует постоянного проведения исследований, направленных на повышение качества и снижение стоимости строительной продукции [1]. Особое место в строительной отрасли занимают вопросы качества и стоимости бетонных работ в зимних условиях, где крайне важно обеспечить рациональное управление процессами укладки бетона и ухода за твердением бетона. Для сохранения способности бетона набирать свою прочность при отрицательных температурах необходимо создать благоприятные условия. Для этого используются различные методы зимнего бетонирования. Основными из них считаются методы применения противоморозных добавок, термоса, основанные на использовании экзотермии цемента, а также метод обогрева внешними источниками тепла [2; 3].

В чистом виде к первому направлению относится метод «холодного бетонирования» с использованием противоморозных добавок, способных понизить температуру замерзания воды до -20°C . Если вода в бетоне не замерзает сразу, процесс гидратации медленно идет, и до замерзания бетону необходимо создать условия для набора от 35 до 50 % проектной прочности. Для этого на практике чаще всего использование противоморозных добавок совмещают с методом термоса или прибегают к обогреву бетона [2].

При использовании внешних источников тепла используют методы «активной» термообработки [3-5], когда тепловое воздействие проходит периоды подъема температуры, изотермического выдерживания и регулируемого охлаждения.

В зависимости от технологии доставки тепла к бетону различают пропаривание, электропрогрев, инфракрасный обогрев, индукционный нагрев, конвективный обогрев, выдерживание в термоактивных (греющих) опалубках, прогрев внутренними источниками (греющие провода) и другие методы обогрева. Любой из перечисленных методов требует обеспечения определенного удельного расхода энергии, а также организации регулируемого подъема и дальнейшего управления температурой с целью создания и поддержания экономичного температурного режима по всему сечению конструкции. Например, удельный расход электроэнергии при использовании термоактивной опалубки находится в диапазоне 100–160 кВт·ч на 1 м^3 бетона [5].

Переход на монолитное строительство, увеличение объемов работ из монолитного бетона в условиях всесезонности строительства, ускорение оборачиваемости дорогостоящей опалубки и требования к сокращению сроков строительства диктуют необходимость разработки составов и технологии бетонных работ, гарантирующих достижение высокой прочности бетона в ранние сроки твердения. Для этого желательно в кратчайшие сроки обеспечить от 70 до 100 % от проектной прочности бетона, так как высокие требования по динамическим свойствам, водонепроницаемости и морозостойкости не могут быть достигнуты при критической 30...50 %-й проектной прочности бетона.

В настоящее время в производство бетонов активно внедряются добавки суперпластификаторы. Применение суперпластификаторов улучшает такие свойства бетона как прочность на сжатие, водонепроницаемость, морозостойкость, плотность, удобоукладываемость. Введение в состав бетона суперпластификатора позволяет снизить количество воды, необходимой для придания достаточной подвижности смеси. Несмотря на положительное влияние пластифицирующих добавок на бетон, их всесезонное применение в условиях строительной площадки может создавать проблемы. Известно, что основным недостатком пластифицированного бетона является низкая ранняя прочность, которая приводит к неэффективности его применения в условиях низких и отрицательных температур [5-7]. Поскольку невозможно избежать экстремально низкого падения температуры в период твердения бетона, возникает необходимость прогрева бетона в ранние сроки твердения, что объективно приводит к увеличению энергоемкости технологического процесса бетонирования. Правильный выбор цемента, температуры твердения и модифицирующих добавок, в частности поликарбоксилатных суперпластификаторов, позволяет сформировать структуру с высокой ранней прочностью [5; 6; 8].

Цель работы – исследовать влияние поликарбоксилатного суперпластификатора на кинетику роста прочности бетонной смеси и рассмотреть возможность её применения в условиях обогрева.

Решаемые задачи: 1) изучить влияние пластификатора Glenium® 51 на подвижность бетонной смеси; 2) исследовать кинетику набора прочности бетонной смеси модифицированной суперпластификатором Glenium® 51; 3) определить возможности использования цемента с минеральными добавками в комплексе с пластифицирующими модификаторами бетона для условий обогрева.

Техника эксперимента. В рамках решения поставленных задач были разработаны составы самоуплотняющихся пластифицированных бетонных смесей на основе портландцемента ЦЕМ I 42,5Б производства ОАО «Мордовцемент» с удельной поверхностью 360 м²/кг, мелкозернистого природного кварцевого песка с модулем крупности 1,8, гравия фракции 5-20 мм и суперпластификатора на основе поликарбоксилатного эфира Glenium®51 в количестве 1,5 % от массы цемента. Качество применяемых сырьевых материалов проверено на соответствие действующим стандартам. Подвижность контрольного состава бетонной смеси определялась с помощью конуса Абрамса и соответствовала марке ПЗ. Из бетонных смесей с содержанием цемента 240-300 кг/м³ формировались образцы-кубы с ребром 100 мм. Образцы твердели в нормальных условиях, при влажности воздуха 95±5 % и температуре 20 ± 2 °С.

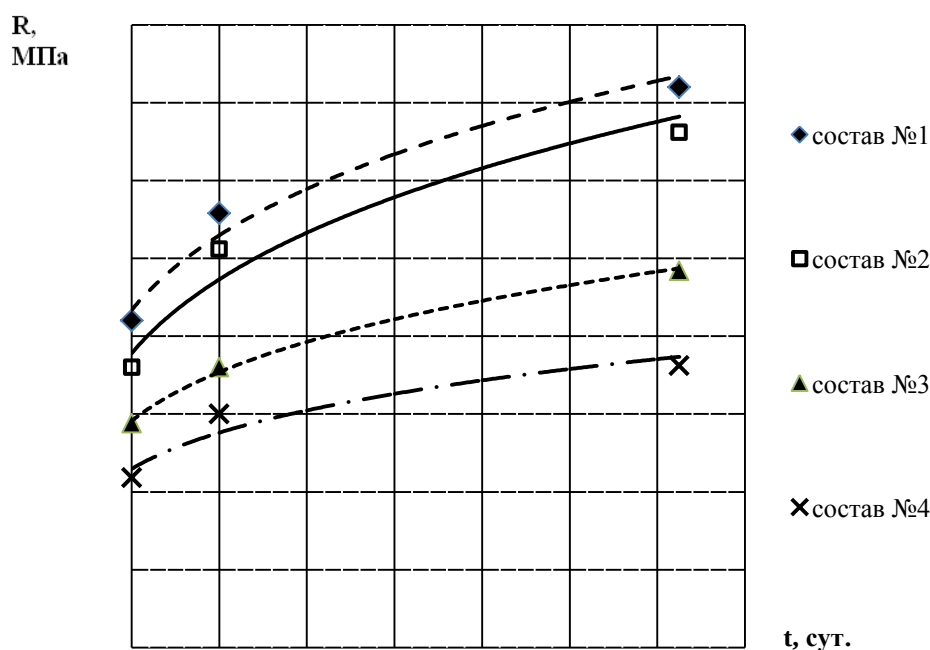
Для изучения кинетики твердения бетонов пластифицированные и контрольные составы без суперпластификатора в возрасте 3, 7 и 28 суток подвергались испытанию на сжатие на испытательном прессе ИПэ-100.

Интерпретация результатов. Составы самоуплотняющихся бетонных смесей приведены в таблице.

Составы самоуплотняющихся бетонных смесей

Номер состава	Содержание компонентов смеси, кг/м ³				В/Ц
	Портланд цемент, кг	Кварцевый песок, кг	Гравий	Glenium®51, % от массы цемента	
1	300	680	1225	1,5	0,42
2	270	680	1225	1,5	0,41
3	240	680	1225	1,5	0,42
4	240	680	1225	-	0,50

Результаты исследования влияния химического модификатора Glenium®51 на кинетику роста прочности при сжатии пластифицированных бетонных смесей приведены на рисунке.



Кинетика роста предела прочности при сжатии бетона, МПа, при обогреве

Исследования показали, что присутствие суперпластификатора Glenium®51 на основе поликарбоксилатного эфира в бетонной смеси оказывает выраженный эффект пластификации, проявляющейся в снижении водоцементного отношения В/Ц с 0,5 до 0,41-0,42, и придает смеси способность к самоуплотнению.

Таким образом, при равном расходе цемента 240 кг в сравнении с подвижностью ПЗ контрольного состава суперпластификатор понизил водопотребность бетонной смеси на 16 % и придал смеси способность к самоуплотнению (составы 3 и 4). Пластифицированные составы 1, 2 и 3 имеют низкое водоцементное отношение, что положительно влияет на кинетику роста прочности бетона и позволяет применять составы в условиях зимнего бетонирования в комплексе с обогревом, неизбежным при экстремально низких температурах.

Присутствие в бетоне добавки Glenium®51 позволило получить образцы с прочностью класса не ниже В15 через 3 суток (состав №1). Оптимальное соотношение компонентов смеси с добавкой Glenium®51 имеет состав №3. При температуре твердения 20 ± 2 °С данный состав с расходом цемента 240 кг/м³ набрал не менее 70 % от

класса бетона В15, что делает возможным его применение при заливке фундаментных ростверков, плит, монолитных участков данного проектного класса.

Прочность бетона с суперпластификатором в сравнении с контрольным составом без добавки (составы 3 и 4) в возрасте 3 суток выше на 32 %, в возрасте 28 суток – на 33 %.

Состав № 2 внедрен в практику строительства при бетонировании плит лоджий жилого дома в г. Йошкар-Оле по ул. Карла Маркса, 126 в зимних условиях при обогреве нагревательными проводами. Результаты натурных испытаний показали, что использование разработанного состава обеспечивает набор требуемой проектной прочности монолитной плиты В15 через 3 суток твердения бетона в условиях изотермического обогрева при температуре 25 ± 5 °С.

Выводы

1. На основании проведенных исследований были получены самоуплотняющиеся пластифицированные бетонные смеси при низком водоцементном отношении.
2. Разработанные составы с пластификатором позволяют обеспечить прирост прочности на 32 % в возрасте 3 суток твердения в сравнении с непластифицированным составом.
3. Опыт внедрения результатов исследования показывает возможность эффективного применения суперпластификатора Glenium®51 в бетонной смеси в сочетании с умеренным обогревом, применяемым в условиях зимнего бетонирования.

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. Серия: Экономика и управление. 2012. № 2. С. 9-19.
2. Руководство по применению бетонов с противоморозными добавками НИИЖБ. М.: Стройиздат, 1976. 30 с.
3. Крылов Б. А., Амбарцумян С. А., Звездов А. И. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. М.: НИИЖБ, 2005. 275 с.
4. Минаков Ю. А., Кононова О. В., Анисимов С. Н. Снижение энергопотребления при обогреве бетона в термоактивной опалубке // Приволжский научный журнал. 2013. № 2. С. 46-52.
5. 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.
6. Гувалов А. А., Аббасова С. И. Модификаторы для беспропарочной технологии производства бетона // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: II международная конференция по бетону и железобетону. Москва, 12-16 мая 2014. Т. VI. М.: Изд-во РАН, 2014. С. 26-32.
7. Петрова Т. М., Серенко А. Ф., Егоров В. Н. Ресурсосберегающие технологии при изготовлении шпал // Путь и путевое хозяйство. 2006. № 9. С. 2-3.
8. Self-Compacting Concrete Technology: Self-Compacting Concrete Applications of Self-Compacting Concrete in Japan, Europe and the United States. June 24, 2010 [Electronic resource]. URL: <http://www.civilengineer.asia/technology.html> (дата обращения 12.03.2011).

APPLICATION UNDER PLASTICIZERS WINTER CONCRETING

Anisimov Sergey Nikolaevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The study on the development of plasticized concrete with low cement consumption and high strength was executed. The ability of using the compositions for concreting in winter condition was show up.

Keywords: *plasticizer, concrete, strength, mobility, mechanical properties, additives, temperature, curing*

УДК 666.972

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА С ОТСЕВАМИ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

Бородина Елизавета Андреевна, Кононова Ольга Витальевна

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

Приведены исследования мелкозернистого бетона с отсевами дробления карбонатных пород. Установлено, что отсевы дробления карбонатных пород и поликарбоксилатный суперпластификатор существенно повышают прочность при сжатии бетона.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, карбонатные породы, поликарбоксилатный суперпластификатор, отсевы дробления, предел прочности при сжатии, технология самоуплотняющегося бетона

Введение. Рост цен на транспортные услуги в такой высокоматериалоемкой отрасли как строительство повышает актуальность исследований, направленных на рациональное использование в производстве строительных материалов местных минеральных сырьевых ресурсов. В большинстве регионов России практически отсутствуют плотные горные породы, которые можно использовать в высокопрочных бетонах в качестве крупного заполнителя. Использование привозного крупного заполнителя в бетонах многократно увеличивает их стоимость. В то же время широко распространены месторождения низкопрочных карбонатных пород, неоднородных по плотности и минералогическому составу, а также мелкозернистые кварцевые пески. При переработке карбонатных пород на щебень образуется значительное количество отсевов дробления [1]. В составе отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП) присутствует от 30 до 60 % пылевидных фракций. Часть фракций крупностью менее 1,25 мм применяют в качестве минерального порошка в составе асфальтовых бетонов [2]. Оставшаяся часть ОДКП не востребована. Представляется целесообразным применять ОДКП и мелкозернистые пески в производстве мелкозернистых бетонов.

Мелкозернистые бетоны характеризуются повышенными расходом цемента, усадкой, ползучестью и деформативностью. Меньшая крупность и повышенная удельная поверхность мелкого заполнителя увеличивают водопотребность бетонной смеси, способствуют вовлечению воздуха в бетонную смесь при вибрировании. В результате, для получения равной прочности в сравнении с обычным бетоном в мелкозернистом бетоне расход цемента возрастает на 20-40 % [3]. Применение только мелкого заполнителя в крупногабаритных бетонных изделиях приводит к снижению модуля упругости материала и повышению пористости и усадки изделий при твердении. В связи с этим производство крупногабаритных изделий из высокопрочного мелкозернистого бетона практически не освоено.

Цель исследования – изучить эффективность применения мелкозернистых песков и отсевов дробления карбонатных пород в производстве мелкозернистых бетонов.

Задачи исследования: 1) выполнить теоретические исследования современных методов повышения прочности мелкозернистого бетона; 2) изучить эффективность применения отсевов дробления карбонатных пород для повышения физико-механических свойств мелкозернистого бетона.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования выполнены на портландцементе, полученном помолом портландцементного клинкера производства ЗАО «Ульяновскцемент» до удельной поверхности $350 \text{ м}^2/\text{кг}$, который имел следующий минералогический состав: $\text{C}_3\text{S} = 59 \%$, $\text{C}_2\text{S} = 16 \%$, $\text{C}_3\text{A} = 8 \%$, $\text{C}_4\text{AF} = 13$. Для регулирования сроков схватывания при помоле вводился двуводный сульфат кальция, содержание которого составляло $4,5 \%$ от массы клинкера. Модуль крупности необогащенного природного кварцевого песка Студенковского карьера Республики Марий Эл (РМЭ) составлял $2,07$. В исследованиях применялись отсеы дробления карбонатных пород Коркатовского карьера РМЭ, представленные в основном доломитами. В качестве водоредуцирующей добавки применялся поликарбоксилатный суперпластификатор Glenium®51 производства компании BASF. Из сырьевых материалов приготавливались равноподвижные смеси мелкозернистого бетона. Равноподвижность мелкозернистых смесей проверялась на встряхивающем столике типа ЛВС после 15 встряхиваний по аналогии с методикой ГОСТ 310.4-81. Исследования выполнялись на смесях, по консистенции соответствующих диаметру расплыва в пределах $115\text{--}120 \text{ мм}$. Из равноподвижных мелкозернистых смесей формовались образцы-кубы размером $70,7 \times 70,7 \times 70,7 \text{ мм}$, которые уплотнялись в течение 40 с на виброплощадке с частотой колебаний 50 Гц и амплитудой $0,35 \text{ мм}$. Через 28 суток хранения в нормальных условиях контролировалась их прочность при сжатии.

Результаты исследования и их обсуждение. Выполнен аналитический обзор технических решений по повышению физико-технических свойств мелкозернистого бетона. Разработана технология мелкозернистого бетона, основанная на использовании поличастотного вибрирования с пригрузом – с низкочастотной и высокочастотной амплитудой колебаний. По данным профессора А. М. Краснова, технология позволила получить мелкозернистый бетон с прочностью при сжатии 94 МПа и средней плотностью 2320 кг/м^3 в воздушно-сухом состоянии. Технология предполагает использование природного кварцевого песка двух видов и молотого кварцевого наполнителя [4].

Другим направлением совершенствования технологии мелкозернистого бетона является химическое модифицирование составов водоредуцирующими добавками – суперпластификаторами. Суперпластификаторы уменьшают водопотребность бетонных смесей на $25\text{--}40 \%$. Они оптимизируют структуру тела бетона, уменьшая пустоты между мельчайшими частицами цемента и песка. Поликарбоксилатные суперпластификаторы представляют новый класс водопонизителей, отличающихся от традиционных по химической природе и способности снизить водопотребность. Добавки этого класса известны под разными названиями: суперпластификаторы, суперразжижители, суперводопонизители и высокоэффективные водопонизители. Действие поликарбоксилатных суперпластификаторов основано на совокупности электростатического и стерического эффектов, которые достигаются с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. Производство их впервые было организовано в Японии и несколько позже в Германии [5]. Благодаря применению суперпластификаторов освоено производство высокопрочных морозостойких мелкоштучных изделий из мелкозернистого бетона – брусчатки и облицовочной плитки.

Представляет интерес технология экструдирования мелкозернистых бетонных смесей, предложенная профессором Г. П. Сахаровым. Под давлением, создаваемым вращающимся шнековым валом экструдера, из мелкозернистой бетонной смеси в момент её прохождения через отверстия мундштука отжимается часть воды и происхо-

дит максимальное сближение цементного теста с поверхностью песка. Под скользящим давлением с поверхности частиц цемента и песка вытесняются адсорбированный воздух и посторонние примеси, что улучшает гидрофилизацию и смачивание частиц, ускоряет их гидратацию, возникновение химических и других связей в контактной зоне под действием сил Ван-дер-Ваальса. Пропущенная через экструдер мелкозернистая бетонная смесь приобретает повышенную пластичность, однородность, подвижность и хорошую формуемость. Подвижность мелкозернистых бетонных смесей резко возрастает при увеличении расхода цемента, В/Ц и введении суперпластификатора. Особенно это касается экструдированных смесей, подвижность которых возрастает в сравнении с контрольными составами на 10-12 и 13-15 % (соответственно без добавки и с добавкой суперпластификатора). Это способствует гидрофилизации и смачиванию поверхности частиц песка. В результате раздавливания и растирания увлажнённых цементных частиц при прохождении их в составе цементно-песчаной смеси через отверстия мундштука экструдера образуется клейкая гелеобразная составляющая цементной пасты, способствующая усилению связи на границе с зёрнами заполнителя [6].

Имеются исследования в области, касающейся взаимодействия цементного камня с природными минералами. Наблюдается большой разброс данных прямых измерений прочности сцепления контактирующих фаз. В целом, прочность сцепления цементного камня с природными материалами уменьшается в ряду горных пород (в убывающем порядке) – известняк, мрамор, гранит, песчаник, а в ряду минералов – полевые шпаты, кальцит, кварц, опал, халцедон и может составлять 30...60 % от прочности цементного камня на растяжение [7].

Лишь малая доля природных песков может быть рекомендована без предварительного обогащения в качестве мелкого заполнителя в бетонах. Оптимизация зернового состава мелкого заполнителя используется как один из способов упрочнения мелкозернистых бетонов. Профессором В. Г. Хозиным в соавторстве запатентован мелкозернистый бетон, включающий фракционированный кварцевый песок с содержанием фракций в следующем соотношении, масс. %: фракция 5-1,25 мм – 57-63; фракция 1,25-0,315 мм – 17-23; фракция 0,315-0,14 мм – 17-23, молотый кварцевый песок с удельной поверхностью $S_{уд}=120-170 \text{ м}^2/\text{кг}$, продукт на основе модифицированного поликарбоксилата – гиперпластификатор «Melflux 2651 F» и воду, при следующем соотношении компонентов, масс. %: портландцемент 15,0-23,0, фракционированный песок 68,1-78,1, молотый кварцевый песок 1,5-2,3, гиперпластификатор Melflux 2651 F 0,075-0,115, вода остальное (патент на изобретение РФ № 2473492) [8].

На основании выполненных теоретических исследований наиболее эффективными с точки зрения минимизации энергозатрат при разработке составов мелкозернистых бетонов признаны модификация составов суперпластификаторами, а также подбор мелкого заполнителя рационального минералогического состава.

На основании выполненных теоретических исследований экспериментально изучены границы повышения физико-механических свойств мелкозернистого бетона за счет частичной замены природного кварцевого песка отсевами дробления карбонатных пород Коркатовского карьера Республики Марий Эл. Для улучшения зернового состава из отсевов дробления карбонатных пород использовались фракция с размером зерен более 1,25 мм.

Исследованиями установлено, что рациональная смесь заполнителя может быть получена при совмещении 42 % отсевов дробления карбонатных пород фракции с размером зерен более 1,25 мм и 58 % природного кварцевого песка Студенковского карьера РМЭ с модулем крупности 2,07.

Анализ полных остатков обогащенного песка показал, что его модуль крупности повысился до 3,12, что соответствует группе песков повышенной крупности. Для оценки эффективности обогащения природного песка отсевами дробления карбонатных пород приготавливались смеси мелкозернистого бетона состава Цемент : Заполнитель в соотношении 1:3 и 1:4.

Анализ приведенных результатов позволил установить, что обогащение песка отсевами дробления карбонатных пород при соблюдении принципа равноподвижности смесей снижает водоцементное отношение и способствует приросту прочности при сжатии мелкозернистого бетона на 14-24 % в зависимости от состава мелкозернистого бетона. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние обогащения природного песка на прочность при сжатии $R_{сж}$ мелкозернистого бетона

Номер состава	Подготовка заполнителя	Соотношение Цемент : Заполнитель			
		1:4		1:3	
		В/Ц	$R_{сж}$, МПа	В/Ц	$R_{сж}$, МПа
1	Песок без обогащения с $M_{кр} = 2,07$ (контрольный состав)	0,60	25,1	0,50	26,9
2	Песок обогащенный с $M_{кр} = 3,12$	0,59	28,5	0,49	33,3

Исследована эффективность ограниченного количества поликарбоксилатного суперпластификатора Glenium® 51 в составе мелкозернистого бетона для получения квазисамоуплотняющейся мелкозернистой бетонной смеси [5]. Суперпластификатор Glenium® 51 фирмы BASF вводился в состав мелкозернистой бетонной смеси в количестве 0,3 % от массы цемента.

Предварительные испытания показали, что при сохранении содержания воды в бетонной смеси введение суперпластификатора поликарбоксилатного типа приводит к качественно резкому переходу консистенции смеси от жесткой к литой. Задача получения квазисамоуплотняющегося бетона потребовала определения граничного значения В/Ц, при котором совершается переход смеси в область литой консистенции. Диаметр расплыва смесей при испытании на встряхивающем столике ЛВС после 15 встряхиваний поддерживался на уровне 120-130 мм. Уплотнение квазисамоуплотняющихся равноподвижных бетонных смесей с расплывом 120-120 мм, включая контрольный состав, выполнялось в течение 5 с вибрированием с пригрузом 0,005 МПа при частоте колебаний 50 Гц. Результаты испытания образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ и изгибе $R_{изг}$ мелкозернистых бетонов с модификатором Glenium® 51

№ состава	Glenium® 51, % от массы цемента	Подготовка заполнителя	Соотношение Цемент : Заполнитель					
			1 : 4			1 : 3		
			В/Ц	$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа	В/Ц	$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа
1	0	Песок без обогащения, (контрольный состав)	0,64	21,6	5,5	0,52	23,3	7,2
2	0,3	Песок обогащенный $M_{кр} = 3,12$	0,58	31,5	6,3	0,48	36,1	8,2

Анализ полученных результатов подтверждает целесообразность использования в комплексе обогащения песка отсевами дробления карбонатных пород и поликарбоксилатного суперпластификатора для повышения прочности при сжатии и изгибе в

рамках выбранной технологии. В сравнении с контрольными составами при соотношении Цемент: Заполнитель = 1:4 прирост прочности при сжатии $R_{сж}$ составил 46 %. Соответственно, для составов Цемент : Заполнитель = 1:3 прочность при сжатии возросла на 55 %. При этом прочность при изгибе повысилась в зависимости от состава на 13-15 %.

Таким образом, корректировка зернового состава мелкого заполнителя отсевами дробления карбонатных пород в сочетании с физико-химическим модифицированием добавкой Glenium® 51 в количестве 0,3 % от массы цемента способствуют существенному повышению механических свойств мелкозернистого бетона.

Выводы

1. Установлено, что частичная замена кварцевого песка в составе мелкозернистого бетона отсевами дробления карбонатных пород с размером зерен более 1,25 мм позволяет повысить прочность при сжатии бетона на 14-24 %.

2. Совместное действие модифицирования состава мелкозернистого бетона добавкой Glenium® 51 в количестве 0,3 % от массы цемента и обогащения кварцевого песка отсевами дробления карбонатных пород обеспечивает повышение прочности при сжатии бетона на 45-54 % и при изгибе на 13-15 %.

Список литературы

1. Кононова О. В., Черепов В. Д., Солдатова Е. А. Исследование свойств бетонов на основе осадочных пород // Известия КазГАСУ. 2011. № 3 (17). С. 122-128.
2. Малянова Л. И., Салихов М. Г. Изучение влияния модифицированной добавки на некоторые свойства асфальтобетона с отсевами дробления известняков для покрытий лесовозных дорог // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология Природопользование. 2013. № 1(17). С. 64-71.
3. Мелкозернистые бетоны: учеб. пособие / Ю. М. Баженов, У. Х. Магдеев, Л. А. Алимов, В. В. Воронин, Л. Б. Гольденберг. М.: АСВ, 1998. 148 с.
4. Краснов А. М. Формирование структуры, состава и свойств высокопрочных мелкозернистых бетонов для сборных покрытий автомобильных дорог: автореф. дис. ... д-ра техн. наук [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://vak.decogrp.ru/common/img/uploaded/files/vak/2010/announcements/techn/02-08/Krasnov AM.doc](http://vak.decogrp.ru/common/img/uploaded/files/vak/2010/announcements/techn/02-08/Krasnov%20AM.doc) (дата обращения 12.03.2012).
5. Добавки в бетон. Технический каталог: BASF Construction Cemicals. Ноябрь 2009. М.: «БАСФ Строительные системы», 2009. 136 с.
6. Сахаров Г. П., Чан Минь Дык. Повышение свойств мелкозернистого бетона экструдированием смесей // Бетон и железобетон. 2009. № 1. С. 6-8.
7. Исследование контактной зоны цементного камня с крупным заполнителем / Чеховский Ю. В., Спицын А. Н., Кардаш Ю. А. и др. // Коллоидный журнал. 1988. № 6. С. 1216 - 1218.
8. Пат. 2473492 Российская Федерация, МПК C04B28/04, C04B11/20. Мелкозернистый бетон / Хозин В. Г., Мугинов Х. Г., Морозов Н. М., Степанов С. В.; заявитель и патентообладатель Казанский государственный архитектурно-строительный университет. К 2011137887/03; заявл. 14.09.11, опубл. 27.01.13, Бюл. № 3. 6 с.

FINE-GRAINED CARBONATE ROCK CONCRETE CRUSHING SCREENINGS STUDY

Borodina Elizaveta Andreevna, Kononova Olga Vitalievna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The fine-grained concrete from crushing screenings carbonate rocks it was shows. The crushing screenings carbonate rocks and polycarboxylate superplasticizer substantially increase the compressive strength of concrete it was found.

Keywords: *fine-grained concret, carbonate rocks, polycarboxylate superplasticizer, crushing screenings, compressive strength, self-compacting concrete technology*

УДК 692.415.2

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КРОВЛИ ГЛАВНОГО ДОМА НА УСАДЬБЕ ШЕРЕМЕТЕВЫХ В ПОСЕЛКЕ ЮРИНО РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Бородов Владимир Евгеньевич

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

Представлены результаты исследования первоначального конструктивного решения кровли главного дома на усадьбе Шереметевых в поселке Юрино Республики Марий Эл, фрагментов черепицы, найденной на чердаке, а также снимков основателя публицистической фотографии Нижнего Новгорода Максима Петровича Дмитриева (1858-1948).

Ключевые слова: усадьба Шереметевых, натурные обмеры, исследование кровли, компьютерное моделирование, глазурованная черепица

Введение. Главный дом (замок) на усадьбе Шереметевых в п. Юрино, расположенном у слияния рек Ветлуги и Волги, строился в третьей четверти XIX–начале XX века. К разработке проекта усадьбы и главного дома приглашались известные архитекторы, преимущественно иностранцы – Р. К. Мюллер, А. А. Барланд, А. В. Корш. С 1905 года над проектом работал известный русский зодчий П. П. Малиновский. Смешение архитектурных стилей – западноевропейской и восточной готики, древнерусской и романской архитектуры – в большей мере, чем в других шедеврах XIX века, отразилось на формах и декоративном убранстве Юринского замка.

За время своего существования замок не раз подвергался ремонту и изменениям, которые были вызваны необходимостью и разными причинами. Одной из основных причин было то, что «пожары в усадьбе случались довольно часто...», «... замок однажды был серьезно поврежден пожаром... (главный дом первоначально был покрыт черепицей, после пожара черепичную кровлю покрыли железом)» [1, с. 28]. Для сохранности памятника архитектуры в конце XX века была произведена реконструкция крыши, но верхняя отметка конька в некоторых местах была занижена, форма крыши стала простой, за счет чего здание теперь кажется прижатым к земле.

Несмотря на ремонт и переделки, до сегодняшнего дня на стенах и отдельных частях замка остались следы конструктивного решения крыши, которые можно детально рассмотреть лишь при приближении. Это и замазанные на стенах следы выбоин, и оставшиеся в кирпичных стенах кованные гвозди, крепившие деревянные конструкции. Немые свидетели тех событий периодически наталкивают экспедиции исследователей замка на мысль о возможности реконструкции и восстановлении первоначального облика крыши.

Толчком к изучению данной темы послужили сохранившиеся снимки (рис. 1, 2), сделанные основателем публицистической фотографии Нижнего Новгорода Максимом Петровичем Дмитриевым (1858–1948), который своим творчеством оставил потомкам большую коллекцию, представляющую самобытность и удивительный мир России того времени. На них запечатлен замок с его первоначальными сводами крыш, которые, как паруса, развивающиеся и устремившиеся ввысь, восхваляют величие корабля, проплывающего по Волге-матушке в зеленых дебрях Васильсурска.



Рис. 1. Изображение замка на открытке. Вид на западный фасад.
(Фото М.П. Дмитриева 1894-1895 г.) [2]



ВОЛГА И ПОВОЛЖЬЕ. Замокъ Шереметьева въ Васильсурскѣ.
Подъ фот. М. Дмитриева, Н.-Новгородъ. Права худож. собственности защищены. Издатель: А.И. Худож.

Рис. 2. Цветная открытка раскрашенная акварелью. Вид на южный фасад со стороны р. Волга.
(Фото М.П. Дмитриева 1894-1895 г.) [3]

«... Каменный, крытый железом по лицу в 3, а по другой стороне в 2 этажа, с подвалом в 17 сажень длины! Ширина по лицу – 9 , а в зад – 6 сажень. Высота по лицу 6 1/3 сажени. Весь нижний этаж и главные 5 лицевых комнат – под сводами» [1, с. 38].

Цель работы – создание профиля крыши с последующей разработкой конструктивного решения.

Решаемые задачи: 1) натурные обмеры и исследования; 2) изучение найденных образцов глазурованной черепицы; 3) компьютерное моделирование и построение чертежей профиля крыши.

Сбор данных. При проектировании профиля кровли необходимо было изучить сохранившиеся на открытых участках стены западной части гостевого дома замка Шереметевых в п. Юрино следы присутствия кованых элементов креплений деревянных конструкций к кирпичным стенам, следы заделанных ниш, в которых в свое время размещались конструктивные элементы крыши.

Во время архитектурных обмеров были изучены наружные стены западной башни, трубы с коваными изделиями, крепившими деревянные конструкции, а также другие элементы и части здания, сохранившиеся в хорошем состоянии до наших дней. Кроме того, под слоем мусора на чердаке крыши были найдены остатки керамической черепицы, покрытые глазурью. С черепицы были сняты размеры и составлены чертежи (рис. 3).

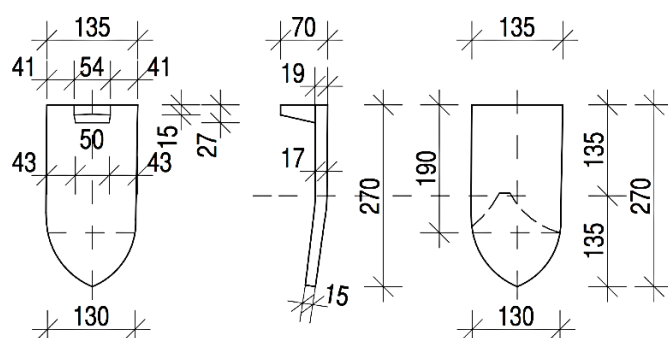


Рис. 3. Чертежи черепицы

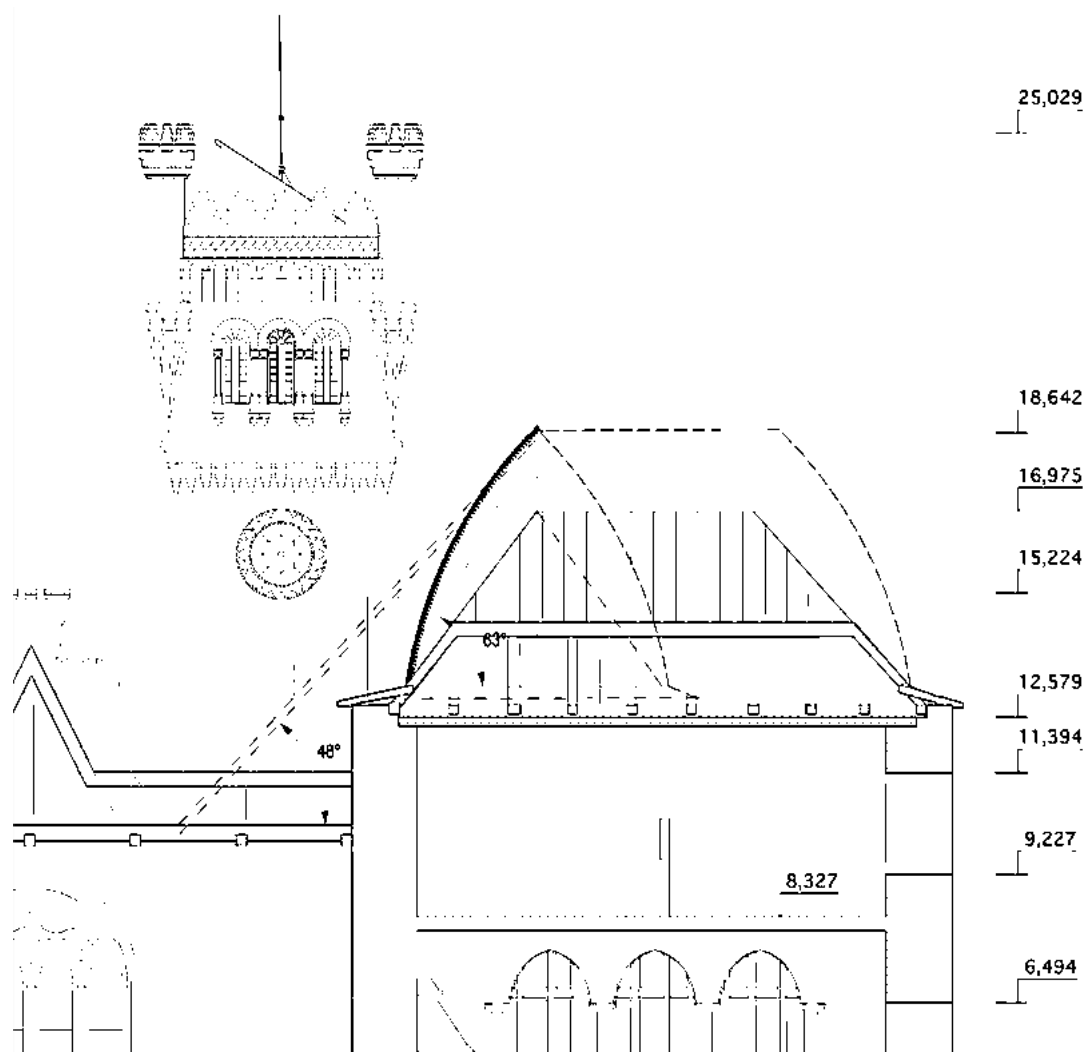


Рис. 4. Построение абриса кровли (чертежи автора)

Создание профиля крыши. Исследование существующей ситуации и анализ собранных материалов позволили сделать предположение о форме первоначального профиля крыши. Взяв за основу параметры оставшихся на стене следов и конструктивных элементов, а также особенности черепицы, удалось спроектировать предполагаемый профиль первоначальной крыши (рис. 4).

Обработка данных. В выполняемой работе появилась необходимость создания более точных чертежей образцов черепицы путем 3D-сканирования. Это позволит сравнить и создать черепицу, которая может быть взята за основу при построении более точной модели профиля и ската крыши с использованием современных компьютерных программ. В дальнейшем эти результаты могут быть заложены в основу разработки конструктивных элементов, которые могут быть выполнены из современных материалов с различными техническими характеристиками по несущей способности и экономическим показателям, с целью выявления наиболее эффективного и выгодного варианта для проведения реконструкции при восстановлении первоначального облика крыши.

Выводы. В рамках данной работы были выполнены натурные обмеры и исследованы части существующих несущих ограждающих конструкций западной части гостевого дома. Изучены габариты глазурованной черепицы (рис. 3). Выполнено компьютерное моделирование и построение чертежей профиля крыши (рис. 4).

Осознание важности и значимости сохранения памятников архитектуры и культурного наследия, восстановление их первоначального облика необходимы ради сохранения красоты и величия самих объектов, а также обогащения духовного и окружающего мира будущих поколений.

Список литературы

1. Кислов К. А. Юрино. Усадебно-архитектурный памятник. Йошкар-Ола: Марийский полиграфическо-издательский комбинат, 1995. 68 с.
2. Волга и Поволжье. Замок Шереметьева близ Васильсурска. Открытка. 1900-1904 год. Издание Дмитриев М., Н-Новгород // Бичуров Г.В. Самара в открытках и фотографиях. URL: http://oldsamara.samgtu.ru/part_1/page_2-06/html/062.html (дата обращения 29.03.15).
3. Открытки Максима Дмитриева. Цветные открытки, раскрашенные акварелью // Нижний Новгород. Вчера, сегодня, завтра. URL: <http://www.n52n.ru/nn/photos/stariy-nizhniy-novgorod/otkritki-maksima-dmitrieva/tsvetnie-otkritki-raskrashennye-akvareliu/039-volga-i-povolzhe-zamok-sheremeteva-v-vasilsurske.html> (дата обращения 29.03.15).

RESTORATION OF THE ROOF OF THE MAIN HOUSE ON THE ESTATE SHEREMETEV IN YURINO'S SETTLEMENT OF THE REPUBLIC OF MARI EL

Borodov Vladimir Evgenyevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

In this work results of research of the initial constructive solution of a roof of the main house on Sheremetev' estate in the settlement of Yurino Respubliki of Mari El, fragments of the tile found on an attic, and also pictures of the founder of the publicistic photo of Nizhny Novgorod Maxim Petrovich Dmitriyev (1858-1948) are presented.

Keywords: *Sheremetev' estate, natural measurements, research of a roof, computer modeling, glazed tile*

УДК 625.09

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ С ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Веюков Евгений Валерианович, Федоров Илья Анатольевич

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

Выполнен анализ существующих установок и приборов для определения коэффициента сцепления колеса с покрытием, предложена новая установка. Представлена методика определения, результаты изучения коэффициента сцепления с применением разработанной установки.

Ключевые слова: коэффициент сцепления покрытий, свойства органических бетонов, лабораторная установка

Введение. Безопасность движения автомобиля в значительной степени определяется его тормозными свойствами и коэффициентом сцепления колеса с дорожным покрытием. В настоящее время сцепные свойства дорожного покрытия характеризуются коэффициентом сцепления при скольжении заблокированного колеса со скоростью 60 км/ч по увлажненному покрытию [1].

В ГОСТ 30413-96, который является основным документом, регламентирующим методические и технические средства для определения сцепных качеств дорожного покрытия, указано, что «в качестве испытательного оборудования следует использовать автомобильную установку типа ПКРС-2, которая состоит из автомобиля, прицепа одноколесного прибора, оборудованного датчиками ровности и коэффициента сцепления, а также установленных в автомобиле системы увлажнения покрытия и системы управления и регистрации» [2]. Таким образом, ПКРС-2 является установкой, рекомендуемой действующим стандартом. При диагностике и контроле качества автомобильных дорог коэффициент сцепления определяют приборами ударного действия конструкции Ю. В. Кузнецова (ППК-МАДИ) или ИКСп (ОАО «Росдортех»). Кроме того, на практике для определения сцепных качеств дорожного покрытия используются также портативные приборы маятникового, ротационного и ударного действий. Маятниковые приборы широко распространены за рубежом (маятник Леру, прибор Босси). Они просты в эксплуатации и позволяют достаточно быстро провести измерения. В европейских странах наибольшее распространение получил прибор Леру маятникового типа Транспортной и дорожной исследовательской лаборатории Великобритании. К ротационному типу относится прибор, разработанный в МАДИ Р. Ф. Лукашук [1].

Цель работы – разработать лабораторную установку для определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с поверхностью проектируемых материалов покрытий.

Решаемые задачи: 1) выполнить анализ существующих приборов и установок для определения коэффициента сцепления колеса с покрытием; 2) разработать лабораторную установку, позволяющую определить коэффициент сцепления колеса в лабораторных условиях; 3) определить сцепные качества покрытий разработанной уста-

новкой; 4) сравнить результаты изучения с результатами, полученными ранее другими исследователями, и сделать вывод о возможности использования разработанной установки как лабораторной для определения коэффициента сцепления.

Моделирование. Используемые в Российской Федерации устройства (ППК-МАДИ, ПКРС-2) позволяют определить коэффициент сцепления только на дороге. При разработке новых материалов для покрытий автомобильных дорог возникает необходимость определения коэффициента сцепления непосредственно в лаборатории. Кроме того, представляется важным процесс изучения данного свойства при изменении различных факторов (температура, наличие наката, грязи на покрытии и т.д.). Одним из таких устройств является разработанное в ПГТУ устройство [3, 4], которое выполнено в виде тележки, перемещаемой по резиновой дорожке равномерным ускорением при качении центрального и поддерживающего колес под действием свободно падающего груза. Недостатком такого устройства является необходимость большого пространства для измерений (2×5×3 м) и продолжительность измерения для одного образца (5-7 мин.). Перечисленные выше недостатки натолкнули на мысль разработать новую установку.

Предлагаемая установка (рис. 1) представляет собой раму 1 с вращающимся колесом 2, которое приводится во вращение через ременную передачу электродвигателем 3.

Алгоритм измерения следующий: в стакан 6 устанавливается цилиндрический асфальтобетонный образец 5 и прижимается через шток рукояткой 7; включается двигатель и измеряются потребляемая мощность двигателя ваттметром и частота вращения вала двигателя спидометром 10. Усилие прижатия образца регулируется устройством 9 (пружина), которое оснащено динамометром.

Коэффициент сцепления колеса с покрытием образца определяется путем косвенных вычислений по следующей формуле:

$$\varphi_{\text{сц}} = \frac{\sqrt{3} \cdot W_{\text{потр}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{кпд}} - M_1 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot k_1}{\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot k_1 \cdot r_k \cdot P},$$

где $W_{\text{потр}}$ – потребляемая мощность, Вт; $\cos \varphi$, $\eta_{\text{кпд}}$ – характеристики электродвигателя; M_1 – суммарный отрицательный момент, возникающий за счет трения качения подшипников, установленных на валах двигателя и колеса, Нм; n – частота вращения вала двигателя, об/мин; k_1 – передаточное число ременной передачи; r_k – радиус колеса, м; P – сила прижатия, Н.

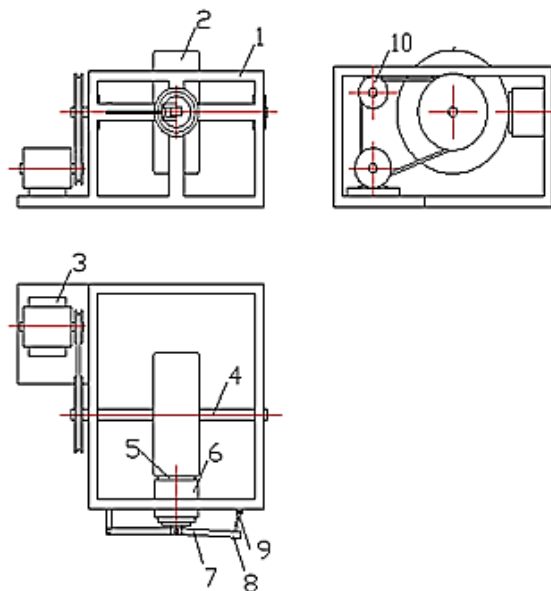


Рис. 1. Чертеж установки: 1 – рама; 2 – колесо; 3 – электродвигатель; 4 – вал колеса; 5 – стандартный образец; 6 – стакан; 7 – рукоятка; 8 – прижимное устройство; 9 – динамометр; 10 – спидометр

Расчеты элементов установки проводились в соответствии со схемой, представленной на рис. 2.

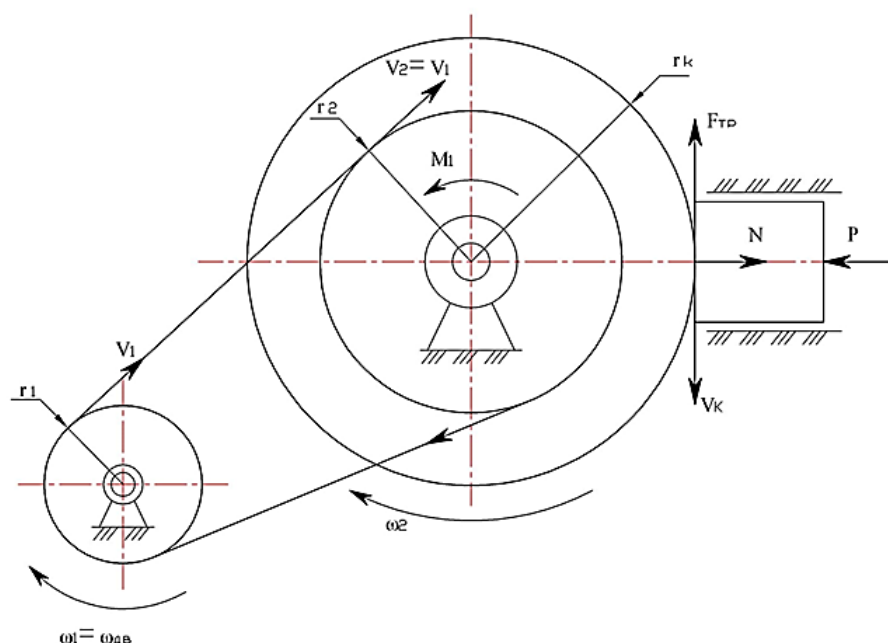


Рис. 2. Кинематическая схема установки

В разработанном устройстве использовали трехфазный двигатель с максимальной частотой вращения вала 1800 об/мин, передаточное число ременной передачи $k_1 = 4$, радиус колеса $r_k = 0,18$ м. Суммарный отрицательный момент определен экспериментально (0,3 Нм). При данных параметрах максимальная скорость на поверхности вращающегося колеса составила 8,3 м/с (30 км/ч). Материал покрытия колеса – резина.

Анализ результатов. С помощью разработанной установки определен коэффициент сцепления колеса с цилиндрическими образцами диаметром 71,4 мм, приготовленными из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси ЦМА-20. Условия исследований: сухое покрытие и мокрое. Полученные результаты представлены на рис. 3.

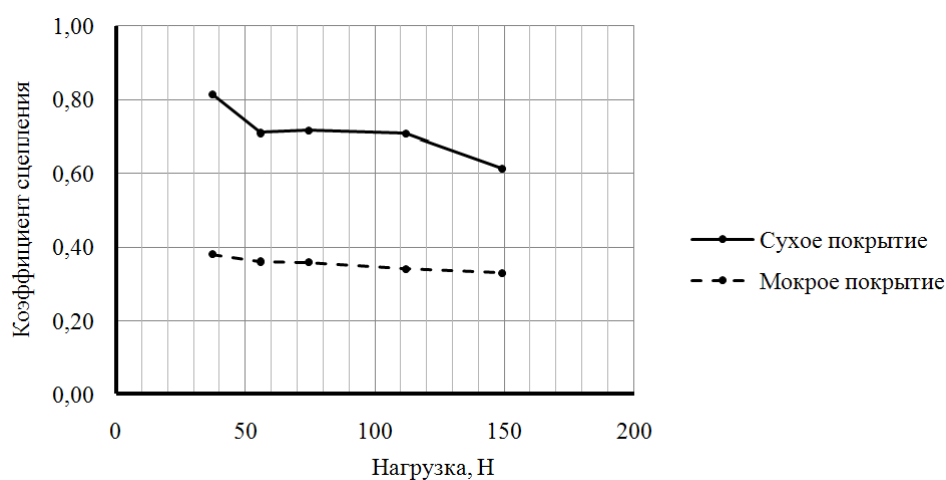


Рис. 3. Зависимость коэффициента сцепления от прижимного усилия

Как видно из графика, среднее значение коэффициента сцепления для сухого покрытия составляет 0,70, для мокрого – 0,35. Полученные результаты сопоставимы с результатами, полученными ранее другими исследователями. Например, в источнике [5] сообщается, что значение коэффициента сцепления колеса с сухим асфальтобетонным покрытием находится в пределах 0,70-0,80, с мокрым – 0,35-0,40. Рекомендуемое усилие прижатия образцов – 75-120 Н. В данном интервале разброс значений невелик.

Выводы

1. Разработана лабораторная установка, позволяющая определить коэффициент сцепления колеса с поверхностью стандартных цилиндрических образцов. Установка компактна (0,4×0,4×0,4 м). Продолжительность измерения для одного образца порядка 20 с.

2. Результаты изучения сопоставимы с результатами, полученными ранее другими исследователями.

В настоящее время изучение коэффициента сцепления в лабораторных условиях разработанной установкой продолжается, ведутся работы по корректировке получаемых значений, выявлению дополнительных факторов, влияющих на результаты измерений. Установку предлагается оснастить микропроцессорным устройством с дисплеем, на котором будет отображаться значение коэффициента сцепления. После оснащения установки такими элементами исчезнет необходимость в косвенных вычислениях.

Список литературы

1. Коэффициент сцепления: новая старая реальность. В порядке дискуссии / А.В. Кочетков [и др.] // Автомобильные дороги. 2011. № 2. С. 22-27.
2. ГОСТ 30413-96. Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием / Минстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1997. 2 с. Введен в действие с 07.01.1997 г.
3. Пат. 2357038 Российская Федерация, МПК Е 01 С 23/07. Устройство для измерения коэффициента сцепления автомобиля с дорожным покрытием / М. Г. Салихов, Ю. Е. Щербаков, А. В. Исаев, Н. С. Смирнов. Оpubл. 27.05.2009, Бюл. № 15.
4. Щебеночно-мастичные асфальтобетоны пониженной стоимости для покрытий лесовозных дорог / М. Г. Салихов, Е. М. Вайнштейн, В. М. Вайнштейн // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2009. № 3. С.64-67.
5. Борисюк Н. В. Зимнее содержание городских дорог: учеб. пособие / Н. В. Борисюк. М.: МАДИ (ГТУ), 2006. 115 с.

DEVELOPMENT OF LABORATORY APPARATUS FOR STUDYING FRICTION COEFFICIENT WHEEL OF A CAR AND THE ROAD SURFACE

Veyukov Evgeniy Valerianovich, Fedorov Il'ya Anatol'yevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The analysis of existing installations and devices to determine the coefficient of friction of the coated wheels and proposed a new installation. The technique of determining the results of the study of the coefficient of friction with the developed system.

Keywords: *coefficient of adhesion of the coating, the properties of organic concrete, laboratory setting*

УДК 691.542

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ GLENIUM® ACE 430 НА КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРИ ПОСТОЯННОМ ВОДОЦЕМЕНТНОМ ОТНОШЕНИИ

Грязина Мария Валентиновна, Минаков Юрий Александрович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
gryazina.maria@yandex.ru

Исследовано влияние содержания добавки суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 на кинетику твердения и сроки схватывания цементной пасты при постоянном водоцементном соотношении. Установлено, что при постоянном водоцементном соотношении с повышением содержания суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 повышается растекаемость цементных паст и значительно увеличивается период времени от момента затворения и до конца схватывания. Увеличение содержания суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 от 0,2 до 1,0 % при постоянном водоцементном соотношении повышает прочность цементных паст.

Ключевые слова: суперпластификатор, цементная паста, сроки схватывания, растекаемость, прочность

Введение. Разработка и внедрение новых ресурсосберегающих технологий представляет собой актуальную задачу строительной отрасли [1]. В последнее время разработаны и внедряются в производство бетонов новые химические добавки – суперпластификаторы [2; 3]. Они способны увеличивать подвижность и текучесть бетонных смесей, снижая трудозатраты на их укладку и уплотнение, существенно улучшают строительно-технологические свойства бетонов и могут обеспечить значительную экономию цемента.

Многие суперпластификаторы замедляют твердение бетона в ранний период, что отрицательно отражается на темпах строительных работ [4]. Так как адсорбционный слой добавки на поверхности зерен цемента проницаем для воды, а ее дефлокулирующее действие увеличивает поверхность контакта цемента и воды и число новообразований, то в дальнейшем, после начального замедления гидратации цемента и образования коагуляционной структуры, наступает ускорение твердения бетона.

Правильный выбор вида и количества суперпластификатора позволяет эффективно применять бетоны с низкими водоцементным соотношением, получать высокую прочность бетонов – до 60...80 МПа, сокращать время и трудозатраты на формование бетонных изделий, повышать качество лицевой поверхности и снижать расход цемента [5].

Цель работы – исследовать влияние содержания поликарбоксилатного суперпластификатора на свойства цементных паст.

Задачи исследования: 1) изучить влияние дозировки добавки суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 на сроки схватывания и консистенцию цементных паст при постоянном водоцементном соотношении; 2) исследовать кинетику роста прочности цементного камня, модифицированного поликарбоксилатным суперпластификатором GLENIUM® ACE 430.

Применяемые материалы и методы исследования. В качестве вяжущего применялся портландцемент производства ООО «Топкинский цемент» класса ЦЕМ I

42,5Б. Портландцементный клинкер по минералогическому составу относится к среднеалюминатному: $C_3S = 63,97\%$, $C_2S = 11,88\%$, $C_3A = 7,7\%$, $C_4AF = 12,42\%$. Нормальная плотность цементного теста составляла 25,25%, тонкость помола по проходу через сито № 008 – 90 %, активность цемента по прочности при сжатии – 42,5 МПа. Начало схватывания – 110 мин., конец схватывания – 280 мин.

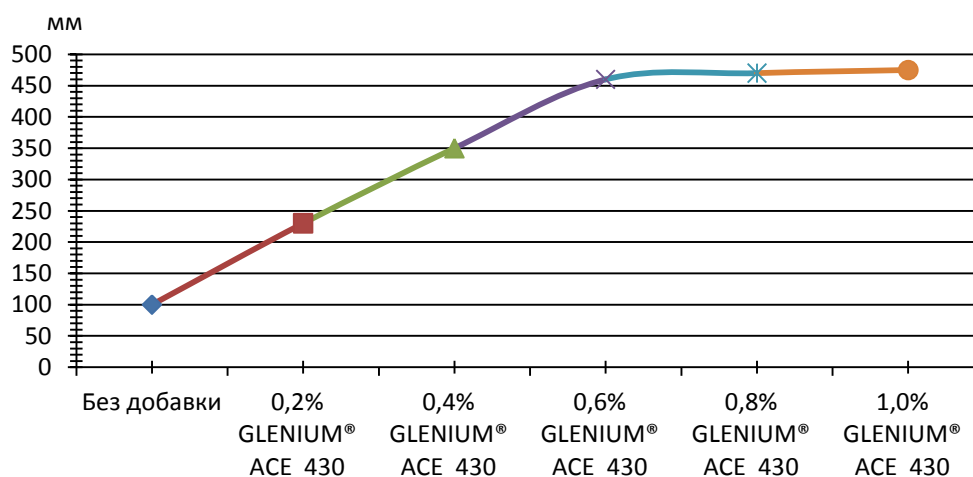
В качестве химической добавки применялась добавка фирмы BASF GLENIUM® ACE 430 – суперпластификатор нового поколения на основе поликарбоксилатного эфира. Содержание добавки варьировалось в пределах 0,2...1,0 % от массы цемента.

Испытание цементных паст проводилось по методике ГОСТ 310. Для исследования кинетики роста прочности из цементных паст формовались образцы размером 20×20×20 мм. Прочность образцов контролировалась разрушающим методом в возрасте 1, 2, 3 и 28 суток. До испытания образцы хранились в нормальных условиях при температуре 20±2 °С.

Результаты исследования и их обсуждение

При сохранении постоянного водоцементного отношения ($B/C = 25,25\%$) и варьировании содержания химической добавки GLENIUM® ACE 430 в пределах от 0,2 % до 1 % контролировалась растекаемость цементного теста и сроки его схватывания. Также определяли растекаемость и сроки схватывания цементного теста нормальной плотности контрольного состава без добавки, полученного при $B/C = 25,25\%$.

Анализ полученных результатов показал, что увеличение дозировки суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 повышает растекаемость цементных паст при испытании на лабораторном встряхивающем столике. Растекаемость цементных паст, содержащих 1 % суперпластификатора от массы цемента, увеличилась более чем в 4,5 раза. Результаты исследования растекаемости паст приведены на рисунке.



Влияние содержания суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 на растекаемость цементных паст, мм, при постоянном водоцементном отношении

Результаты, приведенные на рисунке, показывают, что применение GLENIUM® ACE 430 для выпуска высокоподвижных смесей позволит сократить продолжительность виброформования при расходе добавки 0,2...0,4 % от массы цемента или полностью исключить необходимость виброуплотнения при укладке при расходе добавки свыше 0,6 %, а также повысить качество формования густоармированных изделий.

Введение суперпластификатора при постоянном В/Ц значительно увеличивает период времени от момента затворения до конца схватывания. При увеличении содержания суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 до 1% от массы цемента, по сравнению с контрольными составами без добавки, время до конца схватывания возрастает более чем в 1,5 раза. Изменение сроков схватывания цементных паст при постоянном В/Ц = 25,25 % в зависимости от содержания суперпластификатора приведено в таблице 1.

Таблица 1

Влияние суперпластификатора GLENIUM® ACE на сроки схватывания цементных паст

Сроки схватывания	Содержание добавки GLENIUM® ACE, % от массы цемента					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Начало схватывания, мин.	110	120	130	135	140	145
Конец схватывания, мин.	280	320	348	398	410	440

Результаты измерения прочности при сжатии исследуемых составов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Кинетика твердения цементных паст с добавкой GLENIUM® ACE 430 при постоянном В/Ц = 25,25 %

№ состава	Содержание добавки GLENIUM® ACE 430, % от массы цемента	Предел прочности при сжатии образцов, МПа, в возрасте, сут.			
		1	2	3	28
1	0	8,0	16,8	25,5	44,3
2	0,2	11,3	18,0	25,8	49,3
3	0,4	12,3	19,5	27,3	60,0
4	0,6	13,0	20,8	25,0	61,5
5	0,8	18,3	23,8	35,3	64,5
6	1,0	18,5	24,5	38,3	74,8

Анализ полученных результатов показал увеличение прочности цементных паст с суперпластификатором GLENIUM® ACE 430. Несмотря на увеличение сроков схватывания, ранняя прочность цементных паст начиная с первых суток твердения, превышает прочность контрольных составов без суперпластификатора. При содержании добавки суперпластификатора 1 % от массы цемента образцы в первые сутки твердения показали прочность в 2,3 раза больше по сравнению с контрольными образцами. На 28-е сутки твердения прочность образцов, содержащих 1 % GLENIUM® ACE 430, превышает прочность контрольных образцов более чем в 1,5 раза.

Таким образом, применение добавки GLENIUM® ACE 430 при постоянном водоцементном отношении ускоряет твердение и увеличивает прочность цементного камня.

Выводы

1. Суперпластификатор GLENIUM® ACE 430 при повышении дозировки увеличивает растекаемость цементных паст. Растекаемость цементных паст с содержанием суперпластификатора 1 % от массы цемента увеличилась более чем в 4,5 раза по сравнению с контрольными образцами.

2. Повышение содержания суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 от 0,2 % до 1 % увеличивает интервал времени от начала до конца схватывания и улучшает

прочностные свойства цементных паст. При содержании суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 1 % от массы цемента время до конца схватывания увеличилось более чем в 1,5 раза по сравнению с контрольными образцами.

3. Повышение содержания суперпластификатора GLENIUM® ACE 430 от 0,2 % до 1,0 % при постоянном водоцементном соотношении ускоряет набор прочности цементного камня начиная с первых суток твердения и увеличивает конечную прочность цементных паст. Прочность образцов, содержащих 1 % GLENIUM® ACE 430 от массы цемента, на 28-е сутки твердения превысила прочность контрольных составов более чем в 1,5 раза.

Список литературы

1. Чернякевич В. И. Ресурсосберегающие технологии строительства лесных дорог // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 3(10). С. 54-60.
2. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учебно-справочное пособие. 2-е изд. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 221 с.
3. Изотов В. С. Химические добавки для модификации бетона. М.: Изд. Палеотип, 2006. 244 с.
4. 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.
5. Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2003. 500 с.

THE HARDENING KINETICS OF THE HARDENED CEMENT PAST AT CONSTANT WATER-CEMENT RATIO ADMIXTURE GLENIUM® ACE 430 INFLUENCE

Gryazina Maria Valentinovna., Minakov Yuri Aleksandrovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The influence of the Glenium ACE 430 type superplasticizers content to the flowability and setting time of cement pastes at constant water-cement ratio investigated. Found that the superplasticizers content addition at constant water-cement ratio increase the cement pastes fluidity and the time from mixing till the end of the setting. With 0,2 to 1,0 % by the cement weight superplasticizers addition Glenium ACE 430 at constant water-cement ratio increase strength of cement pastes.

Keywords: *superplasticizer, cement past, setting time, flowability, the desired strength*

УДК 694.14:536.255

СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЛАСТИНАХ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Иванова Мария Анатольевна

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
mashasmils@yandex.ru*

Рассмотрено влияние температуры окружающей среды на соединения элементов деревянных конструкций, выполненные с помощью металлических зубчатых пластин. На основе

решения краевой задачи теплопроводности установлено распределение температур между зубьями пластины в разный период времени.

Ключевые слова: древесина, соединения элементов, металлические зубчатые пластины, теплопроводность, метод «микропроцессов»

Введение. Применение древесины в строительстве актуально во все времена. Наиболее рационально и распространено изготовление таких деревянных конструкций, как настилы, балки, фермы, рамы, арки. В связи с ограничением сортамента пиломатериала применение цельной древесины ограничено, поэтому необходимо скрепление элементов. От правильного выбора типа соединения, его расчета и изготовления зависит прочность и надежность конструкции в целом. Например, при контактном соединении элементов усилия передаются непосредственно от одного элемента к другому. Это наиболее простой вид соединения, в котором не требуются рабочие связи. Соединения на механических связях обладают достаточно высокой прочностью и надежностью. Передача усилия в таких соединениях происходит от одного элемента к другому через специальные рабочие связи, которые осуществляются с помощью крепежных изделий.

В последнее время все чаще для соединения элементов деревянных конструкций в качестве крепежных изделий применяют металлические зубчатые пластины (МЗП). Соединение осуществляется простым вдавливанием в древесину данной пластины, что позволяет вести скоростное строительство при массовом производстве конструкций. В соответствии с современными нормами проектирования расчет соединения деревянных элементов, выполненного с помощью МЗП, ведется с точки зрения обеспечения прочности и деформативности [1]. При этом влияние влажности учитывается фиксированным значением. В процессе эксплуатации деревянные конструкции покрытия на МЗП находятся в условиях постоянного изменения температуры и влажности. Каждый день окружающая среда испытывает процессы нагревания и охлаждения. В связи с этим изменяется и температура внутри древесины [2]. При любом значении влажности от температуры зависит предел прочности древесины. С повышением температуры прочность уменьшается, модуль упругости понижается, а деформативность увеличивается [3]. Значительный прогиб конструкции характеризует наступление предельного состояния, при котором дальнейшая эксплуатация будет невозможна, поэтому необходимо учитывать влияние параметров внешней среды на соединения.

Цель работы – определить распределение температур между зубьями пластины, запрессованной в древесину.

Решаемые задачи: рассмотреть влияние температуры на физико-механические свойства древесины; сформулировать и решить математическую задачу переноса теплоты на расстоянии шага зубьев; определить время прогрева древесины между зубьями.

Математическое моделирование. В начальный момент времени температура пластины и древесины одинакова. Затем вследствие конвективного теплообмена пластина начнет либо нагреваться, либо остывать в зависимости от того, как изменяется температура воздушной среды. Для установления связи между пространственными изменениями температуры в любой точке между зубьями металлической пластины запишем дифференциальное уравнение теплопроводности:

$$\rho(u,t) \cdot c(u,t) \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(u,t) \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x} \right], \quad (1)$$

где $\rho(u, t)$ – плотность древесины, кг/м^3 ; $c(u, t)$ – теплоемкость древесины, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$; $\lambda(u, t)$ – коэффициент теплопроводности древесины, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$; x – координата от пластины в слое древесины, м ; τ – продолжительность прогрева, с ; u – влагосодержание, кг/м^3 ; t – температура, $^{\circ}\text{C}$.

Теплофизические характеристики древесины, а именно плотность, теплоемкость и теплопроводность, зависят от влагосодержания и температуры. Плотность свежесрубленной древесины хвойных пород (кроме лиственницы) и мягких лиственных пород (осина, тополь, ольха, липа) равна 850 кг/м^3 . По мере удаления влаги плотность уменьшается. При 15-25 % влажности плотность принимается 600 кг/м^3 , а при 6-12 % влажности плотность равна 500 кг/м^3 . Теплоемкость зависит от влажности прямо пропорционально. Увеличение теплоемкости от 0 до 130 % приводит к повышению теплоемкости примерно в 2 раза [4].

Для того чтобы решить дифференциальное уравнение (1), необходимо дополнить эту систему начальным и граничными условиями, описывающими закономерности взаимодействия древесины с окружающей средой [5]. В начальный момент времени распределение потенциалов переноса тепла определяется уравнением

$$t(x, \tau)|_{\tau=0} = t_0(x). \quad (2)$$

На границе древесины и металлической пластины температура будет одинаковой, что определяет первое граничное условие:

$$t(x, \tau)|_{x=0} = f_n(\tau). \quad (3)$$

Металлическая зубчатая пластина имеет определенный шаг расположения зубьев, характеризующийся симметричностью, поэтому и задачу можно рассматривать как симметричную:

$$\left. \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=\frac{L}{2}} = 0, \quad (4)$$

где L – расстояние между зубьями пластины.

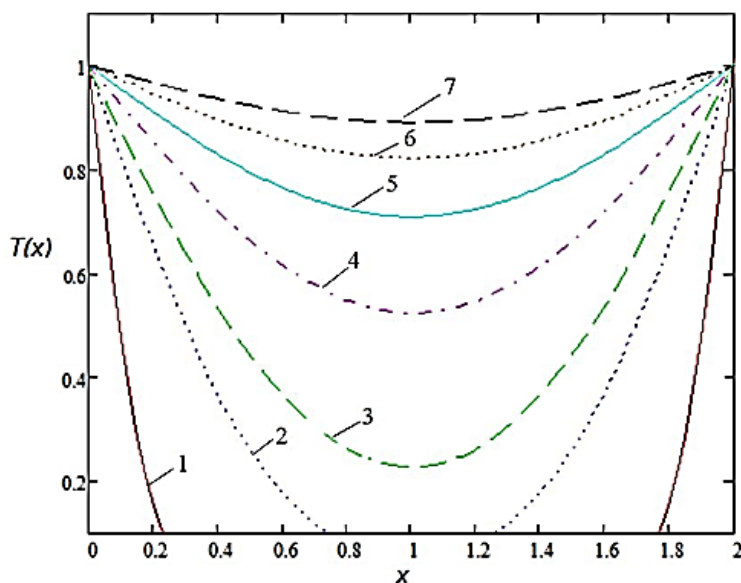
Дифференциальное уравнение (1) совместно с начальным (2) и граничными условиями (3), (4) представляют краевую задачу теплопроводности. Для ее решения применим «метод микропроцессов» [6]. Согласно данному методу, весь процесс разделяется на элементарные «микропроцессы», в пределах каждого из которых теплофизические параметры фаз можно считать постоянными, но скачкообразно изменяющимися от предыдущего «микропроцесса» к последующему. Полученное распределение температур на предыдущем шаге решения будет являться начальным для последующего этапа расчета. Окончательное решение краевой задачи теплопроводности выглядит следующим образом:

$$T(\bar{x}, Fo) = 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)} \cdot \sin\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\bar{x}\right] \cdot \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 Fo\right] + \\ + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\bar{x}\right] \cdot \int_0^1 T_0(\xi) \cdot \sin\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\xi\right] d\xi \cdot \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 Fo\right], \quad (5)$$

где Fo – теплообменный критерий Фурье, который характеризует связь между скоростью изменения температурного поля и физическими свойствами среды; $\bar{x} = \frac{x}{(L/2)}$ –

безразмерная переменная; ξ – переменная координата в диапазоне от 0 до 1.

Интерпретация результатов. Подставив некоторые значения критерия Фурье в решение краевой задачи теплопроводности, получили динамику полей температур в пространстве между двумя зубьями для случая равномерного начального распределения температур в древесине (рисунок).



Динамика полей температур в пространстве между двумя зубьями при значениях коэффициента Фурье: 1) 0,01; 2) 0,1; 3) 0,2; 4) 0,4; 5) 0,6; 6) 0,8; 7) 1,0

С помощью коэффициента Фурье можем определить продолжительность нагрева древесины:

$$\tau = \frac{Fo(L/2)^2}{a} \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что продолжительность прогрева древесины до определенной температуры зависит от коэффициента температуропроводности, который является физическим параметром вещества [7]. Если в качестве примера для материала выбрать желтую сосну, для которой значение температуропроводности можно принять равным $a = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$, а расстояние между зубьями $L = 20 \text{ мм}$, то для полного прогрева древесины потребуется 20 мин. При подстановке значения коэффициента Фурье приняли равным 1,0, поскольку в этом случае зона между зубьями оказывается почти вся равномерно прогретой.

Выводы. В настоящее время расчет соединений на МЗП ведется с точки зрения обеспечения прочности и жесткости. В процессе эксплуатации параметры внешней среды оказывают существенное влияние на срок их службы. Изменение температуры и влажности приводит к появлению процессов теплопереноса в соединении. Решая краевую задачу теплопроводности на математической модели и привязываясь к

размерам пластины, мы получили распределение полей температур между зубьями пластины в разные периоды времени, а также время полного прогрева древесины на данном участке.

Список литературы

1. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная версия СНиП II-25-80 / Минрегион России. М.: ОАО «ЦПП», 2011. 92 с.
2. Моделирование тепломассопереноса в системе газ – твердое при нагельном соединении элементов деревянных конструкций. Ч. 1. Общая физико-математическая постановка задачи / С. В. Федосов [и др.] // Строительные материалы. М.: Стройматериалы. 2014. № 7. С. 86-91.
3. Конструкции из дерева и пластмасс / М. М. Гаппоев и др. М.: Издательство АСВ, 2004. 434 с.
4. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине: справочник / под ред. Б. Н. Уголева. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
5. Гороховский А. Г., Шишкина Е. Е., Гороховский А. А. Оптимизация режимов сушки пиломатериалов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 1. С. 52-58.
6. Федосов С. В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии. Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. 364 с.
7. Шепель Г. А., Надеин В. Ф., Баланцева Н. Б. О коэффициенте температуропроводности древесины // Известия вузов. Лесной журнал. 2007. № 2. С. 133-135.

**CONNECTION OF TIMBER STRUCTURES ELEMENTS WITH METAL CLAMPING PLATES
IN VIEW OF EFFECTS ENVIRONMENTAL FACTORS**

Ivanova Maria Anatolyevna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The influence of environmental temperature on connections of timber structures elements made with metal clamping plates is considered. On the basis of the boundary problem solution of heat conductivity the temperatures distribution between the teeth of plate in a different time period is installed.

Keywords: *timber, connections of elements, metal clamping plates, heat conductivity, “micro-processes” method*

УДК 691.53

**СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ НАПОЛНЕННОГО ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ
НА ОСНОВЕ СМЕШАННОГО ЦЕМЕНТА СОВМЕСТНОГО
И РАЗДЕЛЬНОГО ПОМОЛА**

Кононова Ольга Витальевна

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

Исследовано формирование свойств цементного камня на основе цемента совместного и раздельного помола с кварцевым наполнителем. Активация от совместного помола проявляется в повышении прочности при сжатии цементного камня на 6...8 % после 28 суток.

Преимущества в прочности цементного камня от активации могут быть утрачены при длительном твердении в сухих условиях.

Ключевые слова: *смешанный цемент, минеральные добавки, кварцевый наполнитель, помол, цементный камень, прочность при сжатии*

Введение. В практике современного строительства получили распространение бетоны на основе цемента с минеральными добавками [1]. Анализ показывает, что минеральные добавки одновременно выполняют в цементном камне две функции. С одной стороны, они участвуют в процессах твердения цемента и способны повысить стойкость бетонов к коррозии. С другой стороны, участвуя в структурообразовании цементного камня как наполнители, они уменьшают его пористость, снижают расслаиваемость, регулируют экзотермию и решают задачи ресурсосбережения [2]. Чаще всего цементы с минеральными добавками получают совместным помолом с портландцементным клинкером. Известно, что операция помола цемента относится к числу высокоэнергоемких процессов, поэтому оптимизация этого процесса по энергозатратам является актуальной задачей.

Исследованиями ряда авторов установлено, что совместный помол цемента с минеральными добавками способствует экономии цемента в бетонах [3]. Наряду с этим имеются экспериментальные данные, показывающие, что введение в состав бетона минеральных добавок рационального количества и дисперсности, размолотых отдельно от клинкера, также может решать задачу экономии цемента [4-6]. Данных о корректном сопоставлении эффективности процессов совместного и раздельного помола смешанного цемента по кинетике роста удельной поверхности его компонентов практически нет. В связи с распространением технологии самоуплотняющихся бетонов применение активных минеральных добавок, а также минеральных наполнителей в бетонах расширяется [7]. Изучение процессов помола смешанного цемента направлено на решение актуальных задач – повышение технико-экономической эффективности и долговечности бетонов на основе цемента с минеральными добавками различной природы и активности.

Цель работы – выполнить исследования по сопоставлению эффективности раздельного и совместного помола цемента с наполнителем по кинетике нарастания удельной поверхности, а также провести сравнительные испытания свойств наполненного цементного камня совместного и раздельного помола.

Решаемые задачи: 1) исследовать кинетику нарастания удельной поверхности цемента и кварцевого наполнителя при совместном и раздельном помоле; 2) провести сравнительные испытания цементного камня совместного и раздельного помола с кварцевым наполнителем при равной удельной поверхности компонентов.

Материалы и методы исследования. Для исследований применялся портландцементный клинкер производства ЗАО «Ульяновскцемент», который имел следующий минералогический состав: $C_3S = 57 \%$, $C_2S = 18 \%$, $C_3A = 8 \%$, $C_4AF = 13 \%$. При помоле в цемент вводился $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в количестве 4,5 % от массы клинкера. В качестве наполнителя применялся кварцевый песок стандартный монофракционный (ГОСТ 6139-2003). Исследование закономерностей помола компонентов смешанного цемента и их смесей проводились в лабораторной шаровой мельнице. Портландцементный клинкер, кварцевый песок, а также их смеси с кварцевым песком размалывались в лабораторной шаровой мельнице. Изучен также процесс помола в условиях, когда портландцементный клинкер сначала размалывался до удельной поверхности $300 \text{ м}^2/\text{кг}$, а

затем к цементу добавлялся кварцевый песок, и смесь домалывалась совместно. При исследовании закономерностей помола применялся метод математического моделирования зависимости удельной поверхности компонентов наполненного цемента от времени помола и степени наполнения $H/(Ц+H)$. Удельная поверхность материалов контролировалась на приборе Т-3.

Формирование свойств цементного камня из смешанных цементов совместного и раздельного помола с кварцевым песком проводилось на равноподвижных смесях с консистенцией, соответствующей нормальной густоте. Из равноподвижных смесей виброуплотнением в соответствии с ГОСТ 310.4 формовались образцы размером $40 \times 40 \times 160$ мм.

Результаты исследования и их обсуждение. Рост удельной поверхности размазываемых материалов в зависимости от времени помола показан на рисунке 1-2.

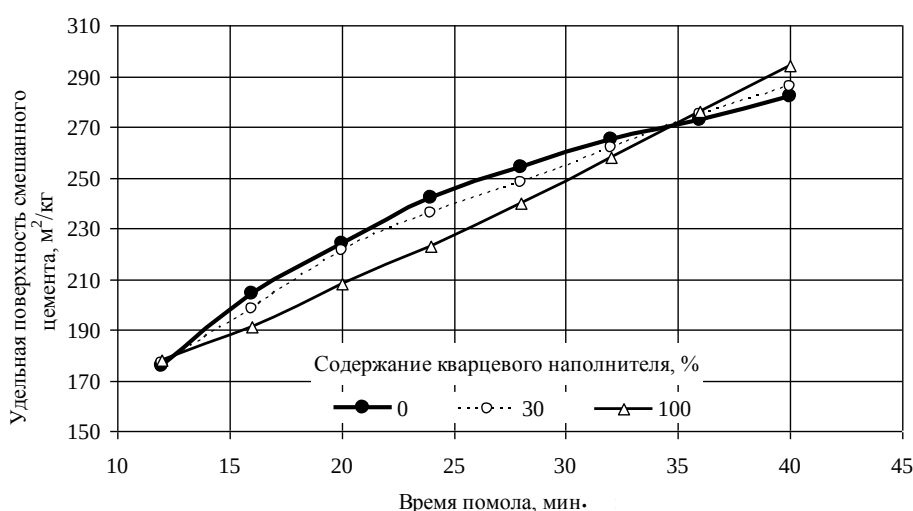


Рис. 1. Рост удельной поверхности клинкера, кварцевого наполнителя и их смесей в зависимости от времени помола

Результаты формирования удельной поверхности материалов при помоле в некоторой степени обусловлены подготовкой материалов к помолу, в частности их исходным зерновым составом. Поэтому кривые помола имеют свои особенности. Например, выявлено два момента времени, когда удельные поверхности кварцевого наполнителя, бездобавочного цемента и их смесей совпали: 12,5 мин. и 35 мин. (рис. 1). Анализ показал, что затраты времени на совместный помол компонентов смешанного цемента занимают промежуточное значение между затратами на помол клинкера и кварцевого песка. Сопоставление результатов позволило предположить, что при совместном помоле клинкера с кварцевым песком нарастание удельной поверхности компонентов смешанного цемента происходит с той же скоростью, которая имеет место при раздельном помоле.

На основании исследований по совместному помолу цемента, кварцевого песка и их смесей построена математическая модель зависимости удельной поверхности смешанного цемента совместного домала Y_1 от времени домала X_1 в интервале от 15 до 45 мин. и степени наполнения цемента X_2 от 0 до 30 %, которая при доверительной вероятности 0,95 имеет вид

$$Y_1 = 476 + 49X_1 - 22X_2 - 34X_1^2 - 16X_2^2 + 18X_1X_2. \quad (1)$$

Результаты исследования процесса помола цемента показывают, что затраты времени на совместный помол компонентов смешанного вяжущего с содержанием кварцевого наполнителя до 30 % в течение всего периода наблюдения также занимают промежуточное положение между затратами на помол чистоклинкерного цемента и кварцевого песка.

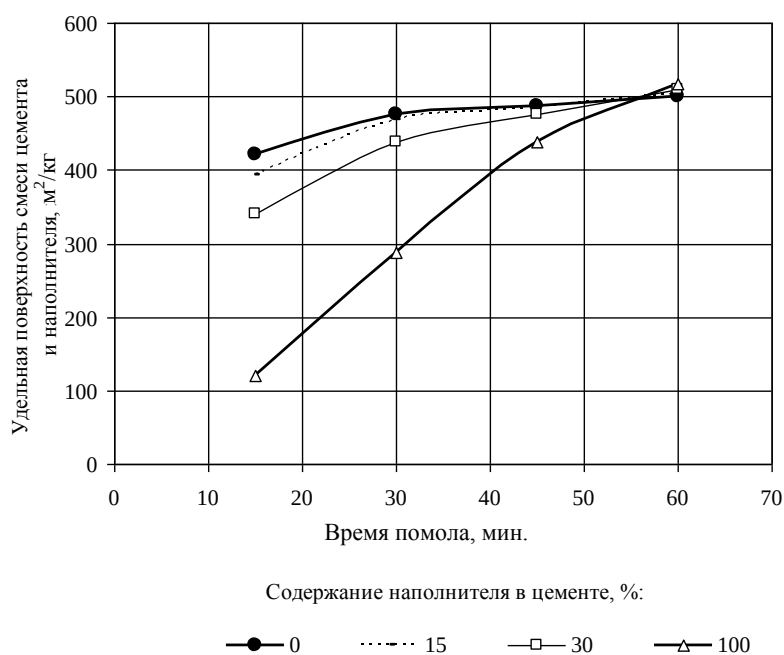


Рис. 2. Рост удельной поверхности цемента, кварцевого наполнителя и их смесей в зависимости от времени помола

Анализ модели (1) показывает, что присутствие кварцевого песка не меняет скорости помола цемента. На основании проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что прогнозировать удельную поверхность компонентов смешанного вяжущего совместного помола можно по графикам помола чистых материалов.

Проверка влияния способа помола проводилась на составах, в которых удельные поверхности компонентов совпадают.

Из смешанных цементов с удельной поверхностью компонентов $270 \text{ м}^2/\text{кг}$, отличающихся при равной удельной поверхности способом помола, приготавливались равноподвижные пасты нормальной густоты с распылом $185 \pm 5 \text{ мм}$ после 15 встряхиваний на ЛВС. Отформованные из паст образцы размером $40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$ твердели 28 суток в воде при $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Результаты испытаний образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Формирование прочности образцов цементного камня с кварцевым наполнителем

Содержание кварцевого наполнителя, Н/(Ц+Н), %	Удельная поверхность компонентов вяжущего, $\text{м}^2/\text{кг}$		Предел прочности при сжатии образцов из смешанного цемента, МПа	
	цемента	кварцевого наполнителя	совместного помола	раздельного помола
10	270	270	87,7	82,4
20	270	270	81,7	75,2
30	270	270	76,0	70,6

Приведенные результаты показывают, что при равной степени наполнения образцы на цементе совместного помола имеют прочность при сжатии на 6...8 % выше, чем на цементе раздельного помола, в чем проявилось активирующее влияние совместного помола.

Исследована прочность при сжатии и деформации усадки образцов из смешанных цементов совместного и раздельного помола после длительного хранения в сухих условиях. Для исследований использовались компоненты смешанного вяжущего с удельной поверхностью 450 м²/кг. Образцы размером 40×40×160 мм после хранения в течение 28 суток в нормальных условиях подвергались длительному выдерживанию в течение 6 месяцев в сухих условиях (над хлористым кальцием в эксикаторе), после чего контролировались их прочность при сжатии и относительные линейные деформации. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Свойства наполненного цементного камня на цементе совместного и раздельного помола

Способ помола смешанного цемента	Содержание кварцевого наполнителя Н/(Ц+Н)%	Удельная поверхность компонентов вяжущего, м ² /кг		Предел прочности при сжатии образцов, МПа	Относительные деформации образцов, мм/м
		цемента	кварцевого наполнителя		
Совместно	15	450	450	73,5	0,375
	30	450	450	62,1	0,313
Раздельно	15	450	450	80,7	0,188
	30	450	450	71,2	0,156

На основании анализа экспериментальных данных установлено, что наполненный цементный камень совместного помола, длительно хранившийся в сухих условиях, проявляет более существенные относительные линейные деформации и имеет на 9...12 % более низкую прочность при сжатии по сравнению с образцами, приготовленными на цементе раздельного помола.

Полученные данные не противоречат данным других авторов, указывающих на активацию цемента при совместном помоле с кварцевым наполнителем [2].

Выводы

1. В результате исследования было установлено, что с точки зрения кинетики роста удельной поверхности компонентов энергозатраты при совместном и раздельном помоле компонентов смешанного цемента практически равны.

2. Совместный помол компонентов смешанного цемента в сравнении с раздельным помолом приводит к активации процесса твердения цемента и увеличению прочности наполненного цементного камня при твердении в нормальных условиях при равной удельной поверхности на 6...8 %.

3. Преимущества в прочности цементного камня, вызванные активацией цемента при совместном помоле компонентов смешанного вяжущего, могут быть утрачены после длительного твердения в сухих условиях. Одной из причин этого являются сопровождающие процесс твердения в сухих условиях деформации усадки наполненного цементного камня.

Список литературы

1. Венюа М. Цементы и бетоны в строительстве: пер. с фр. / под ред. Б.А. Крылова. М.: Стройиздат, 1980. 415 с.

2. Чернякевич В. И. Ресурсосберегающие технологии строительства лесных дорог // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 3(10). С. 54-60.
3. Волженский А. В., Попов Л. Н. Смешанные цементы повторного помола на их основе. М.: Госстройиздат, 1961. 107 с.
4. Абакумов В. В. Анализ и оптимизация наполнителей в цементных пастах и бетонах: автореф. ... дис. канд. техн. наук (05.23.05). Ростов-на-Дону, 1985. 22 с.
5. Kononova O. V. Expanded-clay concrete with quartz filler // International journal of experimental education. 2014. № 4. P. 51-54. [Electronic resource]. URL: http://www.rae.ru/meo/?section=content&op=show_article&article_id=5084 (дата обращения 28.11.2014).
6. Vollenweider B. Various Methods of Accelerated Curing for Precast Concrete. Applications, and Their Impact on Short and Long Term Compressive Strength [Electronic resource] CE 241: Concrete Technology: [сайт] / Brent Vollenweider // March 16, 2004. URL: <http://www.scrbd.com/doc/45569116> (дата обращения 11.02.2011).
7. Синайко Н. П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relanorm и средства испытаний // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2011. № 39. С. 97-98.

TOGETHER AND SEPARATE MIXED CRINDING FILLED BASED CEMENT STONE STRUCTURE FORMATION

Kononova Olga Vitalievna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The formation of the joint and separate grinding quartz filled cement stone properties studied. Joint grinding activation shows the cement paste compressive strength 6...8 % increasing after 28 days. However the cement strength activation advantages can be lost during the long dry conditions hardening.

Keywords: mixed cement, mineral additive, silica filler, grinding, cement stone, compressive strength

УДК 666.073.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НА СВОЙСТВА САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

Кононова Ольга Витальевна, Лоскутов Алексей Валерьевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
kononovaov@volgatech.net, av.loskutov@mail.ru

Исследованы методы повышения технических характеристик легкого самоуплотняющегося бетона. Установлено положительное влияние микрокремнезема и суперпластификатора Glenium®51 на формирование структуры керамзитобетона.

Ключевые слова: легкие бетоны, самоуплотняющиеся бетоны, керамзитобетон, микрокремнезем, суперпластификатор

Введение. Строительство доступного и комфортного жилья в России специалисты во многом связывают с применением керамзитобетона. Керамзитобетон, являясь местным материалом для многих регионов, остается сегодня конкурентоспособным, высокоэффективным многофункциональным материалом. Высокая эксплуатационная

надежность керамзитобетона связана с его способностью сохранять исходные качества – морозостойкость, низкую эксплуатационную влажность и теплозащитные свойства – в течение всего срока эксплуатации. Расширение применения керамзитобетона в строительстве жилых зданий сегодня логично и выгодно, а исследования, направленные на дальнейшее повышение физико-технических свойств керамзитобетона, как никогда актуальны [1; 2].

Современные легкие бетоны могут обладать повышенной прочностью при пониженной плотности и относиться к классам по прочности до В15. Благодаря вакуумирующему действию пористого заполнителя цементный камень легких бетонов более плотный, нежели в равнопрочном тяжелом бетоне. Пористый заполнитель, обеспечивая резерв избыточной воды, способствует созданию оптимальных условий для гидратации цементного вяжущего, обеспечивая так называемый внутренний уход [2; 3].

В настоящее время в строительной отрасли находят широкое применение самоуплотняющиеся бетоны (СУБ). Преимущества тяжелого самоуплотняющегося бетона по сравнению с традиционным тяжелым бетоном на сегодняшний день достаточно изучены. Стоит отметить ускорение сроков укладки бетонной смеси, снижение уровня шума, ручного труда и затрат энергии при укладке за счет ухода от принудительного виброуплотнения, возможность бетонирования конструкций сложной пространственной геометрии, в том числе густоармированных конструкций, улучшение качества поверхности изделий. Современные технологии позволяют получать составы СУБ с любой маркой по прочности. Несмотря на более высокую себестоимость бетонной смеси, технология СУБ может давать положительный экономический эффект, о чем свидетельствует как зарубежный, так и отечественный опыт [4; 5].

Все преимущества тяжелых СУБ и легких бетонов создают предпосылки для разработки перспективного направления – легких самоуплотняющихся бетонов (ЛСУБ). Анализ литературы позволяет сделать вывод, что данное направление является малоизученным.

Основная трудность технологии ЛСУБ состоит в получении реологически стабильной консистенции бетонной смеси при использовании пористых заполнителей. Чем сильнее средняя плотность зерен заполнителя отличается от средней плотности окружающей его растворной части, тем большей склонностью к расслоению обладает смесь. Для решения данной проблемы существует несколько способов. Один из них – подбор составов ЛСУБ таким образом, чтобы средняя плотность пористого заполнителя и средняя плотность растворной части были наиболее близки по своему значению. В литературе присутствует информация об успешном совместном применении легкого пористого наполнителя в виде гравия фракции 5-10 мм и песка фракции 0-5 мм [6].

Реологически стабильные смеси могут быть получены при использовании модифицирующих добавок на основе суперпластификаторов и минеральных наполнителей. В качестве активного минерального наполнителя может использоваться микрокремнезем, применение которого широко описывается в литературе [6; 7].

Микрокремнезем представляет собой двуоксид кремния (SiO_2) в аморфном, реакционноспособном состоянии. Его получают как побочный продукт производства ферросилиция.

В отличие от большинства дисперсных минеральных добавок для бетона, которые обладают размером частиц аналогичным цементу, частицы микрокремнезема имеют размер в 100 или в 1000 раз меньший, чем цемент. Это позволяет в значительной мере повышать плотность цементной матрицы [7].

Положительное действие микрокремнезема объясняется значительным улучшением микроструктуры гидратированных цементных паст, особенно вблизи заполнителя. Отмечается, в частности, что прочность контактной зоны возрастает с увеличением количества введенного микрокремнезема. Данный факт является важным при использовании микрокремнезема (МК) в керамзитобетоне, так как керамзит обладает большой площадью поверхности частиц. Лучшее сцепление цементного камня с заполнителем в бетоне, содержащем микрокремнезем, чем без него, происходит за счет перехода извести, окружающей зерна заполнителя, в более стабильные гидросиликаты [7].

Бетонные смеси, содержащие МК, менее подвержены расслоению, особенно в присутствии суперпластификатора. Бетонные смеси с МК, имеющие водовяжущее отношение 0,25 и подвижность 230 мм, показали такую же устойчивость к расслоению, как не содержащие МК бетоны с водовяжущим отношением 0,55 и подвижностью 85 мм. Однако при долговременной вибрации бетоны могут расслаиваться даже при наличии МК, в особенности при большой подвижности.

Кинетика твердения бетонов с МК в нормальных условиях характеризуется интенсивным нарастанием прочности в интервале от 7 до 20 суток. Очевидно, это связано с тем, что именно в этот период в процессе фазовых превращений в портландцементном камне выделяется основная масса гидроксида кальция, которая связывается с основным компонентом МК – ультрадисперсным кремнеземом аморфной модификации, образуя низкоосновные гидросиликаты кальция мелкокристаллической формы [8].

Следует отметить универсальность добавки микрокремнезема как дисперсии, влияющей на тиксотропные свойства системы, через изменение протяженности структурных элементов – цепочек и их переход при контактных взаимодействиях в пространственные каркасные ячейки. Это условие соответствует минимальным значениям межфазного натяжения при максимальном развитии граничных поверхностей, что предполагает существование большого числа точечных коагуляционных контактов вплоть до создания предельно наполненной системы, в которой коллективный переход к сцеплению в ближнем порядке вызывает резкое упрочнение. Такой этап гидратообразования с коллоидацией кремнеземных частиц, за счет которых формируются пространственные упаковки, приводит к самоармированию твердеющей цементной системы композита. Локализация дисперсных частиц и энергетика межчастичных связей – надежная гарантия от коррозионного и эрозионного старения бетона и развития его усадочных деформаций. Наоборот, она повышает его прочность и трещиностойкость, а также водонепроницаемость. В целом добавка микрокремнезема является высокоэффективным модификатором структуры бетона как композиционного материала, полученного на основе наукоемкой технологии [7; 8].

Цель работы – исследовать влияние добавки микрокремнезема и суперпластификатора на формирование прочности легкого самоуплотняющегося керамзитобетона.

Задачи исследования: 1) исследовать влияние микрокремнезема на свойства растворной части керамзитобетона; 2) исследовать особенности формирования свойств керамзитобетона с добавкой микрокремнезема и суперпластификатора Glenium®51.

Техника эксперимента. Для выполнения исследований применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5Б производства ОАО «Мордовцемент». В качестве мелкого заполнителя использовали природный кварцевый песок с модулем крупности 1,9 Студенковского карьера Республики Марий Эл. В качестве крупного заполнителя использовали керамзит производства ООО «Вадно» фракции 5-10 мм со средней плотностью в уплотненном состоянии 560 кг/м³.

Исследования выполнялись на растворной части керамзитобетона и на керамзитобетоне. В качестве базового состава применялся состав керамзитобетона средней плотностью 1500 кг/м^3 с содержанием портландцемента 350 кг/м^3 , песка – 550 кг/м^3 , керамзита – $0,9 \text{ м}^3$, воды – 200 л/м^3 . Содержание микрокремнезема составляло 2 % от массы цемента. Также была заформована серия контрольных образцов без микрокремнезема. Из самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси формовались образцы размером $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$. Для исследования влияния микрокремнезема на свойства растворной части бетона формовались образцы $2 \times 2 \times 2 \text{ мм}$. Образцы до испытания твердели в нормальных условиях.

Интерпретация результатов. Проанализировано влияние добавки 2 % микрокремнезема от массы цемента на кинетику твердения растворной части бетона. Зависимость прочности при сжатии растворной части бетона от времени твердения показана на рисунке 1.

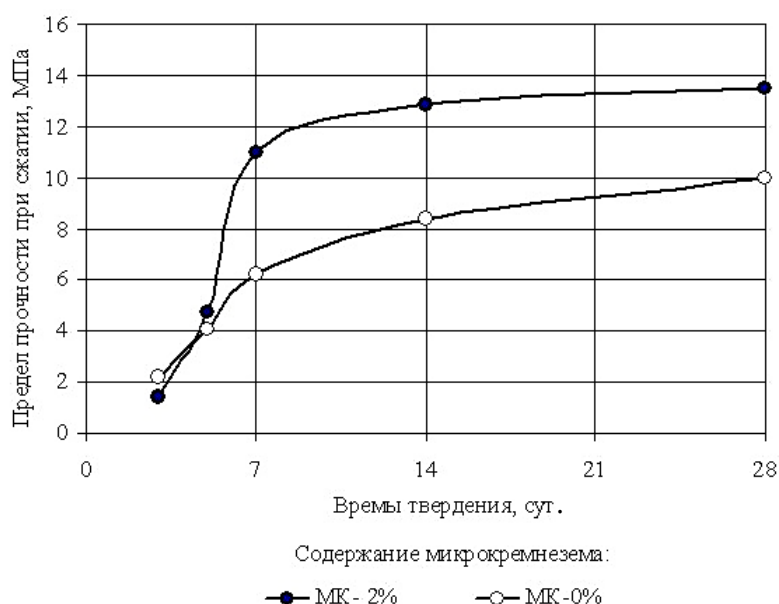


Рис. 1. Влияние микрокремнезема на кинетику твердения растворной части керамзитобетона

Приведенные на рисунке 1 данные позволяют сделать вывод о том, что применение микрокремнезема незначительно замедляет формирование ранней прочности растворной части керамзитобетона в возрасте до 5 суток. С 7 по 28 суток исследуемая добавка позволяет получить прочность на сжатие растворной части выше на 25 % в сравнении с прочностью контрольного состава без микрокремнезема. Это связано с тем, что в этот период в процессе фазовых превращений в портландцементном камне выделяется основная масса гидроксида кальция, которая связывается с ультрадисперсным кремнеземом аморфной модификации, образуя низкоосновные гидросиликаты кальция мелкокристаллической формы.

Изучена кинетика твердения самоуплотняющегося керамзитобетона с расходом цемента $350\text{--}550 \text{ кг/м}^3$ средней плотностью 1500 кг/м^3 , содержащего в своем составе комплексную добавку, состоящую из 2 % микрокремнезема и 1,5 % суперпластификатора Glenium®51 от массы цемента. Результаты испытаний обобщены и приведены на рисунке 2.

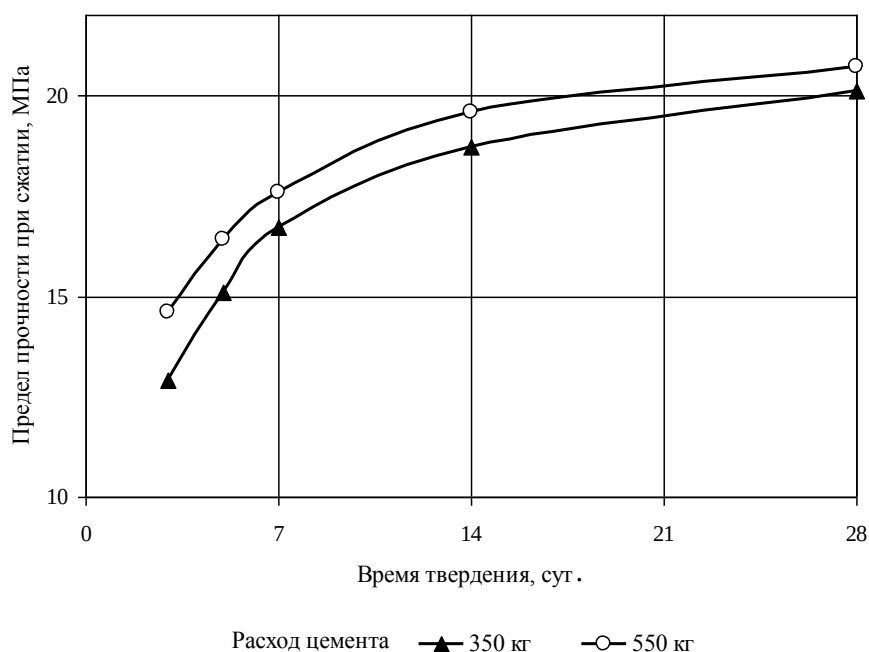


Рис. 2. Кинетика твердения модифицированного керамзитобетона

Применение комплексной добавки – микрокремнезема и суперпластификатора – позволяет получить самоуплотняющийся керамзитобетон, имеющий при расходе цемента 350 кг более 50 % проектной прочности в возрасте 3 суток и 75 % прочности в возрасте 5 суток.

Выводы

1. Применение микрокремнезема не влияет на раннюю прочность растворной части керамзитобетона (до 5 суток). С 5 по 28 сутки исследуемая добавка позволяет обеспечить прочность бетона на сжатие на 25 % выше в сравнении с контрольным составом.

2. Применение комплексной добавки микрокремнезема и суперпластификатора позволяет получить самоуплотняющийся керамзитобетон с расходом цемента 350 кг/м³ активно твердеющий в ранние сроки.

Список литературы

1. Горин В. М. Применение керамзитобетона в строительстве – путь к энерго- и ресурсоэффективности, безопасности зданий и сооружений // Строительные материалы. 2010. № 8. С. 8-10.
2. Горин В. М., Кабанова М. К. Эффективный керамзитобетон в России // Строительные материалы. 2009. № 9. С. 54-57.
3. Комисаренко Б. С., Чикноворян А. Г. О возможности перехода крупнопанельных жилых домов с трехслойных на однослойные керамзитобетонные панели // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2006. № 2. С. 57.
4. Рыжов И. Н. О влиянии свойств бетона на качество и себестоимость строительного объекта // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 8. С. 35.
5. Аленкар Р., Маркон Ж., Хелене П. Экономичное жилье из СУБ // CPI - Международное бетонное производство. 2010. № 6. С. 142-147.
6. Бычков М. В., Удодов С. А. Легкий самоуплотняющийся бетон как эффективный конструкционный материал // Наукoведение: интернет-журнал. 2013. №4 (17). С. 1-7. [Электрон-

ный ресурс]. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-4-> (дата обращения 20.04.2015).

7. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны // Теория и практика. 2-е издание. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.

8. Химические и минеральные добавки в бетон / под ред. А. Ушерева-Маршака. Харьков: Колорит, 2005. 285 с.

THE SELF-COMPACTING CONCRETE PROPERTIES SILICA FUME EFFECT STUDY

Kononova Olga Vitalievna, Loskutov Aleksey Valerevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The lightweight self-compacting concrete technical characteristics improvement methods investigated. The positive influence of silica fume and Glenium®51 superplasticizer to the concrete structure found.

Keywords: lightweight concrete, self-compacting concrete, expanded clay, silica fume, superplasticizers, complex additives

УДК 691.3-02

СВОЙСТВА БЕТОНА С ИЗВЕСТНЯКОВОЙ МУКОЙ

Магомедэминов Исрафил Искендерович

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

Приводены результаты определения прочности и морозостойкости бетонов, в которых часть мелкого заполнителя заменена известняковой мукой в количестве 5, 10, 15 и 20 % от массы песка. Испытаны три состава бетонных смесей с В/Ц – 0,68, 0,52, 0,37 и расходами цемента 220, 260 и 360 кг/м³. Для получения равноподвижных бетонных смесей с О.К. = 3.5-5,0 см применена добавка С-3. Для обеспечения морозостойкости бетонов применена 50 % водная эмульсия кремнийорганического полимера ГКЖ-94, объем вовлеченного воздуха $6 \pm 0,5$ %.

При сравнении прочности при сжатии бетона 7- и 28-суточного возраста установлено, что прочность образцов из «тощего» бетона с расходом Ц = 220 кг/м³ и В/Ц = 0,68 увеличилась на 18-33 %, а для образцов из «жирного» бетона (Ц = 360 кг/м³ и В/Ц = 0,3) эта разница составила 10-16 % в зависимости от процентного содержания известняковой муки. Прочность образцов бетона с В/Ц = 0,52 и Ц = 280 кг/м³ также увеличилась на 16-23 %.

Все образцы показали хорошую морозостойкость: остаточные деформации после 100 циклов замораживания при $t_{зам} = -50$ °С не превышали 0,026 %, что значительно меньше 0,19 %, при которой наблюдаются 15 % снижение $R_{сж}$ для бетонов на карбонатном щебне.

Ключевые слова: прочность, морозостойкость, подвижность, бетонная смесь, бетон, заполнитель, известняковая мука

Введение. При переработке нерудных материалов в щебень, применяемый в качестве крупного заполнителя в бетонах, остаются значительные отходы в виде песчано-пылеватых фракций, объем которых доходит до 20 % от выпускаемой продукции и составляет миллионы кубометров в год [1]. Ежегодное накопление отходов загрязняет

окружающую среду и ухудшает экологию прилегающих территорий. Утилизация этих отходов с определением области их разумного применения является актуальной задачей.

Цель работы – исследовать возможность применения отходов, образующихся в карьерах при переработке каменных пород в щебень, в качестве мелкого заполнителя в бетонах взамен песка.

Решаемая задача – определить прочность и морозостойкость бетонов, содержащих 5, 10, 15, 20 % известняковой муки взамен соответствующей доли песка.

Материалы, образцы и методы исследования. В качестве вяжущего вещества в исследованиях использован портландцемент завода им. В.В. Воровского, полученного помолом в лабораторной мельнице. Известняковая мука, использованная в составах взамен доли песка, – отходы Путиловского карьера Ленинградской области.

Таблица 1

Свойства портландцемента и известняковой муки

№ п/п	Свойства	Показатели	
		портландцемент	известняковая мука
1	Нормальная густота	25,6 %	
2	Начало схватывания	1 ч 50 мин.	
3	Конец схватывания	4 ч 50 мин.	
4	Проба на равномерность изменения объема	выдержал	
5	Истинная плотность	3,1 г/см ³	
6	Удельная поверхность	3090 см ² /г	3300 см ² /г
7	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	9,2 %	6,7 %
8	Предел прочности (через 28 суток): при сжатии при изгибе	43,9 МПа 6,9 МПа	
9	Химический состав: SiO ₂ CaO (CaO) _{св} Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	24,6 % 64,7 % 0,6 % 4,8 % 3,6 %	17,6 % 58,3 % - 7,9 % 8,4 %
10	Минералогический состав ПЦ: C ₃ S C ₂ S C ₃ A C ₄ AF	54,7 % 23,3 % 8,7 % 9,8 %	

Заполнители. В качестве мелкого заполнителя применялся природный кварцевый песок с Мк = 2,32. Крупным заполнителем служил фракционированный доломитовый щебень Гатчинского м/р Ленинградской области, составленный из фракций 5-10 мм (33,3 %) и 10-20 мм (66,6 %). Физические характеристики заполнителей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Физические свойства заполнителей

Материал	Истинная плотность ρ , г/см ³	Плотность в куске $\gamma^k_{\text{о}}$, г/см ³	Полный остаток на сите 0,14, %	Общая пористость, %	Водопоглощение по массе, %			
					свободное		при кипячении за 5 ч	под вак.
					за 24 ч	за 48 ч		
Кварцевый песок	2,68		94,3					
Доломитовый щебень	2,83	2,40		15,2	4,4	5,0	6,2	6,8

Добавки. Для регулирования пластично-вязких свойств бетонных смесей применялся суперпластификатор С-3 в количестве, необходимом для получения равноподвижных смесей с О.К.= 3,5...5 см. Для обеспечения морозостойкости цементного камня (растворной части бетонов) применялась 50 % водная эмульсия кремнийорганического полимера ГКЖ-94 в количестве 0,1 % от массы цемента. Объем вовлеченного воздуха в бетонах, измеренного линейным методом [2], составлял $6 \pm 0,5$ %.

Составы бетонов, образцы, условия хранения и испытаний. Исследованы бетоны трех серий (табл. 3), отличавшихся В/Ц (0,37, 0,52, 0,68), расходом цемента (220, 280, 360 кг/м³) и процентным содержанием известняковой муки (0, 5, 10, 15, 20 %), заменившим соответствующие доли песка в составах бетонов.

Для определения прочности при сжатии и морозостойкости бетонов формовались образцы-кубы с ребром 10 см и образцы-призмы размером 5×5×20 см с латунными упорами в торцах. Остаточные деформации образцов-призм измерялись индикатором часового типа с точностью деления 0,001 мм.

Все образцы двое суток хранились в темной комнате при $t = 22 \pm 2$ °С и $W = 98...100$ % в формах, покрытых влажной мешковиной, а после освобождения от форм помещались в воду на 26 суток. Водонасыщенные образцы 28-суточного возраста испытывались на сжатие и на морозостойкость с замораживанием при $t_{\text{зам}} = -50$ °С. После 100 циклов замораживания и оттаивания испытания прекращались.

Таблица 3

Результаты испытания бетонов на прочность

Серия	№ состава	В/Ц	ИМ, %, от массы песка	Расход материалов на 1 м ³				Прочность при сжатии, МПа, через		
				Ц	ИМ	П	Щ	7 суток	28 суток	R ²⁸ /R ⁷
I	1	0,68	0	220	0	880	1090	17,3	23,0	1,33
	2		5		44	836	1090	18,6	23,8	1,28
	3		10		88	792	1090	18,9	22,7	1,21
	4		15		132	748	1090	21,6	25,4	1,18
	5		20		176	704	1090	22,8	26,8	1,18
II	6	0,52	0	280	0	880	1090	27,8	34,2	1,23
	7		5		44	836	1090	30,3	35,1	1,16
	8		10		88	792	1090	29,6	33,4	1,13
	9		15		132	748	1090	29,4	32,7	1,11
	10		20		176	704	1090	30,1	34,8	1,16
III	11	0,37	0	360	0	880	1090	37,8	43,8	1,16
	12		5		44	836	1090	37,3	42,1	1,13
	13		10		88	792	1090	37,1	41,8	1,13
	14		15		132	748	1090	38,4	42,9	1,12
	15		20		176	704	1090	39,6	43,7	1,10

Примечание. Составы бетонов 1, 6, 11, приготовленные без муки, приняты за контрольные.

Результаты испытаний и их анализ

Прочность бетона. Данные по определению прочности бетонов при сжатии приведены в табл. 3. При сравнении (по горизонтали) прочности при сжатии образцов 7- и 28-суточного возраста видно, что в «тощих» бетонах наблюдается больший прирост прочности, чем в «жирных». Увеличение прочности образцов серии I (В/Ц=0,68, Ц=220 кг/м³) составило 18,0-33,0 %, а для образцов серии III (В/Ц=0,37, Ц=360 кг/м³) – 10-16 % в зависимости от процентного содержания известняковой муки. При этом

большой прирост прочности характерен для контрольных образцов (без муки). Образцы же II серии ($V/C=0,52$, $C=280 \text{ кг/м}^3$) занимают промежуточное положение: для них увеличение прочности составило 16-23 %.

Сравнивая (по вертикали) прочность контрольных образцов и образцов, содержащих взамен 5-20 % песка известняковую муку, можно отметить, что с увеличением доли муки в составах наблюдается повышение прочности бетонов. Так, образцы 7- и 28-суточного возраста серии I значительно повысили свою прочность – на 31,8 и 16,5 % соответственно. Образцы серии II также повысили прочность, но незначительно – до 8,2 % в возрасте 7 суток, что находится в пределах ошибки опыта. Прочность же образцов серии III практически не увеличилась, но и не уменьшилась. Эти данные свидетельствуют о том, что в «тощих» бетонах замена до 20 % части песка известняковой мукой позволяет повысить прочность бетона до 30 % в зависимости от V/C и расхода цемента.

Морозостойкость бетона. Важнейшей проблемой при определении морозостойкости бетона является выбор критерия, по которому наиболее объективно можно было бы оценить степень разрушения материала, наблюдаемого при подобных испытаниях. При этом предпочтение следует отдавать неразрушающим методам контроля этого показателя, величина которого закладывается в проектах производства работ в зависимости от конкретных условий эксплуатации зданий и сооружений или их частей.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ является окончательным критерием оценки морозостойкости бетона, однако применение этого метода предполагает изготовление и испытание на попеременное замораживание и оттаивание большого количества образцов, что является недостатком способа. К тому же такие испытания длительны и не способствуют оперативному контролю этого показателя. В работе [2] на основе анализа различных методов и критериев, применяемых для оценки стойкости бетона к воздействию попеременных циклов замораживания и оттаивания, было установлено, что степень деструктивных процессов с достаточной надёжностью можно контролировать по величине остаточной деформации образцов ε . При этом важно установить предельное значение ε , соответствующее, согласно требованиям отечественных стандартов, снижению $R_{сж}$ испытываемых образцов не более чем на 15 %. По литературным данным [3], величина ε колеблется в пределах $0,08 \div 0,15$ %. В среднем многие лаборатории принимают $\varepsilon = 0,1$ %.

В работе А. С. Каплана [4] установлено, что при одинаковой степени развития деструктивных процессов (равенстве ε) степень относительного снижения прочности бетона зависит только от расхода цемента. При представлении данных в виде « $R_n/R_0 - V/C$ » наблюдается устойчивая корреляционная связь, объединяющая результаты испытания на морозостойкость ($t_{зам} = -50 \text{ }^\circ\text{C}$) бетонов с различным расходом цемента. При этом автор, ссылаясь на работу [5], указывает, что подобная корреляционная зависимость нарушается в случае испытания на морозостойкость при $t_{зам} = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ вследствие «залечивания» повреждений в промежутках между циклами (во время оттаивания образцов).

Следует также отметить, что морозостойкость бетонов, приготовленных на различных по минералогическому составу крупных заполнителях, будет зависеть (при прочих равных условиях) и от прочности контактной зоны между цементным камнем (растворной частью) и заполнителем. Так, в работе [6] при исследовании морозостойкости бетонов, приготовленных на гранитном, гравийном и карбонатных заполнителях, было установлено, что для образцов бетона на карбонатном щебне потеря прочности в 15 % наблюдается при $\varepsilon = 0,19$ %. Для бетонов на остальных заполнителях по-

дробное снижение $R_{сж}$ наблюдается при $\varepsilon = 0,11$ %. Такая существенная разница, составляющая 61 %, объясняется более прочной сцепляемостью с цементным камнем карбонатного щебня, чем кремнезёмосодержащих заполнителей [7, 8]. Кроме того, прочность контактной зоны зависит и от влажности крупного заполнителя на момент приготовления бетонной смеси [9].

В данной работе на морозостойкость ($t_{зам} = -50$ °C) испытывались бетоны, содержащие различное количество известняковой муки (от 0 до 20 %) и отличающиеся В/Ц отношением и расходом цемента. Результаты опытов (табл. 4) свидетельствуют о том, что все бетоны испытанных составов выдержали 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания: потери в массе образцов не превышали 3,70 % (что меньше 5 %), а их остаточные деформации не превышали 0,026 %, что меньше 0,19 %, при котором наблюдается снижение $R_{сж}$ на 15 % для бетонов на карбонатном щебне.

Таблица 4

Результаты испытания бетонов на морозостойкость

Серия	№ состава	В/Ц	ИМ, %, от массы песка	Изменение массы образцов, %, после		Остаточные деформации, %, после	
				50 циклов	100 циклов	50 циклов	100 циклов
I	1	0,68	0	-1,18	-3,70	+0,007	+0,022
	2		5	-1,16	-2,85	+0,005	+0,017
	3		10	-1,22	-3,66	+0,009	+0,026
	4		15	-1,27	-2,78	+0,004	+0,018
	5		20	-1,18	-2,52	+0,005	+0,018
II	6	0,52	0	-1,13	-2,25	+0,006	+0,019
	7		5	-1,06	-2,68	+0,007	+0,014
	8		10	-1,18	-3,87	+0,008	+0,018
	9		15	-1,27	-2,12	+0,004	+0,015
	10		20	-1,25	-2,20	+0,006	+0,014
III	11	0,37	0	0,00	-0,65	+0,000	+0,000
	12		5	0,00	-0,62	0,000	+0,000
	13		10	0,00	-0,74	+0,002	+0,008
	14		15	0,00	-0,70	+0,003	+0,010
	15		20	0,00	-0,68	+0,004	+0,012

Выводы. Замена в бетоне части песка – до 20 % – известняковой мукой не снижает прочность и морозостойкость испытанных бетонов, что позволяет утилизировать отходы, образующиеся в карьерах при переработке карбонатных пород в щебень. При этом обязательными условиями для получения прочных и морозостойких бетонов являются применение пластифицирующих и воздухововлекающих добавок, дозировка которых обеспечивает получение бетонных смесей требуемой подвижности и содержание в бетоне условно замкнутых пор в количестве 5-6 % от объёма бетона.

Список литературы

1. Кратенко Э. Г. Бетоны с карбонатными микрозаполнителями. Обычные и специальные бетоны на минеральных вяжущих // Межвузовский сборник. Казань: КХТИ, 1985. С. 12-14.
2. Магомедэминов И. И. Оценка морозостойкости крупного наполнителя тяжелых бетонов: дис. ... канд. техн. наук. Л., 1981. 228 с.

3. Nerenst P. Frost Action in Concret. Chemistry of Cement. Proceedings of the 4-th Intern. Symp. Vashington, 1960. Vol. 2.
4. Каплан А. С. Исследование морозостойкости и методов ее оценки для бетонов с комплексными добавками электролитов и ПАВ: дис. ... канд. техн. наук. Рига, 1978. 236 с.
5. Крылов В. В. Исследование способов ускоренного контроля морозостойкости бетонов при изготовлении конструкций транспортных сооружений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1974. 27 с.
6. Магомедэминов И. И. К вопросу ускоренного определения морозостойкости бетонов по величине накопления остаточных деформаций. Обычные и специальные бетоны на минеральных вяжущих // Межвузовский сборник. Казань: КХТИ, 1985. С. 10-12.
7. Ярлушкина С. Х. Формирование контакта цементного камня с заполнителем в тяжелых бетонах при различных условиях твердения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1979. 23 с.
8. Ярлушкина С. Х., Ларионова З. М., Еромьян А. А. Влияние минералогического состава заполнителей на формирование структуры и механические свойства контактной зоны бетонов. Физико-химические исследования цементного камня и бетона // Сборник трудов НИИЖБ. Вып. 7. М., 1972. С. 114-120.
9. Буй В. И. Повышение качества известняков как заполнителей бетонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Л., 1962. 16 с.

PERFORMANCE OF CONCRETE INCORPORATING LIMESTONE DUST

Magomedeminov Israfil Iskenderovitch

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Three series of concrete mixtures with water-cement ratios of 0,68, 0,52 and 0,37 incorporated 5, 10, 15, and 20 percent limestone dust were made. A control mix was also included in each series. Both control and limestone dust mixtures were proportioned to have a slump 3,5-5,0 cm and an air content of $6 \pm 0,5$ percent. For each mixture superplasticizer C-3 and air-entraining admixtures was used.

The incorporation of up to 10 percent limestone dust as a partial replacement for fine aggregate in concrete with a W/c=0,68 and 5 percent limestone dust in concrete with a W/c=0,52 does not significantly affect the properties of fresh and hardened concrete. Regarding the hardened concrete, there is a significant increase in strength with an increasing amount of limestone dust in lean concrete. There is not evident in concretes which are relatively rich in cement.

Keywords: limestone dust, fine aggregate, compressive strength, freezing and thawing, durability

УДК 625.731

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (на примере автомобильной дороги «Вятка»)

Мирошин Александр Николаевич, Вайнштейн Виктор Мейлехович

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

Рассмотрены проблемы строительства автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях: высокие насыпи и строительство насыпей на слабых грунтах.

Ключевые слова: строительство автомобильных дорог, высокие насыпи, строительство на слабых грунтах, деформации земляного полотна

Введение. С изменением экономической ситуации в стране в последние годы под строительство инженерных сооружений зданий, карьеров, автомобильных дорог отводятся, как правило, земли, не пригодные для ведения сельского хозяйства. К таким территориям чаще всего относятся овраги, свалки, заболоченные участки, поймы рек. Все эти места относятся к сложным инженерно-геологическим территориям с точки зрения строительства на них и требуют тщательного и внимательного отношения к ним.

Цель работы – провести исследование некоторых ситуаций и проблем строительства автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях на конкретном примере автомобильной дороги «Вятка».

Решаемые задачи: 1) провести исследование возникшей сложной ситуации при строительстве и эксплуатации автомобильной дороги; 2) определить факторы, повлиявшие на возникшую ситуацию в сложных инженерно-геологических условиях.

Техническое моделирование. Для достижения поставленных целей были рассмотрены две ситуации при строительстве и эксплуатации автомобильной дороги «Вятка» на разных ее участках. Первая ситуация возникла на автомобильной дороге на подходе к городу Чебоксары. Была отсыпана высокая насыпь (рис. 1), но произошел оползень откосных частей насыпи. На рисунке показана симметричная половина поперечного разреза насыпи автомобильной дороги. Как правило, оползень является следствием или стечением нескольких факторов. Так и в этом случае повлияли несколько факторов. Это большие объёмы техногенного грунта, которые необходимо тщательно уплотнить, значительная высота насыпи с минимальными уклонами откосов. Перед оползнем прошли интенсивные дожди в течение нескольких дней, что привело к увеличению общей массы грунта, в том числе и откосной части. Смачивание дождем частиц грунта привело к уменьшению трения и сцепления между частицами грунта и образованию поверхности скольжения. Все эти факторы и привели к потере устойчивости откоса насыпи и оползню по классической круглоцилиндрической поверхности скольжения. Для устранения в последующем таких явлений были добавлены уступы и бермы в теле насыпи [1].

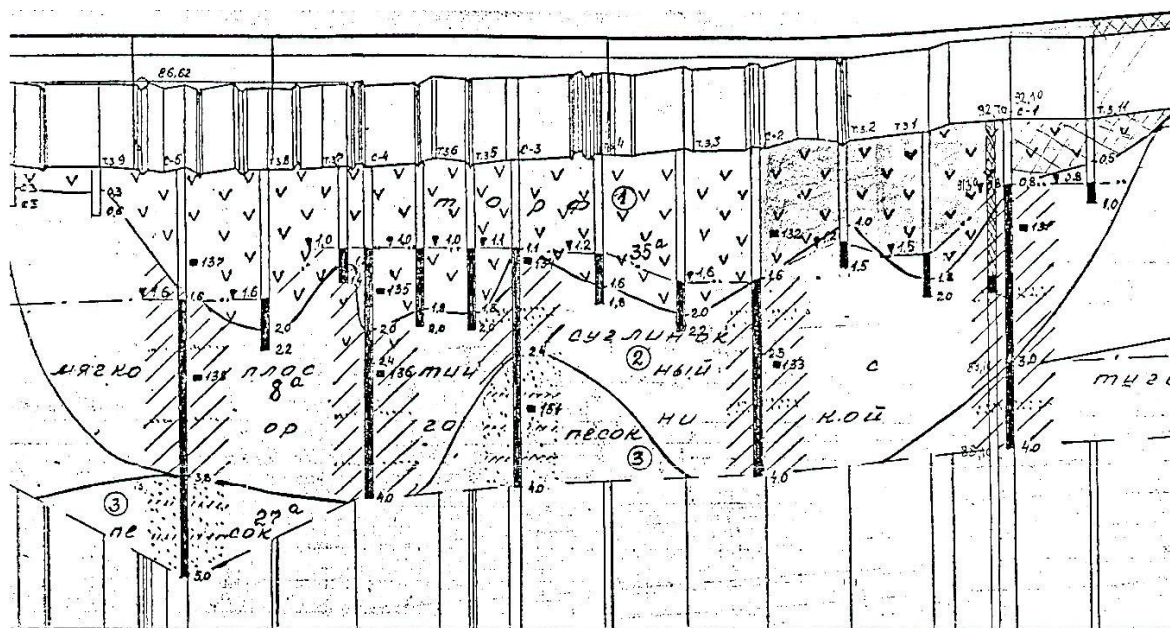


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез по оси трассы автомобильной дороги

Следующая ситуация сложилась на автомобильной дороге «Вятка» на участке обхода города Йошкар-Олы. При стандартных изысканиях трассы автомобильной дороги при хороших грунтах проводятся и инженерно-геологические изыскания на глубину, как правило, не более 3-4 метра, что и было сделано (рис. 2). Выявлено, что ниже поверхности земли залегает торф и суглинок пластичный с органикой. Данные грунты относятся к категории слабых сильносжимаемых грунтов. На таких грунтах строительство нежелательно. Было принято проектное решение – устройство насыпи с полной заменой слабых слоев грунта (рис. 3).

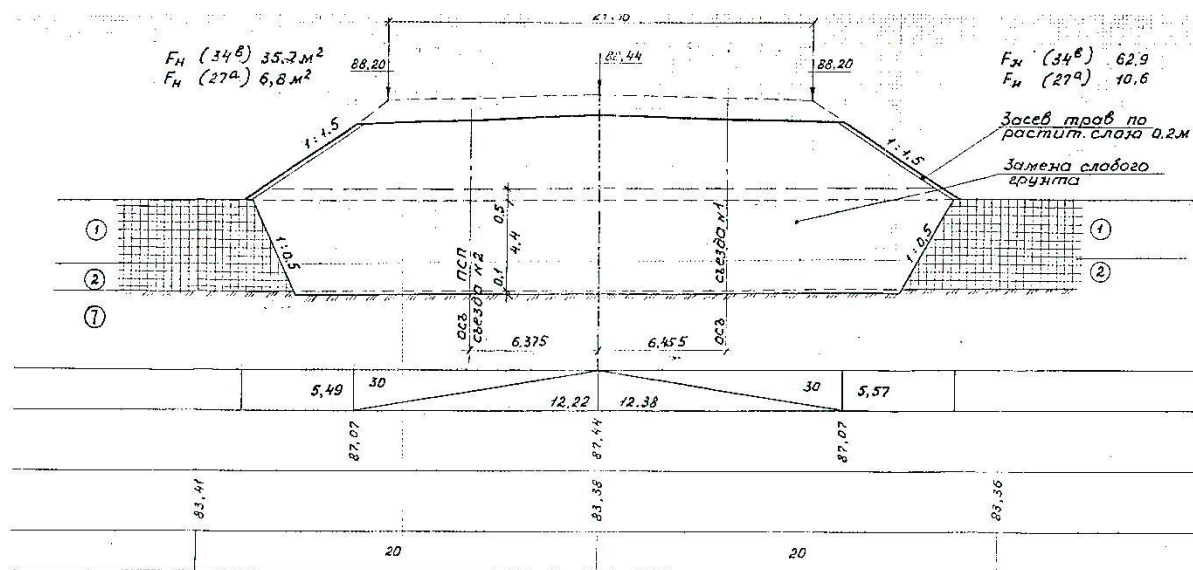


Рис. 3. Поперечный разрез насыпи с заменой слабого грунта

Строительство автомобильной дороги по проекту привело к неравномерным осадкам по длине строящейся автомобильной дороги. Причем осадки возрастали во времени. Анализ ситуации выявил следующие факторы этого явления. Инженерно-геологические изыскания по длине трассы автомобильной дороги в районе поймы реки М. Кокшага не выявили минеральное дно на участке слабых грунтов. Дополнительные изыскания показали, что минеральное дно находится на глубине 5...8 метров от поверхности земли. Отсюда и неравномерные и длительные осадки [2].

Интерпретация результатов. Анализ полученных результатов позволил все это учесть при строительстве следующей автомобильной дороги, которая проходила по пойме реки Ошла. Были проведены дополнительные исследования для определения толщи слабых грунтов. На основании мощности слабых грунтов численно смоделировано поведение слабых грунтов под нагрузкой от веса насыпи автомобильной дороги и определены конечные величины осадок и осадок насыпи во времени.

Выводы

1. Сложные ситуации, возникающие при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях и грунтах, являются, как правило, сочетанием нескольких факторов, влияющих на конечный результат.

2. Одинаковых геологических условий не бывает. И каждый случай, особенно со сложными грунтами, нужно рассматривать внимательно, добиваясь полной картины происходящего. Стандартные решения не всегда оправданы при сложных инженерно-геологических условиях.

3. Проведенный анализ проблем поможет избежать кризисных ситуаций в дальнейшем проектировщикам, строителям автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях.

Список литературы

1. Исследование изменения коэффициента вариации влажности глинистых грунтов по материалам геологических изысканий в Республике Марий Эл для одежд лесовозных дорог / В. М. Вайнштейн, П. А. Нехорошков, Е. В. Вайнштейн, А. Н. Мирошин // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 145.

2. 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. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. № 1(15). С. 64-73.

**SEVERAL ROAD CONSTRUCTION PROBLEMS UNDER DIFFICULT
ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS (evidence from the highway “Vyatka”)**

Miroshin Alekcandr Nikolaevich, Weinstein Victor Meylehovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Problems of construction of roads in difficult engineering and geological conditions: high embankments and the construction of embankments on soft soils.

Keywords: *construction of highways, high embankment construction on soft ground, deformation of subgrade*

УДК 624.012.4

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
КОНСТРУКЦИЙ НЕДОСТРОЕННОГО ЗДАНИЯ**

***Мотовилова Лия Павловна, Поздеев Виктор Михайлович,
Соловьев Николай Павлович***

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

Представлены результаты мониторинга технического состояния железобетонных конструкций недостроенного здания, возведение которого было остановлено 20 лет назад. Дан анализ видов дефектов и повреждений строительных элементов, динамики развития выявленных отклонений за период простоя объекта. Приведен расчет физического износа здания.

Ключевые слова: *монолитные стены, сборные перекрытия, обследование железобетонных конструкций, категории технического состояния, динамика развития повреждений, физический износ объекта*

Введение. В практике строительства возникают форс-мажорные ситуации, которые приводят к остановке возведения строительного объекта. Это может быть вызвано перерывами в финансировании проекта, банкротством предприятий, сменой владельца

строящегося здания или сооружения, предписаниями инспекционных организаций. При плановых остановках строительства нормами предусматривается выполнение мероприятий по консервации объекта. Выполняются работы по защите строительных материалов и конструкций от неблагоприятного воздействия внешних факторов. Это позволяет сохранить строение в техническом состоянии, пригодном для возобновления строительства.

Большое количество недостроенных объектов появилось в Российской Федерации, в том числе и в Республике Марий Эл, в начале 90-х годов прошлого столетия при изменении хозяйственно-имущественных отношений. Одним из таких объектов является недостроенный жилой дом, расположенный в г. Йошкар-Оле в микрорайоне 9 «В» (см. рисунок).



Общий вид обследуемого объекта – недостроенного жилого дома

Объект состоит из четырех секций. Блоки в плане имеют очертание близкое к прямоугольному (с выступами отдельных частей). Размеры в осях блоков I и IV составляют $14,6 \times 21,0$ м; размеры в осях блоков II и III составляют $14,6 \times 28,2$ м. По проекту здание десятиэтажное. На момент обследования блоки I и II возведены до уровня 3-го этажа (без перекрытий), блоки III и IV – до уровня 5-го этажа (без перекрытий). Высота этажей составляет 2,8 м. В здании имеется подвал.

По строительно-конструктивному решению, недостроенный объект – жилое здание монолитной стеновой конструкции с перекрытиями из сборных железобетонных плит. Наружные стены толщиной 500 мм выполнены из монолитного керамзитобетона. Внутренние стены толщиной 200 мм выполнены из монолитного тяжелого бетона. Перекрытия в основном устроены из сборных многопустотных железобетонных плит. Кроме того, использованы сплошные плиты из керамзитобетона толщиной 220 мм и монолитные участки из тяжелого бетона. Фундамент здания выполнен в виде железобетонной сплошной плиты.

В секциях жилого дома были выполнены работы по бетонированию стен, монтажу конструкций перекрытий, конструкций лестничных клеток, лифтовой шахты и вентиляционных каналов. Установлены или выложены из кирпича санитарно-технические кабины. Отделка конструкций здания не выполнялась. Строительство объекта было остановлено в 1995 году. Мероприятия по консервации объекта не выполнялись.

Цель работы – определение технического состояния несущих конструкций здания, анализ динамики развития повреждений с момента остановки строительства,

определение физического износа конструкций и здания в целом и разработка рекомендаций по ремонту и усилению конструкций для возможности возобновления дальнейшего строительства.

Решаемые задачи: 1) разработка методики и проведение технического обследования здания; 2) анализ динамики развития повреждений; 3) разработка методики для определения физического износа объекта.

Аналитическое моделирование. Для определения категории технического состояния обследуемых конструкций использовали методику [1]. Оценку физического износа объекта производили по правилам [2]. Под физическим износом конструкций следует понимать утрату ими первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности и др.) в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека. В таблицах [2] указаны правила определения процента износа в зависимости от вида и объема дефектов конструкций. К сожалению, в нормативном документе не предусмотрены правила оценки конструктивного элемента, имеющего коррозионные повреждения. Поэтому в данной работе физический износ на момент обследования выражается отношением стоимости объективно необходимых ремонтных мероприятий, устраняющих повреждения конструкций, к их рыночной стоимости [3].

Техника эксперимента. Обследование и оценка состояния конструкций проводилась по методике, разработанной на основе рекомендаций [1, 4].

В общем случае техническое обследование строительных конструкций включает подготовительные работы, натурное освидетельствование конструкций, уточнение нагрузок и воздействий, оценку физико-механических характеристик материалов конструкций, анализ результатов обследования.

К подготовительным работам по обследованию конструкций относилась сбор и анализ документации, знакомство с объектом обследования и составление рабочей программы обследования. Натурное освидетельствование включало в себя общий осмотр конструкций, детальный осмотр с инструментальной проверкой состояния элементов и узлов, их обмер. При общем осмотре уточнялась конструктивная схема элементов и узлов, определялось общее качественное состояние конструкций. Детальный осмотр производился для количественной оценки дефектов и повреждений элементов и узлов, замера их величин и привязки места расположения. В зависимости от состояния конструкций, выявленного при общем осмотре, детальный осмотр может быть сплошным или выборочным. Параллельно с детальным осмотром конструкций производился обмер элементов и узлов с целью выявления их геометрических характеристик. Обмеры носили выборочный характер.

Дефекты и повреждения железобетонных конструкций выявлялись при визуальном осмотре. Результаты натурного обследования конструкций представлены в виде ведомостей дефектов и повреждений, таблиц результатов обмера элементов и узлов.

Ведомости дефектов и повреждений составлялись по отдельным видам конструкций и включали геометрические схемы конструкций с указанием сечений и маркировки элементов и узлов, таблицы с указанием места расположения, вида и количественного показателя дефекта или повреждения. В необходимых случаях ведомости дополнялись эскизами элементов и узлов с дефектами и повреждениями, а также фотографиями.

В ходе обследования конструкций перекрытий, элементов лестничных клеток обнаружены следующие дефекты и повреждения конструкций:

- проступание и коррозия рабочей и конструктивной арматуры;

- коррозия рабочей и конструктивной арматуры с разрушением защитного слоя;
- разрушение бетона нижней поверхности вдоль пустот (выдавливание бетона при замерзании воды в пустотах);
- пробитые отверстия в пустотах на нижней поверхности плит;
- участки непровибрированного бетона нижней поверхности плит;
- трещины в плитах вдоль пустот;
- диагональные трещины в плитах;
- трещины вдоль расположения арматурных стержней;
- сколы бетона на различных участках плит с оголением и без оголения арматуры;
- местные проломы в плитах;
- смещение плит относительно друг друга («клавишность» плит);
- загрязнение поверхности плит, следы замачивания поверхности;
- плохое заполнение швов между плитами.

При обследовании участков стен из монолитного бетона выявлены следующие дефекты и повреждения:

- участки с плохо провибрированным бетоном;
- вертикальные, горизонтальные и наклонные трещины;
- плохо заделанные рабочие швы бетонирования;
- местные разрушения и сколы бетона стен;
- неровная поверхность стен и несоблюдение размеров элементов из-за смещений опалубки при бетонировании (дефекты производства работ);
- оголение и коррозия арматуры стен, особенно в углах сопряжения.

Наибольшее число повреждений вызвано коррозией арматурных стержней. Указанный дефект практически никогда не проявляется при нормальных условиях эксплуатации. В данном случае железобетонные конструкции недостроенного здания испытывали прямые воздействия атмосферных осадков в условиях широкого диапазона изменения температуры (замораживание – оттаивание). Кроме того, на интенсивность проявления коррозионных повреждений оказало влияние уменьшенная величина защитного слоя бетона в конструкциях.

Для определения прочности бетона использовался прибор неразрушающего контроля: электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4+, основанный на методе упругого отскока.

Мониторинг технического состояния зданий проводился на 12-м и 20-м году простоя объекта.

Анализ результатов. По полученным данным проведена сравнительная оценка количественных показателей категорий технического состояния конструкций, определённых при обследовании в 2007 и 2015 годах. Результаты классификации конструкций по категориям технического состояния приведены в таблице.

Обследование показало, что за 8 лет, прошедших между первым и вторым обследованиями количество дефектных конструкций существенно увеличилось. Так как 1-я и 2-я категории технического состояния (исправная и работоспособная) показывают на возможность эксплуатации конструкций с минимальным косметическим ремонтом, то наибольший интерес вызывает увеличение конструкций 3, 4 и 5-й категорий. Число плит перекрытия, классифицированных в ограниченно-работоспособную категорию (категория 3) возросло с 2 до 16 % (15 плит в 2007 году, 133 плиты в 2015 году). Число плит, находящихся в недопустимом и аварийном состоянии (категории 4 и 5), возросло с 0,3 до 1,7 %. По обследованным участкам монолитных стен выявлено, что количество конструкций 3-й категории возросло с 0,5 до 7 %.

**Категории технического состояния конструкций по результатам обследований,
проведенных в 2007 и 2015 гг.**

№ п/п	Вид конструкции	Год обследования	Количество обследованных конструкций, шт.	Распределение конструкций по категориям технического состояния, шт. / %				
				1	2	3	4	5
1	Плиты перекрытия и монолитные участки	2007	768	664	86	15	3	0
		2015	828	0	681	133	13	1
2	Балконные плиты	2007	93	82	9	2	0	0
		2015	93	0	85	6	2	0
3	Монолитные стены (участки)	2007	947	909	33	3	2	0
		2015	947	0	879	60	7	0
4	Элементы лестничных клеток	2007	60	57	3	0	0	0
		2015	60	0	58	2	0	0

Таким образом, накопление повреждений носит нелинейный характер. За первые 12 лет простоя объекта количество плит 3-5 категорий составляло 2 %, за последующие 8 лет их количество увеличилось до 16 %.

Существенного снижения прочностных показателей бетона не выявлено.

Для каждой конструкции был определен физический износ в процентах от первоначальной (восстановительной) стоимости.

Общий физический износ объекта определялся по формуле (п. 1.3 [1]):

$$\Phi_z = \sum_n^1 \Phi_k \ell_i,$$

где Φ_k – физический износ группы однотипных конструкций;

ℓ_i – коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания (определялся по имеющимся проектным сметным расчетам);

n – число отдельных конструкций, элементов или систем в здании.

В 2007 году показатель физического износа здания составлял 5,0 %, а в 2015 году увеличился до 17 %.

Выводы

1. На основе экспериментальных наблюдений за техническим состоянием железобетонных конструкций, проведенных в 2007 и 2015 годах, выявлена динамика нарастания количества поврежденных конструкций в недостроенном жилом доме.

2. Основным видом повреждений железобетонных конструкций является коррозионное поражение арматурных стержней и разрушение участков бетона из-за разрыва бетона в пустотах плит перекрытия в результате замораживания скопившейся в осенний период воды. Общий физический износ конструкций за первые 12 лет простоя объекта составлял 5 %, за последующие 8 лет увеличился до 17 %.

3. Предложена методика определения физического износа конструкций, которая учитывает не только степень влияния обнаруженных дефектов и повреждений на функциональные свойства конструктивных элементов, но и позволяет определить материальные затраты, необходимые для восстановления работоспособности элемента.

Список литературы

1. СП 13-102-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений / ФГУП «КТБ ЖБ», ГУП

«НИИЖБ», ГУП «ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, ГУП «НИИ Мосстроя». М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. 27 с.

2. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86(р) / Госгражданстрой. М.: Прейскурантиздат, 1988. 72 с.

3. Емадаков Р. Ю. Методологические подходы к классификации видов экономической конкуренции // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. 2013. № 1 (17). С. 27-39.

4. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: МНТКС, 2011. 89 с.

FEASIBILITY STUDY OF APPLY HOLLOW REINFORSED CONCRETE COLUMNS FOR THE PRECAST-MONOLITHIC BEAM FRAMING SYSTEMS

Motovilova Liya Pavlovna, , Pozdeev Victor Mihaylovich, Solovlev Nikolay Pavlovovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The results of monitoring of the technical state of reinforced concrete structures of unfinished buildings, the construction of which was stopped 20 years ago. Analyzes the types of defects and damage to building elements, the dynamics of the deviations identified during the period of inactivity of the object. The calculation of physical deterioration of the building.

Keywords: monolithic walls, precast floors, examination of reinforced concrete structures, the categories of technical condition, the dynamics of damage, wear and tear of the object

УДК 697.112

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

**Муреев Павел Николаевич, Котлов Виталий Геннадьевич,
Макаров Александр Николаевич, Сабанцева Ирина Сергеевна,
Иванов Андрей Владимирович**

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

Обсуждается область гражданского строительства. Объектом рассмотрения является теплопроводность наружных стен. Ключевая идея заключается в представлении лабораторного комплекса. Это устройство может производить непрерывный контроль температуры наружной стены в течение длительного времени. Материал, представленный в статье, может открыть новые перспективы для дальнейших исследований в области архитектуры и проектирования зданий и сооружений.

Ключевые слова: гражданское строительство, наружные стены, проектирование зданий

Введение. Сегодня при возведении стеновых ограждающих конструкций используют различные материалы. Их спектр на строительном рынке очень широк. Это материалы, к которым мы уже привыкли (дерево, кирпич), и новые – пенобетон, газобе-

тон, различные многослойные конструкции, композитные материалы. Производители предоставляют различные сертификаты о хороших теплозащитных свойствах материалов, но на практике это не всегда так.

В связи с повышением требований в области энергоэффективности ограждающих конструкций возникает много вопросов при проектировании новых объектов и реконструкции уже существующих [1]. Многие постройки не соответствуют современным требованиям по теплозащите. Поэтому необходимо проводить реконструкцию зданий, но без полного анализа существующей ситуации, происходящей в стенах, очень трудно сделать правильные выводы и провести грамотно и эффективно работу.

Цель работы – исследовать теплозащитные свойства образцов стеновых ограждений при помощи автоматизированного лабораторного комплекса в натуральных условиях.

Решаемые задачи: 1) получение наиболее полной и достоверной информации по теплозащитным качествам наружных ограждений путем проведения длительных натурных экспериментальных исследований; 2) разработка методики расчета и рекомендаций по определению распределения температуры в толще ограждения с учетом происходящих внутри ограждения процессов в течение всего осенне-зимнего периода, который для большей части территории России составляет более 6 месяцев; 3) лабораторный комплекс, созданный на базе строительного факультета ПГТУ, позволяет решить проблему, связанную с долгосрочностью проведения мониторинга изменения температур в толще ограждения.

Моделирование данных. В лаборатории строительной физики установлен стенд с пятью образцами материалов стеновых ограждающих конструкций, которые исследуются с помощью разработанного автоматизированного лабораторного комплекса. В каждый из пяти материалов: деревянный брус (рис. 1), многослойная конструкция производства фирмы «Стезя» (рис. 2), многослойная конструкция (рис. 3), газобетон фирмы «Bikton» (рис. 4), кирпичная стена толщиной 640 мм (рис. 5) – установлены термодатчики по всей толщине материала. С их помощью определяются данные об изменении температуры в стене.

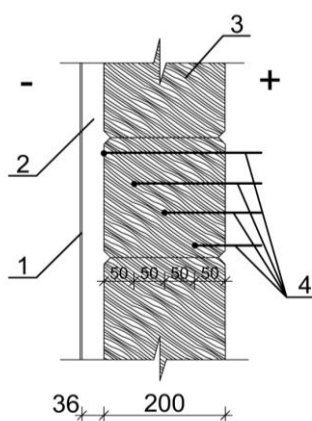


Рис. 1. Образец №1. Деревянный брус:
1 – металлический профиль;
2 – воздушная прослойка;
3 – деревянный брус;
4 – термодатчики ХК

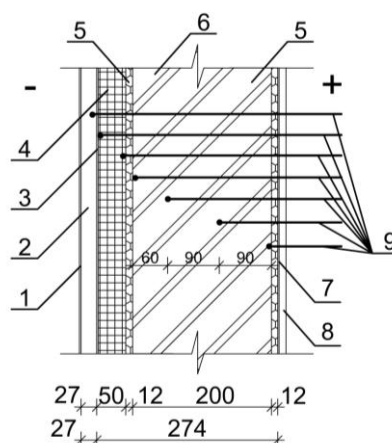


Рис. 2. Образец №2. Многослойная конструкция производства фирмы «Стезя»: 1 – металлический профиль; 2 – воздушная прослойка; 3 – штукатурка; 4 – фасадный утеплитель; 5 – плита OSB; 6 – теплоизоляция ISOVER; 7 – пароизоляционная пленка; 8 – гипсокартон; 9 – термодатчики ХК

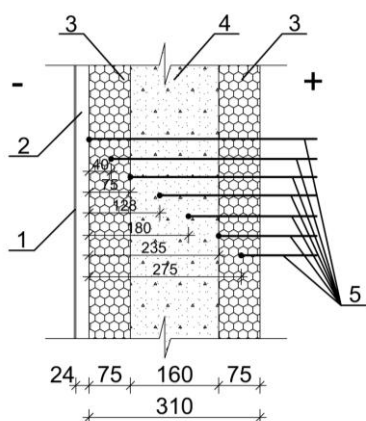


Рис. 3. Образец №3. Многослойная конструкция:
1 – металлический профиль; 2 – воздушная прослойка; 3 – пенополистирол; 4 – бетон;
5 – термонары ХК

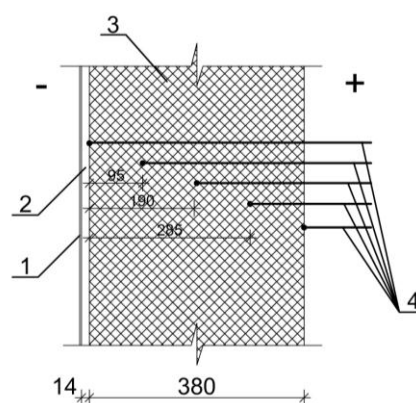


Рис. 4. Образец №4. Газобетон фирмы «Bikton»:
1 – металлический профиль; 2 – воздушная прослойка; 3 – газобетонные блоки;
4 – термонары ХК

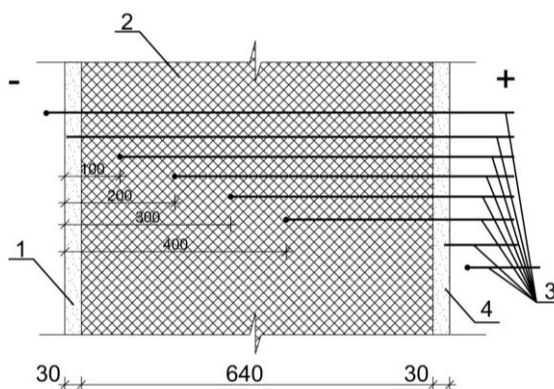


Рис. 5. Образец №5. Кирпичная стена:
1 – штукатурка; 2 – кирпичная кладка; 3 – термонары ХК; 4 – штукатурка

Основная цель разработки лабораторной установки – проведение температурного мониторинга исследуемой конструкции наружного ограждения по всей его толщине. Необходимость обеспечения непрерывности эксперимента в течение длительного периода времени потребовала от создателей установки решения ряда технических задач при создании лабораторной установки.

Первые же результаты эксперимента, полученные на лабораторной установке, подтвердили ее работоспособность. Непрерывно поступающая информация с приборов обрабатывается в виде таблиц и графиков. Лабораторная установка в процессе создания прошла несколько модификаций, которые были защищены патентами [2-5].

Первые модификации не учитывали в полном объеме внешние факторы, т.е. погодные условия (влажность, атмосферное давление, скорость и направление ветра, ультрафиолетовое излучение), что не позволяет корректно производить расчеты по теплофизическим характеристикам исследуемых образцов ограждений при обработке экспериментальных данных. Например, при проверке на возможность конденсации влаги в толще исследуемого ограждения необходимо знать не только температуру наружного воздуха t_H , но и его влажность φ_H , а также влажность внутреннего воздуха в помещении φ_B . При расчёте теплоустойчивости наружного ограждения в летний пе-

риод необходимо знать значения солнечной радиации, поступающей на наружную поверхность, максимальные и средние значения $I_{\max}$, $I_{\text{ср}}$.

Данная техническая задача решается путем установки с наружной стороны исследуемого образца метеостанции DAVIS instruments Vantage Pro2 (рис. 6). Она включает в себя датчики внутренней и наружной температуры, датчики относительной влажности воздуха внутри и снаружи, датчики атмосферного давления, датчик осадков, анемометр, датчик солнечной радиации, датчик ультрафиолетового излучения. Образцы исследуемых ограждений выполнены размером 1×1 м и установлены в специальных ячейках, оборудованных в ограждающих конструкциях и допускающих возможность замены. В каждом образце размещены термопары, расположенные по всей толщине, и тепломер, закрепленный на внутренней поверхности. Концы проводов от тепломера и термопар подсоединены к устройству контроля температуры и через адаптер с помощью разработанной программы соединены с ПК с выходом в Интернет. Лабораторная установка поясняется чертежом (рис. 6).

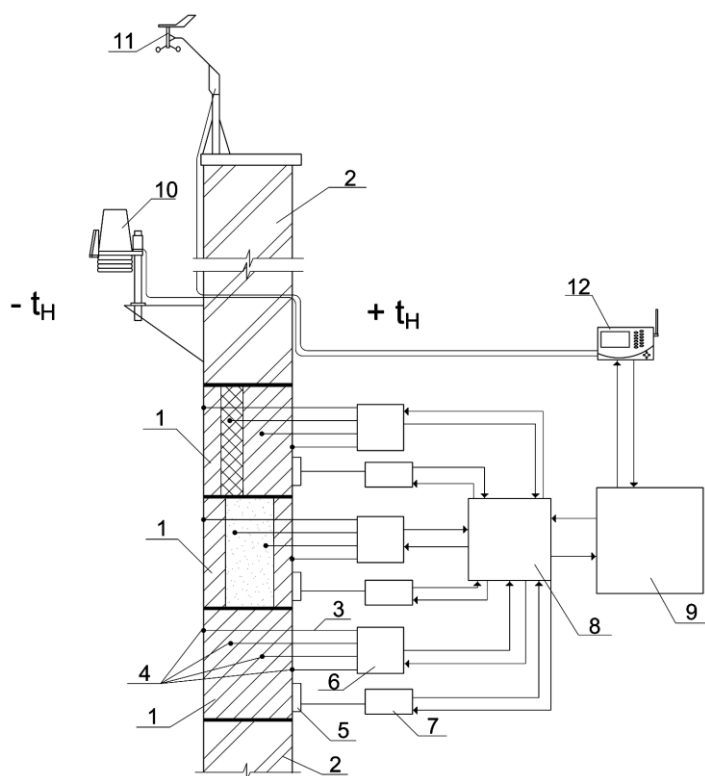


Рис. 6. Схема лабораторного комплекса:

- 1 – исследуемый образец наружного ограждения, 2 – наружная стена здания, 3 – термопарный кабель ХК (хромель-капель), 4 – сваренные концы термопар ХК, 5 – тепломер, 6 – устройство для измерения температур УКТ 38-Щ4, 7 – потенциометр, 8 – адаптер интерфейса RS232, 9 – компьютер, 10 – метеостанция кабельная DAVIS instruments Vantage Pro2, 11 – флюгер анемометра, 12 – консоль Vantage Pro2

Обработка данных. Данные непрерывного температурного мониторинга исследуемого ограждения здания по всей его толщине ежеминутно непрерывно в течение нескольких лет поступают на компьютер и формируются в базы данных. Затем эти данные обрабатываются и используются в работе. Обработка результатов эксперимента происходит в режиме on-line с выходом в Интернет.

Выводы. В рамках исследований была разработана новая модификация автоматизированного лабораторного комплекса, дополненная метеостанцией DAVIS instruments Vantage Pro2. Применение метеостанции в лабораторной установке расширяет возможности теплофизических исследований ограждающих конструкций.

Список литературы

1. Егоров А. В. Инерционный метод оценки энергетической эффективности гусеничных лесных машин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2 (12). С. 55-60.
2. Патент на полезную модель № 94709. Устройство для определения теплотехнических качеств ограждающих конструкций зданий и сооружений по температуропроводности в натурных условиях / П.Н. Муреев, Б.Г. Герасимов, Т.И. Краева и др. Оpubл. 27.05.2010, Бюл. № 15.
3. Патент на полезную модель № 124395. Устройство для определения теплофизических качеств ограждающих конструкций зданий и сооружений в натурных условиях / Муреев П.Н. и др. Оpubл. 20.01.2013, Бюл. № 2.
4. Патент на полезную модель № 135420. Лабораторная установка для определения теплотехнических характеристик образцов стеновых ограждений при длительных режимах испытаний год и более в натурных условиях / Муреев П.Н. и др. Оpubл. 10.12.2013.
5. Патент на изобретение РФ № 2454659. Способ оценки теплофизических характеристик ограждающих конструкций зданий и сооружений, выполненных из кирпича в зимний период по результатам испытаний в натурных условиях / Муреев П.Н. и др. Оpubл. 27.06.2012 г. Бюл. №18.

RESEARCH OF THERMAL PHYSICS PROPERTIES OF THE SAMPLE EXTERNAL WALLS WITH HELP AUTOMATED LABORATORY COMPLEX IN NATURAL CONDITIONS

Mureev Pavel Nicolaevich, Kotlov Vitaliy Gennadevich, Makarov Aleksandr Nikolaevich, Sabanceva Irina Sergeevna, Ivanov Andrew Vladimirovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The paper under discussion covers the area of civil engineering and deals with the object of thermal conductivity of exterior walls. The key idea is to present the laboratory complex. This device can produce continuous monitoring temperature of the exterior wall for a long time. The material presented can open new prospects for further research. It seems to be interesting to those who work in the field of structural engineering and architecture.

Keywords: *civil engineering, exterior walls, structural engineering*

УДК 630.378

**ВИХРЕВАЯ МОДЕЛЬ ПЛОСКОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СТРУИ,
ФОРМИРУЕМОЙ ПРИ СОПРЯЖЕНИИ БЬЕФОВ**

Поздеев Анатолий Геннадиевич, Кузнецова Юлия Анатольевна

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

Для решения задачи о распространении плоской ламинарной гидравлической струи разработана модель вихревой границы, основанная на схеме катящихся вихрей. Установлено, что геометрическим местом центров равновесия вихрей, катящихся без скольжения по гра-

нице струи, является цепная линия. Для оценки адекватности предлагаемой вихревой модели осуществлено ее сравнение с известными решениями задачи о движении бесконечно тонкой струи типа источника на основе теории пограничного слоя.

Ключевые слова: ламинарный пограничный слой, плоская гидравлическая струя, катящийся вихрь, линия тока, точечный источник

Введение. При эксплуатации гидроузлов возникают экологические проблемы, связанные с образованием воронки размыва в нижнем бьефе при значительных скоростях сбрасываемого потока. Разработка оценки устойчивости гидроузлов осложняется отсутствием комплексного подхода к анализу русловых процессов, согласованному с теорией плоских гидравлических струй [1, 2].

Число задач о движении несжимаемой жидкости, решение которых удастся получить на основе точных уравнений Навье – Стокса, крайне ограничено, а решение задачи о распространении плоской ламинарной струи-источника на основе уравнений Навье – Стокса до сих пор не получено. В связи с этим наряду с численными решениями конкретных задач в теории ламинарных струй большое значение имеют общие методы решения, основанные на теории пограничного слоя.

Цель работы – разработка методики решения задачи распространения плоской ламинарной гидравлической струи на основе схемы распределенных вихрей, катящихся по ее границе.

Решаемые задачи: 1) получить уравнения вихревой границы плоской ламинарной струи по схеме катящихся вихрей; 2) вывести безразмерное обыкновенное дифференциальное уравнение из системы уравнений пограничного слоя на основе модели вихревой границы струи; 3) доказать идентичность зависимостей для кинематических характеристик плоской ламинарной гидравлической струи, полученных на основе вихревой теории и теории пограничного слоя.

Математическое моделирование. Рассмотрим плоское движение материальной точки n (рис. 1), положение которой определяется радиус-вектором $\bar{\rho}$ и полярным углом θ , со скоростью $\bar{u}_\tau$.

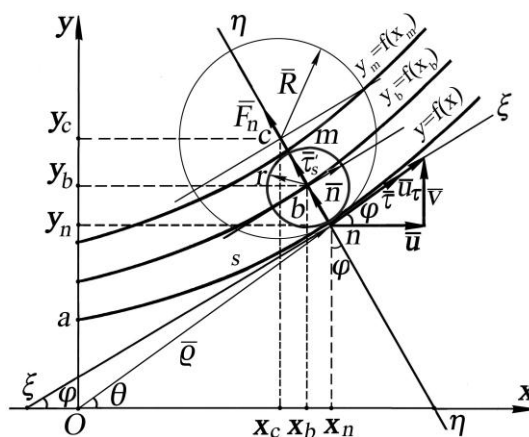


Рис. 1. Движение материальной точки вдоль плоской кривой:

$y = f(x)$ – уравнение кривой s ; R – радиус кривизны; $\bar{\tau}$ – касательная к кривой;

$\bar{n}$ – нормаль к кривой; $\bar{\tau}'_s = \frac{d\bar{\tau}}{ds} = k\bar{n}$ – производная вектора касательной $\bar{\tau}$ по длине дуги s

Вектор скорости $\bar{u}_\tau$, касательный к траектории движения $y = f(x)$ в точке n , имеет векторы проекций на оси x и y в декартовой системе координат $хоу$ равные $\bar{u} = \bar{u}_\tau \cos \varphi$ и $\bar{v} = \bar{u}_\tau \sin \varphi$. Ускорение $\bar{a}$ точки n является искомым вектором [3].

Нормальная составляющая силы создает кривизну траектории $k = F_n / mu_\tau^2$, которая геометрически, по определению дифференциала дуги (1), равна $k = |y''| / (1 + y'^2)^{3/2}$.

Поместим слой круговых вихрей постоянного радиуса r над плоской кривой $y = f(x)$ таким образом, что вихри будут катиться без скольжения под кривой $y_m = f(x_m)$, эквидистантной исходной [3]. Схема катящихся вихрей, введенная в гидромеханику М.Д. Миллионщиковым [4], показала достаточную эффективность при моделировании обтекания твердых криволинейных поверхностей [5].

Циркуляция по граничной окружности вихря равна $\Gamma = 2\pi u_\tau$. Относительная скорость центра вихря $u_{отн}$ равна по модулю проекции касательной к траектории движения скорости $\bar{u}_\tau$ в точке n , но противоположного знака

$$|\bar{u}| = u = \frac{u_\tau}{2} \cos \varphi. \quad (1)$$

Величина силы, действующей на катящийся вихрь, по формуле Жуковского,

$$F = \rho u \Gamma = 2\pi \rho u u_\tau = \pi \rho u_\tau^2 \cos \varphi. \quad (2)$$

В рассматриваемом случае вихрь движется относительно жидкости со скоростью $u_{отн}$, поэтому, по правилу Жуковского, сила $\bar{F}$ направлена вдоль оси ординат (рис. 2).

Проекция силы $\bar{F}$ на направление единичной нормали $\bar{n}$ определяется следующим образом:

$$F_n = F \cos \varphi = \pi \rho u_\tau^2 \cos^2 \varphi. \quad (3)$$

Кривизна траектории после подстановки силы F_n принимает вид

$$k = \frac{F_n}{mu_\tau^2} = \frac{\pi \rho u_\tau^2 \cos^2 \varphi}{\pi^2 \rho u_\tau^2} = \frac{\cos^2 \varphi}{r}. \quad (4)$$

С учетом геометрического определения кривизны получим дифференциальное уравнение второго порядка $\frac{y''}{\sqrt{1+y'^2}} = \frac{1}{r}$, (5)

интеграл которого дает уравнение цепной линии $y = r \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{x}{a} + C_1\right) + C_2$. (6)

При $x = 0$ производная $y' = 0$ и $\operatorname{sh}(C_1) = 0$, поэтому $C_1 = 0$. Из условия $y(0) = r$ получим $r \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{0}{r}\right) + C_2 = r$ или $C_2 = 0$.

Искомое уравнение границы имеет вид $y = r \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{x}{r}\right)$. (7, а)

Если при $x = 0$ производная $y' = 0$ и одновременно $y(0) = 0$, то при $C_1 = 0$ получим $r \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{0}{r}\right) + C_2 = 0$ или $C_2 = -r$. В этом случае граница будет исходить из начала

координат, ее уравнение примет вид $y = r \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{x}{r}\right) - r$. (7, б)

Компоненты скорости u_τ в проекции на оси декартовой системы координат x и y равны соответственно

$$u = u_\tau \cos \varphi = u_\tau \frac{1}{\operatorname{ch}\left(\frac{x}{a}\right)} = u_\tau \operatorname{sech}\left(\frac{x}{a}\right); \quad v = u_\tau \sin \varphi = u_\tau \operatorname{th}\left(\frac{x}{a}\right). \quad (8)$$

Уравнения количества движения и непрерывности пограничного слоя в случае плоской затопленной струи, истекающей в покоящуюся жидкость, имеют вид [6]:

$$u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + v \frac{\partial u_1}{\partial y_1} = \nu \frac{\partial^2 u_1}{\partial y_1^2}; \quad \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial v_1}{\partial y_1} = 0. \quad (9)$$

На линии симметрии $y_1 = 0$ продольная составляющая вектора скорости должна быть наибольшей, а поперечная составляющая должна обратиться в нуль, что дает граничные условия: $\frac{\partial u_1}{\partial y_1} = 0$ и $v_1 = 0$ при $y_1 = 0$. (10)

Для струи, распространяющейся в бесконечность, $u_1 \rightarrow 0$ при $y_1 \rightarrow \infty$. (11)

Если на основе теории подобия и размерности выразить продольную координату x_1 в масштабе длин L , а поперечную координату y_1 — в масштабе $Y = L / \sqrt{\operatorname{Re}} = \sqrt{\nu L / U}$, где $\operatorname{Re} = UL / \nu$ — число Рейнольдса, U — масштаб продольной скорости u_1 , ν — коэффициент кинематической вязкости, то для струи типа источника уравнения пограничного слоя (9) можно свести к одному обыкновенному дифференциальному уравнению.

Формулы перехода от безразмерных координат и скоростей к размерным будут:

$$x_1 = Lx = \frac{J^2}{\alpha^2 \rho^2 \nu U^3} x; \quad y_1 = Yu = \frac{L}{\sqrt{\operatorname{Re}}} y = \frac{J}{\alpha \rho U^2} y; \quad u_1 = Uu; \quad v_1 = \frac{U}{\sqrt{\operatorname{Re}}} v = \frac{\alpha \rho \nu U^2}{J} v. \quad (12)$$

Уравнения пограничного слоя (9) при переходе к безразмерным координатам и скоростям примут вид: $u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + v \frac{\partial u_1}{\partial y_1} = \nu \frac{\partial^2 u_1}{\partial y_1^2}; \quad \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial v_1}{\partial y_1} = 0. \quad (13)$

Полное количество движения плоской струи вдоль оси x_1 равно $J = \int_{-\infty}^{\infty} \rho u_1^2 dy_1, \quad (14)$

где ρ — плотность жидкости; u_1 — продольная скорость струи.

Введение размерной функции тока $\psi_1(x_1, y_1)$, $\text{м}^2/\text{с}$, из условий $u_1 = \frac{\partial \psi_1}{\partial y_1}$ и $v_1 = -\frac{\partial \psi_1}{\partial x_1}$ позволяет объединить уравнения количества движения и неразрывности плоской струи в одно уравнение третьего порядка

$$\frac{\partial \psi_1}{\partial y_1} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial x_1 \partial y_1} - \frac{\partial \psi_1}{\partial x_1} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial y_1^2} = \nu \frac{\partial^3 \psi_1}{\partial y_1^3} \quad (15)$$

с граничными условиями

$$\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial y_1^2} = 0, \quad \psi_1 = 0 \text{ при } y_1 = 0, \quad \frac{\partial \psi_1}{\partial y_1} \rightarrow 0 \text{ при } y \rightarrow \pm \infty. \quad (16)$$

Дальнейшее решение производится в среде MathCad (рис. 2).

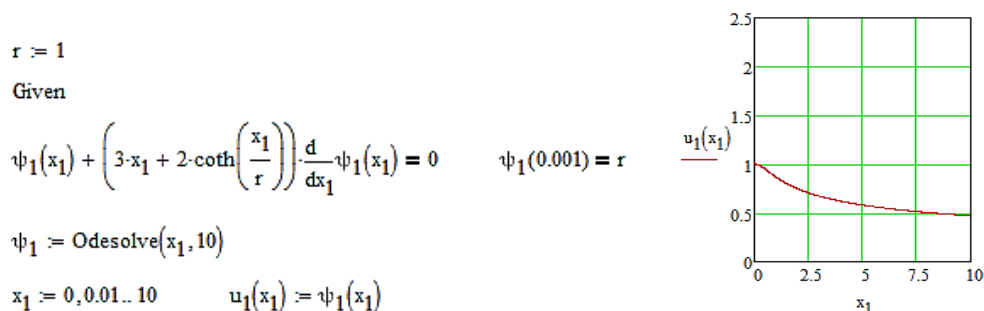


Рис. 2. Вычисление продольной скорости струи $u(\zeta)$ в функции независимой безразмерной переменной ζ при заданном законе изменения границы струи

Запишем общий вид решения в безразмерных координатах $\Psi = \Psi(x, y)$ и размерных координатах $\psi_1 = \Psi_m \Psi\left(\frac{x_1}{L}, y_1 \sqrt{\frac{U}{\nu L}}\right) = \frac{J}{\rho U} \Psi\left(\frac{\rho^2 \nu U^3}{J^2} x_1, \frac{\rho U^2}{JK} y_1\right)$.

Для того чтобы правая часть этого выражения не зависела от U , общий вид решения должен быть следующим

$$\Psi = x^{1/3} \psi(y/x^{2/3}). \quad (17)$$

В результате дифференцирования (17) с учетом зависимости $\zeta = yx^{-2/3}$ получим следующие выражения для безразмерных скоростей:

$$u = x^{-1/3} \frac{1}{ch^2 \frac{\zeta}{\sqrt{6}}}; \quad v = \frac{1}{3} x^{-2/3} \left[\frac{2\eta}{ch^2 \frac{\zeta}{\sqrt{6}}} - \sqrt{6} \cdot th \frac{\zeta}{\sqrt{6}} \right]. \quad (18)$$

Для максимальной скорости на линии симметрии будем иметь $u_m = x^{-1/3}$.

Связь между продольной и максимальной скоростью выражается в виде

$$u = u_m \frac{1}{ch^2 \frac{\zeta}{\sqrt{6}}}. \quad (19)$$

На рисунке 3 приведены графики зависимостей осевой скорости $u_1 = f(\zeta)$ при различных x_1 и функции $u_1 = f(x_1)$ при изменении ζ .

Сравнение функций $u(\zeta)$, приведенных на рисунках 2 и 3, свидетельствует о совпадении аналитического и численного решения дифференциальных уравнений пограничного слоя с результатами применения модели вихревой границы струи.

Выводы

1. Действующую на криволинейную границу струи силу можно определить как силу Жуковского, приложенную к свободному вихрю в плоском однородном потоке идеальной жидкости. В результате получено геометрическое место центров равновесия вихрей, которое имеет вид уравнения цепной линии.

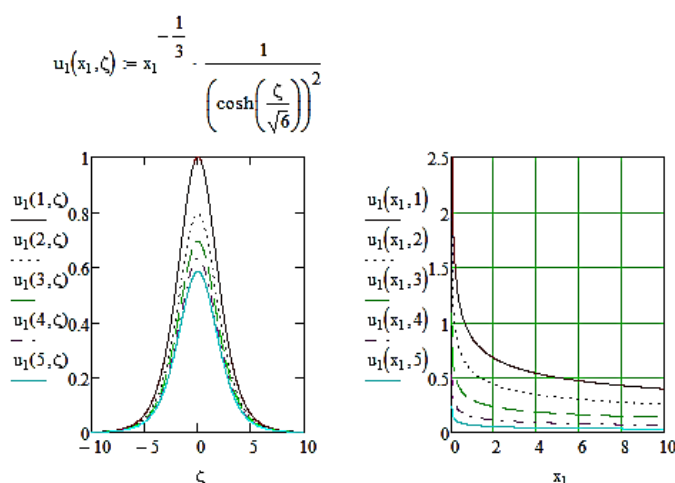


Рис. 3. Функция осевой скорости струи от безразмерной переменной

2. Полученные на основе модели вихревой границы распределения компонент скорости касательных к линии тока в проекции на оси координат, удовлетворяют уравнениям количества движения и непрерывности пограничного слоя.

3. Можно считать доказанной гипотезу об идентичности зависимостей для кинематических характеристик плоской ламинарной гидравлической струи, полученных на основе вихревой теории и теории пограничного слоя.

Список литературы

1. Кузнецова Ю. А. Средства инженерно-экологической защиты нижних бьефов гидроузлов: монография. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. 260 с.
2. Кузнецова Ю. А. Методика расчёта эколого-экономического риска эксплуатации гидротехнических сооружений // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. 2014. № 1. С. 75-85.
3. Pozdeev A. G., Kuznetsova Y. A. Model of vortex boundary of plane laminar hydraulic jet // Life Science Journal. 2014. № 11(12). P. 513-531.
4. Миллионщиков М. Д. Турбулентные течения в пограничном слое и трубах. М.: Наука, 1969. 52 с.
5. Поздеев А. Г., Кузнецова Ю. А. Механизм двумерного отрыва потока // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 1. С. 40-45.
6. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: ГИТТЛ, 1955. 520 с.

VORTEX MODEL OF PLANE HYDRAULIC JET FORMED AT CONJUGATION OF RACES

Pozdeev Anatoly Gennadievich, Kuznetsova Yulia Anatolievna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

To solve the problem of spread of the plane laminar hydraulic jet, we developed the vortex boundary model, based on the scheme of rolling vortices. It is established that the locus of centers of equilibrium of the vortices, rolling without slipping along the jet boundary, is a catenary curve. To assess the adequacy of the proposed vortex model, it is compared with known solutions to the problem of motion of the infinitely thin jet of source type on the basis of the boundary layer theory.

Keywords: laminar boundary layer, plane hydraulic jet, rolling vortex, flow line, point source

УДК 625.844

УПЛОТНЯЕМОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ОТХОДАМИ ДРОБЛЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ

*Салихов Мухаммет Габдулхаевич, Малянова Лидия Ивановна,
Лужецкая Надежда Сергеевна, Попов Дмитрий Александрович*

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

Рассмотрены результаты лабораторного исследования уплотняемости модифицированной добавкой кубовых остатков производства анилина горячей мелкозернистой асфальтобетонной смеси с отходами дробления известняков при уплотнении различными статическими нагрузками, продолжительности действия нагрузок и температуры смеси в начале уплотнения.

Ключевые слова: горячая асфальтобетонная смесь, модифицирующая добавка, кубовые остатки производства анилина, уплотняемость

Введение. Как известно, долговечность покрытий автомобильных дорог в большой степени зависит от плотности укладки конструкционного материала. Для асфальтобетонов классического состава режимы уплотнения изучены достаточно хорошо и включены в действующие регламенты.

Горячие плотные мелкозернистые асфальтобетоны должны быть уложены в покрытие с остаточной пористостью 2,5...5,0 % [1, 2]. При значениях остаточной пористости свыше 5,0 % асфальтобетоны при пониженных температурах становятся неморозостойкими и неводостойкими, а при её значениях менее 2,5 % и повышенных температурах свободный битум из-за температурного расширения может вытесняться на поверхность покрытия. При этом асфальтобетон в покрытии будет терять пластичность и ухудшать свои свойства [3]. При уплотнении асфальтобетона до получения значений коэффициента уплотнения ($k_{упл}$) свыше 0,99 в покрытии могут появиться волосняные трещины [4]. Это может привести к снижению его долговечности.

Значения объема остаточных пор установлены из расчета того, чтобы они на 15 % были больше объема потенциально выжимаемого свободного битума при максимальных температурах покрытия.

По исследованиям А.М. Богуславского [5], А.А. Иноземцева [6], Л.Б. Гезенцева [7] и других [1, 4], горячую мелкозернистую асфальтобетонную смесь в верхнем слое покрытия уплотняют комплектом статических гладковальцовых катков в составе одного легкого катка с массой до 8 т за 4...6 проходов по одному следу и двух тяжелых самоходных гладковальцовых катков массой 10...18 т, либо самоходных пневмошинных катков массой 16 и 30 т, либо виброкатков массой 4 и 8 т. Количество проходов тяжелых катков по одному следу зависит от вида асфальтобетона и толщины укладываемого слоя. По исследованиям А.М. Богуславского [5], количество проходов катков при толщине слоя покрытия 3 см составляет 25, по рекомендациям [2] – 20...25. При значениях толщины покрытия 1, 2, 3, 4 и 5 см относительно толщины 3 см количество проходов катка изменяется с коэффициентом 0,35; 0,70; 1,0; 1,6 и 2,1. Для нижнего слоя покрытия требуется 12...15 проходов тяжелого катка по одному следу. При

включении в состав звена тяжелых самоходных пневмошинных катков может быть использована схема: предварительное уплотнение (прикатка) легким статическим катком за 2...3 прохода, затем тяжелым катком на пневмошинах за 8...10 проходов (иногда за 10...12 проходов) и окончательно за 2...4 прохода тяжелым статическим гладковальцовым катком по одному следу. Уточненная схема и количество проходов катков по одному следу устанавливается в процессе пробной укатки [2].

Скорость перемещения легких катков рекомендуется принять в интервале 1,5...2,0 км/ч, для тяжелых статических катков – 3...5 км/ч и для пневмошинных катков – 5...8 км/ч [3]. При наличии вибрационных катков первые два-три прохода катки делают при выключенном вибраторе, затем три-четыре прохода – с включенным вибратором. Далее проводят дополнительное уплотнение тяжелым статическим катком за 6...10 проходов по одному следу.

При укладке горячих смесей важную роль играет температура, при которой необходимо её уплотнять. Специальными исследованиями установлено, что наиболее эффективное уплотнение горячих асфальтобетонных смесей типа Б происходит в интервале температур от +130 °С до +80 °С [7] или от 90 °С до +100 °С [5].

Цель работы – проверка предположения, что при введении в состав асфальтобетонной смеси небольшого количества отхода местной химической промышленности наименьшее значение температуры окончания процесса уплотнения может быть снижено, т.е. отход может служить в качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) [2, 7].

Решаемые задачи. Эффективность уплотнения повышается также при увеличении толщины уплотняемого слоя. Вышеизложенное можно считать корректным и установленным для случая уплотнения асфальтобетонных смесей классических составов и при введении известных ПАВ. Для новых составов режимы уплотнения и параметры уплотняющих средств должны уточняться в ходе специальных исследований.

Моделирование. В данной работе представлены результаты лабораторного исследования уплотняемости (формуемости) модифицированной и немодифицированной горячих мелкозернистых асфальтобетонных смесей с отходами дробления известняков [8, 9] следующих составов (в % от массы минеральной части):

а) немодифицированной смеси: щебня М 1200 фр. 5...20 мм – 47,0; дробленого песка (отходов дробления прочных пород) – 40,0; отходов дробления известняков М 400 фр. 0...5 мм – 13,0; битума вязкого БНД 90/130 – 4,8 (сверх 100 %);

б) модифицированной смеси: такого же состава, однако при этом в битум добавляются 0,5 % (от массы битума) кубовых остатков производства анилина Новочебоксарского химического завода Чувашской Республики.

Техника эксперимента. Отвешивали требуемое для формования стандартных образцов количество компонентов модифицированных и немодифицированных асфальтобетонных смесей, поочередно нагревали до 130...150 °С. После этого компоненты тщательно перемешивали между собой и засыпали при послойном штыковании в стандартные стальные формы диаметром 71,4 мм. Измеряли высоту уложенной в формы смеси. Затем смесь в формах поочередно подвергали формованию под давлениями 10, 20, 30, 40 и 50 МПа [10]. При каждой ступени меняли продолжительность процесса давления формования (уплотнения) в течение 1, 3, 4, 5 минут. При этом отформованные образцы асфальтобетона выталкивали из форм, нумеровали, взвешивали и измеряли высоту. Далее по стандартной методике устанавливали значения средней плотности. В другой серии опытов смесь формовали при постоянном значении давле-

ния 40 МПа в течение 3 минут; при этом изменяли значения температуры смеси в начале уплотнения от +61 до +157 °С. Температуру смеси измеряли дистанционно при помощи пирометра. В этой серии опытов образцы одновременно с измерением их высоты и массы подвергали испытанию на сжатие при +20 °С после хранения в течение не менее одних суток.

Интерпретация результатов. Результаты выполненных лабораторных экспериментов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Значения средней плотности модифицированного асфальтобетона
с отходами дробления известняков типа Б, г/см³**

Продолжительность, мин.	Давление формования, МПа					
	0	10	20	30	40	50
1	2	3	4	5	6	7
1	2,11	2,43	2,42	2,42	2,43	2,42
2	2,11	2,43	2,44	2,43	2,43	2,43
3	2,11	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
4	2,11	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
5	2,11	2,49	2,49	2,49	2,49	2,49

Как видно из таблицы 1, значения средней плотности образцов модифицированных асфальтобетонов с отходами дробления известняков типа Б подвергаются уплотнению при нагрузках, не превышающих 10 МПа, и дальнейшее повышение их значений не целесообразно. Для всех значений давлений эффективной продолжительностью уплотнения (формования) следует считать 4 минуты. Это время на одну треть превышает значения продолжительности уплотнения немодифицированных смесей с отходами дробления известняков. Полученный результат может быть объяснен тем, что при введении ПАВ снижается величина свободной поверхностной энергии каменных заполнителей. В результате этого при воздействии внешней нагрузки крупные зерна в системе будут смещаться относительно друг друга легче. Наибольшая плотность образца асфальтобетона достигается при меньших значениях уплотняющей нагрузки. В этом случае должна возрасти роль процессов внутреннего трения асфальтобетона.

Из табл. 2 следует, что немодифицированная асфальтобетонная смесь с отходами дробления известняков типа Б наиболее эффективно уплотняется в интервале начальных температур смеси от +100 °С до +115 °С. Это ниже верхнего предела на 25 °С, чем для асфальтобетонов классического состава. При этом следует отметить, что модифицированная смесь при одинаковых режимах и температурах уплотняется лучше, чем немодифицированная смесь с отходами дробления известняков. Данный результат может быть объяснен тем, что при повышенных температурах из-за введения в битум кубовых остатков производства анилина, во-первых, значения кинематической вязкости вяжущего также падают; во-вторых, из-за снижения поверхностной активности и присутствия на их поверхностях пленки вяжущего взаимное смещение минеральных составляющих под воздействием сжимающих усилий облегчается. Поэтому при добавлении вышеназванных кубовых остатков, с одной стороны, их уплотняемость должна улучшаться, с другой – при повышенных температурах из-за снижения когезии вяжущего будет снижаться сопротивляемость таких асфальтобетонов разрушению

при одноосном сжатии. В то же время нужно подчеркнуть, что модифицированную смесь можно готовить при меньших температурах, т.е. с меньшими затратами энергии.

Таблица 2

Значения средней плотности и предела прочности при сжатии немодифицированного и модифицированного асфальтобетонов с отходами дробления известняков при температуре +20 °С

Температура формирования, °С	Немодифицированный асфальтобетон		Модифицированный асфальтобетон	
	средняя плотность, г/см ³	предел прочности при сжатии, МПа	средняя плотность, г/см ³	предел прочности при сжатии, МПа
1	2	3	4	5
61	2,46	7,05	-	-
70	2,46	7,45	2,48	7,30
72	2,46	-	2,43	7,70
84	2,41	7,80	2,43	7,70
85	-	-	2,48	-
90	-	-	2,43	7,70
91	2,27	-	-	-
105	-	-	2,44	7,90
109	2,39	6,95	-	-
110	2,31	8,70	-	-
125	-	-	2,48	7,00
130	2,47	7,25	2,54	6,49
135	-	-	2,40	-
150	-	-	2,58	5,52
157	2,33	4,60	-	-

Результаты экспериментов позволяют уточнить рекомендации по формированию состава отряда для уплотнения укладываемого слоя из модифицированной горячей асфальтобетонной смеси с отходами дробления известняков. Следует полностью отказаться от тяжелых катков и включить в состав отряда только легкие статические катки. Количество проходов их по одному следу, по сравнению со случаем уплотнения немодифицированных смесей, по-видимому, следует увеличивать. Необходимо дополнительно изучить зависимость количества проходов катков по одному следу от толщины уплотняемого слоя. Скорость движения катков на начальном этапе укатки должна быть снижена из-за необходимости обеспечения напряженного состояния уплотняемой массы под вальцом в течение более длительного времени. К концу укатки скорость движения катков увеличивается. Уточнение режимов уплотнения должно выполняться в процессе пробной укатки. Количество катков в отряде будет определяться из расчета обеспечения требуемого сменного темпа работ на захватке и потока в целом. Возможность использования для укатки модифицированных смесей пневмошинных катков или виброкатков требуется исследовать отдельно.

Выводы

1. Асфальтобетонную смесь с отходами дробления известняков типа Б при введении кубовых остатков производства анилина в количестве 0,5 % от массы битума можно уплотнять легкими статическими катками. При этом требуемая продолжительность напряженного состояния формируемого образца, по сравнению с изготовлением

стандартных образцов из смесей классического состава, должна быть увеличена примерно на 33...34 % (т.е. до 4 мин.).

2. Уплотняемость модифицированной смеси лучше, чем у немодифицированной смеси. Однако, такая способность наблюдается в узком температурном интервале – от +100 до +115 °С.

Список литературы

1. ГОСТ 1928-2009. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2010.
2. СНиП 3.06.05-85. Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ. М.: Госстрой СССР, 1986. 112 с.
3. Королев И. А. Пути экономии битума в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1985. 149 с.
4. Баховчук А. П. Совершенствование технологии уплотнения дорожных асфальтобетонных смесей на основе учета их реологических свойств: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Л.: ЛИСИ, 1985. 20 с.
5. Богуславский А. М. Дорожные асфальтобетонные покрытия. М.: Высш. шк., 1965. 115 с.
6. Иноземцев А. А. Битумо-минеральные материалы. Л.: Изд-во литературы по строительству, 1973. 152 с.
7. Дорожный асфальтобетон / Л. Б. Гезенцев, Н. В. Горелышев, А. М. Богуславский, И. В. Королев; под ред. Л. Б. Гезенцева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
8. Салихов М. Г., Малянова Л. И. Изучение влияния модифицированной добавки на некоторые свойства асфальтобетона с отсевами дробления известняков для покрытий лесовозных дорог // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 1. С. 64-71.
9. Способ получения горячей щебеночной асфальтобетонной смеси с отсевами дробления известняков марки 400: патент РФ / Салихов М. Г., Малянова Л. И., Иливанов В. Ю. № 2503633, опубл. 10.01.2014 г., Бюл. № 1.
10. Данильянц Е.А., Печеный П.Г. Уплотняемость асфальтобетонных смесей в покрытиях и новый способ её определения // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сборник. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. С. 142-153.

COMPRESSION OF THE MODIFIED ASPHALT-CONCRETE MIX WITH WASTE OF THE BREAKING OF THE LIMESTONES

***Salichov Muhammet Gabdulchaevich, Maluanova Lidia Ivanovna,
Lusheskaya Nadeshda Sergeevna, Popov Dmitriy Aleksandrovich***

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

In this article there are presents the results of the laboratory exploration of the compression of the modified addition of the cube remnants of the production of the anline of the hot fine grain asphalt concrete mix with waste of the breaking of the limestones with influence the different static loads, duration of the action of the loades and temperature of the mix in beginning of the compaction.

Keywords: *hot fine grain asphaltconcrete mix, modified addition, cube remnants of the production of the anline, duration of compression*

УДК 656.6.08; 159.9:656.6

ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В ЛЕСО-СУДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Сапцин Валерий Петрович, Турецких Светлана Олеговна

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

Рассмотрена основная причина аварий в лесо-судопропускных сооружениях – человеческий фактор. От психического состояния человека зависит надежность транспортных средств, возможность предотвратить негативные явления. В связи с этим возникает необходимость для внутренних перевозок использовать методы оценки «человеческого фактора», применяемых в морском транспорте.

Ключевые слова: человеческий фактор, методы оценки, безопасность плавания

Введение. В условиях рыночной экономики стремление к прибыли любой ценой порождает в геометрической прогрессии рост негативных проявлений «человеческого фактора» как в материальной, так и в духовной жизни общества [1].

А. Н. Либерман отмечает [1], что научно-технический прогресс способствует перерастанию человека из исполнительного в организационно-управленческий орган системы производства. Но по мере совершенствования техники и информационных технологий психофизиологические возможности человека-оператора хотя также росли в основном за счет усовершенствования качества образования, оснащения автоматизированными системами контроля и управления производством, однако постепенно все более заметно отставали от расширяющихся возможностей современной техники (рис. 1). Следствием отставания возможностей человека от развития техники сегодня является все большее число несчастных случаев и аварий, происходящих по вине человека.

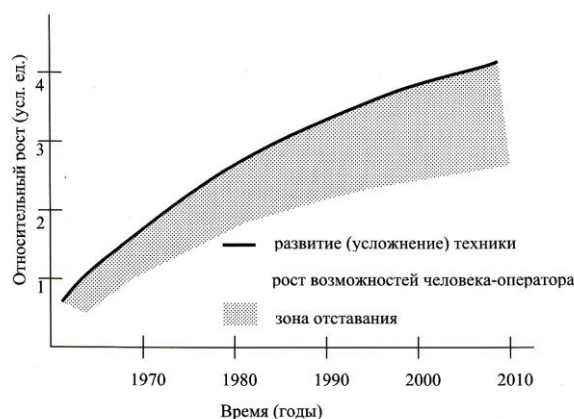


Рис. 1. Схема соотношения усложнения техники и роста возможностей человека-оператора [3]

Коренное изменение экологической ситуации в техногенной сфере потребовало, разумеется, всестороннего анализа и разработки принципиально новых подходов, критериев и методов обеспечения безопасности с учетом «человеческого фактора». Указанная концепция успешно прошла апробацию на предприятиях ядерно-топливного

цикла. Сегодня она актуальна и на других не атомных отраслях промышленности и транспорта [1-4].

Однако «человеческий фактор» не является единственной причиной аварий и катастроф, многие из которых обусловлены сочетанием его с другими факторами в человеко-машинной среде. Так, на основании анализа условий возникновения аварий и транспортных происшествий в лесо-судопропускных сооружениях основными угрозами, их вызывающими, являются износ оборудования, снижение уровня техники безопасности, ухудшение качества сырья, низкая технологическая надежность систем обеспечения безопасности, низкая культура производства, недостаточный контроль и надзор за состоянием потенциально опасных объектов [3-5].

Цель работы – повышение безопасности пропуска судов, секций плотов в камере лесо-судопропускных сооружений через гидроузлы.

Решаемые задачи: 1) анализ основной причины аварий и транспортных происшествий в лесо-судопропускных сооружениях – человеческого фактора; 2) статистическая обработка данных причин аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах России за 1985...2012 гг; 3) предложения по снижению риска аварий и транспортных происшествий в лесо-судопропускных сооружениях.

Интерпретация результатов. По исследованиям, проведенным Т.Ю. Нычик [4], на основе изучения статистических данных примерно 90,8 % всех аварий и транспортных происшествий на лесо-судопропускных сооружениях происходит по вине судоводителей, то есть под воздействием человеческого фактора (табл. 1).

Таблица 1

Причины аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах России за 1985-2012 гг. [2]

Наименование ФБУ/ФГУ/ФГУП	Техническая неисправность судна	Просчеты судоводителей	Прочие причины, в том числе по вине шлюза	Итого
Канал имени Москвы	28	377	8	413
Волго-Балтийское	14	262	4	280
Волго-Донское	16	282	7	305
Волжское	14	185	4	203
Камское	9	59	9	77
Беломоро-Онежское	13	134	5	152
Итого	94	1299	37	1430

С.В. Ермаков представил некоторые методы оценки человеческого фактора, применяемые в мореплавании, в которых учитываются психофизические возможности и личностные характеристики человека в человеко-машинной среде [3]. Так, например, на основе экспертного метода Н.В. Митрофановой, отличающейся простотой, лежит пятибалльная оценка личностных характеристик члена экипажа, в которых автор в качестве рискообразующих характеристик моряка выделяет профессионализм, ответственность, внимательность, конфликтность, реакцию, отношение к алкоголю. Прямой метод учета человеческого фактора В.Д. Клименко предполагает решение данной задачи двумя способами: 1) использование статистических данных, собранных либо в результате анализа аварийной ситуации, либо по результатам выполненных на тренажере упражнениях; 2) привлечение экспертов и экспертного метода оценки вероятности появления дестабилизирующих факторов и относительных весовых коэффициентов. В западном научном мире сформировалась методология оценивания надежности человека (Human Reliability Assessment – HRA), которая позволяет прогнозировать ве-

роятность ошибки человека в будущем и вычислять значимость ошибки человека при проведении расследования уже случившегося происшествия.

С.В. Ермаков предлагает навигационную безопасность мореплавания в определенный момент времени определять текущим состоянием на выходе системы «судоводитель в ситуации» [2]. Данный метод позволяет разработать метод нормирования экстремальности навигационной ситуации для конкретного судоводителя и количественно оценить влияние человеческого фактора на навигационную безопасность судна, что способствует идентификации экстремальных ситуаций для разработки программы поэтапной подготовки судоводителя, предусматривающей тренажерную отработку действий судоводителя в конкретных навигационных ситуациях одной сложности в совокупности с психологическими тренингами, ориентирующимися на личностные экстремальные ситуации и повышающими уровень психологической устойчивости.

А.Н. Либерман отмечает, что стандартным и общепринятым методом оценки аварий является стохастический подход к теории надежности, где исследуемые параметры рассматриваются как случайные величины, распределенные по некоторым законам, которые для определенности заменяются хорошо изученными распределениями, например нормальным [1].

Т.Ю. Нычик указывает на то, что экстремальным в шлюзовании является ввод и вывод судна в камеру судопропускного сооружения, а влияние «человеческого фактора» на возникновение аварий и транспортных происшествий в них оценивает с учетом действия двух подфакторов: соотношения размеров камеры шлюза и шлюзуемого судна; интенсивности судопропуска, [4]. Но не проводит статистическую обработку данных о причинах аварий и транспортных происшествий в лесо-судопропускных сооружениях на проверку однородности, адекватности и воспроизводимости выборки.

Математическое моделирование. Для удобства расчетов эмпирической кривой обеспеченности для общего числа аварий и транспортных происшествий на лесо-судопропускных сооружениях составим таблицу 2. Для этого ранжируем значения столбца 5 таблицы 1 в порядке убывания. Среднеарифметическая величина членов ряда $N_{cp} = 238,33$ аварий [5].

Таблица 2

Вычисление параметров эмпирических значений ряда

Наименование ФБУ/ФГУ/ФГУП	Нэм, ед.	к	к-1	$(к-1)^2$	$(к-1)^3$	по Крицкому- Менкелю, %	по Блохи- нову, %	$P_{cp},$ %
Канал имени Москвы	413,00	1,73	0,73	0,5371	0,3937	14,3	9,7	12
Волго-Донское	305,00	1,28	0,28	0,0783	0,0219	28,6	25,8	27,2
Волго-Балтийское	280,00	1,17	0,17	0,0306	0,0053	42,9	41,9	42,4
Волжское	203,00	0,85	-0,15	0,0220	-0,0033	57,1	58,1	57,6
Беломоро-Онежское	152,00	0,64	-0,36	0,1312	-0,0475	71,4	74,2	72,8
Камское	77,00	0,32	-0,68	0,4582	-0,3102	85,7	90,3	88
Итого	1430,0		0,00	1,2574	0,0599			
Среднеариф. значение	238,33							

Каждый член ранжированного ряда делим на среднеарифметическую величину членов ряда, получаем модуль – безразмерную величину и отнимаем 1. $\sum(к-1) = 0$, то есть расчеты сделаны правильно. Находим $\sum(к-1)^2 = 1,2574$ и рассчитываем коэффици-

ент вариации $C_{v_{эм}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2 / (n-1)} = 0,5014$ [5], а это отношение среднеквадратического отклонения к среднеарифметической величине $C_{v_{эм}} = \sigma_{эм} / \bar{N}_{эм}$. Отсюда находим сигму (среднеквадратическое отклонение): $\sigma_{эм} = \bar{N}_{эм} \times C_{v_{эм}} = 119,52$ и дисперсию $D_{эм} = \sigma_{эм}^2 = 14283,87$ [5]. Предварительно проверяем на однородность членов ограниченного ряда по коэффициенту значимости при $\alpha = 0,05$. Для этого воспользуемся правилом «двух сигм» [5] по формуле $N_{\max, \min} = \bar{N}_{эм} \pm 2\sigma_{эм}$: необходимо отбросить первый член ряда, если он превышает $N_{\max} = 238,33 + 2 \cdot 119,52 = 467,76$, а последний член ряда, если он меньше чем $N_{\min} = 238,33 - 2 \cdot 119,52 = -0,70$. В данном случае все члены наблюдаемого ряда находятся в допустимом интервале. Максимальное значение $N_{\max} = 413$, минимальное $N_{\min} = 77$. Считаем $(k-1)^3$ для нахождения коэффициента асимметрии, чтобы знать, какой таблицей следует пользоваться. Находим $C_{s_{эм}} = n \sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3 / (n-1)(n-2)C_{v_{эм}}^3 = 0,14$ [5]. Отношение $C_{s_{эм}}/C_{v_{эм}} = 0,14/0,50 = 0,28$ [5].

$C_s < 2C_v$, считаем по формуле Е.Г. Блохинова: $p = [(m-0,4)/(n+0,2)] \cdot 100\%$ [5], но прежде считаем обеспеченность по Крицкому-Менкелю: $p = m/(n+1) \cdot 100\%$ [5], суммируем эти величины, делим их пополам – вот к чему стремится аналитическая кривая обеспеченности. Хотелось бы отметить, что С.Н. Крицкий и М.Ф. Менкель всю свою жизнь посвятили ординатам трехпараметрического гамма-распределения, то есть норме стока, коэффициенту вариации и асимметрии.

Определяем зависимость этой аналитической кривой, для чего составим таблицу 3.

Таблица 3

Вычисления параметров аналитической кривой обеспеченности при $C_s \approx 0$; $C_v \approx 0,5$

№ п/п	%	κ_p	$N_{ан}$	κ	$\kappa-1$	$(\kappa-1)^2$	$(\kappa-1)^3$
1	10	1,66	395,63	1,65	0,65	0,4248	0,2768
2	25	1,33	316,98	1,35	0,35	0,1227	0,0430
3	40	1,16	276,46	1,15	0,15	0,0238	0,0037
4	60	0,835	199,01	0,83	-0,17	0,0286	-0,0048
5	75	0,62	147,76	0,63	-0,37	0,1373	-0,0509
6	90	0,305	72,69	0,30	-0,70	0,4851	-0,3379
Итого			1408,53		0,00	1,2609	-0,0130
			$N_{ср} = 234,76$				

$\sigma_{ан} = 117,89$ и $D_{ан} = 13898,11$.

Проводим анализ исходных данных на однородность дисперсий с помощью F-критерия Фишера, а для оценки средних значений – по t-критерию Стьюдента.

По F-критерию Фишера [5], $F_{расч} = \sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 119,52^2 / 117,89^2 = 1,03$, где σ_1 – среднеквадратическое отклонение (соответствует эмпирике); σ_2 – среднеквадратическое отклонение (соответствует аналитике). Этот расчетный критерий сопоставляется с критическим значением статистики, который зависит от числа степеней свободы:

$\nu_1 = n_1 - 1 = 5$ и $\nu_2 = n - 1 = 5 \Rightarrow$ по «двум сигмам» $F_\alpha = 5,05$. $F_{расч} < F_\alpha$, значит, выборка членов ряда однородна.

Анализируем по t-критерию Стьюдента [5]:

$$t_p = \frac{\bar{N}_1 - \bar{N}_2}{\sqrt{n_1 \sigma_{N_1}^2 + n_2 \sigma_{N_2}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} = -0,05,$$

где $n_1 = 6$; $\sigma_{N_1} = 119,52$; $\bar{N}_1 = 234,76$ (по эмпирике) и $n_2 = 6$; $\sigma_{N_2} = 117,89$; $\bar{N}_2 = 239,52$ (по аналитике).

Критическое распределение статистики t_α зависит от числа степеней свободы:

$\nu = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 6 - 2 = 10 \Rightarrow$ по «двум сигмам» $t_\alpha = 2,23$ [5]. $|t_p| < t_\alpha$, то есть средние значения рядов однородны.

По Кохрену, $\kappa_{расч} = D_{эм} / (D_{эм} + D_{ан.}) = 14283,87 / (14283,87 + 13898,11) = 0,51$. Критическое распределение статистики κ_α при $p_d = 0,95$ зависит от числа степеней свободы $q = n - 1 = 5$ и $m = 2$: $\kappa_\alpha = 0,87$ [5]. $\kappa_{расч} < \kappa_\alpha$, то есть соотношение дисперсий значимо.

Распределение общего числа аварий и транспортных происшествий на лесосудопропускных сооружениях с учетом таких факторов, как техническая неисправность судна, просчеты судоводителя, а также прочих причин, можно описать прямолинейной зависимостью $N \approx 472,5 \dots 9,3p$ с точностью 99,7 % или заменить нормальным распределением $N \approx 477e^{-0,02p}$ с меньшей точностью, равной 98,1 %, определенной в Curve Expert 1.4. Теоретическую кривую строим в клетчатке вероятности по С.И. Рыбкину (рис. 2).

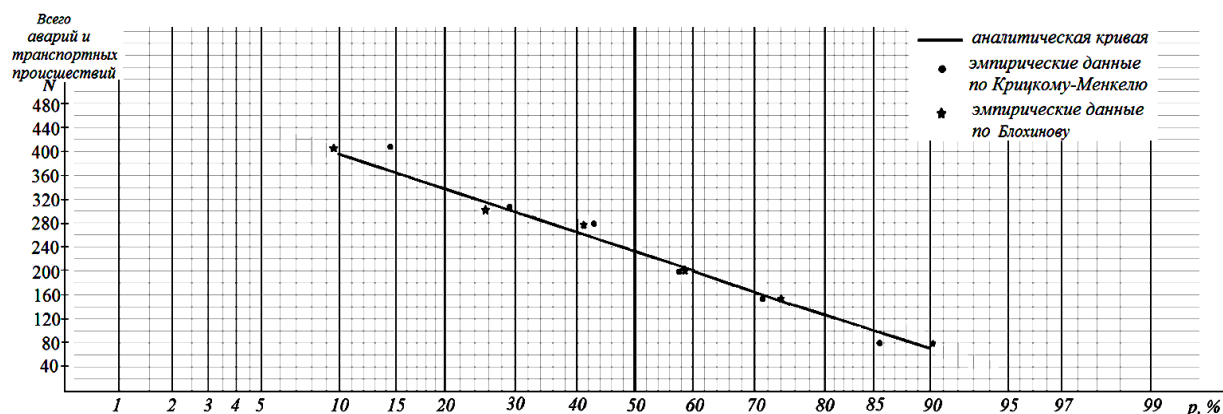


Рис. 2. Кривая обеспеченности аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах России за 1985-2012 гг. по всем причинам (общее)

Рациональные режимы движения камеры транспортного судоподъемника, представленные в литературе [6], обеспечивают безопасность транспортировки грузов в судах, в плотках в камере лесосудопропускного сооружения.

Выводы

1. Основной причиной аварий и транспортных происшествий в лесосудопропускных сооружениях является человеческий фактор. От психического состояния, уровня подготовки судоводителя к экстремальным ситуациям зависит надежность транспортных средств, возможность предотвратить негативные явления. Его действие

можно оценить, используя методы оценки человеческого фактора, применяемые в морском транспорте, учитывая соотношение размеров камеры лесо-судопропускного сооружения и транспортируемого судна (секции плота), а также интенсивность пропуска судов (секций плотов) через лесо-судопропускное сооружение.

2. Так как выборка членов ряда однородна, то можем говорить об адекватности распределения выборки общего числа аварий и транспортных происшествий на лесо-судопропускных сооружениях; если средние значения случайных величин однородны – о его достоверности; если соотношение дисперсий значимо – о воспроизводимости теоретической кривой, уравнение которой имеет вид $N \approx 472,5 \dots 9,3p$.

3. Для повышения безопасности транспортировки судов, секций плотов в камере шлюза, наклонного судоподъемника необходимо усовершенствовать подготовку человека-оператора к экстремальным ситуациям, возникающим при пропуске лесных грузов через гидроузлы. Для этого при приеме на работу каждому судоводителю, человеку-оператору необходимо проходить обучение на тренажерах, оснащенных специальной программой, позволяющей прогнозировать чрезвычайно опасную ситуацию на лесо-судопропускных сооружениях с учетом индивидуальных психофизических особенностей и заранее подготовиться к ним, а также периодически проводить психологические тренинги по повышению стрессоустойчивости при экстремальных ситуациях всех участников пропуска грузов через гидроузлы.

Список литературы

1. Либерман А. Н. Техногенная безопасность: человеческий фактор. СПб., 2006. 101 с.
2. Ермаков С. В. Анализ системы «судоводитель в ситуации» // Вестник МГТУ. 2013. Т.16, № 4. С. 699-703.
3. Ермаков С. В. Анализ применимости в мореплавании некоторых методов оценки человеческого фактора // Сборник научных трудов SWorld: материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012». Т.1, вып. 4. Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. С. 83-90.
4. Нычик Т. Ю. Оценка риска и транспортных происшествий в судоходных шлюзах: дис. ... канд. техн. наук, спец. 05.22.19 – Эксплуатация водного транспорта, судовождение. СПб.: ФГОУ ВПО СПГУВК, 2014. 174 с.
5. Сапцин В. П. Технология исследований водохозяйственных комплексов. Приборы и техника эксперимента: учебное пособие. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. 140 с.
6. Сапцин В. П., Лаврентьев Б. Ф. Режимы движения камеры транспортного судоподъемника для перевозки лесных грузов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. № 1. С. 65-74.

ROOT CAUSE ANALYSIS OF ACCIDENTS AND IN THE FOREST-NAVIGATION OPENING

Saptsin Valeri Petrovich, Turetskich Svetlana Olegovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar Ola

The main causes of accidents in the forest-navigation openings - the "human factor". From the mental state of a person depends on the reliability of the vehicles ability to prevent adverse events. In this regard, there is a need for Intiman transport methods used to estimate the «human factor» used in maritime transport.

Keywords: human factor, methods of estimation, safety of swimming

УДК 343.881

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРНЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУДЕБНЫХ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ НА ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Сленьков Вячеслав Алексеевич

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

Предложен комплексный метод определения фактического технического состояния зданий и сооружений. Использование результатов лабораторных исследований материалов конструкций позволяет получать информацию для принятия решений в судебном расследовании.

Ключевые слова: *срок жизни сооружений, дефекты конструкций и материалов, долговечность, надежность*

Введение. Существующие подходы в части определения технического состояния зданий и сооружений основаны на том, что за основу принимается классификация их по степени капитальности, которая зависит от материала их несущих конструкций (фундаментов, стен, перекрытий) и срока их службы с момента постройки. При этом для различных категорий зданий по степени капитальности устанавливается нормативный срок службы. Так, для жилых зданий установлены 6 групп капитальности со сроком службы от 15 лет – VI группа капитальности, до I группы со сроком службы 150 лет. Для общественных зданий в зависимости от материала стен, перекрытий, конструкции фундаментов установлены 9 групп капитальности со сроком службы 10 лет (палатки, ларьки и другие облегченные здания торговых организаций) – IX-я группа, до группы № 1 – особо капитальные с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каменными материалами со сроком службы 175 лет.

Физический износ зданий по существующей методике, т.е. определенный методом срока жизни, выражается формулой

$$И = ЭВ/ТС,$$

где И – накопленный физический износ, %; ЭВ – эффективный возраст, лет; ТС – нормативный, согласно категории капитальности, срок экономической жизни здания, лет.

Если в условиях Республики Марий Эл оценивать, например, техническое состояние жилого дома со стенами из бревен или бруса (IV категория капитальности), то нормативный износ 100 % будет достигнут через 50 лет.

Фактически, как показали многочисленные определения судами РМЭ, экспертные обследования таких жилых домов в населенных пунктах РМЭ с высоким уровнем грунтовых вод, когда возможно периодическое затопление подполья грунтовыми и талыми водами (п. Куяр, п. Юрино, п. Визимьяры, г. Йошкар-Ола, г. Волжск, п. Краснооктябрьский, д. Люльпаны и др.), полный фактический физический износ в ряде случаев наступает до истечения 50-летнего срока эксплуатации, который установлен для данной категории зданий.

При оценке фактического технического состояния таких жилых домов со стенами из бревен или бруса по нормативным показателям не учитываются следующие факторы:

- использование в строении материала, бывшего в употреблении;

- использование сухостойной древесины для несущих и ограждающих конструкций;
- использование древесины летней рубки;
- использование материала с предварительной подсочкой живицы хвойных пород.

Цель работы – разработать интегральный алгоритм экспертного обследования зданий и сооружений для определения фактического технического состояния с учетом возможно большего количества факторов, влияющих на сохранность сооружения в ходе его эксплуатации.

Решаемые задачи: 1) разработка методики экспертного обследования зданий и сооружений с учетом того, что имеется досудебная оценка технического состояния; 2) сравнение результатов обследования зданий по существующим критериям с результатами, полученными с учетом показателей, влияющих на устойчивость и долговечность конструктивных элементов; 3) разработка подходов автоматизированной классификации сценария оценки технического состояния зданий и сооружений; 4) разработка инструментария для аналитической обработки данных обследования.

Техника исследования. При разработке методики экспертного обследования необходимо выделить существующие инструментарии и разработать новые средства, которых нет в существующих. В результате творческих исканий создан алгоритм определения величины фактического физического износа зданий и сооружений, изображенный на рис. 1.

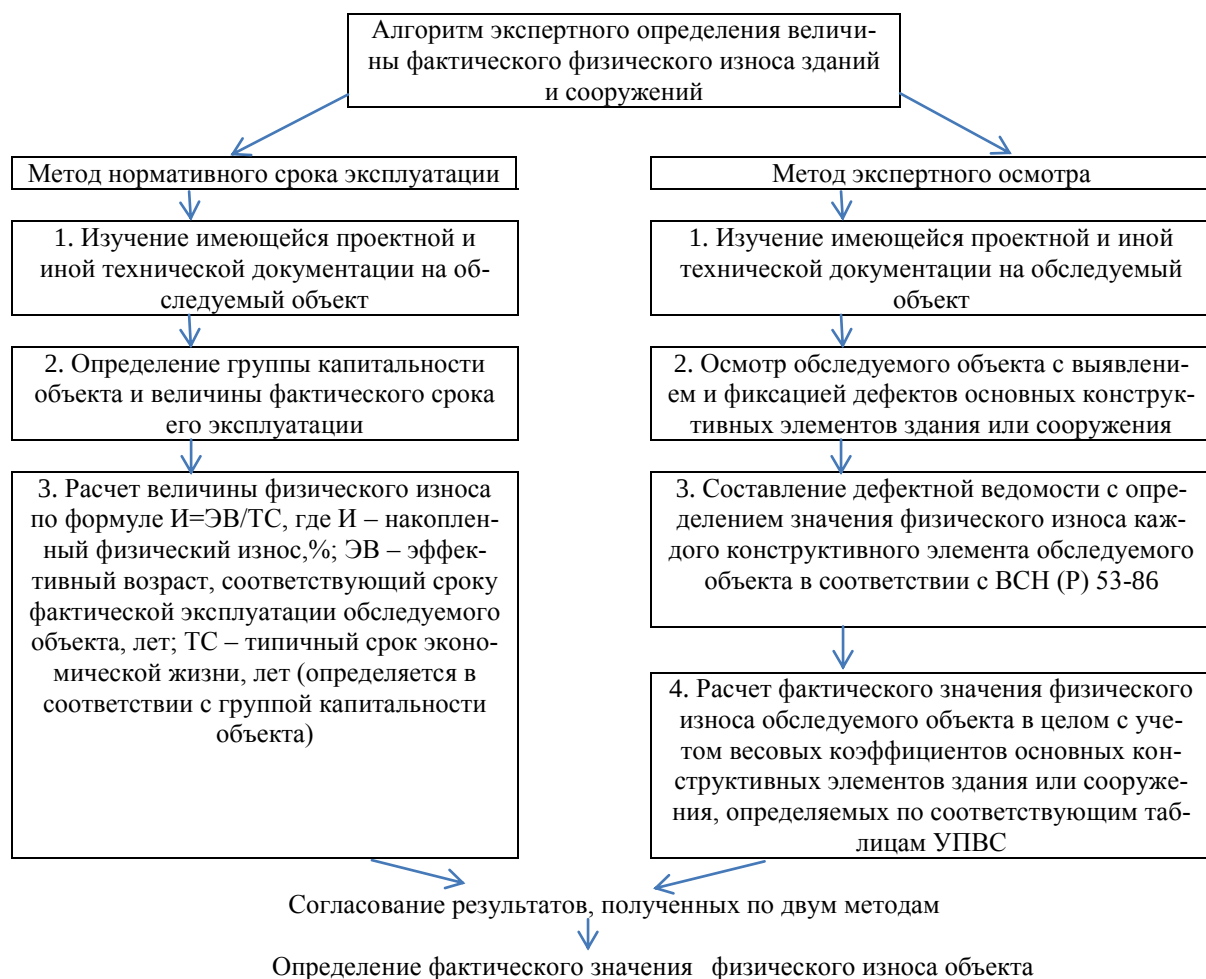


Рис. 1. Алгоритм экспертного определения величины фактического физического износа зданий и сооружений

Интерпретация результатов. Данный алгоритм был многократно использован при проведении судебных строительно-технических экспертиз. При этом в большинстве случаев, когда в ходе исследований добавлялись учтенные факторы, влияющие на долговечность конструкций, фактический износ оказывался выше нормативного.

Так, при оценке технического состояния квартиры 7 по улице Зарубина г. Йошкар-Олы с использованием новой методики и алгоритма обследования ее фактическое состояние определилось процентом износа 74,69 %, по ранее действующим методикам (оценкам БТИ) процент износа данной квартиры не превышал 68,5. Квартира 2 жилого дома 5 по адресу РМЭ, Медведевский район, пос. Краснооктябрьский, по данным БТИ, имела износ 61 %; по данным экспертных исследований, основанных на использовании новой методики, износ составил 73,29 %. При оценке технического состояния жилого дома 42 в поселке Силикатный РМЭ вместо 63 % величина фактического физического износа, по результатам экспертного обследования с использованием новой методики, составила 72,24 %. При экспертной оценке фактического технического состояния квартиры 2 жилого дома 6 по ул. Льва Толстого г. Йошкар-Олы величина износа составила 87,19 % вместо 69,5 %, по данным БТИ. При оценке жилого дома 4 по улице Воскресенской хутора Воскресенского Волжского района РМЭ этот процент составил 67 % против 61,2 %. Всего за истекший год обследовано по новой методике с использованием алгоритма обследования (см. рис. 1) 55 зданий и сооружений.

Еще один не учтенный фактор был использован при оценке технического состояния зданий и сооружений – это использование в конструкциях материалов с неодинаковым сроком службы. Это в первую очередь относится к несущим и ограждающим конструкциям наружных кирпичных стен, где в качестве утеплителя используются в настоящее время пенополистирольные материалы, срок службы которых значительно ниже камня естественного и искусственного.

В разрабатываемом алгоритме также есть необходимость в создании инструментария для аналитической обработки данных обследований. Это позволит анализировать данные первичной регистрации: материал фундаментов, стен, перекрытий, категорию капитальности зданий и сооружений, дату постройки здания, конструктивную схему и др., а также результаты интеллектуальной обработки полученных характеристик: особенности проектных решений, условий эксплуатации, наличие текущих и капитальных ремонтов и т.д.

Выводы

1. В рамках исследования создана и разработана интегральная методика для экспертного обследования с целью установления фактического физического износа зданий и сооружений. Разработан алгоритм технического обследования зданий с учетом новых, ранее не использовавшихся факторов, влияющих на долговечность зданий, таких как применение в строениях бывших в употреблении материалов, в строительных конструкциях материалов с различным сроком службы, древесных материалов с подсышкой живицы до ее заготовки. Созданная система осуществляет систематизацию всех факторов в единую базу данных с привязкой по данным глобальной системы позиционирования.

2. Результаты выполнения поставленных задач являются завершенными, а созданная методика и алгоритм выполняют заявленные характеристики и применяются в настоящее время при оценке фактического технического состояния зданий по определениям судов различных инстанций.

Список литературы

1. Бутырин А. Ю. Теория и практика судебной строительной технической экспертизы. М.: Издательский дом «Городец», 2006. С. 160-189.
2. Корухов Ю. Г. Судебная экспертиза в гражданском процессе: практическое пособие для экспертов и судей. М., 2009. С. 6. (Библиотека эксперта).
3. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа зданий. М., 1987.
4. Нормативы градостроительного проектирования Республики Марий Эл: утв. постановлением правительства Республики Марий Эл от 25 мая 2012 года № 176.
5. СП 55.13330.2011. Дома жилые многоквартирные. Статус: Действующий: утв. приказом министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 27 декабря 2010 г. № 789 и введ. в действие с 20 мая 2011 года.
6. СП 70.13330.12. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции. Статус: Действующий: утв. приказом Минрегион России и введ. в действие с 1 января 2013 г.
7. Свод правил по проектированию и строительству конструкций зданий и сооружений Госстрой России. С. 27.

STANDARD METHODS AND TECHNIQUES IN THE PRODUCTION OF THE JUDICIAL BUILDING-TECHNICAL EXPERTISE AT THE FACILITIES OF THE MARI EL REPUBLIC APPLICATION FEATURES

Slenkov Vyacheslav Alekseevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

An integrated method for the determination of the actual technical condition of buildings and structures. Laboratory tests results use of materials structures provides information for making decisions in a judicial investigation.

Keywords: *the life of buildings, structures and materials defects, durability, reliability.*

УДК 624.078.41

К ПРОВЕДЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НАД МОДЕЛЯМИ ШТЕПСЕЛЬНЫХ СТЫКОВ КОЛОНН И ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Трошков Евгений Олегович

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
troshkoveo@mail.ru

Исследование направлено на изучение напряженно-деформированного состояния штепсельных стыков колонн и плит перекрытия. По результатам анализа литературы и компьютерного моделирования выявлены наиболее значимые факторы, влияющие на прочность и деформативность стыков, составлена программа физических экспериментов. Выполняемые исследования позволят разработать методику расчета прочности и податливости штепсельных стыков второго типа.

Ключевые слова: *штепсельные стыки, безбалочные перекрытия, железобетонный каркас*

Введение. В настоящее время на территории Российской Федерации при возведении зданий и сооружений с использованием технологий сборно-монолитного каркас-

ного строительства широко применяются штепсельные стыки колонн. Данные соединения (рис. 1) расположены в зоне нулевых изгибающих моментов, однако существует и второй тип – стык с конструкциями перекрытия зданий, в которых помимо продольных и поперечных сил действуют изгибающие моменты (рис. 2).

Первый тип стыков изучался на кафедре железобетонных и каменных конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета под руководством проф., д-ра техн. наук, чл.-корр. РААСН Б.С. Соколова. По результатам исследований разработаны рекомендации по расчету прочности на сжатие и сдвиг, а также осевой и сдвиговой податливости [1]. Анализ литературы показал, что рекомендации по проектированию стыков второго типа отсутствуют.

Цель работы – получить экспериментальные данные о напряженно-деформированном состоянии стыка при различных загрузках для разработки методики расчета прочности и податливости.

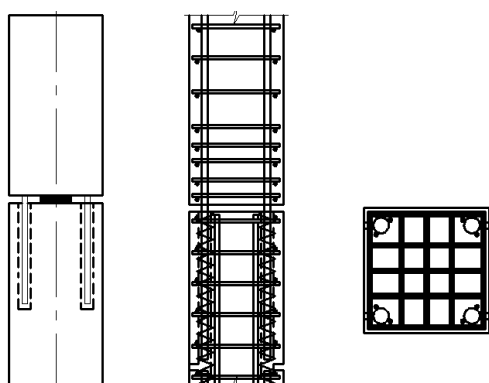


Рис. 1. Штепсельный стык первого типа (соединение железобетонных колонн)

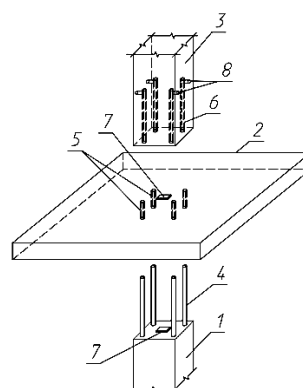


Рис. 2. Штепсельный стык второго типа: 1 – нижняя колонна, 2 – плита перекрытия, 3 – верхняя колонна, 4 – выпуски арматуры, 5 – отверстия, 6 – скважины, 7 – центрирующая прокладка, 8 – отверстия для инъектирования раствора

Решаемые задачи: 1) получить данные о прочности и податливости соединения при сжатии со случайным эксцентриситетом, внецентренном сжатии, сдвиге, внецентренном сжатии со сдвигом; 2) определить распределение напряжений по длине продольных стержней колонны и выявить влияние нагельного эффекта при сдвиге; 3) получить данные о напряжениях в хомутах из полосовой стали, расположенных в колоннах.

Компьютерное моделирование. Для выявления факторов, наиболее влияющих на напряженно-деформированное состояние стыка, а также для оптимизации физического эксперимента проведены численные исследования моделей стыка в программном комплексе «ЛИРА-САПР» 2013 R3 (рис. 3, 4), которые выполнялись по аналогии с исследованиями В.М. Вайнштейна [2]. Геометрические размеры образца соответствовали реальным. Бетон и раствор смоделированы изопараметрическими конечными элементами КЭ-236 и КЭ-234, для армирования использованы стержни КЭ-410. Жесткость бетонных элементов и раствора задана по закону деформирования Г.А. Гениева, арматуры – диаграммой Прандтля.

Многофакторное моделирование [3] позволило сформулировать некоторые предположения по расчету прочности и податливости стыка и разработать программу физического эксперимента.

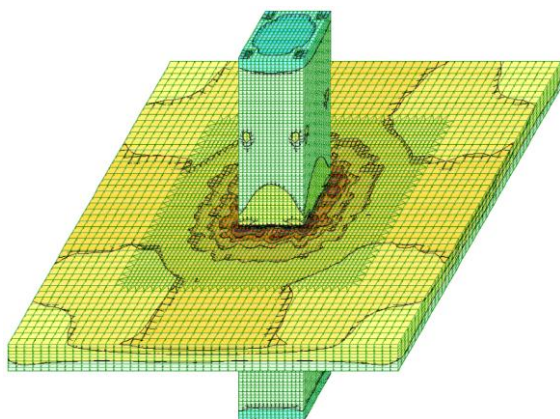


Рис. 3. Изополя главных напряжений σ_1 в эксплуатационной стадии

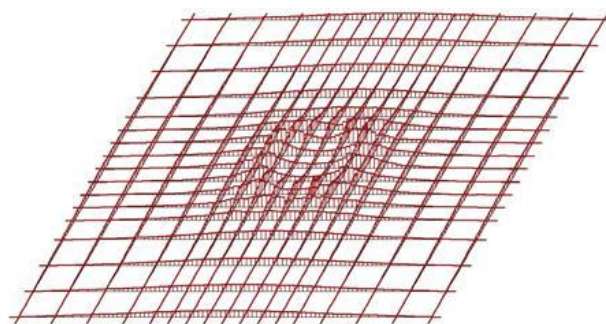


Рис. 4. Эпюры продольных сил «N» в верхнем армировании плиты перекрытия

Техника эксперимента. Испытания штепсельных стыков первого типа показали, что усовершенствованные конструктивные решения соединений [4] имеют преимущества над проектными, так как обладают более высокой прочностью и сниженной податливостью.

Экспериментальные исследования проводятся на действие статических нагрузок и их комбинаций. Модели испытываемых соединений отвечают требованиям физического и геометрического подобия натурным.

Масштаб моделей выбран из соображений возможности разрушения образцов в лабораторных условиях и обеспечения техники безопасности экспериментальных исследований.

Изучаемые стыки расположены в зоне действия трех силовых факторов (продольные силы, поперечные силы, изгибающие моменты). Таким образом, исследование работы соединения необходимо проводить при раздельном возникновении внутренних усилий, а также при их комбинациях. Информационная схема экспериментальных исследований представлена на рис. 5.

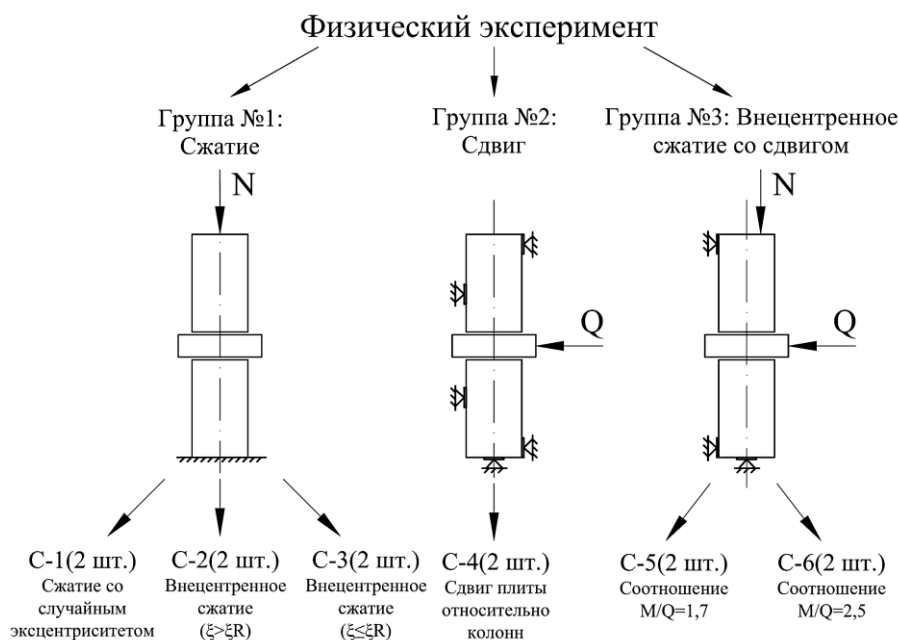


Рис. 5. Информационная схема экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования разделены на три группы:

- 1) действие вертикальных нагрузок на колонну (сжатие);
- 2) действие горизонтальной нагрузки на плиту перекрытия (сдвиг);
- 3) одновременное влияние поперечных, продольных сил и изгибающих моментов (внецентренное сжатие со сдвигом).

Задачи, решаемые во всех трех группах испытаний, представлены в таблице.

Характеристика испытаний

№ п/п	Серии образцов	Характеристика испытания	Решаемые задачи
Группа 1			
1	С-1 (2 шт.)	Сжатие со случайным эксцентриситетом ($e=0$ мм)	Определение: - разрушающей нагрузки; - процесса развития трещин (трещинообразования); - схемы разрушения;
2	С-2 (2 шт.)	Внецентренное сжатие при $\xi > \xi_R$ ($e=50$ мм)	- напряжений в продольных стержнях арматуры колонны в зоне растворных швов по тензорезисторам; - вертикальных деформаций соединения (плиты, оголовков колонн, швов) по индикаторам часового типа;
3	С-3 (2 шт.)	Внецентренное сжатие при $\xi \leq \xi_R$ ($e=150$ мм)	- угла поворота колонн относительно плиты перекрытия по индикаторам часового типа
Группа 2			
4	С-4 (2 шт.)	Сдвиг	Определение: - разрушающей нагрузки соединения; - процесса развития трещин (трещинообразования); - схемы разрушения; - напряжений в продольных стержнях арматуры колонны по тензорезисторам для изучения нагельного эффекта; - напряжений в хомутах из полосовой стали по тензорезисторам; - горизонтальных перемещений плиты относительно колонны (сдвиговая податливость)
Группа 3			
5	С-5 (2 шт.)	Соотношение $M/Q=1,7$	Определение: - разрушающей нагрузки соединения при действии комбинации усилий;
6	С-6 (2 шт.)	Соотношение $M/Q=2,5$	- процесса развития трещин; - схемы разрушения; - вертикальных деформаций соединения (плиты, колонн, швов); - угла поворота колонн относительно плиты перекрытия. - горизонтальных перемещений плиты относительно колонны; - напряжений в продольных стержнях арматуры колонны в зоне шва по тензорезисторам; - напряжений в хомутах из полосовой стали по тензорезисторам

Испытания проводятся на гидравлическом прессе П–125, который обеспечивает вертикальное нагружение образца. Эксцентриситет приложения нагрузки моделируется при помощи специальных конструктивных элементов, представляющих собой металлические оголовки. Для передачи сдвигающих усилий и создания дополнительных опор, препятствующих горизонтальному смещению образца в соответствии со схемами испытаний, разработана металлическая рама, представленная на рис. 6.

Анализ результатов. Прочность узла определяется разрушающей нагрузкой, деформативность – индикаторами ИЧ-10, фиксирующими горизонтальные и вертикальные перемещения элементов. Деформации в арматуре определяются по тензорезисторам.

рам с базой 2 см, расположенным на выпусках арматуры и хомутах из полосовой стали. Для фиксации образования и развития трещин в процессе испытания применяются микроскопы с ценой деления 0,05 мм и тарированные стальные линейки.

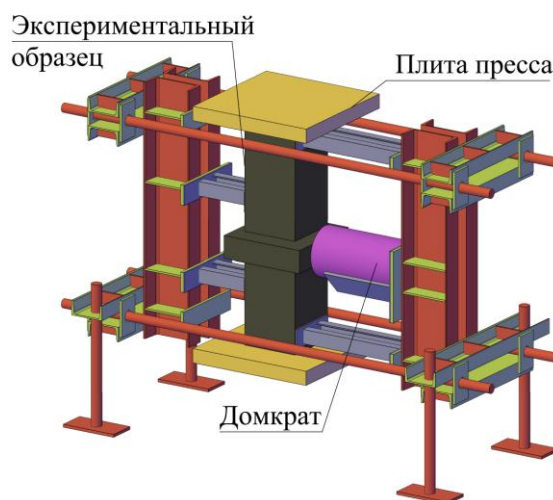


Рис. 6. Общий вид экспериментальной установки с установленным образцом

Для оценки результатов производится сравнение фактической несущей способности опытных образцов с расчетным значением данной величины, найденным в зависимости от схемы разрушения. По значениям деформаций, определённым по индикаторам ИЧ-10 и тензорезисторам на арматуре, выполняется построение графиков «N- δ », определяются значения податливости конструкций.

Выводы

1. Теоретические и численные исследования позволили выявить наиболее значимые факторы, влияющие на прочность и податливость исследуемого стыка, и оптимизировать рабочую программу физических экспериментов.

2. На основании результатов физических опытов и сравнения данных с компьютерным моделированием будет разработана методика расчета прочности и податливости штепсельных стыков второго типа.

Работа выполняется при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Список литературы

1. Соколов Б. С., Латыпов Р. Р. Прочность и податливость штепсельных стыков железобетонных колонн при действии статических и сейсмических нагрузок: монография. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 128 с.

2. 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. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. № 1 (15). С. 64-73.

3. Соколов Б. С., Трошков Е. О. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния штепсельных стыков железобетонных колонн второго типа // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции НАСКР-2014. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. С. 206-212.

4. Соколов Б. С., Лизунова Н. С. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния штепсельных стыков железобетонных колонн при сдвиге // Известия КГАСУ. 2014. № 3 (29). С. 56-61.

FOR THE PHYSICAL EXPERIMENTS ON THE MODELS OF COLUMN AND SLAB BULLET CONNECTIONS

Troshkov Evgeniy Olegovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The research focused on the study of stress-strain state of the bullet connections of columns and floor slabs. According to the analysis of literature and computer simulations identified the most important factors affecting the strength and deformability of joints, a program of physical experiments was made. Ongoing research will develop a methodology for calculating the strength and ductility of the second type bullet connections joints.

Keywords: bullet connection, flat plate floor system, reinforced concrete frame

УДК 628.113.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ РЫБОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ВОДОЗАБОРНИКОМ НА ГРАНИЦЕ БЫСТРОТОКА

*Турлов Алексей Генрихович, Полушин Александр Иванович,
Тетерин Василий Владимирович*

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

Выполнены модельные исследования рыбозащитного устройства в виде плавучего, свободно вращающегося в потоке барабана. Определены зависимости изменения сносящих скоростей на поверхности устройства. Выявлены зависимости для определения оптимального расположения устройства в потоке.

Ключевые слова: рыбозащитное устройство, вращающийся сетчатый барабан, моделирование, сносящие скорости потока, оптимальное расположение

Введение. В рыбозащитных устройствах широко используются сетчатые струеактивные барабаны, размещаемые в транзитном потоке воды [1]. При этом для предотвращения засорения отверстий экранов такие конструкции включают установленную соосно барабану «флейту», вращающуюся за счет вытекающих струй воды. Однако такая конструкция не гарантирует качественной промывки, поскольку при остановке вращения из-за какой-либо неисправности будет промываться только один участок барабана. А отследить поломку внутри погруженного в воду барабана довольно сложно.

Для повышения надежности устройства (рис. 1) предложено закрепить сетчатый заградительный барабан (1) с вертикальной осью между плавучим диском (2) и поддоном (3), а диск расположить с возможностью свободного вращения между верти-

кальными роликами (4), закрепленными на плавучем основании (5) катамаранного типа. Для обеспечения вращения барабана на нижней стороне диска подвешены вогнутые лопатки (6) с возможностью поворота относительно горизонтальной оси.

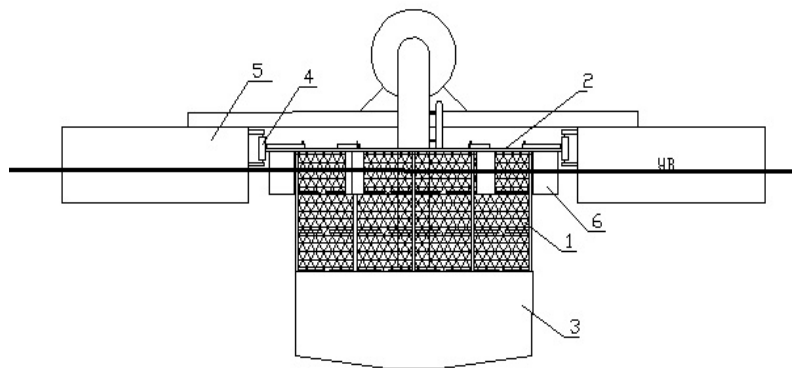


Рис. 1. Плавучий водозаборник с рыбозащитным устройством

Поток воды, действующий на вогнутую сторону лопаток, заставляет лопатки принимать вертикальное положение, и реакция струи создает крутящий момент. Лопатки, находящиеся с противоположной стороны диска, ориентированы выпуклой стороной к потоку. За счет этого их лобовое сопротивление меньше, чем у лопаток, обращенных вогнутой стороной к потоку. Кроме того, при воздействии потока на лопатки с вогнутой стороны последние начинают поворачиваться в наклонное положение и частично выходить из воды. Поэтому они создают момент, тормозящий вращение барабана, меньший, чем крутящий момент от лопаток с противоположной стороны. Скорость вращения барабана может регулироваться весом лопатки, поскольку лопатка с большим весом будет отклоняться на меньший угол, создавая больший тормозящий эффект.

Поскольку окружная скорость сетчатого барабана всегда меньше скорости потока за счет наличия тормозящего момента, вдоль сетки барабана присутствуют постоянные относительные сносящие рыбу скорости. А со стороны, где водозаборник вращается навстречу потоку, сносящие скорости будут еще больше. Это препятствует всасыванию рыбы внутрь цилиндра. При отсутствии в естественном потоке достаточных для вращения водозаборника скоростей течения устройство может располагаться в зоне локального увеличения течения за счет устройства водосливов с подпорных сооружений или струенаправляющих устройств. Это особенно актуально для рек средней полосы России, скорости течения которых в межень, как правило, меньше требуемых сносящих рыбу скоростей. В этом случае даже в зоне тиховода создаются относительные сносящие скорости. Такой вариант можно использовать для обеспечения забора воды в лестничных рыбоходах с применением гидравлических струй [2, 3] на гидроузлах.

Так как в устройстве предлагается использовать для вращения скорость потока, причем не просто равномерного потока, а участка водослива, выходящего в область слабого течения, то необходимо обеспечить при вращении водозаборника оптимальные сносящие рыбу скорости потока относительно барабана как в области высоких течений, так и в области тиховода. А для этого нужны экспериментальные исследования.

Цель работы – экспериментальное исследование работы вращающегося водозаборника рыбозащитного устройства на границе водного потока.

Решаемые задачи: 1) разработать масштабную модель вращающегося водозаборника; 2) определить зависимость скорости вращения водозаборника от осевой скоро-

сти струи, смещения оси водозаборника относительно оси струи и параметров водозаборника; 3) разработать рекомендации для проектирования рыбозащитного устройства с вращающимся водозаборником.

Техника эксперимента и методика обработки результатов. Для исследования процесса вращения барабана в струе с водослива, вытекающего в водоем с отсутствием течений, была разработана масштабная модель (рис. 2).

Модель состоит из плавучего кольца с подвешенными под ним вогнутыми лопатками прямоугольной формы. Модель помещалась в поток, образованный с водослива, втекающего в бак. Методика эксперимента предполагала определение скорости вращения барабана, помещенного в струю. При этом варьируемыми факторами были скорость течения в потоке, смещение оси барабана относительно оси потока, длина лопатки, вес лопатки, а постоянными факторами – диаметр барабана, ширина лопатки. Опыты проводились как при отсутствии забора воды через устройство, так и при наличии забора воды.

Поскольку основными силами, участвующими в процессе, являлись силы тяжести, моделирование осуществлялось по критерию Фруда. Соотношения масштабных коэффициентов для обеспечения кинематического и динамического подобия следующие: длины λ_l , скорости $\lambda_v = \sqrt{\lambda_l}$, времени $\lambda_t = \sqrt{\lambda_l}$, числа оборотов $\lambda_n = \sqrt{\lambda_l} / \lambda_l$, расхода $\lambda_Q = \sqrt{\lambda_l} \cdot \lambda^2$.

Предварительно с помощью гидрометрической вертушки определяли скорости потока в различных точках струи. Результаты измерений приведены на рисунке 3.



Рис. 2. Модель водозаборника

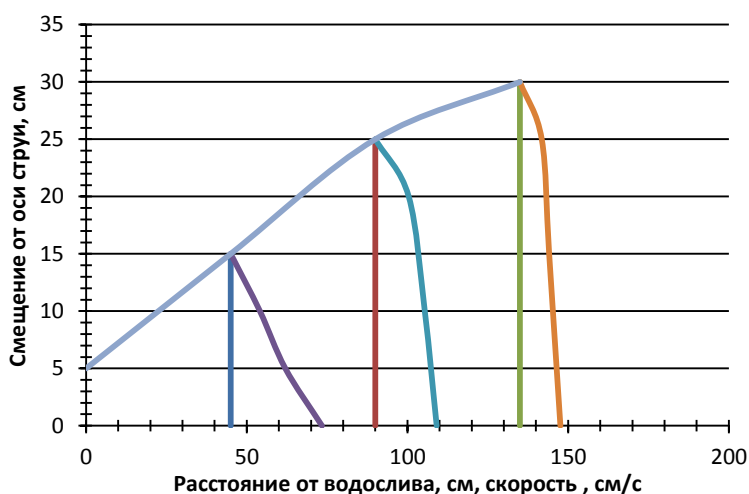


Рис. 3. Распределение скоростей в поверхностном слое струи

Затем устройство помещалось в поток. При этом фиксировалось расстояние от начала струи, смещение от оси струи. Частота вращения определялась визуально по метке с засечкой времени секундомером.

Интерпретация результатов или их анализ. Результаты приведены на рисунках 4-7. Анализ изменения скорости вращения барабана, помещенного на ось струи при удалении от водослива, показывает, что скорость вращения устройства падает. Причем наибольшее падение наблюдается при заборе воды через устройство. При смещении оси барабана к границе струи скорость вращения также падает (рис. 4, 5).

При этом со стороны оси струи скорость вращения барабана совпадает со скоростью струи. Поэтому относительная скорость воды вдоль сетки падает. С противоположной стороны, напротив, скорость потока складывается с окружной скоростью вращения барабана. Для поиска оптимального смещения, создающего равные сносящие скорости с двух сторон барабана, были определены математические зависимости изменения скоростей потока и скоростей вращения барабана в различных точках потока, и с их помощью получены зависимости относительных скоростей на противоположных поверхностях барабана.

Анализ данных зависимостей показывает, что по мере удаления от оси струи в попутном потоке относительная скорость изменяется достаточно незначительно. И только при приближении к границе струи начинает резко падать. Во встречном потоке, наоборот, сносящая скорость резко падает. При этом точка совпадения скоростей смещается к границе струи при уменьшении скорости потока и расширении струи. Изменение длины лопатки практически не влияет на характер зависимостей (рис. 6). А вот наличие забора воды увеличивает разность скоростей в спутном и встречном потоках и сдвигает точку выравнивания скоростей к границе струи (рис. 7).

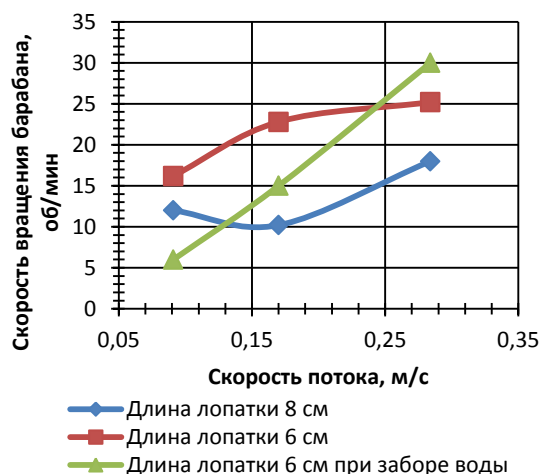


Рис. 4. Зависимость скорости вращения барабана от расстояния от водослива

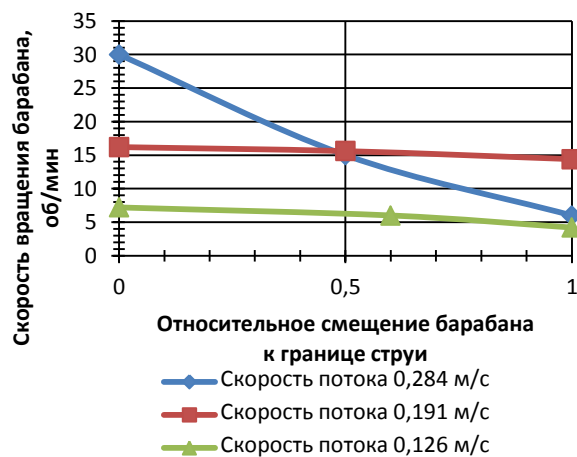


Рис. 5. Зависимость скорости вращения барабана от смещения с оси струи

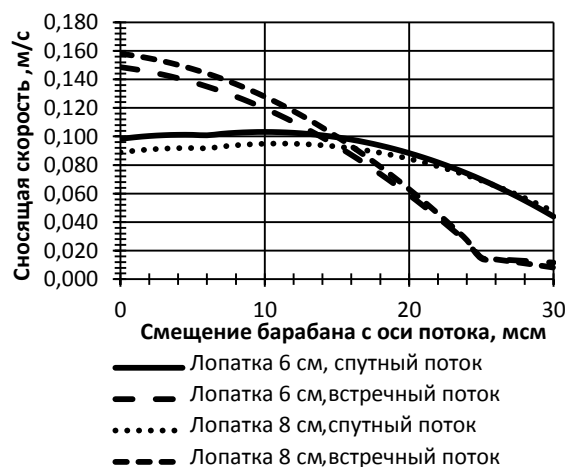
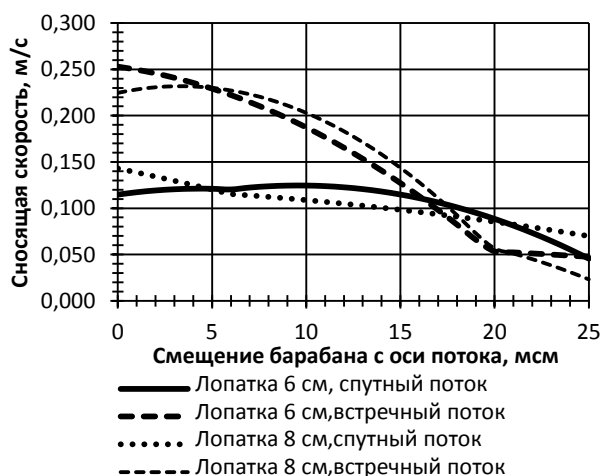


Рис. 6. Зависимость сносящих скоростей на поверхности барабана в спутном и встречном потоках от длины лопатки

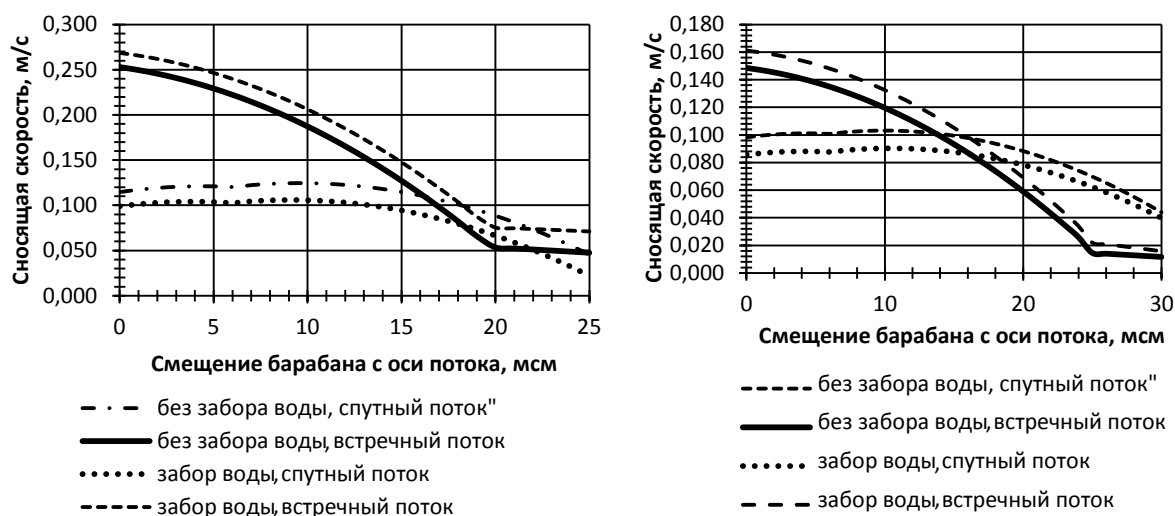


Рис. 7. Изменение сносящих скоростей при заборе воды через барабан

Весьма существенными оказываются и размеры барабана. Если сравнить отношение диаметра барабана и смещение барабана к половине ширины струи, то оптимальное положение барабана выразится зависимостью, приведенной на рисунке 8.

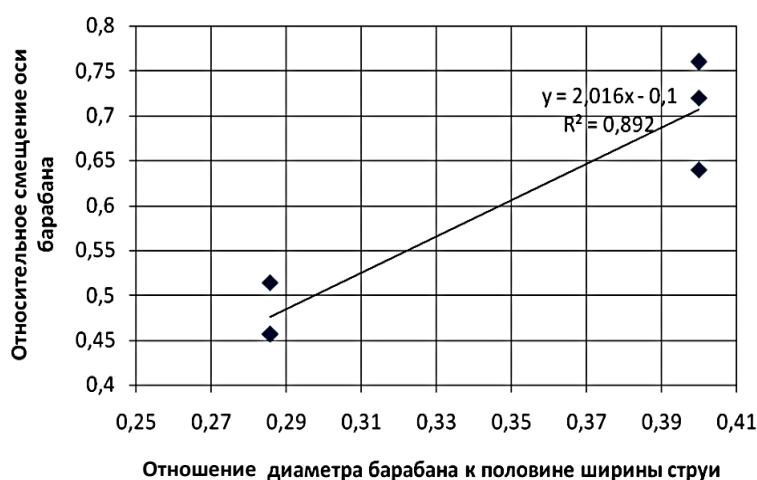


Рис. 8. Зависимость оптимального смещения оси барабана в долях половины ширины струи от отношения диаметра барабана к половине ширины струи

Выводы. В результате проведенных исследований получены зависимости, позволяющие рассчитать оптимальные параметры водозаборника и его расположение в потоке для конкретного участка водотока

Список литературы

1. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения: СП 101.13330.2012: утв. Приказом Министерства регионального развития РФ от 30.06.2012 № 267; срок введ. в действие 01.01.2013. Изд. офиц. М.: Минрегион России, 2012. 73 с.
2. Введенский О.Г. Использование гидравлических струй в конструкциях лестничных рыбоходов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. Вып. 2. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. С. 289-294.

3. Введенский О.Г. Пути повышения эффективности работы рыбоходных сооружений в условиях циклического изменения уровней бьефов гидроузла // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 1. С. 59-68.

EXPERIMENTAL STUDIES OF FISH PROTECTION DEVICES ROTARY INTAKES BORDER CHUTES

Turlov Aleksey Genrikhovich, Polushin Aleksandr Ivanovich, Teterin Vasilii Vladimirovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Performed modeling studies of fish protection device in the form of floating freely rotating in the flow of the drum. The dependence of the changes taking down speeds depending on the surface ustroystva. Vyyavleny to determine the optimal location of the device in the stream.

Keywords: fish protection devices, rotating mesh drum, modeling, carrying the flow rate, the optimum location

УДК 628.87

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ СТЕН В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

Хинканин Александр Павлович, Хинканин Леонид Александрович

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

Приведена оценка влияния теплотехнических неоднородностей в ограждениях из сэндвич-панелей на соблюдение санитарно-гигиенических норм.

Ключевые слова: относительная влажность, конденсация водяных паров, температура воздуха, температура поверхности ограждающих конструкций

Введение. Широкое применение легких ограждающих конструкций в современном строительном комплексе обусловлено массой их преимуществ, таких как снижение массы зданий, полная комплектная поставка всех конструктивных элементов, сокращение сроков возведения. Подобные конструкции успешно применяются как в промышленном, сельскохозяйственном, так и гражданском строительстве. В то же время незначительная теплоемкость этих конструкций может иметь и негативные последствия. Незначительное время отклика таких конструкций на изменение погодных условий требует адекватной реакции со стороны системы теплоснабжения здания. Пренебрежение этими особенностями таких ограждающих конструкций может привести к появлению конденсата на их внутренних поверхностях. Негативное влияние конденсата на долговечность конструкций и их теплотехнические показатели исследовано в работах [1-4]. Периодичность изменения температур окружающей здания среды сказывается на изменении микроклимата в помещениях зданий [5] и долговечности материалов конструкций зданий и сооружений [6].

Цель работы – численная оценка времени отклика легких ограждающих конструкций в условиях нестационарности погодных условий; определение пороговых значений времени отклика при различных температурах и влажности воздуха в эксплуатируемых помещениях; определение площади участков стен, имеющих температуру ниже температуры «точки росы» и, как следствие, приводящих к появлению конденсата на стенах.

Решаемые задачи: 1) построение численной модели исследуемого фрагмента стенового ограждения; 2) исследование температур на внутренней поверхности стен, выполненных из сэндвич-панелей. Определение зависимостей площади стен, подверженных выпадению конденсата, продолжительности образования конденсата в течение суток.

Техническое моделирование. Объектом исследования является узел крепления сэндвич-панели на стойку фахверка (рис. 1). Фиксация панели обеспечивается самонарезающими винтами диаметром 5,5 мм. Панель решена в виде двух лицевых стальных листов толщиной 0,6 мм и минераловатного утеплителя толщиной 150 мм с коэффициентом теплопроводности $0,046 \text{ Вт/м}^2 \times ^\circ\text{C}$. Устье стыка заполняется утепляющими упругими материалами.

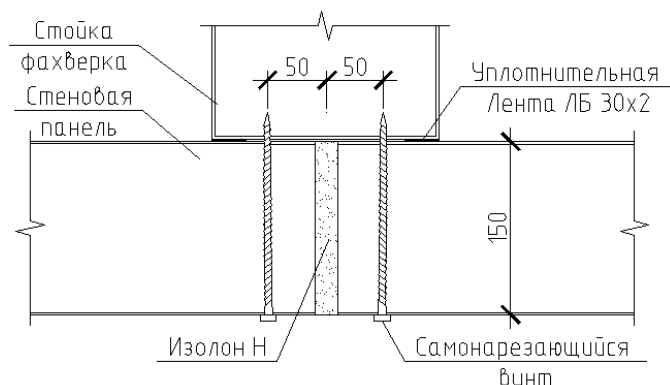


Рис. 1. Исследуемый узел навески стеновых панелей на стойки фахверка

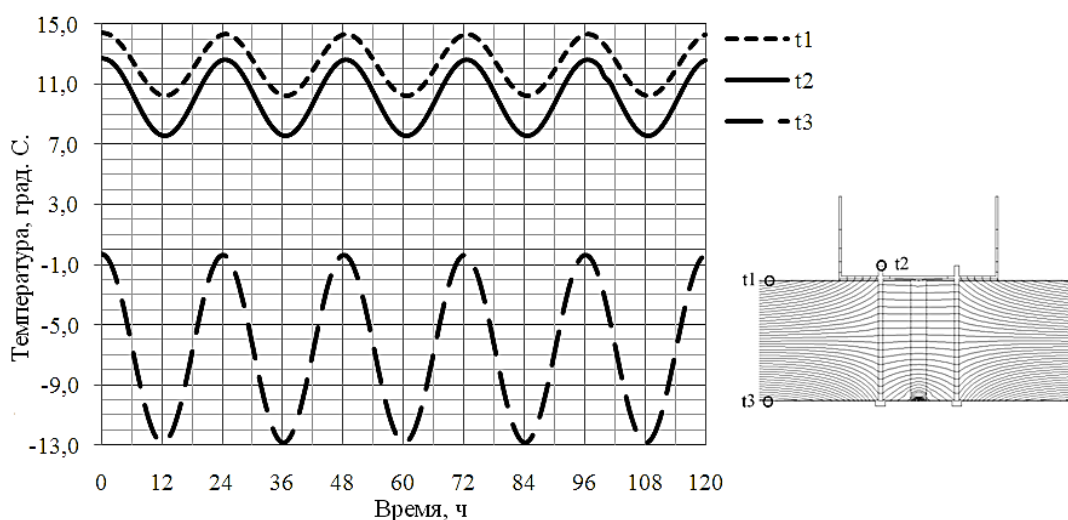


Рис. 2. Изменение температур на поверхности сэндвич-панели

Численный эксперимент поставлен при условии поддержания температуры воздуха в помещении $+22^\circ\text{C}$. Температура воздуха внешней среды колебалась в соответ-

ствии с законом $T = -14 - 8 \times \sin(t/240 - 90)$ вблизи значения -14°C с амплитудой 8°C . На рис. 2 представлено изменение значения температуры в трех характерных точках: на внешней стороне стены (t_3) и на внутренней стороне (t_1 и t_2).

Анализ полученных зависимостей свидетельствует о том, что задержка отклика изменения температуры на внутренней поверхности стены от изменений на наружной поверхности составляет 25-30 мин. Вблизи оси стыка смежных панелей формируются температурные поля, численные значения которых находятся вблизи значений «точки росы». По мере удаления от стыка (удаления от стальных винтов крепления) температура на внутренней поверхности стен возрастает.

Интересным является исследование продолжительности образования конденсата в течение суток на поверхности стены, на которой такой процесс может происходить. На рис. 3 представлена зависимость продолжительности образования конденсата в течение суток и расстояния от оси стыка, где происходит данное явление, от относительной влажности воздуха в помещении. Так, например, при относительной влажности воздуха равной 50 %, время, в течение которого будет протекать конденсация паров воды на расстоянии до 70 мм от стыка, достигает 10 часов. При возрастании относительной влажности воздуха до 70 % процесс образования конденсата на расстоянии до 70 мм от стыка достигает 23 часов в сутки.

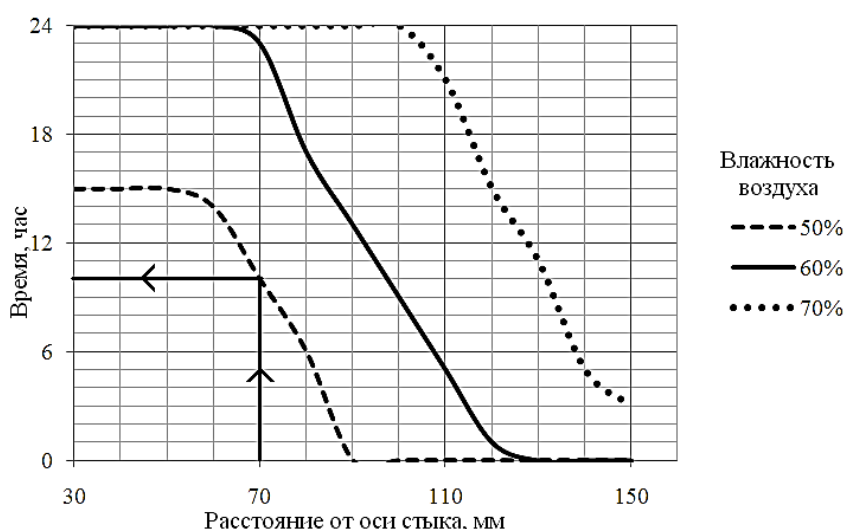


Рис. 3. Продолжительность образования конденсата на поверхности сэндвич-панелей на указанных расстояниях от устья стыка

В то же время относительная влажность воздуха в зимний период в большинстве видов общественных зданий и в помещениях жилых домов находится на уровне 40-45 %. Температура точки росы при этом понижается до $+7,69$ и $+9,52^\circ\text{C}$. Столь низкие температуры в исследованном стыке наблюдаются на поверхности винтов навески и на расстоянии до 15 мм вблизи них. Время образования конденсата при этом не превышает 5 часов. В случае установки герметичных окон и сбоя в работе механической приточной вентиляции ситуация изменится. Относительная влажность воздуха начнет расти, и в конечном итоге результат окажется аналогичен тому, что рассмотрен выше.

Выводы

1. В процессе проектирования необходимо учитывать влияние теплотехнических неоднородностей («мостиков холода») на картину формирования температурных полей.

2. Возрастание теплопотерь на участках теплотехнических неоднородностей не столь значимо, сколь критично образование конденсата на этих участках.

3. В зданиях с влажным и мокрым режимом эксплуатации необходимо принимать дополнительные технические решения, исключающие появление конденсата на внутренних поверхностях стен.

Список литературы

1. J. F. Straube. Влага в зданиях // АВОК. 2002. № 6. С. 30-39.
2. Теоретические основы и методы расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий / А. Г. Перехоженцев. Волгоград: ВолгГАСУ, 2008. 212 с.
3. Гагарин В. Г., Дмитриев К. А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // Строительные материалы. 2013. № 3. С. 14-16.
4. Куприянов В. Н. Проектирование теплозащиты ограждающих конструкций. Казань, КазГАСУ, 2011. 163 с.
5. Хинканин Л. А., Хинканин А. П. Энергоэффективность зданий в летний период эксплуатации // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. Вып. 2. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. С. 283-288.
6. Чудинов С. А. Адаптационные технологии в строительстве лесовозных дорог в условиях изменения климата // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 2. С. 76-81.

INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION ON THE INNER SURFACE OF SANDWICH PANELS WALL IN WINTER OPERATION

Hinkanin Alexander Pavlovich, Hinkanin Leonid Aleksandrovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The assessment of the effect of thermal irregularities in enclosures of sandwich panels on the observance of sanitary and hygienic norms.

Keywords: *relative humidity, condensation of water vapor, air temperature, surface temperature walling*

УДК 628.87

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МАСШТАБА ДЛИНЫ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Хинканин Леонид Александрович, Хинканин Александр Павлович

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

Приведена последовательность постановки натурного эксперимента по уточнению масштаба длины турбулентности.

Ключевые слова: *турбулентность, давление, температура, энергия, скорость*

Введение. Исследование параметров микроклимата тесно связано с процессами тепло- и массообмена, протекающими в помещениях. Технологические процессы, организованные в замкнутых пространствах характеризуются определенными объемами

выделения влаги, пыли, тепла и газов. Нормализация параметров микроклимата предполагает удаление этих технологических вредностей и замещение их свежим воздухом с требуемыми характеристиками. Исследования в этом направлении ведутся многие десятилетия. Так, в [1] приведены одни из первых результатов исследования воздушно-теплого режима квартир в 9-22-этажных жилых зданиях. В одном из последних справочников [2] приведен алгоритм, обеспечивающий комплексный подход к проблеме отопления и вентиляции гражданских зданий. В то же время проблема создания и поддержания параметров микроклимата на уровне гигиенических норм в нестационарных условиях мало исследована. На процессы перемещения масс приточного воздуха, его рассеивания и ассимиляции им производственных вредностей влияют геометрия и температуры поверхностей помещения и технологического оборудования, расположенного в нем, размеры и расположение приточных и вытяжных устройств, параметры воздуха в самом помещении. Представляется перспективным оценить картину формирования микроклимата помещения в условиях нестационарных тепло- и массообмена.

Одним из существенных энергетических параметров движения газов в помещениях является «масштаб длины турбулентности». Существует около десятка определений масштаба длины турбулентности, суть которых сводится к показателю изменения энергии элементарного объема газа при перемещении его на бесконечно малую величину. Способы описания и решения столь сложных многопараметрических задач (систем) ограничены аналитическим и численным решением. Первый подход в столь трудоемок, что в инженерной практике уступил приоритет численным решениям. Анализ современных подходов к решению проблемы турбулентности выявил модели, заложенные в основу этих алгоритмов: модель Буссинеска, модель Спаларта-Альмараса, $k-\epsilon$ и $k-w$ модели, модели RANS, LES и DNS. В каждом пакете прикладных программ использована одна или несколько моделей. При этом разработчики этих пакетов принимают численное значение длины масштаба турбулентности, исходя из неявных закономерностей, практически не встречающихся в справочной литературе. Зачастую масштаб длины турбулентности при моделировании воздухообмена комнаты и моделировании воздухообмена вблизи батареи принимается программно одинаковым. Инженер, пользующийся этими стандартными настройками, анализируя конкретную проектную ситуацию, рискует получить сомнительные результаты.

Цель работы – создание лабораторной установки и проведение физического эксперимента, позволяющего уточнить, провести корректировку «стандартных» параметров турбулентности, заложенных по умолчанию в программные комплексы численного моделирования этих процессов для малых скоростей движения воздуха, характерных для гражданского и промышленного строительства [3, 4]; создание квазиламинарных течений воздуха в лабораторной установке.

Решаемые задачи: разработка установки, позволяющей моделировать течения газа в моделях помещений с геометрическими параметрами 1:1:1; 1:1:2 и 1:1:3; моделирование квазиламинарных потоков воздуха со скоростями течения от 0,00 до 2,80 м/с. Шаг изменения скорости 0,56 м/с.

Техническое моделирование. Первым этапом в процессе постановки физического эксперимента являлось изготовление модели «помещения» (рис. 1), состоящей из трех кубов с размерами ребер 500 мм. Внутренняя поверхность кубов тщательно отполирована (шероховатость 50 микрон). Две противолежащие грани (передняя и зад-

няя стенки) кубов оставлены незакрытыми. Такой подход позволил получать продуваемые модели помещений с соотношением сторон «высота : ширина : глубина» равными 1:1:1; 1:1:2 и 1:1:3. Корпус установки представляет собой куб стороной 500 мм.



Рис. 1. Экспериментальная модель «помещений»

Вторым этапом эксперимента являлось создание квазиламинарного воздушного потока. Применение обычных осевых и радиальных вентиляторов оказалось невозможным ввиду создания ими крупных вихрей с непорядочным (нерегулярным) и неравномерным распределением энергии в нормальных сечениях исследуемой модели. В связи с этим было принято решение использовать вентилятор-эжектор (рис. 2). В данных типах вентиляторов воздух забирается улиткой радиального вентилятора, расположенной внизу, и подается в узкую кольцеобразную щель. Истекающий из нее воздух увлекает находящиеся в кольце вентилятора воздушные массы. Таким образом создается поток воздуха, энергетические параметры которого в любом нормальном сечении подчиняются известному закону.

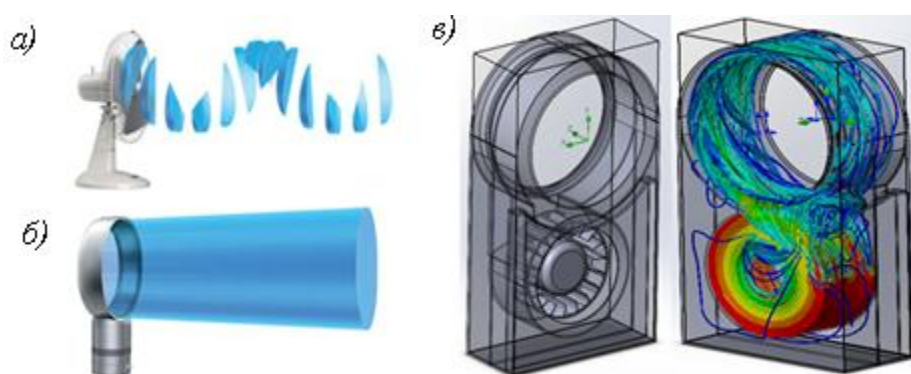


Рис. 2. Эскизы движения струи воздуха при побуждении осевым вентилятором (а) и при использовании эжекторного вентилятора (б). Принципиальная схема эжекторного вентилятора и движение воздуха в нем

Техника эксперимента. По центру установки в срезе передней грани был установлен безлопастной вентилятор-эжектор, создающий квазиламинарный поток воздуха. В ходе эксперимента расход струи на притоке изменяли с помощью резистора в пределах 0,00...2,80 м/с. Контроль осуществлялся анемометром Testo 416. Во время измерений центральное эжекционное отверстие было закрыто экраном, чтобы избе-

жать погрешностей при измерениях. Измерения проводились в 4 точках через 90 градусов по часовой стрелке, начиная с нижней точки сопла. Результаты измерений представлены в таблице.

Результаты натурного измерения скоростей

Точки	1 (0°)	2 (90°)	3 (180°)	4 (270°)
Скорость, м/с	1,3	1,7	1,6	1,4

Таким образом, максимальная измеренная натурно скорость составила 1,7 м/с, минимальная – 1,3 м/с, а средняя по сечению – 1,5 м/с.

Выводы

1. Создана установка для исследования масштаба длины турбулентности.
2. Получены численные значения скоростей течения воздушных масс и характер истечения.
3. Для снижения погрешностей эксперимента модернизирован безлопастной вентилятор промышленного производства.

Список литературы

1. Константинов В. Е. Воздушно-тепловой режим в жилых зданиях повышенной этажности. М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. 136 с.
2. Стомахина Г.И., Бобровицкий И.И., Малявина Е. Г. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: справочное пособие. М.: Пантори, 2003. 308 с.: ил.
3. ГОСТ 30494-11 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / ФГПУ СТАНДАРТИНФОРМ. М., 2011. 12 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны / ФГПУ СТАНДАРТИНФОРМ. М., 2006. 49 с.
5. Волков К. Н., Емельянов В. Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 368 с.
6. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в CosmosFlowSimulation М.: ДМК-Пресс, 2010. 464 с.
7. Хинканин А. П., Хинканин Л. А. Энергосбережение в птицеводческих зданиях // НАСКР 2012. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2012. С. 325-330.
8. Шлычков С. В., Иванов О. Г. Анализ влияния физико-механических свойств древесины на качество акустических панелей // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 4. С. 57-63.

DETERMINATION OF THE LENGTH SCALE OF TURBULENCE

Hinkanin Alexander Pavlovich, Hinkanin Leonid Aleksandrovich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

The article considers the problem of numerical modeling of mass transfer processes and refinement the design parameters of turbulent flows.

Keywords: *Turbulence, pressure, temperature, energy, velocity*

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. ИНЖЕНЕРИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 502: 911.2; 504.54:911.52; 519.876

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

Мазуркин Петр Матвеевич

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
kaf_po@mail.ru

Рассмотрены показатели землепользования в Российской Федерации за 1990-2011 годы. Показаны закономерности динамики по методу идентификации статистических моделей, построенных из кирпичиков Гильберта.

Ключевые слова: земля, пользование, показатели, динамика, закономерности

Введение. По данным [1], особенности предложенного метода [2] анализа различных явлений и процессов, имеющих колебательное возмущение, асимметричными вейвлет-сигналами, даны в учебных пособиях [3, 4]. Устойчивые законы и закономерности на их основе делают выбор уравнения для последующей идентификации на статистических данных (числовых полях) вполне осмысленным, и вероятностное моделирование остается только при случайном поиске программной средой типа CurveExpert значений параметров у искомой модели. Поэтому из теории идентификации первый этап (выбор случайной структуры уравнения) исключается и остается второй этап – случайная идентификация параметров модели.

Структура модели идентифицируется обработкой исходных данных так:

- вначале выявляются детерминированные нелинейные закономерности;
- затем дополняются эти тренды колебательными возмущениями.

Цель работы – показать метод анализа динамики площади сельскохозяйственных угодий и её подкатегорий.

Метод вейвлет-анализа. Гильберт мечтал об инвариантах, как из кирпичиков будет собираться универсальное уравнение Декарта. Наши универсальные инварианты даны в таблице 1.

В таблице 2 приведены интервалы коэффициента корреляции как меры адекватности, которые применимы для верификации статистических моделей.

Таблица 1

**Математические конструкторы (исходные инварианты,
или кирпичики Гильберта) для составления статистической модели**

Фрагменты без предыстории изучаемого явления или процесса	Фрагменты с предысторией изучаемого явления или процесса
$y = ax$ – закон линейного роста или спада (при отрицательном знаке перед правой стороной формулы линейного изменения)	$y = a$ – закон не влияния принятой объясняющей переменной на показатель, который имеет собственную предысторию значений
$y = ax^b$ – закон показательного роста (закон показательной гибели $y = ax^{-b}$ не является устойчивым, из-за бесконечности значения показателя при нулевом значении объясняющей переменной)	$y = a \exp(\pm cx)$ – закон Лапласа в математике (Ципфа в биологии, Парето в экономике, Мандельброта в физике) экспоненциального роста или гибели. На нем Лаплас создал методологию операторного исчисления
$y = ax^b \exp(-cx)$ – биотехнический закон в упрощенной форме (П.М. Мазуркин), когда показательный рост постепенно получает экспоненциальное торможение	$y = a \exp(\pm cx^d)$ – закон экспоненциального роста или гибели в полной форме (конструкции), который имеет интенсивность, не равную единице (П.М. Мазуркин)
$y = ax^b \exp(-cx^d)$ – биотехнический закон, общий для шести конструкторов (П.М. Мазуркин)	

Таблица 2

Уровни адекватности статистических моделей

Интервал коэффициента корреляции	Характер тесноты связи между факторами			
	существующая классификация	шкала для технических измерений	шкала для прецизионных измерений	шкала для генной инженерии и рядов целых простых чисел
1	сильная связь	однозначная	однозначная	однозначная
0,999...1,0000		сильнейшая	почти однозначная	почти однозначная
0,99...1,000			сверхсильная	чрезвычайно сильная
0,95...0,99			сильнейшая	сильнейшая
0,90...0,95			сильная	сильная
0,7...0,9		средняя	средняя	средняя
0,5...0,7	слабая связь	слабоватая	слабоватая	слабоватая
0,3...0,5		слабая	Слабая	слабая
0,1...0,3	нет связи	слабейшая	слабейшая	слабейшая
0,0...0,1		нет связи	нет связи	нет связи
0				

Существующая шкала квантификации тесноты связи между принятыми факторами (нет связи, слабая и сильная связь) является очень грубой.

Критерием (количественной мерой) идентификации становится погрешность измерений при составлении числового поля, т.е. таблицы исходных данных. Математические числовые объекты – наилучшие для идентификации законов-инвариантов. На втором месте находятся прецизионные измерения в астрономии, физике, технике и технологии, других областях науки. На третье место встают биологические объекты, и их поведение имеет четкий колебательный характер. Самые высокие погрешности имеют социально-экономические измерения из-за их значительной субъективности.

Нами предложена для технических экспериментов, в которых погрешность измерений не превышает 5 %, другая шкала (третий столбец таблицы 2). Однако выяснилось, что этой шкалы уровней адекватности также недостаточно.

Для многих природных объектов и результатов прецизионных физических измерений пришлось ввести еще два интервала уровня адекватности по четвертому столб-

цу таблицы 2, что нами было выполнено только при моделировании распределений простых чисел. А для генной инженерии пришлось ввести еще один уровень адекватности.

Мы придерживаемся концепции Декарта о необходимости применения алгебраического уравнения общего вида как математического решения неизвестных интегральных уравнений. Для обобщения был предложен новый класс волновых функций [3].

Сигнал – это материальный носитель информации. Он нами понимается как *мера взаимодействия*. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных сигналов давно известно, например, через ряды гидрометеорологических измерений. Однако до сих пор не получены их статистические модели.

Аналогичная ситуация сложилась в земельном кадастре и землепользовании.

Асимметричный вейвлет-сигнал для статистического моделирования имеет вид

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}), \quad (1)$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}), \quad p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}},$$

где y – показатель (зависимый фактор); i – номер составляющей модели (1); m – количество членов в модели (1); x – объясняющая переменная (влияющий фактор); $a_1...a_8$ – параметры, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации формулы (1); A_i – амплитуда (половина) асимметричного вейвлета (ось y); p_i – полупериод волны колебательного возмущения (ось x).

Как правило, общая стохастическая волновая функция (1), в которой неволновые части (1) становятся частными случаями и показывают детерминированное на интервале времени измерений поведение объекта исследования. Это позволяет идентифицировать составной статистической моделью поведение многих математических, астрономических, биологических и экологических, социально-экономических и иных объектов.

Исходные данные. По данным за 2011 год [1] (табл. 3) дополнительно были введены новые удельные показатели: доли пашни, сенокосов и пастбищ, залежей по отношению к сельскохозяйственным угодьям.

Таблица 3

Динамика площади сельскохозяйственных угодий Российской Федерации с 1990 по 2011 годы (с землями личного пользования)

Год	Время t , лет	Сельскохозяйственные угодья $S_{СХУ}$	в том числе, тыс. га			Доля в СХУ, %		
			пашня $S_{П}$	сенокосы и пастб. $S_{СП}$	залежь $S_{З}$	пашня $\alpha_{П}$	сенокосы и пастб. $\alpha_{СП}$	залежь $\alpha_{З}$
1990	0	222409.2	132304.2	87899.5	347.2	59.49	39.52	0.16
1991	1	222407.9	132068.7	86860.2	374.7	59.38	39.05	0.17
1992	2	222486.3	132004.6	88081.1	393.4	59.33	39.59	0.18
1993	3	222122.0	131587.3	88248.8	481.2	59.24	39.73	0.22
1994	4	221794.6	130656.2	88012.4	1097.8	58.91	39.68	0.49
1995	5	221985.2	130197.6	88229.2	1456.4	58.65	39.75	0.66
1996	6	221634.2	128870.9	88783.0	2003.1	58.15	40.06	0.90
1997	7	221491.6	127822.8	89220.9	2501.9	57.71	40.28	1.13

Год	Время t , лет	Сельско- хозяйственные угодья $S_{СХУ}$	в том числе, тыс. га			Доля в СХУ, %		
			пашня S_{II}	сенокосы и пастб. $S_{СП}$	залежь S_3	пашня α_{II}	сенокосы и пастб. $\alpha_{СП}$	залежь α_3
1998	8	221161.8	126488.6	89943.8	2874.6	57.19	40.67	1.30
1999	9	221151.3	125331.9	90585.6	3360.8	56.67	40.96	1.52
2000	10	221088.8	124373.8	90923.4	3927.2	56.26	41.13	1.78
2001	11	221003.6	123859.6	91143.0	4143.3	56.04	41.24	1.87
2002	12	220896.2	123464.4	91351.4	4245.0	55.89	41.35	1.92
2003	13	220832.6	122558.4	91903.6	4556.3	55.50	41.62	2.06
2004	14	220729.7	122146.0	92023.7	4750.2	55.34	41.69	2.15
2005	15	220679.0	121780.9	92098.8	4998.9	55.18	41.73	2.27
2006	16	220632.7	121573.9	92117.1	5144.3	55.10	41.75	2.33
2007	17	220567.9	121573.5	92094.5	5105.7	55.12	41.75	2.31
2008	18	220491.6	121648.9	92052.0	4998.0	55.17	41.75	2.27
2009	19	220461.6	121648.7	92053.0	4965.2	55.18	41.75	2.25
2010	20	220396.3	121433.9	92059.5	5103.3	55.10	41.77	2.32
2011	21	220272.1	121444.9	92028.3	4996.9	55.13	41.78	2.27

Далее моделируем динамику показателей по трендам.

Динамика СХУ отражается в формуле (рис. 1)

$$S_{СХУ} = 2,22442 \cdot 10^5 \exp(-2,25660 \cdot 10^{-6} t^{2,50550}) - 7,18629 \cdot 10^5 t^{6,03983} \exp(-10,80276 t^{0,27365}). \quad (2)$$

В этом двухчленном тренде первая составляющая является экспоненциальным законом гибели, а вторая составляющая становится кризисным (отрицательный знак перед членом модели) стрессовым возбуждением сельского хозяйства России.

Динамика пашни характеризуется уравнением вида

$$S_{II} = 1,32272 \cdot 10^5 \exp(-0,00093423 t^{1,25704}) - 4,97102 \cdot 10^5 t^{5,98362} \exp(-13,04864 t^{0,32361}). \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) схожи по конструкции.

Динамика сенокосов и пастбищ представлена (рис. 1) формулой

$$S_{СП} = 87560,916 \exp(0,0010613 t^{1,15256}) + 2,72830 \cdot 10^6 t^{6,1659610} \exp(-21,12758 t^{0,33258}). \quad (4)$$

Как видно из рисунка 1, с годами происходит снижение площади СХУ и пашни, но площадь сенокосов и пастбищ увеличивается. При этом их качество по продуктивности травы снижается.

Динамика залежи (рис. 1), то есть отходов полеводства и растениеводства, выражается формулой

$$S_3 = 317,71667 \exp(0,00019861 t^{2,42465}) + 4,34933 \cdot 10^7 t^{7,84600} \exp(-15,56247 t^{0,24739}). \quad (5)$$

Тенденция получила максимум в 2006 году.

Далее примем площадь СХУ за базовый показатель.

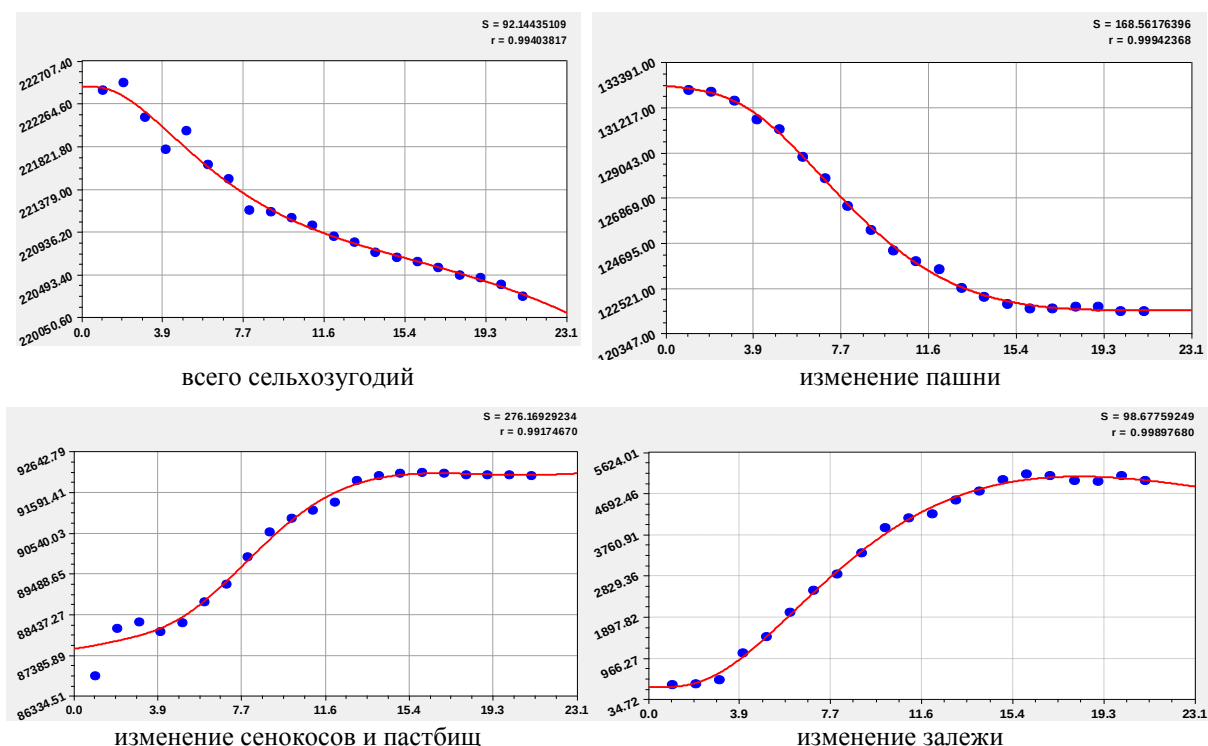


Рис. 1. Графики динамики землепользования с 1990 по 2011 гг.

Доля в СХУ пашни меняется (рис. 2) по двухчленной формуле

$$\alpha_{II} = 59,45534 \exp(-0,00038310t^{1,56397}) - 0,0033437t^{4,15524} \exp(-0,30174t^{1,00375}). \quad (6)$$

Первая составляющая показывает естественную тенденцию, а вторая и последующие члены модели характеризуют, как правило, антропогенное воздействие.

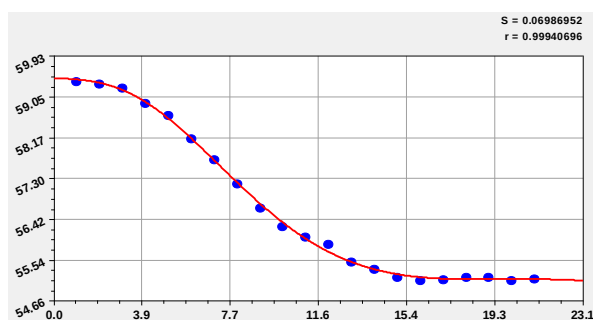


Рис. 2. Изменение доли в СХУ пашни

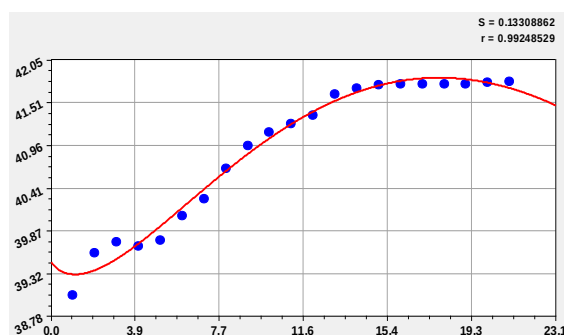


Рис. 3. Динамика доли в СХУ сенокосов и пастбищ

В формуле (6) вторая составляющая, то есть влияние человеческого фактора, из-за отрицательного знака приобретает кризисный характер.

Доля в СХУ сенокосов и пастбищ (рис. 3) характеризуется формулой с положительным антропогенным влиянием

$$\alpha_{СП} = 39,46844 \exp(-0,013364t) + 0,385223t^{1,40251} \exp(-0,040051t). \quad (7)$$

Таким образом, системный кризис положительно влияет на площадь под сенокосами и пастбищами. Мало осталось в России улучшенных сенокосов и высокопродуктивных по травяному покрову пастбищ.

Доля в СХУ залежи отражена на графике динамики площади под залежи (рис. 4):

$$\alpha_3 = 1,00829 \exp(1,31070 t^{0,67142}) + 0,043557 t^{1,82229} \exp(-0,014679 t^{1,56240}). \quad (8)$$

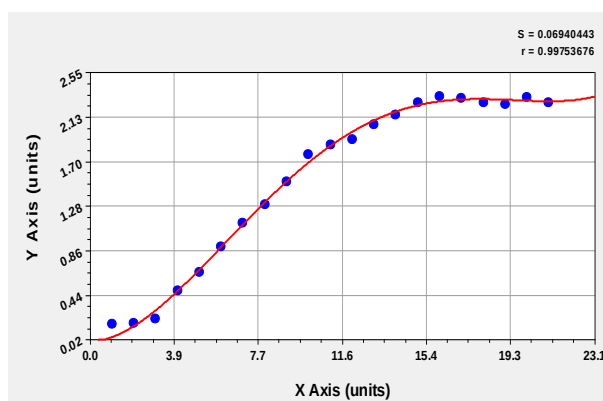


Рис. 4. Изменение доли в СХУ залежи

Залежи нарастают по экспоненциальному закону, при этом стрессовое возбуждение постепенно убывает и со временем будет медленный рост площади залежи.

Заключение. Статистическое моделирование позволяет выявить высокоадекватные тренды динамики площади земель. Это позволяет надеяться, что, наконец-то, будут приниматься осознанные повороты в землепользовании, причем как по категориям земельного кадастра, так и по субъектам Федерации.

Список литературы

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2011 году. М.: Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, 2012. 248 с.
2. Мазуркин П. М. Решение 23-й проблемы Гильберта // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики: материалы 3-й науч.-практ. интернет-конф. Ульяновск: SIMJET, 2014. С. 269-277.
3. Мазуркин П. М. Биокаркас территории: учеб. пособие. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. 156 с.
4. Мазуркин П. М. Коррелятивная вариация: учеб. пособие. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. 120 с.

WAVELET ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF LAND USE IN RUSSIA

Mazurkin Petr Matveevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Considered indicators of land use in the Russian Federation for the years 1990-2011. The regularities of the dynamics by the method of identification of a statistical fashion-lay, is constructed from bricks Hilbert.

Keywords: land use, indicators, dynamics, patterns

УДК 502: 911.2; 504.54:911.52; 519.876

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ УЧАСТКОВ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛЫ

**Мазуркин Петр Матвеевич, Кудряшова Анастасия Игоревна,
Фадеев Александр Николаевич**

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Россия, Йошкар-Ола
kaf_po@mail.ru

Показаны волновые закономерности распределений центров кадастровых кварталов общественно-деловой зоны города Йошкар-Ола. Предложенный метод статистического моделирования по данным ГИС «Карта-2011» позволяет определить нелинейные архитектурные оси и направления городской застройки.

Ключевые слова: город, зоны, кварталы, центры, координаты, закономерности

Введение. Генеральный план городского округа "Город Йошкар-Ола" – столицы Республики Марий Эл – разработан в 2004-2007 гг. Он ставит задачу – создать "экологическую и спортивную столицу" Поволжья и для этого есть все основания. Йошкар-Ола – красивый, чистый, активно развивающийся город, поэтому он вполне может стать умной и зеленой средой обитания.

Из Генерального плана города нами был выделена основная часть в количестве 303 кадастровых кварталов, по которым в ГИС «Карта-2011» были выделены условные координаты, периметр и площадь квартала в урезанной местной системе координат МСК-12. Рассмотрим третью зону с пятью подзонами – общественно-деловую часть города Йошкар-Олы, требующую особого научного обоснования экологических мер по созданию зеленой среды [1-4].

Цель работы – показать возможности статистического моделирования асимметричными вейвлетами распределений координат центров кадастровых кварталов.

Исходные данные. По общественно-деловой зоне координаты центров кадастровых кварталов города Йошкар-Олы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Координаты центров кадастровых кварталов общественно-деловой зоны Йошкар-Ола

Подзона 31		Подзона 32		Подзона 33		Подзона 34		Подзона 35	
Y(x), м	X(y), м	Y(x), м	X(y), м	Y(x), м	X(y), м	Y(x), м	X(y), м	Y(x), м	X(y), м
5888	8975	2750	13247	9527	10418	5098	7115	8937	10338
6138	9712	6943	7961	5087	11690	1490	12226	8538	9329
5527	9270	7997	9734	4692	11834	4350	8937	4350	9309
5527	10674	8113	9825	9411	8606	6035	11536	2331	9382
6339	9596	3814	8972			4876	12412	1601	9203
5401	10269	5895	8569			6922	7339	4673	6646
5880	10563	9910	8140			5014	10833	1313	12179
5256	9822	4841	8365			4346	8035	6193	7978
5632	9136	8087	9233			4994	7783		
5421	9481	3250	10851			4305	7827		
6037	10339	4099	8872			4496	10839		
6916	10788	8173	10109			10668	10517		
6550	10853	4503	9215						
5166	9576	2986	10451						
5767	9982	3755	9157						
5666	9689	5328	8067						
		2750	13247						

В таблице 1 даны условные обозначения координат центров кварталов:

x – условная координата центра кадастрового квартала по широте Y (абсцисса), м;

y – условная координата центра квартала по долготе X (ордината), м.

Моделирование данных. В большинстве случаев для идентификации искомых закономерностей по известным табличным моделям достаточна усеченная конструкция (по формуле частоты колебания) асимметричного вейвлета [1, 2] типа

$$y = \sum_{i=1}^m y_i, \quad y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i}), \quad (1)$$

где y – показатель (зависимый фактор); $y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i})$; i – номер составляющей модели (1); m – количество членов в модели (1); x – объясняющая переменная (влияющий фактор); $a_1 \dots a_8$ – параметры, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации формулы (1); $A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}})$ – амплитуда (половина) асимметричного вейвлета (ось y); $p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}$ – полупериод волны колебательного возмущения (ось x).

На рисунках 1-5 показаны графики вейвлетов по пяти подзонам (табл. 2). Параметры модели (1) для пяти подзон даны в таблице 2.

Подзона 31. Параметры модели (1) в таблице 3 показывают, что по первой составляющей в виде постоянного члена ось общественно-деловой зоны в подзоне 31 городского центра находится на местной долготе 9660 м поперек реки Малая Когшага.

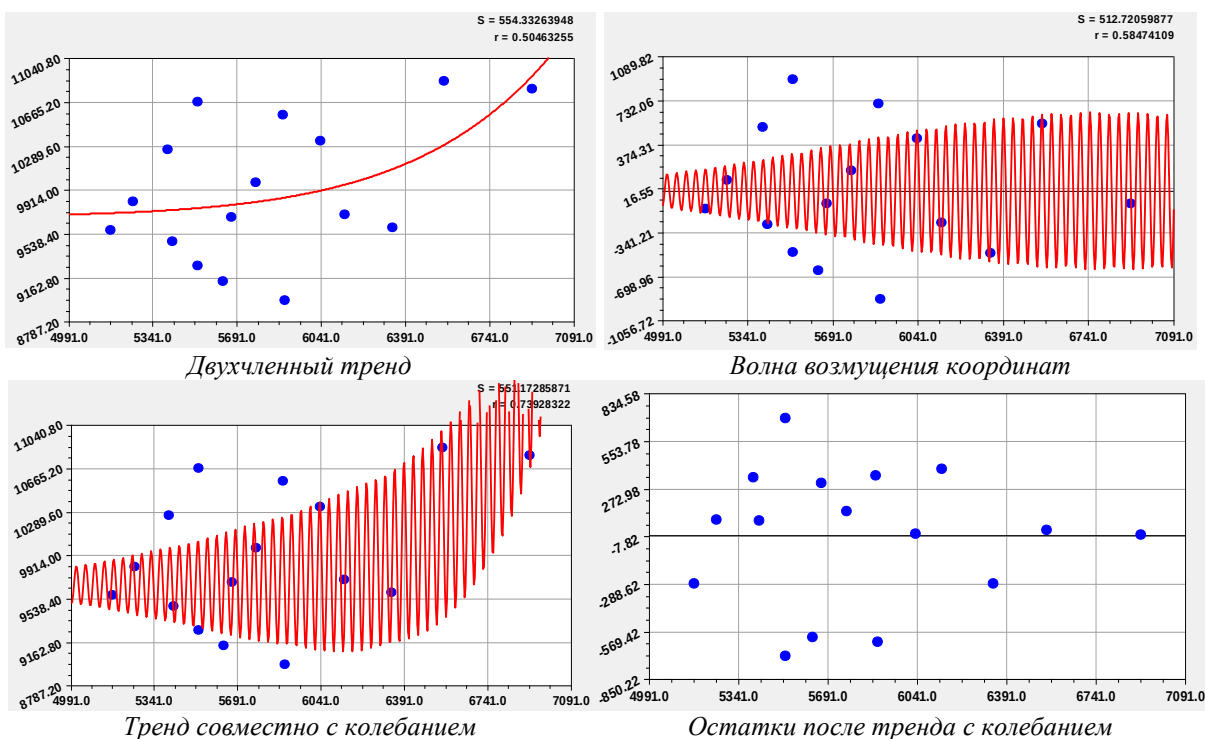


Рис. 1. Графики распределения координат центров кадастровых кварталов в подзоне 31 (в правом верхнем углу графика: S – дисперсия остатков; r – коэффициент корреляции)

По второй составляющей в виде показательного закона со временем эволюции градостроительства ось центральной подзоны 31 сместилась на северо-восток, переходя на левую сторону реки Малая Когшага. Волна возмущения имеет постоянный период $2 \times 19,66706 \approx 40$ м. Это и есть модуль распределения зданий зоны городского

центра вдоль широты или поперек реки. При этом остатки показывают, что при повышении точности представлений координат в электронной карте можно выявить и второе колебание непосредственно в старом центре города.

Таблица 2

Функциональная третья зона и подзоны города Йошкар-Ола

Код	Наименование
3	Общественно-деловые зоны (60 кадастровых кварталов)
31	Зона городского центра
32	Зона делового, общественного и коммерческого назначения
33	Зона учреждения здравоохранения и социальной защиты
34	Зона объектов высшего и среднего профессионального образования
35	Производственно-деловая зона

Для краткой записи значений параметров частных уравнений по обобщенной функции (1) применена матричная форма (табл. 3).

Таблица 3

Параметры вейвлет-сигналов зоны г. Йошкар-Ола

№ <i>i</i>	Амплитуда колебания (1)				Полупериод и сдвиг колебания (1)				Коэф. корр.
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
Подзона 31									
1	9660,0945	0	0	0	0	0	0	0	0,7393
2	4,97718e-87	23,32631	0	0	0	0	0	0	
3	1,43084e-126	37,87247	0,0055440	1	19,66706	0	0	2,59557	
Подзона 32									
1	61012,1486	0	0,00015790	0,99877	0	0	0	0	0,8944
2	-2,72353	1,33465	0,00049935	0,99971	0	0	0	0	
Подзона 33									
1	14123,9779	0	0	0	0	0	0	0	0,8601
2	-0,48570	1	0	0	0	0	0	0	
Подзона 34									
1	1,82113e6	0	0	0	0	0	0	0	1,0000
2	-1,77808e6	0,0022126	0	0	0	0	0	0	
3	3617,1498	0	0	0	603,79737	0	0	-0,62329	
4	-1,19524e-46	14,07210	0,0015481	1	19,98100	-0,00032144	1	-0,16262	
Подзона 35									
1	6,20300e5	0	-3,91322e-6	1	0	0	0	0	1,0000
2	-5,47193e5	0,015646	0	0	0	0	0	0	
3	0,0020754	1,84764	0,00035094	1	104,08409	0,097367	0,85742	2,65367	

Подзона 32. На рисунке 2 четко выделяется двухчленный тренд с коэффициентом корреляции 0,8944. Этот факт указывает на то, что зона 32 делового, общественного и коммерческого назначения имеет хорошую градостроительную ориентацию.

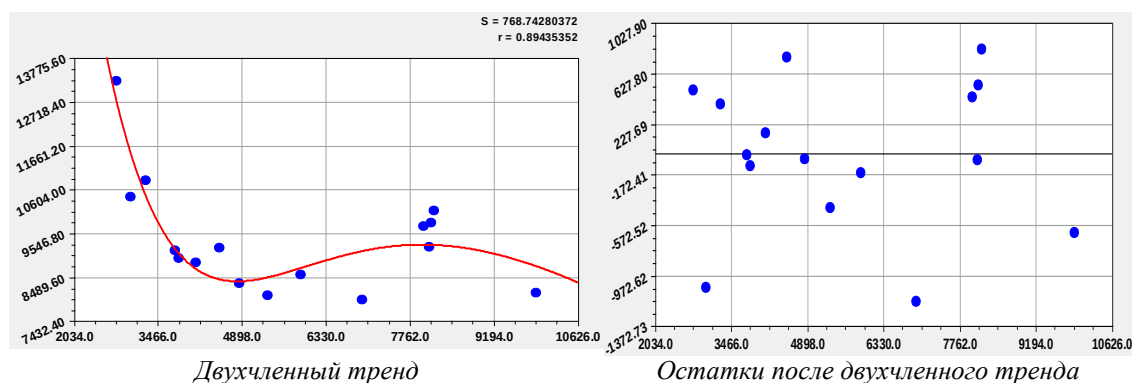


Рис. 2. График распределения центров кадастровых кварталов подзоны 32 делового, общественного и коммерческого назначения

Подзона 33. По таблице 1, в подзоне 33 находится всего 4 кадастровых квартала (рис. 3).

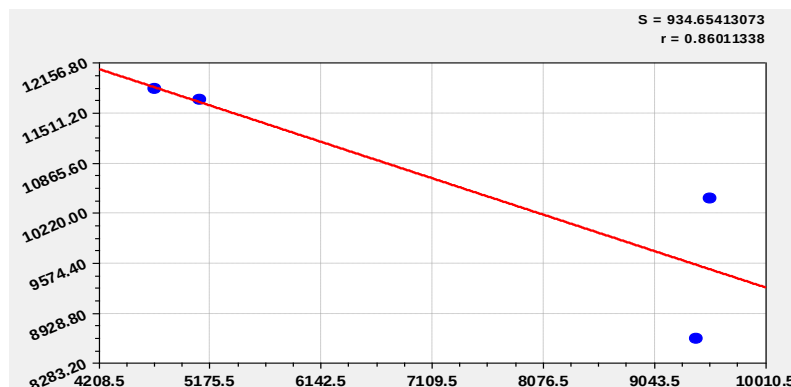
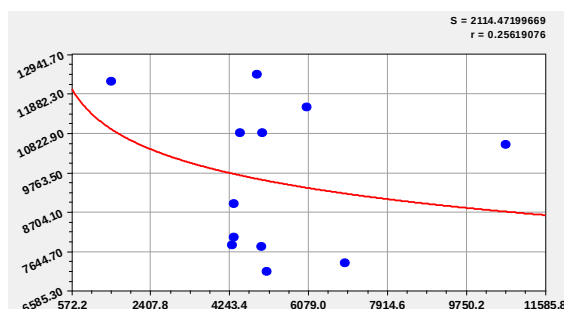


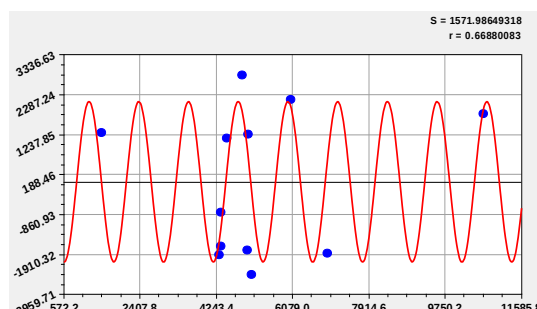
Рис. 3. Подзона 33 учреждений здравоохранения и социальной защиты

Линейная модель дает коэффициент корреляции 0,8601.

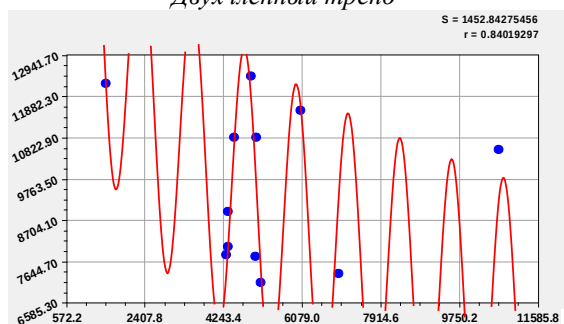
Подзона 34. Данная подзона оказалась наиболее сложной (рис. 4).



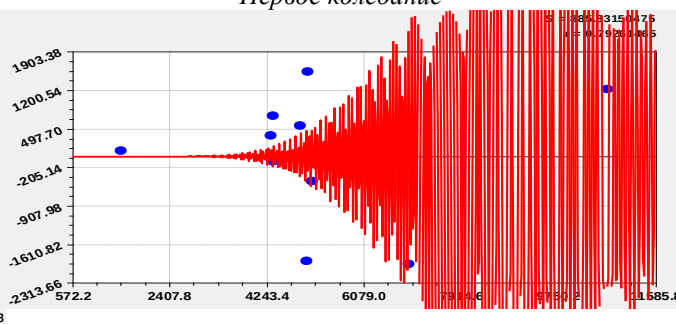
Двухчленный тренд



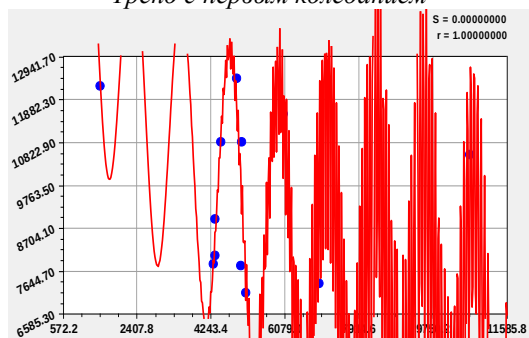
Первое колебание



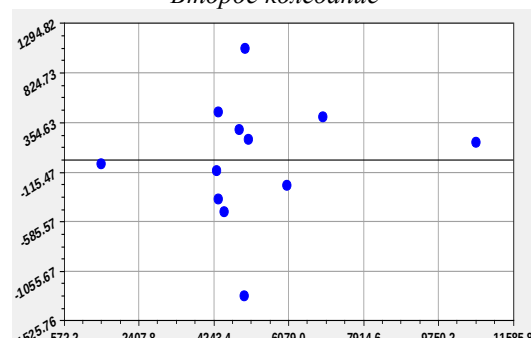
Тренд с первым колебанием



Второе колебание



Тренд и два колебания



Остатки после тренда с двумя волнами

Рис. 4. Графики возмущения подзоны 34 объектов высшего и среднего профессионального образования

В конце XX века предполагалось построить студенческий городок на левом берегу Малой Кокшаги, поэтому в подзоне 34 происходит сильное колебание кадастровых кварталов.

Подзона 35. Производственно-деловая зона (рис. 5) имеет сильное колебание.

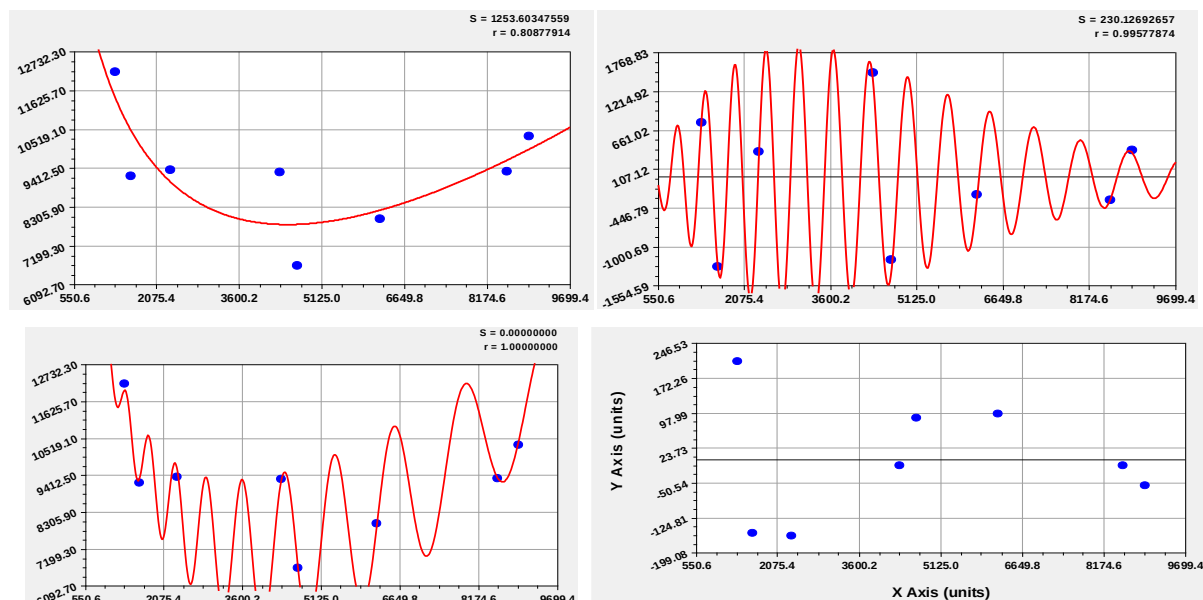


Рис. 5. Графики подзоны 35 производственно-деловой застройки города Йошкар-Ола

Длина колебания охватывает весь город по широте.

Закключение. Статистическое моделирование географического расположения центров городских кадастровых кварталов позволяет изучать архитектурные оси и направления застройки, в том числе и в динамике развития города [3, 4]. Наиболее устойчивой оказалась зона делового, общественного и коммерческого назначения.

Список литературы

1. Мазуркин П. М., Кудряшова А. И. Динамика онтогенеза листьев дерева. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. 172 с.
2. Мазуркин П. М., Фадеев А. Н. Геоинформационные системы земельного кадастра, лесного реестра и особо охраняемых территорий // Современные проблемы науки и образования. 2009. № 4. С.69 -75.
3. Панасанко С. Город – новая утопия, или горе от ума? 3 февраля 2015. URL: <http://green-city.su/novaya-utopiya-ili-gore-ot-uma/> (дата обращения 18.02.2015).
4. Понятие устойчивого развития. URL: <http://green-agency.ru/ponyatie-istoriya-i-sfery-ustojchivogo-razvitiya/> (дата обращения 28.02.2015).

REGULARITIES OF DISTRIBUTION OF CADASTRAL PARCELS OF THE CITY OF YOSHKAR-OLA

Mazurkin Petr Matveevich, Kudryashova Anastasia Igorevna, Fadeev Aleksandr Nikolayevich

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

Shows the wave patterns of the distributions of the centers of cadastral blocks of public and business zone of the city of Yoshkar-Ola. The proposed method of statistical modeling according to the GIS "Map 2011" allows you to define nonlinear architectural axis and direction of urban development.

Keywords: City, area, cadastral quarter, centers, coordinates, patterns

УДК 630*811.112: 504.055

СРАВНЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ АНИЗОТРОПИИ ДРЕВЕСИНЫ НА КОЛОТЫХ СОРТИМЕНТАХ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ СПОСОБОМ

Темнова Екатерина Борисовна

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

Рассмотрены акустические показатели древесины двух пород (березы и ели) в зависимости от направления анизотропии и азимута, основанные на измерении скорости звука при помощи прибора «Пульсар-1.0». Предложенный метод позволяет определить сектора дерева с наилучшими акустическими показателями.

Ключевые слова: анизотропия древесины, ультразвук, азимут, резонансная древесина

Введение. В производстве изделий из древесины с акустическими свойствами используется древесина различных пород. При этом учитываются многие факторы по ГОСТ 6900-69 «Заготовки деревянные резонансные для музыкальных инструментов»: ширина годичных слоев, оптимальная величина содержания поздней древесины, равнослойность, крень, наклон волокон [1]. Если известна азимутальная ориентация колотого сортимента, возможен усовершенствованный отбор колотого сортимента с резонансными свойствами по предложенному способу [2], снижающий затраты труда и повышающий производительность [3].

Материалом для изготовления дек в музыкальной промышленности традиционно служит древесный материал, так называемая «поющая» или резонансная древесина. Существующие способы определения акустических свойств резонансной древесины основываются на анализе косвенных признаков или на разрушающих (частично разрушающих) способах. Исследования, основанные на прямых способах неразрушающей диагностики, довольно сложны и немногочисленны [4].

Основные виды древесины для изготовления музыкальных инструментов – ель, сосна, береза, пихта кавказская, кедр сибирский и клен с особыми дендроакустическими свойствами. Из них наибольшее распространение получила резонансная ель.

Анизотропия древесины – это различие показателей древесины по направлениям анизотропии: радиальному, тангенциальному и продольному, что приводит к неодинаковости физических свойств древесины и древесных материалов в разных направлениях. Она является следствием медленно развивающейся оптимизации микро- и макростроения в условиях роста дерева и максимального сопротивления ствола механическим нагрузкам с выделением армирующих волокон в древесных тканях.

Цель работы – усовершенствовать отбор резонансной древесины на месте произрастания деревьев при определении азимута.

Решаемые задачи: 1) обоснование отбора древесины неразрушающим способом; 2) применение ультразвуковой диагностики на колотых сортиментах; 3) сопоставление акустических показателей древесины в зависимости от направления анизотропии и азимута.

Методика эксперимента. Наиболее интересной и важной звуковой характеристикой является скорость распространения ультразвука в материале. Колебательное движение передается от одной частицы к другой не мгновенно, а с определенной ско-

ростью. Соответственно, ультразвуковые волны в образцах распространяются с некоторой конечной скоростью, которая определяется упругими свойствами среды и ее плотностью. Скорость распространения ультразвуковых колебаний C – это расстояние, пройденное волной за одну секунду.

Комплекс акустических свойств древесины, определяющих возможность ее использования в качестве материала для изготовления музыкальных инструментов, характеризует главным образом способность материала к звуковому излучению и находит отражение в показателях акустической константы K , или константе излучения Н.Н. Андреева.

Еще одной важной акустической характеристикой материала при оценке его способности отражать и проводить звук является удельное волновое сопротивление, или акустическое сопротивление Ω . Оно определяет свойство среды проводить акустическую энергию, в том числе и ультразвуковую. Акустическое сопротивление среды выражается отношением звуковой плотности к объемной скорости ультразвуковых волн. Удельное акустическое сопротивление среды устанавливается соотношением амплитуды звукового давления в среде к амплитуде колебательной скорости ее частиц.

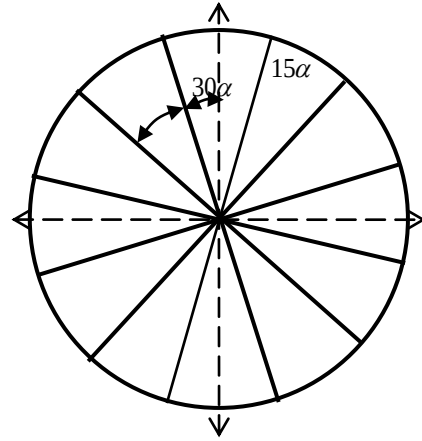


Рис. 1. Разметка краёв на сектора

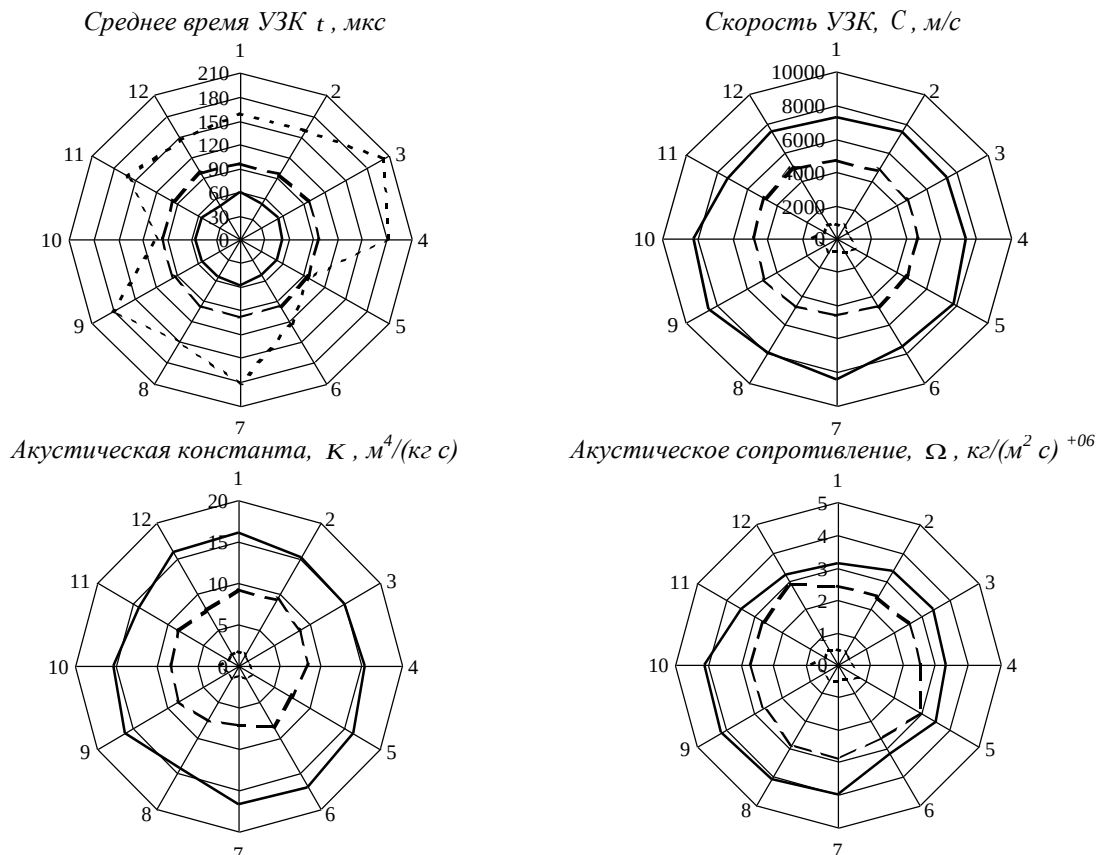


Рис. 2. Сравнение параметров ели по направлениям анизотропии: продольное — — ; тангенциальное — — ; радиальное

Для получения данных распределения акустических показателей в стволе дерева по высоте, азимуту и направлениям анизотропии рассматривались два модельных дерева – ель и береза. Разметка кряжей показана на рисунке 1.

Обработка данных. В качестве образца для определения акустических показателей по азимуту в зависимости от направления анизотропии выбран кряж ели на высоте 2,5 м от корневой шейки дерева (рис. 2). Цифры 1-12 показывают середину каждого из 12 колотых сортиментов (1 – первый сектор с северной стороны ствола дерева). Акустические показатели на радиальных диаграммах средние по трем измерениям в середине кряжа ели.

В радиальном направлении время прохождения ультразвуковых колебаний непостоянное и самое высокое, что приводит к уменьшению скорости.

Плотность колотых сортиментов значительно меняется по азимуту, поэтому производные от неё показатели также изменчивы.

Акустические показатели колотых сортиментов по азимуту двух пород приведены на рисунке 3. Для их сравнения были выбраны кряжи березы и ели с поперечным сечением на высоте 2,5 м от корневой шейки. У березы по азимуту изменчивость акустических показателей намного меньше по сравнению с еловой древесиной.

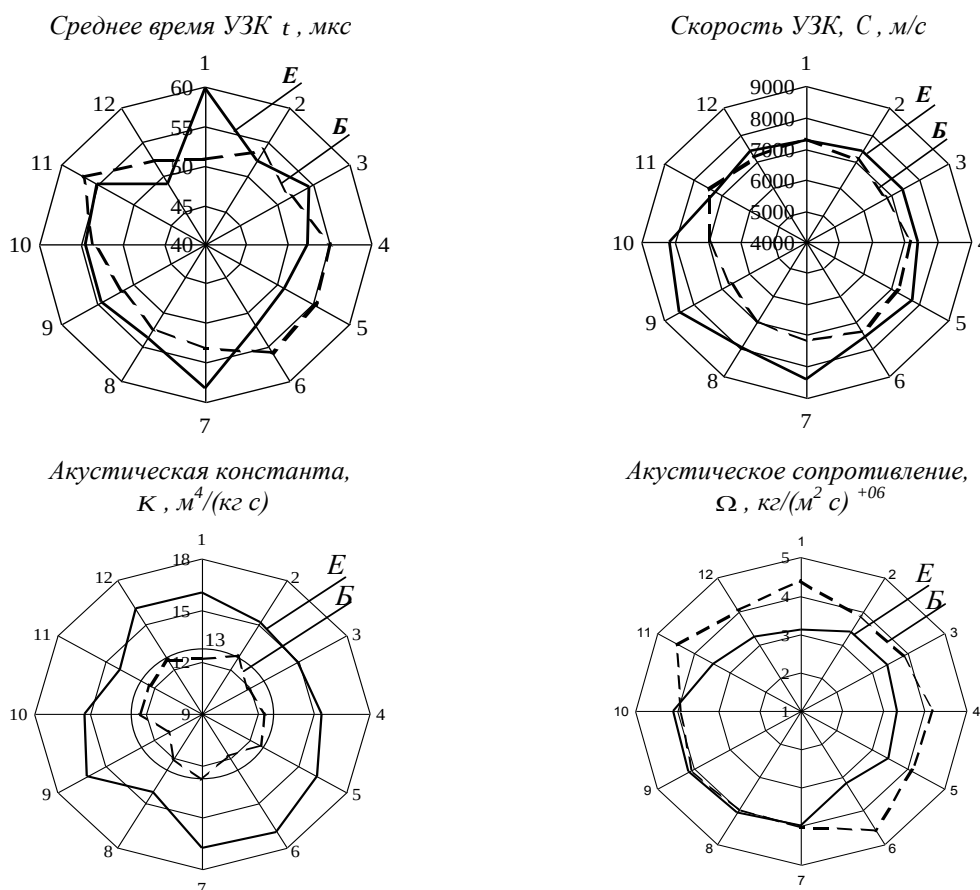


Рис. 3. Сравнение ультразвуковых параметров древесины по двум породам: Е - ель; Б - береза

Несовпадение березы и ели по пропорциям вдоль каждого азимута указывает на то, что сектора у деревьев и структура их корней и кроны разные. Также распределение секторов ствола влияет на показатели ультразвуковых колебаний.

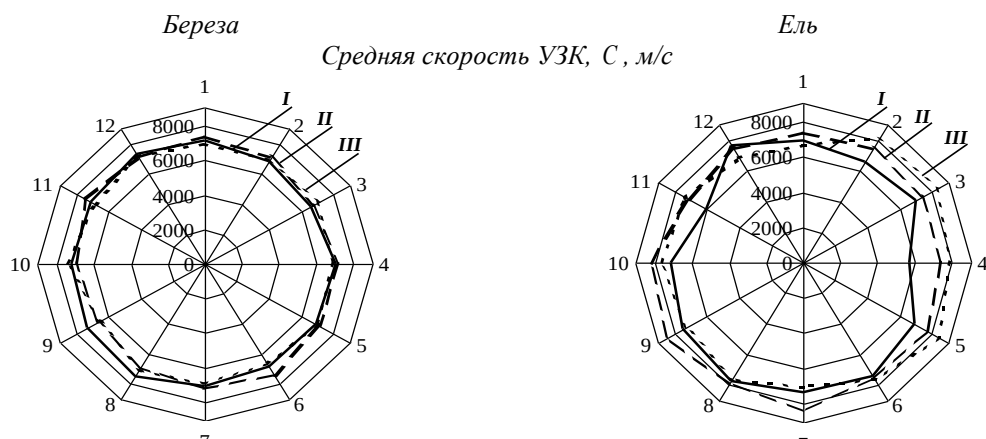


Рис. 4. Сравнение кряжей древесины разных высот по скорости ультразвуковых колебаний

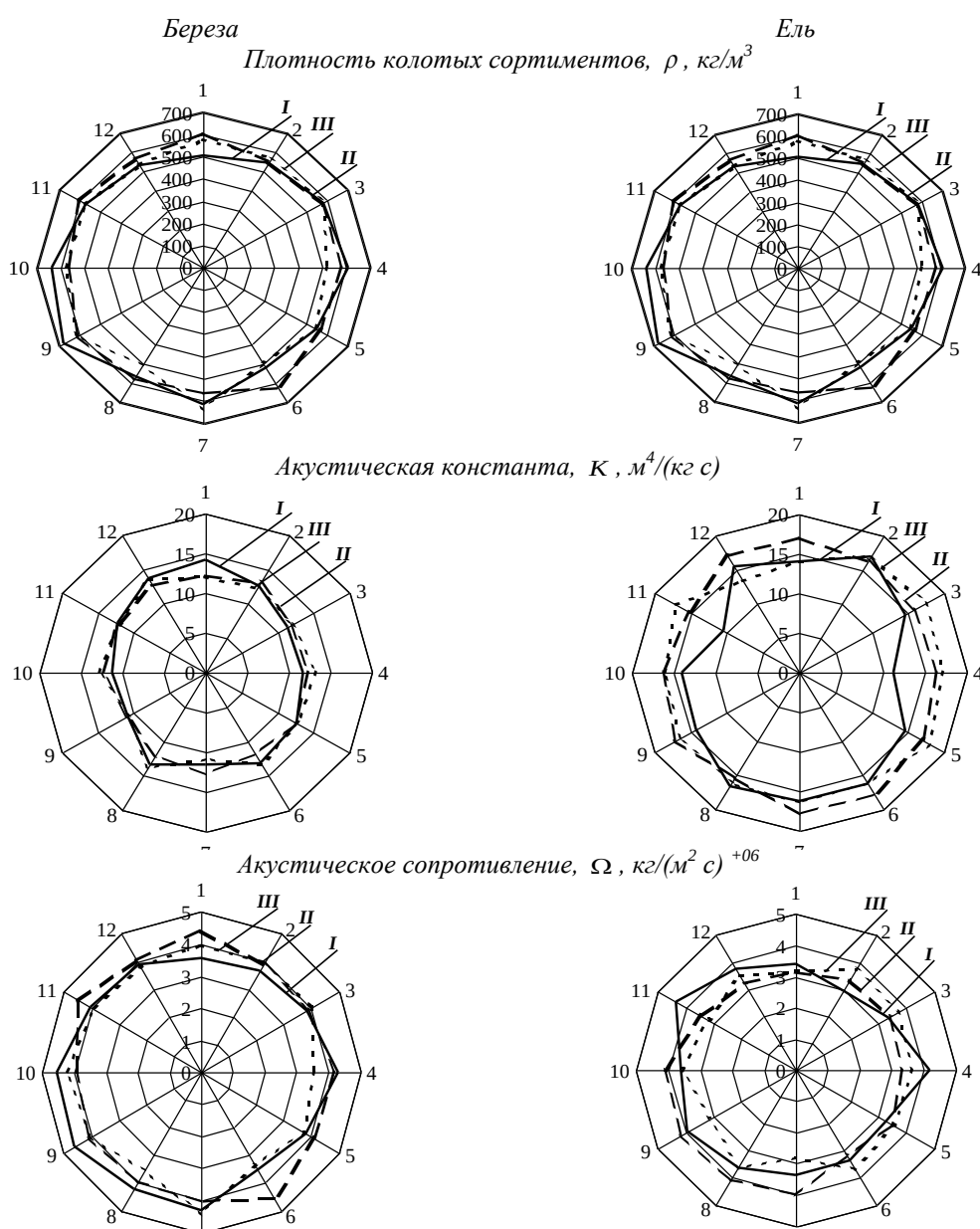


Рис. 5. Сравнение кряжей древесины разных высот по акустическим показателям

Сравнение кряжей березы и ели по азимуту (рис. 4 и 5) приведены на графиках колотых сортиментов при комнатно-сухом состоянии древесины ($W = 8...12\%$), что соответствует технологии подготовки древесины на музыкальных фабриках и у индивидуальных предпринимателей, в тангенциальном направлении анизотропии по породам модельных деревьев ели и березы. Кряжи размечались в зависимости от расположения в стволе по высоте. Кряж I на высоте 2,0 м, II – 2,5 м, III – 3,0 м от корневой шейки. Заметна разница по азимуту только у кряжей ели.

Скорость ультразвуковых колебаний является основным показателем для расчета акустических свойств древесины. На графиках скорости ультразвуковых колебаний (рис. 4) заметно, что их распределение на кряжах березы мало зависит от расположения в стволе. На еловой древесине четко выражено увеличение времени прохождения ультразвуковых колебаний по высоте ствола, которое является определяющим показателем для вычисления скорости ультразвуковых колебаний.

На рисунке 5 показано изменение плотности древесины. Визуально представлена плотность древесины березы, которая имеет более высокие показатели, чем ели, и при этом увеличивается на западной стороне.

Акустическая константа считается основным показателем. Она увеличивается с северной стороны у обоих пород, а акустическое сопротивление увеличивается на западной стороне ствола. Такая закономерность объясняется тем, что акустическая константа получается делением скорости на плотность, а сопротивление – их умножением. Поэтому на практике достаточен только показатель акустической константы.

Скорость ультразвуковых колебаний на березовой древесине уменьшается с увеличением высоты расположения кряжей в стволе, но равномернее по разбросу значений. У скорости ультразвуковых колебаний с изменением азимута наблюдается четкая волновая закономерность, причем с импульсными впадинами у древесины ели.

Выводы

1. Качество древесины меняется по секторам в дереве ели. Наибольшее количество худших по качеству колотых сортиментов ели определено в секторе 60-120 градусов. Таким образом, отбор резонансных секторов на стволе дерева ели в перспективе можно проводить в растущем состоянии.

2. Акустическая константа в колотых сортиментах ели составляет в среднем 11-14 м⁴/(кг·с), местами до 15 м⁴/(кг·с) и более, что определяет их как резонансную древесину. Древесина березы имеет 7,5-12,5 м⁴/(кг·с), что приемлемо для крепежных и усилительных деталей музыкальных инструментов. Высокие значения акустической константы и скорости ультразвуковых колебаний наблюдаются в секторах колотых сортиментов из кряжей на уровне 2,5-3,0 м от корневой шейки, что указывает на лучшие резонансные свойства древесины выше общепринятого уровня 1,3 м. Заметно увеличение этого показателя с северной стороны ствола.

3. Сравнение пород деревьев по азимуту и высоте ствола показало, что оба модельных дерева по показаниям акустической константы пригодны для использования их как резонансного материала, например, как древесного сырья для различных деталей в музыкальной промышленности или для обшивки акустическими панелями музыкальных залов.

Список литературы

1. Темнова Е.Б., Мазуркин П.М. Отбор резонансной древесины поленьями // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2012. № 5. С. 121-124.

2. Патент РФ № 2006126506/12. Способ ультразвукового испытания поленьев резонансной древесины / Мазуркин П.М., Темнова Е.Б. № 2334984. Оpubл. 27.09.2008, Бюл. № 27.
3. Темнова Е. Б., Мазуркин П. М., Степанова Т. О. Экономическая эффективность отбора колотой древесины с резонансными свойствами // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 24. С. 152-155.
4. Солдаева Е. Ю., Цветкова Е. М. Предварительное диагностирование прочностных свойств древесины по показателю динамического модуля упругости вибрационным способом // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 2. С. 55-63.

COMPARISON OF THE ANISOTROPY DIRECTION WOOD ONTO CRUSHED ASSORTMENT ULTRASONIC WAY

Temnova Ekaterina Borisovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola

We consider the acoustic performance of two species of wood (birch and spruce), depending on the direction of anisotropy and azimuth based on the measurement of the speed of sound with the help of the device "Pulsar-1.0". The proposed method allows to determine the wood sector with the best acoustic performance.

Keywords: *anisotropy of wood, ultrasound, azimuth, resonant wood*

Сведения об авторах

АКТУГАНОВ Александр Анатольевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры деревообрабатывающих производств

АКТУГАНОВ Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения

АКТУГАНОВ Олег Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения

АЛИБЕКОВ Сергей Якубович – доктор технических наук, зав. кафедрой машиностроения и материаловедения

АЛИЕВ Марат Туфикович – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС

АНИСИМОВ Павел Николаевич – аспирант ПГТУ

АНИСИМОВ Сергей Николаевич – старший преподаватель кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

БИРЮКОВА Ольга Александровна – зав. лабораторией интродукции и акклиматизации травянистых ресурсов

БЛИНОВ Илья Давидович – аспирант ПГТУ

БОГАТОВ Максим Сергеевич – студент ПГТУ

БОРОДИНА Елизавета Андреевна – старший преподаватель кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

БОРОДОВ Владимир Евгеньевич – доцент кафедры проектирования зданий

БУКАНОВА Татьяна Сергеевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных систем

БУЛДАКОВА Юлия Михайловна – зав. лабораторией кафедры сопротивления материалов и прикладной механики

ВАЙНШТЕЙН Виктор Мейлехович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

ГРУНИН Юрий Борисович – доктор химических наук, зав. кафедрой физики

ГРЯЗИНА Мария Валентиновна – аспирант ПГТУ

ДРОШНЕВА Ольга Николаевна – студент ПГТУ

ЗВЕРЕВА Оксана Сергеевна – старший преподаватель кафедры машиностроения и материаловедения

ИВАНОВ Андрей Владимирович – аспирант ПГТУ

ИВАНОВ Сергей Павлович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой сопротивления материалов и прикладной механики

ИВАНОВА Анастасия Сергеевна – аспирант ПГТУ

ИВАНОВА Мария Анатольевна – аспирант ПГТУ

ИПАТОВ Юрий Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики

КАРТАШОВ Максим Игоревич – аспирант ПГТУ

КИРИЛЛОВ Сергей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ

КИРТАЕВ Евгений Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и прикладной механики

КОНОВАЛОВ Владимир Федорович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет

КОНОНОВА Ольга Витальевна – кандидат технических наук, зав. кафедрой строительных технологий и автомобильных дорог

КОТЛОВ Виталий Геннадьевич – кандидат технических наук, директор Института строительства и архитектуры

КРАСИЛЬНИКОВА Светлана Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики

КРАСНОВ Виталий Геннадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии

КРЕВЕЦКИЙ Александр Владимирович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики

КУДРЯШОВА Анастасия Игоревна – студент ПГТУ, учебный мастер кафедры природообустройства

КУЗНЕЦОВА Юлия Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения

КУСАКИН Александр Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования

ЛАВРЕНТЬЕВ Борис Федорович – кандидат технических наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС

ЛАСТОЧКИН Денис Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования

ЛЕЖНИН Сергей Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

ЛЕЖНИНА Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных систем

ЛЕУХИН Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры

ЛОПАТИН Альберт Марсович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования

ЛОСКУТОВ Алексей Валерьевич – аспирант ПГТУ

ЛУЖЕЦКАЯ Надежда Сергеевна – студент ПГТУ

МАГОМЕДЭМИНОВ Исрафил Искендерович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительства и автомобильных дорог

МАЗУРКИН Петр Матвеевич – доктор технических наук, зав. кафедрой природообустройства

МАКАРОВ Александр Николаевич – проректор по эксплуатационно-хозяйственной работе и капитальному строительству

МАКАРОВ Роман Александрович – студент ПГТУ

МАЛЯНОВА Лидия Ивановна – аспирант ПГТУ

МАНУКЯНЦ Елена Валерьевна – старший лаборант кафедры машиностроения и материаловедения

МЕДЯКОВ Андрей Андреевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры энергообеспечения предприятий

МИНАКОВ Юрий Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

МИРОШИН Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

МИФТАХОВ Тимур Фаридович – аспирант ПГТУ

МОТОВИЛОВА Лия Павловна – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

МУРЕЕВ Павел Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий

МУХАМЕТОВА Светлана Валерьевна – аспирант ПГТУ

МУХОРТОВ Дмитрий Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии

НАСЫРОВА Эльвира Рифовна – аспирант Башкирского государственного аграрного университета

НУРЕЕВА Татьяна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии

ОКАЧ Мария Александровна – инженер лаборатории интродукции и акклиматизации травянистых ресурсов

ОНУЧИН Евгений Михайлович – кандидат технических наук, директор Института леса и природопользования

ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и водоснабжения

ПОЗДЕЕВ Виктор Михайлович – кандидат технических наук, зав. кафедрой строительных конструкций и водоснабжения

ПОЛЕВЩИКОВА Юлия Александровна – аспирант ПГТУ

ПОЛУШИН Александр Иванович – студент ПГТУ

ПОЛЯКОВА Ксения Дмитриевна – студент ПГТУ

ПОПОВ Дмитрий Александрович – студент ПГТУ

ПРОХОРОВА Елена Валерьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии

РОЖЕНЦОВ Валерий Витальевич – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных систем

РОМАНОВ Евгений Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, ректор ПГТУ

РЯБИНИН Денис Евгеньевич – аспирант ПГТУ

САБАНЦЕВА Ирина Сергеевна – старший преподаватель кафедры проектирования зданий

САЛИХОВ Мухаммет Габдулхаевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

САПЦИН Валерий Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и водоснабжения

СЕМЕНОВ Константин Денисович – аспирант ПГТУ

СЕРЕБРЯКОВА Наталья Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии

СЛЕНЬКОВ Вячеслав Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

СМЫШЛЯЕВА Маргарита Игоревна – аспирант ПГТУ

СМИРНОВА Лариса Георгиевна – доцент кафедры общей химии, Марийский государственный университет

СОЛОВЬЕВ Николай Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения

СОЛОВЬЕВА Екатерина Вениаминовна – старший преподаватель кафедры машиностроения и материаловедения

СОРОКИН Олег Леонидович – аспирант ПГТУ

СЮТОВА Анна Игоревна – старший преподаватель кафедры машиностроения и материаловедения

ТЕМНОВА Екатерина Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства

ТЕТЕРИН Василий Владимирович – студент ПГТУ

ТИМУРГАЛИЕВА Лариса Алексеевна – аспирант ПГТУ

ТОЛЧИН Александр Эдуардович – аспирант ПГТУ

ТРОШКОВ Евгений Олегович – аспирант ПГТУ

ТУРЕЦКИХ Светлана Олеговна – аспирант ПГТУ

ТУРЛОВ Алексей Генрихович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения

ФАДЕЕВ Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства

ФЕДОРОВ Илья Анатольевич – студент ПГТУ

ХИНКАНИН Александр Павлович – кандидат технических наук, зав. кафедрой проектирования зданий

ХИНКАНИН Леонид Александрович – аспирант ПГТУ

ХУСАИНОВ Ильназ Ильфатович – аспирант ПГТУ

ШАБДАРОВ Евгений Васильевич – аспирант ПГТУ

ШАРИПОВА Танзиля Рамилевна – студент ПГТУ

ШЕСТАКОВ Яков Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
------------------	---

ЛЕС, ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Бирюкова О.А., Окач М.А.

Современное состояние коллекционных фондов экспозиции «Декоративные травянистые многолетники».....	5
---	---

Кириллов С.В., Краснов В.Г., Смышляева М.И.

Особенности плодоношения деревьев разных климатипов в географических культурах дуба черешчатого в условиях Республики Марий Эл	9
---	---

Красильникова С.В., Грунин Ю.Б., Смирнова Л.Г.

Влияние ионов Cu^{2+} и Mn^{2+} на процесс термической деструкции древесной целлюлозы	13
--	----

Кусакин А.В., Карташов М.И.

Денежная оценка средозащитных функций леса Чувашской Республики.....	16
--	----

Мифтахов Т.Ф., Нуреева Т.В.

Динамика доли деревьев будущего в лесных культурах сосны Предкамья Республики Татарстан.....	22
---	----

Мухаметова С.В., Серебрякова Н.Е.

Ресурсы дендрария Ботанического сада-института ПГТУ для подготовки студентов направлений «Ландшафтная архитектура» и «Лесное дело»	26
---	----

Насырова Э.Р., Коновалов В.Ф.

Состояние основных лесосеменных объектов в Республике Башкортостан.....	30
---	----

Полевщикова Ю.А., Лежнин С.А.

Картирование динамики лесного покрова Республики Марий Эл за 2001-2014 гг. дистанционными методами	34
---	----

Прохорова Е.В.

Сохранение генофонда плюсовых деревьев ели в архиве клонов.....	40
---	----

Романов Е.М., Нуреева Т.В., Мухортов Д.И., Хусаинов И.И.

Обобщение результатов применения ресурсосберегающей технологии лесовосстановления на горях Учебно-опытного лесничества ПГТУ	45
--	----

Тимурғалиева Л.А., Мухаметова С.В.

Экспозиция «Дикоплодовые растения»: современное состояние и перспективы.....	50
--	----

Толчин А.Э., Мухортов Д.И., Дрошнев О.Н.

Закономерности снижения всхожести семян сорных растений в корнезакрывающих субстратах при СВЧ-облучении	54
--	----

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Алиев М.Т.

Оптимизация рабочего места по оценке времени зрительного ощущения операторов видеодисплейных терминалов	60
--	----

Алиев М.Т., Полякова К.Д. Система оценки зрительного утомления операторов видеодисплейных терминалов путем анализа сосудистой системы склеры зрительного анализатора.....	65
Алиев М.Т., Буканова Т.С., Шарипова Т.Р. Электропривод на основе двухроторной электрической машины с планетарной передачей.....	70
Буканова Т.С. Электропривод на основе двухроторной электрической машины с дифференциальным управлением	75
Ипатов Ю.А., Кревецкий А.В. Моделирование и анализ алгоритмов обнаружения групповых точечных объектов	80
Лаврентьев Б.Ф. Сказочный кукольный театр в городе Йошкар-Оле	85
Лаврентьев Б.Ф., Богатов М.С. Создание прибора для цветотерапии	90
Лежнина Т.А., Роженцов В.В. Повышение точности измерения полосы пропускания рецептивных полей нейронов зрительной системы	94
Леухин В.Н., Шабдаров Е.В., Блинов И.Д. Технология электроискровой подгонки резисторов.....	99
Шабдаров Е.В., Леухин В.Н. Дискретное электроискровое воздействие как метод неразрушающей подгонки резисторов	104

ТРАНСПОРТ. ЭНЕРГЕТИКА. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Алибеков С.Я., Манукянц Е.В. Исследование физико-механических свойств брекет-системы.....	109
Алибеков С.Я., Сютова А.И. Исследование сорбционных свойств углеводородных волокон при очистке воды от нефтепродуктов	113
Анисимов П.Н., Онучин Е.М. Разработка схемно-конструктивных решений биотопливной когенерационной установки модульного исполнения с двигателем стирлинга.....	116
Зверева О.С., Соловьева Е.В. Изменение структуры материала заготовок, полученных формованием композиций из порошков железа, его оксидов и связующего, в процессе термической обработки	121
Иванов С.П., Иванова А.С. О расчете физически нелинейных стержней.....	126
Киртаев Е.А., Булдакова Ю.М. Вариант аналитического решения задачи устойчивости спицевого колеса	130
Ласточкин Д.М., Лопатин А.М. Ионный способ восстановления сопряжений	133

Макаров А.Н., Муреев П.Н., Макаров Р.А., Сорокин О.Л. Регулирование параметров теплоносителя системы отопления в автоматизированном тепловом пункте в зависимости от температурного перепада на внутренней поверхности наружного ограждения и воздуха в помещении.....	138
Онучин Е.М., Семенов К.Д., Медяков А.А. Алгоритм работы прикладных модулей автоматизированного гибкого манипулятора на основе структуры входных и выходных данных	143
Рябинин Д.Е., Шестаков Я.И. Исследование нагруженности зажимного устройства	147
Рябинин Д.Е., Шестаков Я.И. Разработка конструкции зажимного устройства с адаптивными свойствами	151
Соловьева Е.В., Зверева О.С. Исследование структуры и механических свойств псевдосплава на основе железа и меди	154

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Актуганов А.А., Актуганов А.Н., Актуганов О.А. Устойчивость выштампованных гофров различной формы тонкостенных металлодеревянных балок	159
Анисимов С.Н. Применение пластифицирующих добавок в условиях зимнего бетонирования	164
Бородин Е.А., Кононова О.В. Исследование мелкозернистого бетона с отсевами дробления карбонатных пород..	168
Бородов В.Е. Восстановление кровли главного дома на усадьбе Шереметевых в поселке Юрино Республики Марий Эл	173
Веюков Е.В., Федоров И.А. Разработка лабораторной установки для изучения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием	177
Грязина М.В., Минаков Ю.А. Влияние добавки Glenium® ACE 430 на кинетику твердения цементного камня при постоянном водоцементном отношении.....	181
Иванова М.А. Соединение элементов деревянных конструкций на металлических зубчатых пластинах с учетом влияния факторов внешней среды.....	184
Кононова О.В. Структурообразование наполненного цементного камня на основе смешанного цемента совместного и отдельного помола	188
Кононова О.В., Лоскутов А.В. Исследование влияния микрокремнезема на свойства самоуплотняющегося керамзитобетона	193
Магомедэминов И.И. Свойства бетона с известняковой мукой.....	198

Мирошин А.Н., Вайнштейн В.М. Некоторые проблемы строительства автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях (на примере автомобильной дороги «Вятка»)....	203
Мотовилова Л.П., Поздеев В.М., Соловьев Н.П. Результаты мониторинга технического состояния конструкций недостроенного здания	207
Муреев П.Н., Котлов В.Г., Макаров А.Н., Сабанцева И.С., Иванов А.В. Исследование теплофизических свойств образцов стеновых ограждений при помощи автоматизированного лабораторного комплекса в натуральных условиях.....	212
Поздеев А.Г., Кузнецова Ю.А. Вихревая модель плоской гидравлической струи, формируемой при сопряжении бьефов.....	216
Салихов М.Г., Малянова Л.И., Лужецкая Н.С., Попов Д.А. Уплотняемость модифицированной асфальтобетонной смеси с отходами дробления известняков	222
Сапцин В.П., Турецких С.О. Основная причина транспортных происшествий в лесо-судопропускных сооружениях	227
Сленьков В.А. Особенности применения стандартных методов и средств при производстве судебных строительно-технических экспертиз на объектах Республики Марий Эл ...	233
Трошков Е.О. К проведению физических экспериментов над моделями штепсельных стыков колонн и плит перекрытия	236
Турлов А.Г., Полушин А.И., Тетерин В.В. Экспериментальные исследования работы рыбозащитного устройства с вращающимся водозаборником на границе быстротока.....	241
Хинканин А.П., Хинканин Л.А. Исследование распределения температур на внутренней поверхности сэндвич-панелей стен в зимний период эксплуатации.....	246
Хинканин Л.А., Хинканин А.П. Лабораторная установка в эксперименте по исследованию масштаба длины турбулентности в закрытых помещениях.....	249

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. ИНЖЕНЕРИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Мазуркин П.М. Вейвлет-анализ динамики землепользования в России	253
Мазуркин П.М., Кудряшова А.И., Фадеев А.Н. Закономерности распределения кадастровых участков города Йошкар-Олы.....	259
Темнова Е.Б. Сравнение направлений анизотропии древесины на колотых сортаментах ультразвуковым способом.....	264
Сведения об авторах	270

Научное издание

ТРУДЫ Поволжского государственного технологического университета



ВЫПУСК 3

Серия Технологическая

Ответственный за выпуск

Е. С. Шарапов

Редакторы

Л. С. Емельянова, П. Г. Павловская

Компьютерная верстка

С. Н. Эштыкова

Дизайн обложки

Н. В. Лебедь

Переводы на английский язык предоставлены
авторами статей

Подписано в печать 20.08.2015. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 32,55. Тираж 500 экз. Заказ № **0000**.

Поволжский государственный технологический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано в типографии ООО «Вертикаль»
424030 Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Мира, 21

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет» приглашает Вас опубликовать свои статьи в сборнике «Труды ПГТУ». Сборнику присвоен Международный стандартный номер сериального издания (ISSN). Все выпуски оперативно отражаются на сайте научной электронной библиотеки (НЭБ). Сборник включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Публикуем результаты оригинальных авторских исследований (ранее нигде не печатавшихся и не переданных в другие редакции) по следующим направлениям:

- серия Технологическая (физико-математические науки; радиотехнические инфокоммуникационные и медико-биологические системы; лес, экология, природопользование; транспорт, энергетика, машиностроение; технологии и оборудование лесопромышленных и деревообрабатывающих производств; строительство и архитектура; биологические и естественные науки, инженерия окружающей среды);
- серия Социально-экономическая (экономика, управление и право, философия, культурология, педагогика, психология, история, социология, политология и др.).

Требования к оригиналам предоставляемых работ

Основные требования к содержанию статей: актуальность, научная новизна, практическая значимость.

Структура научной статьи:

- Ф.И.О. авторов (с указанием места работы, должности, ученой степени, звания).
- Заголовок (наименование публикации).
- Аннотация (3-4 предложения, 50-100 слов).
- Ключевые слова или словосочетания (5-10 слов).

Желательно наличие в статье следующих рубрик:

- Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
- Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации.
- Решаемые задачи, способствующие достижению цели.
- Математическое, аналитическое или иное моделирование.
- Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
- Интерпретация результатов или их анализ.
- Выводы, отражающие новизну полученных результатов, показывающие, что цель, поставленная в работе, достигнута.
- Список используемой литературы.
- Сведения об авторах, название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке (авторы должны обеспечить аутентичный перевод).

Требования к оформлению статьи:

Статья должна быть представлена в электронном варианте и распечатанном виде.

- ✓ Объем статьи – 5 страниц формата А4 (до конца заполненных);
- ✓ основной шрифт – 12 пт Times New Roman; межстрочный интервал – одинарный;
- ✓ поля: внутри – 2 см, верхнее, нижнее, снаружи – 3 см;
- ✓ отступы в начале абзаца – 0,75 см;
- ✓ УДК оформляется в левом углу листа, светлым шрифтом, без отступа;

- ✓ нумерация страниц – внизу по центру, 12 пт;
- ✓ **НАЗВАНИЕ** статьи печатается по центру, прописными буквами, полужирным прямым шрифтом (Times New Roman, 12 пт);
- ✓ **Фамилия, Имя и Отчество авторов** (полностью) должны быть напечатаны по центру жирным курсивом, 12 пт;
- ✓ место работы, страна, город – шрифт 10 пт светлый прямой;
- ✓ электронный адрес одного из авторов – шрифт 10 пт;
- ✓ аннотация и ключевые слова – шрифт 11 пт, светлый курсив;
- ✓ основной текст статьи – с отступом в один интервал после аннотации. Выравнивание текста – по ширине; переносы ставятся автоматически. Выделения в тексте выполняются светлым курсивом;
- ✓ **заголовки рубрик** выделяются полужирным шрифтом;
- ✓ таблицы, рисунки, графики (печатаются только в черно-белом исполнении, цветные иллюстрации доступны лишь в электронной версии сборника) должны иметь нумерационный и тематический заголовки (размер шрифта 10 пт, заголовки **полужирным**, по центру); таблицы и рисунки следует по возможности вставлять в текст после абзацев, содержащих ссылку на них; размеры иллюстраций не должны превышать размеров текстового поля (не более 15 см);
- ✓ после списка литературы – сведения об авторах, название статьи, аннотация и ключевые слова – на *английском языке*, шрифт 10 пт;
- ✓ *список литературы*: заголовок – строчными курсивом шрифт 11 пт, список – прямым, шрифт 11 пт;
- ✓ ссылки на литературу в тексте даются в квадратных скобках, литература оформляется согласно ГОСТ Р 7.05-2008; количество источников – не более 10; обязательны ссылки на работы, опубликованные в последние 5-10 лет; необходимо использовать ссылки на «Вестник ПГТУ» (самоцитируемость при этом должна быть минимальной); ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Статьи проходят редакционно-издательскую обработку. При необходимости принципиальных изменений правка согласовывается с автором.

Надеемся на взаимноинтересное сотрудничество.

Управление научной и инновационной деятельности
 Поволжского государственного технологического университета
 424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина 3, ПГТУ, ауд. 402(1), т. 68-68-51,
 e-mail: patent@volgatech.net