

ISSN 2313-4372

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ВЫПУСК 6

Т Р У Д Ы

Поволжского государственного технологического университета

Серия Технологическая



Йошкар-Ола
2018

УДК 62
ББК 3
Т 78

Ответственный и научный редактор сборника

проректор ПГТУ по научной работе, член-корреспондент
Российской академии наук, профессор, доктор физико-
математических наук *Иванов Д. В.*

Редакционная коллегия серии:

Алибеков С. Я., доктор технических наук, профессор
Грунин Ю. Б., доктор технических 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 техноло-
Т 78 **гического университета. Сер.: Технологическая.**
Вып. 6 [Текст] / отв. и науч. ред. Д. В. Иванов. –
Йошкар-Ола: Поволжский государственный техно-
логический университет, 2018. – 190 с.

В ежегодном периодическом издании представлены статьи
ученых, преподавателей, докторантов, аспирантов и сотрудни-
ков ПГТУ, в которых рассматривается широкий круг актуаль-
ных вопросов, охватывающих различные научные направления.

УДК 62
ББК 3

ISSN 2313-4372

© Поволжский государственный
технологический университет, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ



Вузовская наука является одним из ключевых элементов социального и промышленного развития страны и служит основой не только для подготовки высококвалифицированных специалистов, но и создания наукоемких продуктов и технологий. Несмотря на объективные трудности, связанные с подготовкой вуза к аккредитации, сотрудники Волгатеха не снижают своей научно-исследовательской и изобретательской активности.

В качестве важных достижений университета за прошедший период в направлении публикационной деятельности можно отметить рост числа публикаций в научных журналах, индексируемых в наукометрических базах Web of Science и Scopus, а также включение журнала вуза «SocioTime / Социальное время» в перечень ВАК.

Остается высокой продуктивность работы наших изобретателей. В 2017 году университетом подана 91 заявка на объекты интеллектуальной собственности и получен 81 охранный документ на новые изобретения, полезные модели и свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных. Осуществлен запуск регионального представительства организации Всероссийского общества изобретателей и рационализаторов (ВОИР). Это позволит активизировать работу с предприятиями реального сектора экономики с целью совместного создания и продвижения инновационных разработок на базе объектов промышленной собственности, а также работу среди обучающихся по пропаганде изобретательской и инновационной деятельности.

За минувший год учеными Волгатеха подготовлено более 100 заявок на конкурсы Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), на сегодняшний день осуществляется реализация десяти проектов в рамках конкурсов РФФИ. Из четырех заявок вуза на конкурсы РФФИ за 2018 год 2 проекта получили поддержку фонда.

Продолжается плодотворное сотрудничество Волгатеха с ведущими отечественными и зарубежными выставочными площадками – это Международный военнотехнический форум «Армия-2017», г. Кубинка; XX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2018», г. Москва; пятая ежегодная национальная выставка «ВУЗПРОМЭКСПО-2017», г. Москва; международный форум «Открытые инновации», г. Москва; международная выставка изобретений «IIPC 2017», Гонконг; международный фестиваль инноваций, знаний и изобретательства «Тесла Фест-2017», Сербия.

Развивается взаимодействие вуза с ФГБУ «Фонд содействия инновациям» (Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере). Такие конкурсы Фонда содействия инновациям, как «УМНИК», «СТАРТ» и «Развитие-НТИ» стали основой для вовлечения молодежи в изобретательскую и инновационную деятельность, создания новых и развития перспективных малых инновационных предприятий Республики Марий Эл.

В качестве основных текущих научных и инновационных разработок вуза можно отметить продолжение проекта по разработке и серийному производству адаптивного роботизированного реабилитационного комплекса на основе носимых экзоскелетных систем, который является победителем конкурса по отбору организаций

на получение субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства (Постановление Правительства РФ № 218). Проект направлен на получение значимых научно-технических результатов, создающих основу для разработки и серийного производства адаптивного роботизированного реабилитационного комплекса на основе носимых экзоскелетных систем на базе АО «Волжский электромеханический завод». В рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» учеными радиотехнического факультета реализуется проект «Система интраоперационной навигации с поддержкой технологии дополненной реальности на базе виртуальных 3D моделей органов, полученных по результатам КТ диагностики, для малоинвазивных операций». Проект направлен на решение проблемы обеспечения информационной поддержки хирурга при проведении малоинвазивных лапароскопических операций и повышения их безопасности за счет реализации технологий объективного контроля за действиями хирурга и технологий трехмерной визуализации, в том числе, с элементами дополненной реальности. Индустриальным партнером вуза по проекту является Акционерное общество «Марийский машиностроительный завод».

Научные достижения стали основой роста общего объема финансирования научно-исследовательских работ университета в 2017 году – более 100 млн руб., что в расчете на одного штатного преподавателя составило порядка 200 тыс. руб.

Одной из перспективных научно-производственных задач вуза является создание и развитие инжинирингового центра «Порошковая металлургия в наукоемких и высокотехнологичных отраслях промышленности», реализующего «замкнутый цикл» инжиниринговых услуг: от разработки новых металлических порошковых материалов и технологий их переработки до проектирования и производства изделий на их основе в наукоемких и высокотехнологичных отраслях промышленности, в том числе в транспортной, строительной, энергетической, нефтегазовой, нефтехимической отраслях и биомедицине. Основными партнерами по проекту создания и развития инжинирингового центра являются предприятия порошковой металлургии Республики Марий Эл ЗАО «Метма», ООО «Наномет», АО «ОКТБ «Кристалл».

Своеобразной визитной карточкой университета традиционно являются ежегодные выпускаемые «Труды Поволжского государственного технологического университета». В публикуемых здесь научных статьях отражены основные научные достижения ученых и преподавателей вуза, представленные на научной конференции «Исследования. Технологии. Инновации».

В предлагаемом вниманию читателя шестом выпуске «Трудов ПГТУ» изложены результаты научно-исследовательской деятельности профессорско-преподавательского состава, докторантов, аспирантов и сотрудников вуза за 2017 год.

Сборник 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, член-корреспондент Российской академии наук, доктор физико-математических наук, ответственный и научный редактор сборника

ЛЕС. ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 528.9:630. *1

ОЦЕНКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СИРИИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Али Махер

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
maher87ru@gmail.com

Статья посвящена выявлению и анализу изменений в структуре растительного покрова, что выступает важной составляющей при оценке и мониторинге природных ресурсов. Мониторинг растительного покрова Земли включает в себя использование индексов растительности, которые являются радиометрическими измерениями пространственных и временных моделей растительной фотосинтетической активности. Цель работы заключалась в получении карт NDVI растительного покрова Сирийской Арабской Республики (САР) по спутниковым данным MODIS и Sentinel. Также проведена оценка динамика растительного покрова по тематическим картам индекса вегетации NDVI. Результаты исследования могут способствовать повышению точности оценки количественных характеристик и динамики растительного покрова.

Ключевые слова: NDVI, ГИС, ДЗЗ, MODIS, Сирийская Арабская Республика, тематическое картографирование, растительный покров.

Введение. Точная региональная информация о растительном покрове и его динамике с течением времени имеет решающее значение для поддержки управления земельными ресурсами и планирования (Kong, Li, 2016). Для оценки и мониторинга растительности исследователи обычно используют вегетационные индексы (Vegetation Indexes) (Курбанов и др., 2015; Azar et al., 2016). В настоящее время профессиональным сообществом разработано около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв (Черепанов, 2011; McKinnon, Hoff, 2017). При изучении растительности одним из наиболее часто используемых является нормализованный разностной вегетационный индекс (NDVI), который рассчитывается по данным спектральной яркости в ближней инфракрасной и красной (видимой) частях электромагнитного спектра (Pouteau, Gillespie, 2018).

NDVI также широко используется при оценке чистой первичной продуктивности, фотосинтетической активности и биоразнообразия растительности и ландшафтов (Liang et al., 2016; Abdo, 2018; Bhuyan et al., 2017; Fernández-García et al., 2018). NDVI применяется в качестве индикатора роста для изучения отклика наземных эко-

систем на климатические изменения в региональном и глобальном масштабах (Jin et al., 2016). Было показано, что этот индекс имеет устойчивую корреляцию с экологическими параметрами, такими как изменение растительного покрова и индекс площади листа (Hislop et al., 2018). Эффективность использования вегетационного индекса NDVI при оценке состояния лесных экосистем подтверждается и рядом других исследований (Nouri et al., 2014; Kurbanov et al., 2017).

Нормализованный разностной вегетационный индекс (NDVI) может использоваться как инструмент при проведении сложных типов анализа, например, при создании карт биологической продуктивности лесов и сельхозземель, карт ландшафтов и природных зон (Воробьев, Курбанов, 2013). Кроме того, на его основе возможно также получение численных данных для использования в расчетах оценки продуктивности, биологического разнообразия, степени нарушенности растительного покрова (Loboda et al., 2012; Воробьев и др., 2015; Воробьев, Курбанов, 2017).

Средиземноморские леса, подвергшиеся в последнее тысячелетие существенным антропогенным и природным воздействиям, представляют собой важный элемент устойчивости к процессам опустынивания (Calvaio and Palmeirim, 2004). Они играют важную роль в охране почв от эрозии, регулировании водных ресурсов и обеспечении других различных экологических функций. Поэтому дистанционный мониторинг даже небольших участков древесно-кустарниковой растительности в Сирийской Арабской Республике (САР) представляет большой научно-практический интерес (Махер, 2017).

Цель и задачи исследования. Основной целью работы явилось апробирование методики картографирования растительного покрова САР с использованием вегетационного индекса NDVI. Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- подобраны спутниковые данные MODIS и Sentinel на территорию исследования;
- изучена методика картографирования на основе разновременных мультиспектральных изображений;
- получены карты NDVI растительного покрова.

Объект и область исследования. Областью исследований является территория Сирийской Арабской Республики, расположенная в западной Азии и на восточном побережье Средиземного моря. На севере Сирия граничит с Турцией, на востоке – с Ираком, на юге – с Иорданией и Палестиной и на западе – с Ливаном по границе Средиземного моря (рис. 1).



Рис. 1. Сирийская Арабская Республика на спутниковом снимке (Yandex Карта)

Горные цепи тянутся с севера на юг страны и включают холмистую местность, расположенную параллельно границе побережья Средиземного моря, разделяющего страну на влажную западную часть и засушливую восточную. Лесные территории расположены в основном в прибрежной зоне (Азия – географический атлас, 2017).

Древесно-кустарниковая растительность Сирии расположена в зоне произрастания жестколистных лесов и кустарников и представлена основными видами, включающими хвойные породы деревьев: пихта киликийская (*Abies cilicica*), кипарис вечнозелёный (*Cupressus sempervirens*), кедр ливанский (*Cedrus libani*), сосна калабрийская (*Pinus Brutia*); лиственные: клён критский (*Acer sempervirens*), дуб калепринский (*Quercus calliprinos*), эвкалипт (*Eucalyptus*). А также кустарниковые породы: можжевельник колючий (*Juniperus oxycedrus*); черноголовник колючий (*Sarcopoterium spinosum*) и др., кустарничковые: саксаул (*Halóxylon*), биургун (*Anabasis salsa*) (Martini, 2007). Травянистый покров обычно появляется после обильных осадков.

Методика материалы и исследования. Спектральные индексы растительности представляют собой простой и удобный подход к извлечению информации из данных дистанционного зондирования, что облегчает анализ больших объемов спутниковых данных. В работе использован метод регионального мониторинга растительного покрова территории Сирийской Арабской Республики на основе данных спутниковых наблюдений низкого пространственного разрешения MODIS (NASA) (Махер, 2017) и высокого пространственного разрешения Sentinel-2 (ESA, Европейского космического агентства).

Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0,62-0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75-1,3 мкм) – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа (Черепанов, 2011). NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Нормализованный разностной вегетационный индекс) является наиболее широко используемым индексом растительности. Использование NDVI стало важным средством для мониторинга изменений в глобальном растительном покрове.

NDVI – простой численный индикатор, который можно вычислить в виде уравнения

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – ближняя инфракрасная зона спектра, RED – красная зона спектра. Диапазон значений индекса от -1 до +1, для растительного покрова значения индекса начинаются от 0,2 и выше. Растровый слой «растительный покров» был выделен по данным MODIS в виде тематической карты значений NDVI.

Результаты исследования. В результате была получена карта распределения растительного покрова на территории САР по данным спектрорадиометра MODIS (Курбанов, 2016) в виде отдельного тематического векторного слоя (рис. 2).

Детальный пространственный анализ границ растительного покрова на уровне отдельных районов САР, с целью уточнения результатов картографирования данных MODIS, проводился по картам NDVI, полученным на базе спутниковых данных высокого разрешения Sentinel-2 (рис. 3).

Полученные на базе NDVI (MODIS) карты растительного покрова Сирийской Арабской Республики позволяют проводить региональный мониторинг динамики наземного покрова с высокой периодичностью.

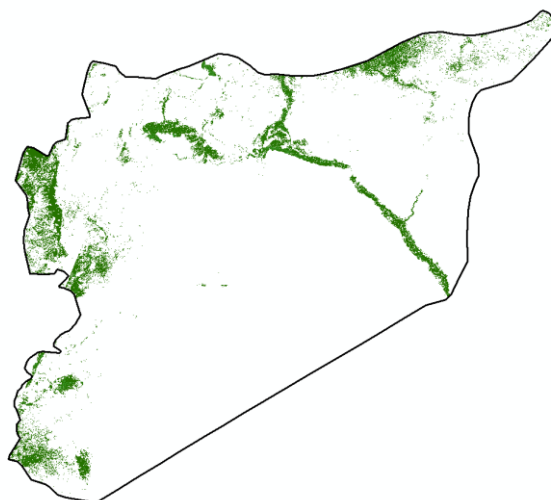


Рис. 2. Распределение растительного покрова на территории Сирийской Арабской Республики по данным NDVI (MODIS 2016)

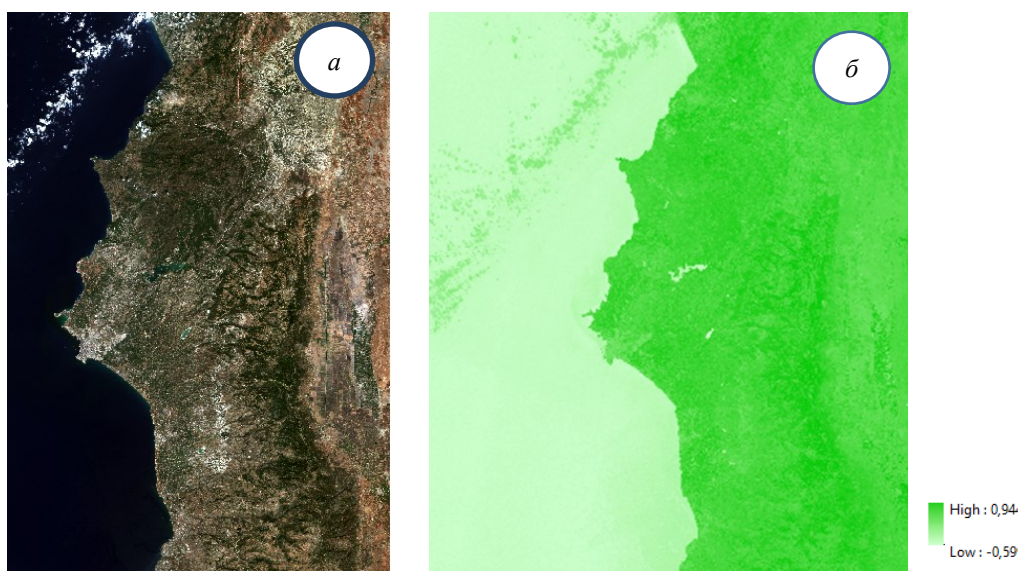


Рис. 3. Западное побережье Сирии Sentinel-2 (а); тематическая карта NDVI (б), 2016 г.

Выводы. Использование вегетационных индексов является универсальной возможностью оценки состояния и динамики пространственно-временных изменений в растительном покрове на территории исследования. В связи с относительной простотой вычисления NDVI он активно применяется для целей тематического картографирования, в том числе для создания ландшафтных карт. Проведенное тематическое картографирование позволило также выявить участки максимальной кластеризации фитомассы (NDVI) растительного покрова в пределах границ САР.

Список литературы

1. Воробьев, О. Н. Дистанционный мониторинг восстановительной динамики растительности на гарях Марийского лесного Заволжья / О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – № 2 (14). – С. 124-134.

2. Методика пошаговой классификации спутниковых снимков для тематического картирования лесов / О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, Е. Н. Демишева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4(28). – С. 57-69.
3. Воробьев, О. Н. Мониторинг состояния растительного покрова на территории Республики Марий Эл с использованием ENVISAT MERIS / О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов // Вестник МГУЛ. – М.: Московский государственный университет леса. – 2013. – № 7(99). – С. 42-45.
4. Курбанов, Э. А. Два десятилетия исследований растительного покрова по MODIS / Э. А. Курбанов // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг: сборник научных статей. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – № 2. – С. 123-132.
5. Тематическое картирование растительного покрова по спутниковым снимкам: валидация и оценка точности: монография / Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Лежнин, А. В. Губаев, Ю. А. Полевщикова. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – 131 с.
6. Черепанов, А. С. Вегетационные индексы: справочные материалы / А. С. Черепанов // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 98–102.
7. Abdo, H. G. Impacts of war in Syria on vegetation dynamics and erosion risks in Safita area, Tartous, Syria / H. G. Abdo // Regional Environmental Change. – 2018. – Pp. 1-13. – doi: 10.1007/s10113-018-1280-3.
8. Атлас Мира. Азия – географический атлас [Электронный ресурс]. – URL: <http://world-karta.ru/syria-map.html>
9. Махер, А. Картографирование растительного покрова Сирийской Арабской Республики по данным спутника MODIS / А. Махер // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг: сборник научных статей. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – № 3. – С. 147-159.
10. Assessing in-season crop classification performance using satellite data: a test case in Northern Italy / R. Azar, P. Villa, D. Stroppiana, A. Crema et al. // European Journal of Remote Sensing. – 2016. – No 49. – P. 361-380.
11. Exploring Relationships among Tree-Ring Growth, Climate Variability, and Seasonal Leaf Activity on Varying Timescales and Spatial Resolutions / U. Bhuyan, C. Zang, S. M. Vicente-Serrano et al. // Remote Sens. – 2017. – No 9(526). – P. 1-14.
12. Calvao, T. Mapping Mediterranean scrub with satellite imagery: biomass estimation and spectral behavior / T. Calvao, J. M. Palmeirim // International journal of remote sensing. – 2004. – Vol. 25. – P. 3113-3126.
13. Remote Sensing Applied to the Study of Fire Regime Attributes and Their Influence on Post-Fire Greenness Recovery in Pine Ecosystems / V. Fernández-García, C. Quintano, et al. // Remote Sens. – 2018. – No 10(733). – P. 1-19. – doi:10.3390/rs10050733.
14. Using Landsat Spectral Indices in Time-Series to Assess Wildfire Disturbance and Recovery / S. Hislop, S. Jones, M. Soto-Berelov et al. // Remote Sens. – 2018. – No 10(460). – P. 1-17. – doi: 10.3390/rs10030460.
15. Recent NDVI-Based Variation in Growth of Boreal Intact Forest Landscapes and Its Correlation with Climatic Variables / J. Jin, Y. Wang, H. Jiang, M. Cheng // Sustainability. – 2016. – No 8(326).
16. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests / J. Liang, W. T. Crowther et al. // Science. – 2016. – Vol. 354.
17. Assessment of burn severity in Middle Povolzhje with Landsat multi-temporal data / E. Kurbanov, O. Vorobyev, S. Leznina, Y. Polevshikova and E. Demisheva // International Journal of Wildland Fire. – 2017. – Vol. 26, No 9. – P. 772-782.
18. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests / J. Liang, W. T. Crowther et al // Science. – 2016. – Vol. 354.
19. Loboda, T. Understanding Origins and Impacts of Drought / T. V. Loboda, O. N. Krankina, E. A. Kurbanov // Eos, Transactions American Geophysical Union. – 2012. – Vol. 93(42). – P. 417.

20. McKinnon, T. Comparing RGB-Based Vegetation Indices with NDVI for Agricultural Drone Imagery / T. McKinnon, P. Hoff // Agribotix LLC, 3309 Airport Road, Boulder, CO 80301 USA. – 2017. – P. 1-8.

UDC 528.9:630. *1

ASSESSMENT OF THE VEGETATION COVER OF SYRIA BY SATELLITE DATA

Ali Maher

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

Analysis and identification of changes in the structure of vegetation cover are important components in the assessment and monitoring of natural resources. Monitoring of the vegetative cover of the Earth includes the use of vegetation indices, which are radiometric measurements of spatial and temporal models of plant photosynthetic activity. The aim of the work was to obtain maps of NDVI vegetation cover of the Syrian Arab Republic (SAR) based on satellite data MODIS and Sentinel. The vegetative cover dynamics was also assessed on the thematic maps of the vegetative index of the NDVI. The results of the study may contribute to an improvement in the accuracy of the assessment of the quantitative characteristics and dynamics of plant cover.

Keywords: NDVI, GIS, RS, MODIS, Syrian Arab Republic, thematic mapping, vegetation cover.

УДК 58: 006

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТУ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕНДРАРИЯ МАРИИНСКО-ПОСАДСКОГО ФИЛИАЛА ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серебрякова Наталья Евгеньевна, Абдуллина Илюзя Айнуровна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
SerebryakovaNE@volgatech.net

Приведена актуальная и практически значимая концепция реконструкции дендрария Мариинско-Посадского филиала Поволжского государственного технологического университета. Определены современные задачи дендрария, сформированы стратегия его развития и принципы трансформации коллекции. Выбран метод реконструкции в прежних границах с расширением видового состава и использованием части существующих растений.

Ключевые слова: проект реконструкции, дендрарий Мариинско-Посадского филиала ПГТУ, стратегия развития, принципы формирования, экспозиции.

Введение. В современном сложном и многогранном мире, в непростой экономической и политической ситуации все большую ценность приобретают сложившиеся специалисты своего дела, в полной мере освоившие набор необходимых компетенций. Закономерно, что на производстве востребованы выпускники учебных заведений, получившие полноценное практическое обучение и подготовленные к непосредственному участию в технологических процессах. Как отмечает генеральный директор ФГУП ГНЦ ЛПК доктор экономических наук, профессор Владимир Кондратюк, специалисты, настоящие знатоки технологий и управления – это главный

элемент модернизации и создания инновационной экономики. Их воспитание позволит решить большинство проблем, мешающих нашему развитию» [1].

В связи с этим первостепенное значение приобретает наличие в распоряжении учебного заведения современной базы для осуществления практико-ориентированного подхода к обучению. При формировании специалистов среднего звена, желающих реализоваться в областях лесного хозяйства, ландшафтной архитектуры, такой базой должна стать коллекция древесных видов – дендрарий, сформированный с учетом современных требований производства. Основная задача, определяющая текущую функциональность дендрария, – актуализация методов демонстрации и использования декоративных и хозяйственно ценных свойств растений в целях специализированного образования и пропаганды среди населения ботанических знаний [2-4].

Дендрарий Мариинско-Посадского филиала Поволжского государственного технологического университета формировался изначально как лесокультурный участок для обеспечения основной образовательной стратегии – выпуска технических специалистов в области лесного хозяйства. В настоящее время дендрарий может служить базой для освоения профессиональных дисциплин и основных междисциплинарных курсов следующих направлений СПО, по которым ведется подготовка в Мариинско-Посадском филиале ПГТУ: 35.02.01 Лесное и лесопарковое хозяйство, 35.02.04 Садово-парковое и ландшафтное строительство. Перечень дисциплин и междисциплинарных комплексов учебных планов, по которым возможны и должны быть задействованы коллекционные фонды дендрария, достаточно широк. Основные из них: «Цветочно-декоративные растения и дендрология», «Цветоводство и декоративное древоводство», «Дендрология и лесоведение», «Лесоразведение и воспроизводство лесов». Аудиторное изучение данных дисциплин не в состоянии обеспечить полноценное их освоение, только натурное изучение живых коллекций, практическая работа с ними способны закрепить знания и умения, дать необходимый опыт.

Для других направлений СПО филиала ПГТУ (21.02.05 Земельно-имущественные отношения, 21.02.04 Землеустройство, 20.02.04 Пожарная безопасность) значение дендрария не столь велико, однако проведение ознакомительных и обучающих экскурсий по дисциплинам общего естественнонаучного и профессионального циклов вполне могут улучшить качество подготовки.

Однако в настоящее время, как показал детальный ландшафтно-архитектурный анализ, дендрарий не выполняет своих задач в полном объеме. Видовое разнообразие недостаточно, территория чрезмерно насыщена однотипными, густыми посадками, в основном, яблонь и ели европейской. Размещение коллекционных растений – рядовое, без придержки какого-либо принципа, отдельные функциональные зоны и экспозиции отсутствуют. Проходимость и просматриваемость затруднены, эстетическая ценность насаждений – на низком уровне.

Назрела необходимость реконструкции дендрария с учетом новых траекторий обучения, современных условий общества и требований образования и производства. Требуются мероприятия по коррекции зонирования территории, количественного и видового состава коллекционных насаждений в корреляции современными задачами объекта.

Цель исследования – разработка актуальной и практически значимой концепции реконструкции коллекции дендрария Мариинско-Посадского филиала Поволжского государственного технологического университета.

Объектом реконструкции являлся дендрарий Мариинско-Посадского филиала ФГБОУ ВО «ПГТУ», расположенный вдоль магистральной улицы Николаева в городе Мариинский Посад Чувашской Республики. Территория имеет площадь 1,234 га, прямоугольную форму, ориентацию ЮЗ-СВ, северо-западная сторона наиболее затенена. Территория огорожена забором из металлической сетки на металлических столбах (со стороны улицы Николаева, северо-восточной и юго-западной сторон) и забором из штакетника (со стороны кладбища).

Коллекционный фонд представлен 45 древесными таксонами (в составе 30 родов, 16 семейств), 98 образцами (наибольшее число принадлежит роду ель и роду яблоня: 16 и 12 образцов соответственно). Количество коллекционных древесных растений – 4442 шт. (3702 шт. деревьев, 740 шт. кустарников). Большую часть коллекции составляют деревья – 73,4 % от видового состава и 83,3 % количественного. Культуры занимают всю центральную часть территории дендрария (86,4 %). На территории помимо коллекционных посадок присутствует естественное возобновление аборигенных видов высотой 0,5-13,0 м и диаметром ствола до 10,5 см в количестве 7091 шт.

Методики. Научный подход к реконструкции дендрологической коллекции базировался на анализе ряда ключевых факторов, необходимых для формирования новой концепции. На основе, в первую очередь, потребностей образовательной деятельности филиала, а также различных групп населения города определялись задачи дендрария. Тип дендрария и направленность его основных и сопутствующих задач влияли на выбор стратегии развития территории и принципов трансформации и формирования коллекционных фондов [6-11]. Метод реконструкции предложен с учетом текущего состояния коллекции [12].

Изложение результатов. Задачи, которые может и должен выполнять дендрарий Мариинско-Посадского филиала ФГБОУ ВО «ПГТУ», следующие:

- профессиональное образование обучающихся филиала по вышеперечисленным дисциплинам и междисциплинарным комплексам в соответствии с программой;
- создание, сохранение и обогащение живых коллекций аборигенных и интродуцированных растений, имеющих научное, просветительское, экономическое и культурное значение в целях сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира Чувашской Республики;
- испытание и отбор декоративных и хозяйственно ценных видов древесных и кустарниковых растений для последующего их использования в лесных культурах и озеленении городов Чувашской Республики;
- сбор семян, самосевных растений, а также специально выращенных саженцев древесных, кустарниковых растений для их последующего обмена (реализации) в научных, учебных, эстетических и хозяйственных целях;
- проведение растениеводческих практикумов, экспериментов и исследований, соответствующих задачам дендрария;
- экологическое просвещение, включая осуществление учебно-педагогической и научно-просветительной деятельности в области ботаники, дендрологии, экологии, лесного хозяйства и ландшафтной архитектуры;
- создание условий для демонстрации коллекции дендрария, проведения тематических экскурсий.

Так как реконструируемый дендрарий является подразделением филиала образовательного учреждения (обучение специалистов среднего звена по направлениям

Лесное и лесопарковое хозяйство, Садово-парковое и ландшафтное строительство), то для трансформации территории избрана следующая стратегия.

1. *Создание и развитие базовых специальных экспозиций на основе хозяйственного значения растений* для различных отраслей: лесного хозяйства, ландшафтного строительства, пищевой, фармацевтической промышленности. Прикладной характер коллекций как нельзя лучше позволяет в образовательных и просветительских целях раскрыть особенности различных древесных растений и возможности их применения в условиях региона.

2. *Создание системы демонстрационных посадок коллекционных видов*, где их размещение производится согласно принципам: экологическому (с учетом светолюбия, аллелопатических воздействий), эстетическому (в смешанных группах с максимальной демонстрацией декоративных особенностей), прикладному (с учетом хозяйственного значения для региона), образовательному (с учетом использования в учебном процессе, например «Кониферетум (хвойные)»; с учетом необходимости демонстрации отличительных особенностей видов, различий в росте и развитии в разных условиях освещенности).

3. *Введение в культуру редких и исчезающих растений Чувашской Республики и РФ*. Экспонируются растения соответствующих Красных книг, что способствует ознакомлению с подлежащими охране видами, формированию бережного отношения к природе.

В связи с тем, что территория дендрария практически полностью освоена, однообразна и не несет высокой эстетической ценности, при определении направления, объемов реконструкции и принципа построения актуальной коллекции было учтено следующее:

- опыт реконструкций и размещения коллекционных фондов в ботанических садах и дендрариях [13, 14];
- особенности образовательного процесса в Мариинско-Посадском филиале ПГТУ (программы дисциплин и МДК «Дендрология и лесоведение», «Лесоразведение и воспроизводство лесов», «Цветочно-декоративные растения и дендрология», «Цветоводство и декоративное древоводство»);
- результаты инвентаризации насаждений, свидетельствующие об использовании территории как опытного лесокультурного участка с небольшим видовым разнообразием и обильном разновозрастном естественном возобновлении, сопровождающим культурные посадки;
- результаты детального анализа результатов инвентаризации, не выявившие системы в расположении растений;
- необходимость зонирования территории, построения смысловых, практически значимых экскурсионных маршрутов, повышения композиционного разнообразия и эмоциональной насыщенности территории;
- возможность максимально задействовать в новом облике дендрария ценного опыта лесокультурных посадок, органично внедрить его в концепцию коллекции;
- возможность использования при проектировании реконструкции дендрария естественного возобновления, если это соответствует целям экспозиций;
- уровень светолюбия существующих и проектируемых таксонов.

Основываясь на вышеизложенном, было установлено, что при реконструкции нецелесообразно использовать наиболее распространенные принципы: ботанико-географический (существующие растения различного происхождения «разбросаны» по территории) и систематический (в большей степени подходит для студентов био-

логических направлений, его применение целесообразно лишь частично, для демонстрации отличительных свойств родственных хозяйственно ценных растений).

Таким образом, определен основной принцип построения новой коллекции – *утилитарный (прикладной, ресурсоведческий)*, в котором учитывается хозяйственное и научно-познавательное значение растений. В дендрарии сохраняются лесокультурные посадки хозяйственно ценных видов, плодовый сад, планируются демонстрационные экспозиции лекарственных, дикоплодовых, почвоулучшающих, технически ценных лесообразователей, редких и исчезающих, декоративных растений, экспозиция топиарных форм).

Растения в экспозициях демонстрационной зоны планируется размещать в ландшафтных группах, с учетом их декоративных, биологических свойств и светолюбия. При размещении также учитывается систематическая принадлежность, растения одного родового комплекса, по возможности, экспонируются вблизи друг друга (даже представленные в разных экспозициях), обеспечивая возможность сравнения при проведении экскурсий.

Следовательно, основной принцип комбинируется и с другими:

- *систематическим* (экспозиция «Кониферетум (хвойные)», участки «Бобовые и Лоховые» в рамках экспозиции почвоулучшающих растений, участки «Салицетум» и «Популетум», участок «Семейство Маслиновые»; растения ряда родовых комплексов различных хозяйственно значимых групп по возможности размещались неподалеку, для обеспечения сравнимости морфологических признаков);
- *биоморфологическим* (экспозиция «Лианы»);
- *ландшафтно-декоративным* (размещение растений в демонстрационных экспозициях с учетом их сочетания в группах, раскрытия их эстетической выразительности);
- *экологическим* (экспозиция «Подлесочные аборигенные виды», планирование посадок одного вида в различных условиях освещенности для демонстрации адаптации к данному фактору);
- *фитоценоотическим* (сохранение для демонстрации участков естественного возобновления, возникшего в окнах культур ели европейской).

Для реконструкции дендрария Мариинско-Посадского филиала ФГБОУ ВО «ПГТУ» избран путь реконструкции коллекции в прежних границах с расширением видового состава и использованием части экспонируемых растений.

Выводы. Проектируемое зонирование территории дендрария Мариинско-Посадского филиала ФГБОУ ВО «ПГТУ», в итоге, следующее.

ЗОНА ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ПОСАДОК включает экспозиции:

«*Редкие и исчезающие растения*» – растения, занесенные в красные книги РФ и Чувашской Республики;

«*Дикоплодовые и лекарственные растения*» – растения, имеющие хозяйственное значение для отраслей пищевой и фармацевтической промышленности региона;

«*Почвоулучшающие растения*» – растения семейства Бобовые, способные обогащать почву азотом, и растения семейства Лоховые, являющиеся противозерозионными видами;

«*Топиарные формы*» – экспозиция, демонстрирующая возможности растений к формированию кроны;

«*Технически ценные лесообразователи лиственных лесов*» – деревья, образующие лесные массивы в различных флористических зонах, имеющие ценную древесину, применяемую в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышлен-

ности; с данной экспозицией тесно связаны и (большой частью) могут входить в нее выделенные экспозиции:

- «Семейство Ивовые» – участки хозяйственно ценных ив и тополей;
- «Семейство Маслиновые» – представители рода ясень, сирень, форзиция;
- «Хвойные» (Кониферетум)» – представители класса Хвойные, семейств сосновые, тисовые, кипарисовые, имеющие хозяйственное значение в регионе;
- «Лианарий» – растения жизненной формы «лианы», наиболее перспективные в регионе;
- «Декоративные растения» – растения, перспективные для ландшафтного строительства региона;
- «Подлесочные аборигенные виды» – растения, естественно произрастающие в подлеске хвойных и лиственных лесов региона.

ЗОНА ЛЕСОКУЛЬТУРНЫХ ПОСАДОК включает следующие участки:

- «Культуры технически ценных видов» – рядовые посадки ели европейской, кедра сибирского, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной, березы повислой, тополя сереющего, ясеня ланцетного, липы мелколистной;
- «Культуры плодовых деревьев – плодовый сад» – рядовые посадки яблони домашней, яблони лесной, рябины обыкновенной.

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЙ УЧАСТОК – участок естественного возобновления, возникшего в окнах культур ели европейской.

БУФЕРНАЯ ЗОНА – защитная рядовая посадка деревьев вдоль забора по периметру дендрария (в проекте частично совмещает функции защиты с демонстрацией декоративных видов, подсадка которых планируется в просветы между существующими растениями).

Список литературы

1. Савельев, Н. Владимир Кондратюк: лесной отрасли необходимы инновационные подходы и современные менеджеры [Электронный ресурс] / Н. Савельев // Босс: электрон. журн. – 2011. – № 4. – URL: <http://www.bossmag.ru/archiv/2011/boss-04-2011-g/vladimir-kondratyuk-lesnoy-otrasli-neobhodimy-i-innovatsionnyie-podhody-i-sovremennyye-menedzheryi.html> (дата обращения: 28.04.2018).
2. Мухаметова, С. В. Ресурсы дендрария ботанического сада-института ПГТУ для подготовки студентов направлений «Ландшафтная архитектура» и «Лесное дело» / С. В. Мухаметова, Н. Е. Серебрякова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 26-29.
3. Серебрякова, Н. Е. Сосна веймутова в культурах среднего Поволжья: биологические особенности, продуктивность, санитарное состояние: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н. Е. Серебрякова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 18 с.
4. Эколого-физиологическая оценка адаптации хвойных интродуцентов в Среднем Поволжье / В. Н. Карасев, М. А. Карасева, Н. Е. Серебрякова, С. М. Лазарева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4(24). – С. 55-66.
5. Репецкая, А. И. Основные направления формирования дендрологической коллекции Ботанического сада Таврического национального университета им. В. И. Вернадского / А. И. Репецкая // Роль ботанических садов в сохранении разнообразия растений: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Батуми, 2013. – С. 202-204.
6. Репецкая, А. И. Стратегия формирования коллекционных фондов Ботанического сада Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского на этапе становления как

интродукционного пункта [Электронный ресурс] / А. И. Репецкая // Hortusbot. – 2015. – Т. 10. – URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?Id=3002>. – DOI: 10.15393/j4.art.2015.3002 (дата обращения: 28.04.2018)

7. Стратегия ботанических садов по охране растений. – М.: Россельхозакадемия, 1994. – 62 с.

8. Стратегия ботанических садов России по сохранению биологического разнообразия растений. – М.: Красная Звезда, 2003. – 32 с.

9. Соколов, М. П. Ботанические сады. Основа их устройства и планировки / М. П. Соколов. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – 200 с.

10. Лаврова, Т. В. Обучение в ботаническом саду МГУ – продолжение и развитие образовательных традиций в истории ботанических садов / Т. В. Лаврова, Е. С. Романова // Ботанические сады в современном мире: наука, образование, менеджмент: материалы первой Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 41-46.

11. Научные рекомендации по созданию коллекций растений-интродуцентов в Алатырском дендрологическом парке Чувашской Республики / Ю. А. Неофитов, В. И. Балясный, Л. И. Балясная, Ю. М. Михеев // Роль ботанических садов и дендропарков в импортозамещении растительной продукции: материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 50-летию создания Общественного совета по организации Чебоксарского ботанического сада (25-27 марта 2016 г., Россия, г. Чебоксары). – Чебоксары, 2016. – С. 99-107.

12. Котова, А. В. Принципы реконструкции дендрологических экспозиций в ботанических садах (на примере дендрария ГБС РАН): автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: спец. 06.03.03 Агролесомелиорация и защитное лесоразведение, озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними / Котова Анна Владимировна. – М., 2011. – 22 с.

13. Ботанические сады и дендрологические парки высших учебных заведений Федерального агентства по образованию Министерства образования и науки Российской Федерации / Н. П. Адонина, С. В. Апарин, М. Н. Бер [и др.] // Международный журнал ботанических садов: Hortusbotanicus. – 2006. – Вып. 3. – С. 28-104.

14. Глухов, А. З. Коллекционный фонд Донецкого ботанического сада НАН Украины: формирование, современное состояние, использование в техногенных условиях юго-востока Украины / А. З. Глухов, А. И. Хархота, О. К. Кустова // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С. 9-20.

UDC 58: 006

CONCEPTUAL APPROACH TO THE PROJECT OF RECONSTRUCTION OF THE ARBORETUM MARIINSKY POSAD BRANCH OF VOLGA STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Serebryakova Natalya Evgenyevna, Abdullina Ilusa Anurova

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

An actual and practically significant concept of the reconstruction of the arboretum of the Mariinsky-Posad branch of the Volga State University of Technology is given. The modern tasks of arboretum are determined, the strategy of its development and the principles of the collection transformation are formed. The method of reconstruction in the previous boundaries was chosen with the expansion of species composition and use of a part of existing plants.

Keywords: *reconstruction project, arboretum of the Mariinsky-Posad branch of the Volga State University of Technology, development strategy, principles of formation, exposition.*

УДК 634.1.055

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОВ, СЕМЯН И ЛИСТЬЕВ ЦЕННЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ЛОХОВЫЕ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ-ИНСТИТУТЕ ПГТУ

Серебрякова Наталья Евгеньевна, Атаханова Нилуфар Мухиддиновна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
SerebryakovaNE@volgatech.net

Приведен анализ основных морфометрических показателей плодов, семян и листьев лоха серебристого, лоха узколистного, сортов облепихи жестеровидной, представленных в коллекции Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета.

Ключевые слова: лох серебристый, лох узколистный, облепиха жестеровидная, сорта, морфометрические показатели, плоды, семена, листья.

Введение. Из представителей семейства лоховые наибольшее значение в условиях России имеют листопадные виды: облепиха жестеровидная, лох узколистный и интродуцент – лох серебристый [1].

Лох узколистный – дерево, реже кустарник до 8-10 (12) м высотой, является хозяйственно ценным видом: применяется в защитных полосах различного назначения, для закрепления песков. Плоды съедобные, содержат сахара, белки и другие питательные вещества. Декоративен серебристыми листьями, побегами и плодами.

Лох серебристый – родина Северная Америка, кустарник до 1-3 м, реже небольшое деревце. Интересен как декоративное и почвозащитное растение (укрепление откосов, легко эродируемых почв).

Облепиха жестеровидная – небольшое дерево до 6 (10) м высотой. Относится к числу ценных древесных растений. Обладает высокими лесомелиоративными качествами, декоративна. Особенно ценятся ее плоды, содержащие комплекс кислот, витаминов: С, В, В₂, Е, Р и каротин. Используются в пищевой и фармацевтической промышленности. Отечественными селекционерами получен ряд ценных гибридов [1, 2].

В связи с этим интересен опыт выращивания представителей семейства лоховые в Ботаническом саду-институте Поволжского государственного технологического университета (БСИ ПГТУ). БСИ ПГТУ расположен на территории г. Йошкар-Олы. Климат умеренно-континентальный с длинной холодной зимой и тёплым летом. Средняя температура летом: +18...+20 °С. Самая жаркая погода – в середине июля. Воздух прогревается до +34...+38 °С. Зима, как правило, начинается в ноябре. Средняя температура зимы: –18... –19 °С. Самый холодный месяц – январь, абсолютный минимум –50 °С. Почвы на территории БСИ ПГТУ свежие, дерново-слабоподзолистые, среднесуглинистые на покровных суглинках, окультуренные [3, 4].

Цель работы – изучить морфометрию плодов, семян и листьев, лоха серебристого, лоха узколистного, сортов облепихи жестеровидной, представленных в коллекции Ботанического сада-института ПГТУ.

Объектами исследования стали следующие 9 сортов облепихи жестеровидной и 2 вида лоха из коллекции БСИ ПГТУ[5].

Облепиха жестеровидная 'Ботаническая'. Сеянец от свободного опыления Ленинградской формы № 6 сеянцами алтайской популяции. Отобран в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова. Среднераннего срока созревания (6-28 августа). Зимостойкий, практически устойчивый к энтомикозу и увяданию. Вступает в плодоношение рано. Плодоносит очень обильно (8-20 кг с каждого куста). Технического назначения [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'Ломоносовская'. Получен в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова. Высокоурожайный (средняя урожайность – 14 кг с куста). Декоративный [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из МГУ им. Ломоносова в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'Оранжевая'. Получен в НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко. Осеннего (вторая половина сентября) срока созревания. Зимостойкий, отмечена сравнительно легкая подверженность микозному усыханию и заболеванию паршой. Вступает в плодоношение на 4 год, плодоносит обильно и ежегодно до 10-12 летнего возраста. Средний урожай с куста составляет 11,8-14 кг. Технического назначения [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'Отрадная' (17397-16). Получен в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова. Среднего (25-30 августа) срока созревания. Морозостойкий, устойчивый к вредителям и болезням. Вступает в плодоношение на 3-5 год. Урожай с 7-8 летнего растения до 8,5 кг плодов. Универсального назначения [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'Перчик' (17397-39). Получен в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова. Среднего срока созревания. Зимостойкий. Средняя урожайность 89 ц/га, максимальная-147 ц/га. Технического назначения [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'Подарок саду'. Получен в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова. Среднего (20-25 августа) срока созревания. Морозостойкий, устойчивый к вредителям и болезням. Вступает в плодоношение на 3-4 год. Средняя урожайность составляет 146 ц/га. Универсального назначения [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из МГУ им. М.В. Ломоносова в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'Славная'. Получен в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова. Среднепозднего срока созревания. Зимостойкий, устойчивый к вредителям и микозному увяданию. Средняя урожайность составляет 153 ц/га. Технического назначения [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из МГУ им. Ломоносова в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'Студенческая'. Спонтанный соматический мутант сорта 'Перчик', получен в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова. Среднего срока созревания. Не повреждается низкими температурами, болезнями и вредителями. Средняя урожайность составляет 160 ц/га. Универсального назначения [6]. Поступил в БСИ ПГТУ из МГУ им. Ломоносова в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Облепиха жестеровидная 'М-103'. Плоды маленькие, круглые, желто-оранжевого цвета 0,93 г. Поступил в БСИ ПГТУ из Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева в 2007 году, посажен в отдел «дикоплодовые» в возрасте 1 год.

Лох серебристый поступил из ГБС АН СССР в 1983 году в возрасте 3 лет.

Лох узколистый поступил из Учебно-опытного лесхоза Марийского государственного технического университета в 2005 году в возрасте 4 лет.

Методики. Сбор образцов в количестве 10-15 штук с наиболее освещенной стороны каждого растения из средней части кроны проводили в сентябре 2017 г. Параметры листьев замеряли линейкой, плодов и семян – штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Коэффициент формы определен по соотношению диаметра к длине плодов и семян [7]. Данные обработаны методами вариационной статистики с помощью пакета анализа Microsoft Excel на 95-процентном уровне значимости. Достоверность различия средних значений показателей рассчитана при $\alpha = 0,05$.

Изложение результатов. Морфометрические показатели плодов и семян представлены в таблице 1.

Таблица 1

Морфометрические показатели плодов и семян таксонов семейства лоховые

Наименование таксонов	Плоды, $\bar{X} \pm m\bar{x}$		Семена, $\bar{X} \pm m\bar{x}$	
	диаметр, см	длина, см	диаметр, см	длина, см
Облепиха 'Ботаническая'	0,7±0,02	1,1±0,02*	0,2±0,01	0,5±0,01
Облепиха 'Ломоносовская'	0,7±0,02	1,1±0,03*	0,2±7,42	0,5±0,02
Облепиха 'М-103'	0,4±0,03	0,5±0,05	0,2±0,03	0,5±0,03
Облепиха 'Оранжевая'	0,8±0,01*	1,0±0,02*	0,3±0,01*	0,5±0,02
Облепиха 'Отрадная'	0,7±0,01*	1,0±0,01*	0,2±0,01	0,6±0,01*
Облепиха 'Перчик'	0,6±0,02*	0,9 ±0,02*	0,2±0,01	0,6±0,01*
Облепиха 'Подарок саду'	0,7±0,02	1,0±0,02*	0,2±0,01	0,5±0,01
Облепиха 'Славная'	0,7±0,02	1,1±0,02*	0,2±7,42	0,5±0,39
Облепиха 'Студенческая'	0,7±0,01*	1,0±0,01*	0,2±7,42	0,6±0,01*
Лох серебристый	0,8±0,01*	0,8±0,01*	0,5±0,01*	0,7±0,03*
Лох узколистый	0,5±0,02	0,7±0,03*	0,3±0,01*	0,6±0,04*

Примечание: *статистически достоверно по сравнению с наименьшим показателем при $\alpha \leq 0,05$

Большинство изученных сортов облепихи жестеровидной обладают крупными плодами длиной 0,9-1,1 см и диаметром 0,6-0,8 см. Существенно меньшие размеры имеют только плоды сорта 'М-103' – длину 0,5 см и диаметр 0,4 см. При этом размер семян данного сорта равнозначен показателям семян других сортов: вариация в пределах 0,5-0,6 см по длине и 0,2-0,3 см по диаметру.

Плоды и семена лоха узколистного близки по своей биометрии сортам облепихи: плоды длиной 0,7-0,8 см и диаметром 0,5-0,8 см, семена длиной 0,5-0,6 см и диаметром 0,3-0,5 см. Семена занимают сравнительно больший объем плода, но для лохов, не являющихся плодовыми культурами, данный показатель не столь важен.

На основе коэффициента формы проведено распределение плодов и семян изученных таксонов (табл. 2).

Шаровидные плоды имеет лох серебристый, эллиптические – облепиха 'Славная', 'Ломоносовская', 'Ботаническая'. Плоды остальных сортов облепихи и лоха узколистного характеризуются как округло-эллиптические. Семена всех изученных таксонов имеют эллиптическую форму, но наиболее узкими являются семена сортов 'Студенческая', 'Перчик', 'Отрадная'.

Таблица 2

Форма плодов и семян таксонов семейства лоховые

Форма плодов	Коэффициент формы плодов	Наименование таксонов	Форма семян	Коэффициент формы семян	Наименование таксонов
Шаровидная	1,0	Лох серебристый	Эллиптическая	0,6	Облепиха ' <i>Оранжевая</i> ' Лох серебристый
Округло-эллиптическая	0,8	Облепиха ' <i>М-103</i> ' Облепиха ' <i>Оранжевая</i> '		0,5	Лох узколистный
	0,7	Лох узколистный Облепиха ' <i>Отрадная</i> ' Облепиха ' <i>Перчик</i> ' Облепиха ' <i>Подарок саду</i> ' Облепиха ' <i>Студенческая</i> '		0,4	Облепиха ' <i>Ботаническая</i> ' Облепиха ' <i>Ломоносовская</i> ' Облепиха ' <i>М-103</i> ' Облепиха ' <i>Подарок саду</i> ' Облепиха ' <i>Славная</i> '
Эллиптическая	0,6	Облепиха ' <i>Ботаническая</i> ' Облепиха ' <i>Ломоносовская</i> ' Облепиха ' <i>Славная</i> '	Узкоэллиптическая	0,3	Облепиха ' <i>Отрадная</i> ' Облепиха ' <i>Перчик</i> ' Облепиха ' <i>Студенческая</i> '

Представители семейства лоховые ценны в сфере ландшафтной архитектуры как серебристолистные растения. В связи с этим проведено изучение морфометрических показателей листьев (табл. 3).

Таблица 3

Морфометрические показатели листьев таксонов семейства лоховые

Наименование таксонов	Морфометрические показатели листьев, см		
	длина листовой пластинки	ширина листовой пластинки	черешки
Облепиха ' <i>Ботаническая</i> '	9,3±0,15*	0,8±0,03*	0,4±0,02*
Облепиха ' <i>Ломоносовская</i> '	9,7±0,12*	0,7±0,02	0,3±0,02
Облепиха ' <i>М-103</i> '	8,4±0,15	0,8±0,03*	0,4±0,02*
Облепиха ' <i>Оранжевая</i> '	9,1±0,19*	0,8±0,03*	0,4±0,02*
Облепиха ' <i>Отрадная</i> '	7,9±0,52	0,7±0,01	0,3±0,01
Облепиха ' <i>Перчик</i> '	9,4±0,14*	0,7±0,03	0,4±0,02*
Облепиха ' <i>Подарок саду</i> '	9,4±0,15*	0,8±0,03*	0,4±0,02*
Облепиха ' <i>Славная</i> '	10,0±0,21*	1,0±0,04*	0,4±0,01*
Облепиха ' <i>Студенческая</i> '	8,3±0,19	0,9±0,03*	0,3±0,02
Лох серебристый	6,2±0,14*	2,8±0,09*	0,6±0,02*
Лох узколистный	7,2±0,19*	1,9±0,04*	1,0±0,03*

Примечание: * статистически достоверно по сравнению с наименьшим показателем при $\alpha \leq 0,05$

Варьирование листовых пластинок сортов облепихи по длине – в пределах 7,9-10,0 см, по ширине – 0,7-1,0 см. Существенно более крупными листьями характеризуется сорт облепихи '*Славная*', мелкими – '*Отрадная*'. Длина черешков достаточно однородна – 0,3-0,4 см.

Листья лоха серебристого наиболее короткие и широкие, имеют эллиптическую форму, по своей форме и размерам листья лоха узколистного занимают промежуточное положение между облепихой и лохом серебристым.

Размеры листьев и плодов видов лоха соответствуют аналогичным показателям в условиях естественного ареала [1], что характеризует регион интродукции как адекватный для их произрастания.

Выводы. Растения изученных сортов облепихи жестеровидной и видов лоха в условиях Республики Марий Эл успешно плодоносят. Наиболее мелкие округло-эллиптические плоды у облепихи 'М-103'. Остальные сорта обладают крупными округло-эллиптическими и эллиптическими плодами длиной 0,9-1,1 см и диаметром 0,6-0,8 см. Семена сортов облепихи имеют эллиптическую и узкоэллиптическую форму и размеры: 0,5-0,6 см длина, 0,2-0,3 см диаметр. Более крупными листьями характеризуется сорт облепихи 'Славная', мелкими – 'Отрадная'. Размеры листьев и плодов видов лоха соответствуют аналогичным показателям в условиях естественного ареала.

Полученные данные могут быть учтены при использовании таксонов в ландшафтном строительстве и плантационном возделывании в условиях региона.

Список литературы

1. Пчелин, В. И. Дендрология: учебник / В. И. Пчелин. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2007. – 520 с.
2. Чмыр, А. Ф. Экология и культура облепихи / А. Ф. Чмыр, В. П. Бессчетнов. – Санкт-Петербург: СПбНИИЛХ, 1998. – 278 с.
3. Ботанический сад-институт ПГТУ [Электронный ресурс]. – URL: <https://botsad.volgatech.net/about/> (дата обращения 25.05.2018)
4. Мухаметова, С. В. Ресурсы дендрария Ботанического сада-института ПГТУ для подготовки студентов направлений «Ландшафтная архитектура» и «Лесное дело» / С. В. Мухаметова, Н. Е. Серебрякова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 26-29.
5. 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. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – 152 с.
6. Исачкин, А. В. Сортовой каталог. Ягодные культуры / А. В. Исачкин, Б. Н. Воробьев, О. Н. Аладина. – М.: АСТ, 2001. – 416 с.
7. Серебрякова, Н. Е. Сосна веймутова в культурах среднего Поволжья: биологические особенности, продуктивность, санитарное состояние: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н. Е. Серебрякова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 18 с.

UDC 634.1.055

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF FRUITS, SEEDS AND LEAVES VALUABLE MEMBERS OF THE FAMILY ELAEAGNACEAE IN THE BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE OF VOLGA STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Serebryakova Natalya Evgenyevna, Atakhanova Nilufar Muhiddinova

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

*The analysis of the main morphometric indicators of fruits, seeds and leaves of *Eleagnus argentea*, *Eleagnus angustifolia*, varieties of *Hippophaë rhamnoides*, presented in the collection of the Botanical garden-institute of VSUT.*

Keywords: *Eleagnus argentea*, *Eleagnus angustifolia*, *Hippophaë rhamnoides*, varieties, morphometric indicators, fruit, seed, leaves.

УДК 581.1

ДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ г. ЙОШКАР-ОЛЫ ПО ВЕЛИЧИНЕ ИМПЕДАНСА ПРИКАМБИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТКАНЕЙ СТВОЛА

Серебрякова Наталья Евгеньевна, Баширова Мария Сергеевна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
SerebryakovaNE@volgatech.net

Представлены результаты исследований устойчивости древесных растений, произрастающих в различных по уровню рекреационной нагрузки районах города Йошкар-Олы: посадках в центральной и заречной частях города и контрольном участке в Ботаническом саду-институте Поволжского государственного технологического университета. На основе анализа колебаний импеданса прикамбиального комплекса тканей ствола проведена оценка жизнестойкости таксонов в урбанизированной среде.

Ключевые слова: *зеленые насаждения, таксоны, импеданс прикамбиального комплекса тканей ствола, жизненное состояние, жизнестойкость, устойчивость.*

Введение. Зеленые насаждения являются важнейшим компонентом в системе регулирования условий и качества городской среды. Их основное назначение – выполнение экологической и санитарно-гигиенической функций. Способность выполнять эти функции в значительной степени определяется состоянием зеленых насаждений. Поглощение и накопление растениями токсических веществ ведет к оздоровлению воздушной среды города, но в то же время приводит к серьезным функциональным нарушениям растений. Поэтому при подборе ассортимента для создания городских насаждений необходимо учитывать такие важнейшие характеристики древесно-кустарниковых растений, как устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов и долговечность вида. Оценка жизнеспособности растений с помощью новых средств и методов позволит существенным образом изменить практику и методологию изучения функциональных особенностей отдельных растений и растительных систем [1-9].

Цель работы – оценка устойчивости к рекреационным нагрузкам древесных таксонов, произрастающих в насаждениях города Йошкар-Олы по величине импеданса прикамбиального комплекса тканей ствола, выявление наиболее жизнестойких в городских условиях растений.

Объектами исследования стали 13 таксонов хвойных и лиственных деревьев, произрастающих в составе зеленых насаждений центральной и заречной частей города Йошкар-Олы. В качестве контроля изучены посадки Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета (БСИ ПГТУ), находящегося в лесопарковой зоне [10]. Все растения находятся в генеративном состоянии (табл. 1).

Методики. Для диагностики устойчивости растений использовали величину электрического сопротивления (импеданса) прикамбиального комплекса тканей (ПКТ) ствола. Данный показатель обусловлен состоянием водного режима тканей и позволяет более точно выделить поврежденные деревья на начальной стадии развития повреждений, когда они не имеют специфических видимых признаков угнете-

ния. Импеданс ПКТ ствола дает возможность судить об устойчивости видов в условиях техногенного загрязнения [3-8]. Показатель измерялся при помощи прибора Ц 43 314 на частоте 500 Гц с использованием датчика от электронного влагомера древесины ЭВ-2К [7]. Исследования проводились в условиях стабильно теплой солнечной погоды. Данные обработаны методами вариационной статистики с помощью пакета анализа Microsoft Excel на 95-процентном уровне значимости. Достоверность различия средних значений показателей рассчитана при $\alpha = 0,05$.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Таксон	Количество и возраст растений на участках произрастания г. Йошкар-Олы				
	городские посадки (центральная и заречная части)			БСИ ПГТУ	
	расположение	шт.	лет	шт.	лет
<i>Хвойные</i>					
Ель европейская	сквер им. Наты Бабушкиной	6	50-60	6	50-60
	парк культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ	10	50-60		
Ель колючая 'Glauca'	пл. Ленина	5	50-60	6	50
Кедр сибирский	ул. Советская	7	50-60	6	80
Лиственница сибирская	пл. Ленина	10	40-50	5	44
Туя западная	ул. Советская	7	40-50	10	66
<i>Лиственные</i>					
Береза повислая	ул. Волкова	7	50-60	4	50-60
Клен остролистный	ул. Советская	10	40-50	19	36
Клен остролистный 'Royal Red'	Воскресенский парк	10	15	8	28
Конский каштан обыкновенный	пл. Ленина	10	40-50	9	40
Липа мелколистная	пл. Ленина	18	30-40	10	50
Орех маньчжурский	ул. Вашская	3	40-50	4	80
Рябина обыкновенная	пл. Ленина	10	20-30	4	20-30
Тополь бальзамический	Аллея Здоровья	6	30-40	-	-

Изложение результатов исследования. Устойчивость к разнообразным рекреационным нагрузкам и, как следствие, высокая декоративность и хорошее состояние – важнейший критерий для введения древесных растений в основной ассортимент для озеленения в урбанизированной среде. Устойчивость растений также определяет их способность выполнять средозащитные функции.

У растений в условиях урбанизированной (техногенной) среды при сохранении внешне неизменного вида наблюдаются значительные изменения биохимического состава и физиологических процессов [9]. Установлено, что при снижении уровня жизнедеятельности, возникновении заболеваний и ослаблении электрическое сопротивление прикамбиального комплекса тканей существенно, а более низкие значения этого параметра свойственны здоровым деревьям. Ослабленные деревья имеют значения импеданса ПКТ, отличающиеся от здоровых на 30 % и более [7, 8]. Величина импеданса ПКТ ствола как показателя устойчивости древесных растений определена для хвойных и лиственных деревьев, широко представленных в озеленении города Йошкар-Олы (табл. 2, 3).

Как известно, хвойные виды (за некоторыми исключениями), в наибольшей степени подвержены негативным воздействиям загрязнения атмосферы, что сказывается на их росте и развитии. Вместе с тем, хвойные являются обязательным компонентом ассортиментного состава городских зеленых насаждений. В связи с этим выявление наиболее устойчивых в антропогенных ландшафтах хвойных видов крайне актуально.

Таблица 2

Импеданс ПКТ ствола хвойных таксонов на различных участках произрастания

Вид	Место произрастания	Статистические показатели импеданса ПКТ ствола, кОм						
		Хср	±mхср	δхср	max	min	V, %	P, %
Ель европейская	БСИ	14,8	0,39	0,96	15,6	13,0	6,5	2,6
	Город	15,3	0,42	1,70	18,0	13,0	11,1	2,7
Ель колючая 'Glausa'	БСИ	14,8	0,39	0,96	15,6	13,0	6,5	2,7
	Город	16,2*	0,25	0,57	17,0	15,5	3,5	1,6
Кедр сибирский	БСИ	12,6	0,42	1,03	14,2	11,0	8,2	3,3
	Город	14,2	0,45	1,18	16,0	12,5	8,3	3,1
Лиственница сибирская	БСИ	13,4	0,85	1,90	16,1	11,2	14,2	6,4
	Город	14,0	0,29	0,91	15,5	12,5	6,5	2,0
Туя западная	БСИ	13,5	0,32	1,02	15,5	12,2	7,6	2,4
	Город	15,6*	0,40	1,08	17,0	14,0	6,9	2,6

Примечание: * отличие статистически достоверно при $\alpha \leq 0,05$ по сравнению с контрольным участком (БСИ ПГТУ)

Таблица 3

Импеданс ПКТ ствола лиственных таксонов на различных участках произрастания

Вид	Место произрастания	Статистические показатели импеданса ПКТ ствола, кОм						
		Хср	±mхср	δхср	max	min	V, %	P, %
Береза повислая	БСИ	14,8	1,33	2,66	17,0	11,0	18,0	9,0
	Город	15,7	0,55	1,47	17,0	12,5	9,3	3,5
Клен остролистный	БСИ	14,7	0,18	0,80	15,6	13	5,5	1,2
	Город	16,9*	0,27	0,86	18,5	15,8	5,2	1,6
Клен остролистный 'Royal Red'	БСИ	14,5	0,93	2,63	19,5	10,2	18,2	6,4
	Город	14,2	0,29	0,90	15,5	13,0	6,4	2,0
Конский каштан обыкновенный	БСИ	17,0	0,30	0,89	18,3	15,5	5,2	1,7
	Город	17,5	0,29	0,94	19,5	16,5	5,3	1,7
Липа мелколистная	БСИ	14,4	0,97	3,06	20	11,5	21,2	6,7
	Город	18,3*	0,15	0,65	19,8	17,0	3,5	0,8
Орех маньчжурский	БСИ	14,8	0,39	0,96	15,6	13,0	6,5	2,6
	Город	20,2*	0,44	0,76	21,0	19,5	3,8	2,2
Рябина обыкновенная	БСИ	15,0	1,61	3,22	17,2	10,2	21,5	10,7
	Город	18,4	0,35	1,22	20,0	15,5	6,6	2,0
Тополь бальзамический	Город	16,7	0,50	1,21	18,0	15,0	7,3	2,9

Примечание: * отличие статистически достоверно при $\alpha \leq 0,05$ по сравнению с контрольным участком (БСИ ПГТУ)

Исследования подтверждают негативное влияние рекреационных нагрузок на состояние хвойных растений, однако снижение их жизнестойкости в городе Йошкар-Оле статистически доказано лишь для ели колючей 'Glausa' и туи западной. Данные виды обычно считаются устойчивыми в городской среде, рекомендуются для основного ассортимента и располагаются на ключевых объектах озеленения с повышенной антропогенной нагрузкой. Следует отметить, что аналогичные исследования в городе Нижнекамске также выявили угнетение жизненного состояния туи западной при техногенном загрязнении и уплотнении почвы, тогда как у ели колючей это не отмечалось. Достоверные колебания показателя водного режима не обнаружены и у других хвойных – ели европейской и лиственницы сибирской [3-5].

Низкие значения импеданса ПКТ стволов ели европейской, кедра сибирского, лиственницы сибирской в посадках города Йошкар-Олы указывают на высокую

оводненность растительных тканей. О хорошем жизненном состоянии растений свидетельствует их соответствие по данному показателю лидирующим деревьям в лесных культурах [8].

Данные импеданса ПКТ ствола лиственных растений приведены в таблице 3.

Результаты исследований состояния водного режима лиственных деревьев в условиях рекреационных воздействий и техногенного загрязнения от нефтеперерабатывающих производств города Нижнекамска свидетельствуют об устойчивости следующих растений: тополя бальзамического, тополя х советского пирамидального, тополя черного, рябины обыкновенной, черемухи обыкновенной, яблоней, липы мелколистной и крупнолистной, боярышника крупноколючкового, конского каштана обыкновенного, дуба черешчатого, вяза голого и вяза гладкого. Снижена устойчивость у березы повислой, вяза приземистого, ивы козьей, сильно – у клена ясенелистного [3, 5].

В условиях наилучшей экологической ситуации и отсутствия антропогенных воздействий (БСИ ПГТУ) состояние растений лучше, что подтверждают более низкие показатели импеданса ПКТ ствола. Но достоверно угнетение жизненности в городе Йошкар-Оле можно зафиксировать только у ореха маньчжурского, клена остролистного и липы мелколистной. Если для ореха маньчжурского как вида-интродуцента данное состояние достаточно закономерно, то клен и (особенно) липа как виды основного ассортимента города демонстрируют неожиданные результаты, расходящиеся с исследованиями в Нижнекамске. Однако в данном случае снижение жизненного состояния растений объясняется произрастанием на магистральных улицах, проведением омолаживающих и формовочных обрезок, неизбежно ведущих к ослаблению растений. Примечательно, что сортовой клен остролистный характеризуется стабильными показателями водного режима на исследованных участках при условии ухода за приствольным кругом. В посадках города Йошкар-Олы, в отличие от Нижнекамска, береза повислая демонстрирует устойчивость.

Внутрипопуляционное варьирование импеданса ПКТ ствола у исследованных растений невысокое и колеблется от 3,5 до 21,5 % в различных вариантах опыта. Повышение варьирования до значительных значений у ряда таксонов отмечается в условиях, приближенных к естественным (БСИ ПГТУ), что может указывать как на индивидуальную изменчивость по данному показателю, так и на реакцию на колебания освещенности.

Выводы. Установлено снижение устойчивости при произрастании в условиях наиболее высокой антропогенной нагрузки в центральной и заречной частях города Йошкар-Олы у следующих таксонов: ель колючая 'Glausa', туя западная, клен остролистный, липа мелколистная, орех маньчжурский.

Не подтверждено снижение жизненности в городских посадках у ели европейской, кедра сибирского, лиственницы сибирской, березы повислой, клена остролистного 'Royal Red', конского каштана обыкновенного, рябины обыкновенной.

Импеданс ПКТ ствола видоспецифичен, информативен для диагностики устойчивости растений в городской среде, необходимы дальнейшие исследования характера его колебаний в зависимости от видовой принадлежности, условий среды (уплотнения почвы, освещенности, обрезки кроны и других факторов) и фенологического состояния.

Список литературы

1. Диагностика жизнеспособности древесных растений г. Нижнекамска по активности фермента каталазы / Н. Е. Серебрякова, В. Н. Карасев, М. А. Карасева, Ю. В. Граница // Российский журнал прикладной экологии. – 2015. – № 4. – С. 39-43.

2. Активность каталазы как показатель жизненного состояния древесных растений в городских условиях / В. Н. Карасев, М. А. Карасева, Н. Е. Серебрякова, Д. А. Абрамова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. научных трудов. – Брянск: БГИТУ, 2015. – Вып. 43. – С. 88–90.
3. Устойчивость зелёных насаждений в условиях техногенного загрязнения города Нижнекамска / Н. Е. Серебрякова, В. Н. Карасев, М. А. Карасева, Е. А. Медведкова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2017. – № 2. – С. 58-72.
4. Абрамова, Д. А. Диагностика устойчивости хвойных растений г. Нижнекамска по величине импеданса прикамбиального комплекса тканей / Д. А. Абрамова, Н. Е. Серебрякова, М. А. Карасева // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы Всероссийской студенческой конференции: в 8 ч. Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 7-10.
5. Абрамова, Д. А. Диагностика устойчивости древесных насаждений города Нижнекамска в условиях техногенного загрязнения / Д. А. Абрамова, Н. Е. Серебрякова, В. Н. Карасев // Чтения памяти Т. Б. Дубяго: сб. статей международной конференции / под ред. И. А. Мельничук. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – С. 29-34.
6. Карасев, В. Н. Диагностика жизненного состояния насаждений хвойных пород по биоэлектрическим показателям / В. Н. Карасев, М. А. Карасева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 2 (30). – С. 24-36.
7. Карасев, В. Н. Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности хвойных пород: монография / В. Н. Карасев, М. А. Карасева. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2013. – 216 с.
8. Эколого-физиологическая оценка адаптации хвойных интродуцентов в Среднем Поволжье / В. Н. Карасев, М. А. Карасева, Н. Е. Серебрякова, С. М. Лазарева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4(24). – С. 55-66.
9. Майснер, А. Д. Жизнь растений в неблагоприятных условиях / А. Д. Майснер. – Минск: Высш. шк., 1981. – 98 с.
10. Мухаметова, С. В. Ресурсы дендрария Ботанического сада-института ПГТУ для подготовки студентов направлений «Ландшафтная архитектура» и «Лесное дело» / С. В. Мухаметова, Н. Е. Серебрякова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 26-29.

UDC 581.1

DIAGNOSTICS OF WOODY PLANTS STABILITY OF YOSHKAR-OLA ON THE IMPEDANCE VALUE OF CLOSE TO CAMBIAL COMPLEX OF TISSUES OF THE TRUNK

Serebryakova Natalya Evgenyevna, Bashirova Maria Sergeevna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The results of studies on the woody plants sustainability, which are used in different levels of recreational load areas of the city of Yoshkar-Ola: planting in the central and river parts of the city and the control area in the Botanical garden-institute of VSUT. Based on the analysis of fluctuations of impedance of close to cambial complex of tissues of the trunk assessment of the vitality of taxons in the urban environment.

Keywords: *green plantations, taxons, impedance of close to cambial complex of tissues of the trunk, living condition, vitality, sustainability.*

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.371

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ТРАНСИОНОСФЕРНОМ РАДИОКАНАЛЕ СВЯЗИ

Кислицын Алексей Александрович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
KislitsinAA@volgatech.net

Рассматривается методика создания модели для исследования потерь импульсной мощности в трансionoсферном радиоканале связи с учётом эффектов фазовой частотной дисперсии. В качестве исходных значений используются данные навигационных систем ГЛОНАСС/GPS, а также технические параметры систем космической связи. В дальнейшем обработка исходных данных осуществляется на применении в модели системных характеристик трансionoсферного радиоканала.

Ключевые слова: *трансionoсферный радиоканал, частотная дисперсия, потери импульсной мощности, полное электронное содержание, импульсная характеристика, профиль задержки мощности.*

Введение. Развитие современных технических средств исследования свойств, параметров трансionoсферных радиоканалов, технологий обработки данных приводит к появлению различных систем научного и прикладного характера, предназначенных для сбора, хранения и компьютерной обработки данных. При этом основная функция обработки данных заключается в вычислении одного или нескольких ключевых параметров исследуемого объекта, на основании которого принимается решение об изменении параметров, режимов работы радиотехнической системы в целом.

Известно, что воздействие дисперсной среды приводит к искажениям системных характеристик в трансionoсферном радиоканале [1-3]. При этом для оценки дисперсионных искажений в качестве системной характеристики трансionoсферного канала обычно рассматривается его импульсная характеристика (ИХ). В настоящее время больше внимания уделяется характеристике, называемой мгновенным профилем задержки мощности – PDP, который равен квадрату огибающей импульсной характеристики [4-6]. Уменьшение пиковой мощности PDP из-за частотной дисперсии среды распространения приводит к энергетическим потерям. Поэтому выходным ключевым параметром в данной работе считается коэффициент потерь в импульсной мощности PDP.

Цель исследования – создание модели процесса обработки информации для оценки энергетических потерь PDP в широкополосных трансionoсферных радиоканалах на основе проведения комплексного исследования эффектов частотной дисперсии.

Для реализации поставленной цели решаются следующие **задачи**:

- 1) создание обобщенной структуры и алгоритма для обработки информации;
- 2) создание аппаратно-программных средств для формирования входной информации;
- 3) развитие теории, методов, программных средств для обработки и преобразования входной информации;
- 4) экспериментальная апробация модели.

Структурная модель и основные положения обработки информации в трансionoсферном радиоканале. Обобщенная структурная модель обработки информации представлена на рисунке 1 и включает в себя следующие этапы:

1) *Определение входной информации.* Исходными техническими параметрами для реализации процесса обработки являются рабочая частота $\bar{f}$ и полоса канала B_{ch} . Кроме того, необходимо учесть такой параметр, как полное электронное содержание N_t , так как среда распространения (в нашем случае ионосферная плазма) испытывает вариации своих характеристик. ПЭС определяет количество электронов, содержащихся в столбе единичного сечения с основанием от поверхности Земли и до высоты расположения космического аппарата. Учтено, что внесистемной единицей измерения ПЭС является TECU ($1 \text{ TECU} = 10^{16} \text{ м}^{-2}$). Для получения значений ПЭС по методике [7, 8] использовались сигналы двухчастотных радионавигационных систем с сети референчных базовых станций «Навгеоком».

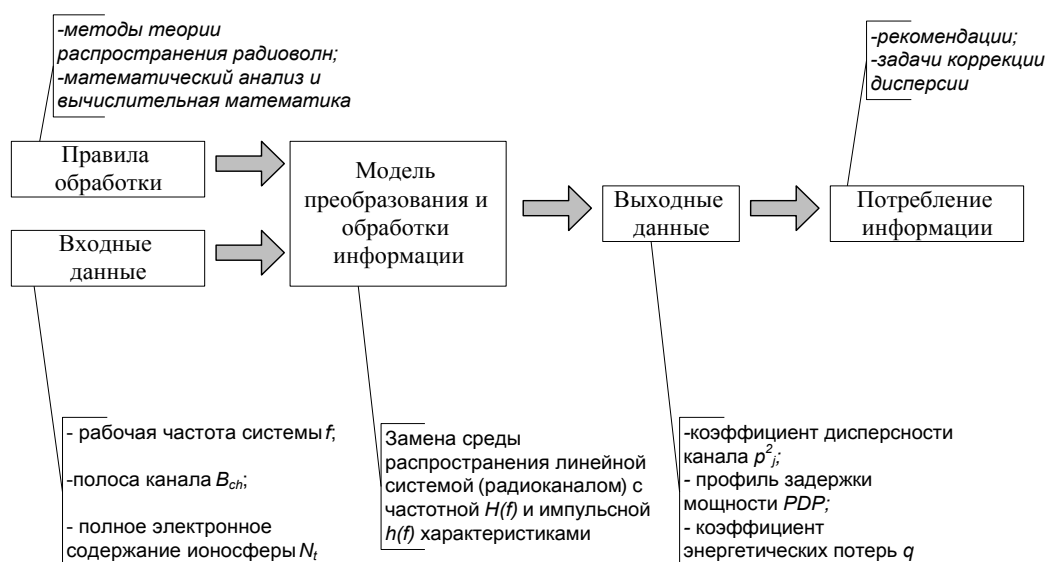


Рис. 1. Обобщенная модель обработки информации

2) *Преобразование и обработка входной информации.* В модели преобразования информации среда на основе принципа эквивалентности заменяется линейной системой (радиоканалом) с частотной $H(f)$ и импульсной $h(\tau)$ системными характеристиками, связанными между собой преобразованиями Фурье [9]. PDP канала равно квадрату модуля ИХ. В канале с ограниченной полосой частот B_{ch} и средней ча-

стотой $\bar{f} = (f_1 + f_2)/2$ его АЧХ можно считать постоянной, а ФЧХ – представить в виде разложения в ряд Тейлора третьего порядка [9, 10]:

$$\begin{aligned} \varphi(\omega) &= \varphi(\bar{\omega}) + \varphi'_{\omega} \cdot \Omega + \varphi''_{\omega} \cdot \frac{\Omega^2}{2!} + \varphi'''_{\omega} \cdot \frac{\Omega^3}{3!} + \dots \approx \\ &\approx \varphi(\bar{f}) + 2\pi\tau_{g|_0} \cdot (F) + \pi s_{|_0} (F)^2 + \frac{\pi}{3} v_{|_0} (F)^3, \quad F \in \left[-\frac{B_{ch}}{2}, \frac{B_{ch}}{2}\right]. \end{aligned} \quad (1)$$

При этом слагаемые первой, второй и третьей степени свидетельствуют о наличии фазовой частотной дисперсии 1, 2, 3-го порядка, где $\tau_{g|_0}$, $s_{|_0}$, $v_{|_0}$ – параметры дисперсии; $F = f - \bar{f}$. Учёт лишь дисперсии первого порядка приводит к смещению ИХ на величину ее параметра (времени группового запаздывания) [11]:

$$h_1(\tau) = H_0 \int_{-B_{ch}/2}^{B_{ch}/2} \exp[jf(\tau - \tau_g(\bar{f}))] df = H_0 B_{ch} \sin c[B_{ch}(\tau - \tau_g(\bar{f}))]. \quad (2)$$

Учёт фазовой дисперсии второго порядка приводит выражение для ИХ к следующему результату:

$$|h_2(\tau)| = \frac{H_0(\bar{f})}{\sqrt{2s(\bar{f})}} \sqrt{[C(z_2) - C(z_1)]^2 + [S(z_2) - S(z_1)]^2}, \quad (3)$$

где $C(z)$ и $S(z)$ – интегралы Френеля; $z_1 = \sqrt{2/s_j}(\tau - \tau_g(\bar{f})) - \sqrt{2s}B_{ch}$ и $z_2 = \sqrt{2/s_j}(\tau - \tau_g(\bar{f}))$; $s = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{(B_k)^2}$ – параметр дисперсии второго порядка.

Для грубой оценки влияния частотной дисперсии в случае дисперсии второго порядка используется величина, называемая полосой когерентности (полоса частот, на границах которой значения дисперсии второго порядка не превосходят 1 радиана) [9, 10]:

$$B_k = \frac{2}{\sqrt{\pi \cdot |s|}} = \sqrt{\frac{4 \cdot c \cdot \bar{f}^3}{\pi k N_t}}. \quad (4)$$

Полоса когерентности является предельно допустимой величиной для полосы частот канала (используемого сигнала). Очевидно, что в канале с дисперсией вид PDP будет меняться в зависимости от полосы пропускания канала B_{ch} . Коэффициент $p_j^2 = (B_{ch}/B_{k_j})^2$ служит коэффициентом дисперсии канала. В случае, когда полоса канала превышает полосу когерентности, возникают потери в импульсной мощности ИХ, которые, как нетрудно видеть, определяются формулой

$$\begin{aligned} q &= 10 \lg \frac{\max |PDP_2|}{\max |PDP_1|} = 10 \lg \frac{C^2(\sqrt{2s}B_{ch}) + S^2(\sqrt{2s}B_{ch})}{(\sqrt{2s}B_{ch})^2} \approx \\ &\approx -10 \lg \frac{k \cdot B_{ch}^2}{2 \cdot c \cdot \bar{f}^3} \cdot N_t. \end{aligned} \quad (5)$$

Приближенное равенство имеет место при значительных коэффициентах дисперсии $B_{ch} > B_k$ ($p_j \gg 1$), когда модуль ИХ представляет собой прямоугольник с основанием $T_{ef} = s_j \cdot B_{ch}$ и высотой $H_0 / 2\sqrt{s}$.

Обобщённый алгоритм преобразования информации в задаче определения энергетических потерь в трансionoсферном канале из-за дисперсии представлен на рисунке 2.

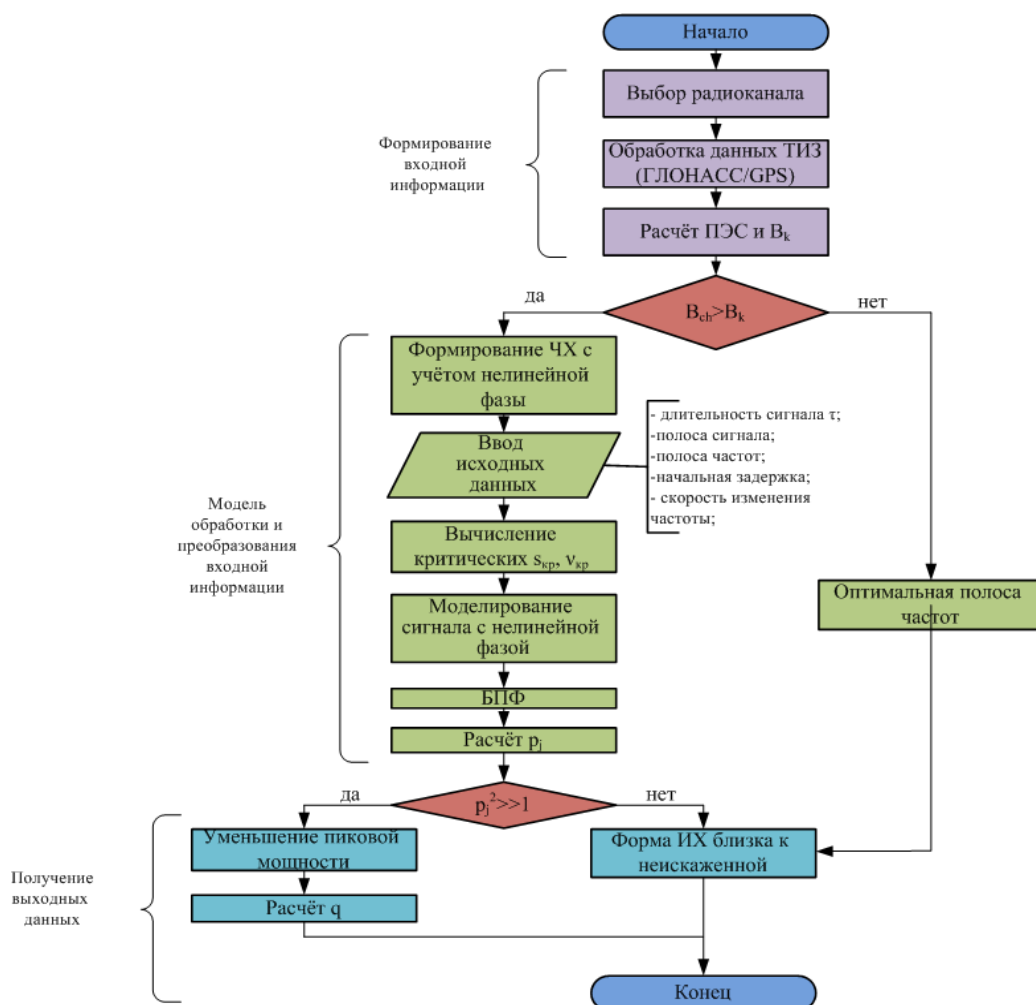


Рис. 2. Алгоритм процесса обработки информации оценки энергетических потерь

Экспериментальная апробация модели. Для исследования потерь пиковой мощности в трансionoсферном радиоканале использовались данные трёх референционных станций GNSS станций «Hexagon», расположение которых территориально отличалось. Первая станция – YOSH, расположена в г. Йошкар-Оле (координаты 56°37'49.55106" с.ш. 47°53'31.40225" в.д.); вторая станция – ROST, г. Ростов-на-Дону (координаты 47°14'26.38620" с.ш. 39°35'36.81223" в.д.); третья – VLKZ, г. Владикавказ (координаты 43°1'26.68080" с.ш. 44°40'26.21500" в.д.). Станции оснащены аналогичным оборудованием фирмы Leica.

При этом были вычислены дневные средние значения ПЭС для декад июня и декабря 2017 года. По данным станций YOSH значения дневное значение ПЭС составило 11,1 и 7,6 TECU для июня и декабря соответственно; по данным станции ROST – 11,6 и 7,6 TECU; по данным станции VLKZ – 13 и 8,2 TECU.

Экспериментальные данные ПЭС косвенным методом измерений позволили получить информацию о величине потерь импульсной мощности ИХ для широкополосных трансionoсферных каналов с коэффициентом широкополосности $\eta = 0,5$.

В качестве рабочих частот были выбраны 0,2; 0,3; 1,2; 1,6 ГГц. Графики потери импульсной мощности представлены на рисунке 3.

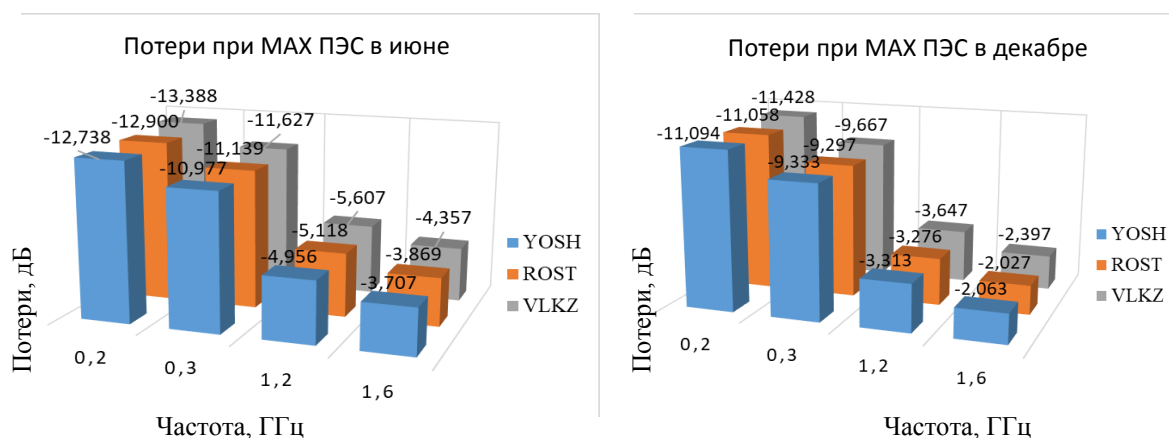


Рис. 3. Дневные потери импульсной мощности

Анализируя полученные графики, видим, что потери в трансионосферных радиоканалах практически не зависят от выбранных координат станций. Очевидно, что потери растут с уменьшением рабочей частоты. Сами потери ниже в зимний период. Количественные значения потерь импульсной мощности представлены в таблице.

Потери импульсной мощности, вычисленные по данным различных станций

Частота, ГГц	Месяц	Станция YOSH	Станция ROST	Станция VLKZ
		Потери импульсной мощности, дБ		
0,2	июнь	-12,7	-12,9	-13,4
	декабрь	-11,1	-11,1	-11,4
0,3	июнь	-11	-11,1	-11,6
	декабрь	-9,3	-9,3	-9,7
1,2	июнь	-5	-5,1	-5,6
	декабрь	-3,3	-3,3	-3,6
1,6	июнь	3,7	-3,9	5,6
	декабрь	-2	2	2,4

Выводы. Разработана модель процесса обработки информации для определения потерь импульсной мощности ИХ из-за частотной дисперсии в широкополосном трансионосферном канале. Показано, что они увеличиваются с уменьшением рабочей частоты канала и ростом ПЭС. Результаты проведенных исследований позволяют далее исследовать проблему минимизации потерь из-за дисперсии путем коррекции ФЧХ канала, которая должна быть адаптивной из-за их суточных вариаций.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00079.

Список литературы

1. Wideband Scattering Functions for HF Ionospheric Propagation Channels / V. E. Gherm, N. N. Zernov, B. Lundborg et al. // Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics. – 2001. – Vol. 63. – P. 1489-1497.

2. Cannon, P. S. Characterization and modeling of the HF communications channel / P. S. Cannon, M. J. Angling, B. Lundborg // Review of Radio Science: 1999-2002. – 2002. – P. 597–622.
3. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, М. И. Рябова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2 (18). – С. 5-15.
4. Определение параметров частотной дисперсии трансionoсферного радиоканала / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, А. А. Кислицын // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59, № 12-2. – С. 105-108.
5. Propagation of broadband HF signals in a medium with nonlinear dispersion / D. V. Ivanov, V. A. Ivanov, N. N. Mikheeva et al. // Journal of Communications Technology and Electronics. – November 2015. – Vol. 60, Iss. 11. – Pp. 1205–1214. – URL: <https://doi.org/10.1134/S1064226915110066>.
6. Дисперсионные искажения системных характеристик широкополосных ионосферных радиоканалов: монография / В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. Н. Михеева, М. И. Рябова. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 156 с.
7. Variability of GPS/GLONASS differential code biases / A. A. Mylnikova, Yu. V. Yasyukevich, V. E. Kunitsyn, A. M. Padokhin // Results in Physics. – 2015. – Vol. 5. – P. 9–10. – Doi: 10.1016/j.rinp.2014.11.002.
8. Yasyukevich, Yu. V. Estimating the total electron content absolute value from the GPS/GLONASS data / Yu. V. Yasyukevich, A. A. Mylnikova, A. S. Polyakova // Results in Physics. – 2015. – Vol. 5. – P. 32–33. – Doi:10.1016/j.rinp.2014.12.006.
9. Иванов, Д. В. Методы и математические модели исследования распространения в ионосфере сложных дециметровых сигналов и коррекции их дисперсионных искажений: монография / Д. В. Иванов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 268 с.
10. Эффекты частотной дисперсии группового запаздывания при трансionoсферном распространении радиоволн / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. А. Кислицын, М. И. Рябова, Е. В. Катков // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2017. – Т. 20, № 3, ч. 2. – С. 31-36.
11. Иванов, Д. В. Методы эквивалентности и отображения в задаче интерпретации эффектов материальной частотной дисперсии в оптоволокне / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, М. И. Рябова, Е. В. Катков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 4 (36). – С. 6-14.

UDC 621.371

STUDYING ENERGY LOSSES IN A TRANSIONOSPHERIC RADIO CHANNEL

Kislitsin Aleksey Aleksandrovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The paper presents methods for studying energy losses in a transionospheric radio channel with the phase frequency dispersion. The input data for the model are navigation data of GNSS/GPS systems and specifications of space communication systems. In the future the processing of the initial data is carried out using the model of system characteristics of a transionospheric radio channel.

Keywords: transionospheric radio channel, frequency dispersion, peak power losses, total electron content, impulse response, power delay profile.

УДК 621:865.8:352

ПЛАВАЮЩИЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНЫЙ ФОНТАН В ГОРОДЕ ЙОШКАР-ОЛЕ

Лаврентьев Борис Федорович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
Lavrentevbf@volgatech.net

Рассматриваются вопросы создания в городе Йошкар-Оле на реке Малой Кокшаге динамического плавающего цветомузыкального фонтана, который будет достопримечательностью города и местом отдыха горожан. Приводится информация о фонтанах в различных городах мира.

Ключевые слова: облик города, плавающий динамический цветомузыкальный фонтан, подсветка, музыкальное сопровождение, ионизация воздуха, отдых горожан, сценарии.

Каждый город должен иметь свои достопримечательности, которыми гордятся его жители. Это могут быть архитектурные сооружения, как в нашей северной столице, памятники старины, как в Риме, Ярославле, скульптурные композиции, как в Версале, фонтанные комплексы, как в Петергофе, Барселоне или Сингапуре.

Фонтаны, как известно, являются одним из лучших украшений для городских площадей, бульваров и парков. Они позволяют по-новому взглянуть на обустройство зон отдыха горожан. Городские фонтаны и фонтанные комплексы могут значительно оживить облик города, создавая вокруг себя прохладу и комфортный микроклимат, они позволяют жителям не покидать городские улицы в полуденный зной.

Среди всего многообразия уличных фонтанов особое место занимают динамические цветомузыкальные фонтаны (ДЦМФ). Основная их черта – программное управление высотой и подсветкой струй в зависимости от звучащей музыки. Это позволяет создавать целые цветомузыкальные представления с использованием практически любой музыкальной композиции. Подсветка струй таких фонтанов может осуществляться как обычными подводными светильниками, так и с применением оборудования, выполненного на основе светодиодов.

С наступлением сумерек фонтанный комплекс играет переливами огней, из аудиоколонок, расположенных рядом с фонтаном, звучит музыка. Причем музыкальную композицию можно выбирать произвольно. При этом именно мелодия будет задавать игру цвета, освещенность, высоту и интенсивность водяных струй. Связать воедино музыку, цвет и воду поможет специальная компьютерная программа. Управление цветомузыкальным фонтаном можно производить при помощи пульта управления и компьютера, подключенного к аудиосистеме.

ЦМФ представляют собой произведения искусства, объединяющие совокупность сценария, звука освещенности, цвета и высоты струй. Они должны привлекать внимание людей, способствовать их нравственному, художественному и психологическому развитию, снимать психологическое напряжение.

За рубежом существует большое количество ЦМФ для зон отдыха, парков, центров здоровья и реабилитации, где сосредоточено большое количество электронных роботов, двигающихся игрушек, аттракционов, водных цветомузыкальных устройств, которые посещают десятки миллионов людей. Следует отметить огром-

ное положительное влияние ЦМФ на душевное и физическое здоровье человека при использовании их в лечебных, оздоровительных и культурных учреждениях. Вода, музыка, свет, зеленые растения и ионизация воздуха – вот что оказывает мощное оздоровительное воздействие на людей.



Цветомузыкальный фонтан

Вот и жители города Йошкар-Олы могли бы иметь свою достопримечательность, свою визитную карточку в виде плавающего динамического цветомузыкального фонтана, аналога которому нет в нашей стране и за рубежом.

В Поволжском государственном технологическом университете вопросами создания цветомузыкальных фонтанов начали заниматься с 1990 года после возвращения сотрудников радиотехнического факультета из кругосветной экспедиции АН СССР с заходом в очередной раз в республику Сингапур и посещения там знаменитого цветомузыкального фонтана. Динамический цветомузыкальный фонтан расположен в торговом комплексе центрального магазина и работает два-три часа в сутки, исполняя различные мелодии. Трудно было оторвать глаза от струй, исполняющих танец «Маленьких лебедей», с подсветкой, музыкой и другими спецэффектами. Не менее эмоционально исполнялись и другие музыкальные произведения. Сингапурский ЦМФ, как и многое другое, является достопримечательностью города, и все приезжающие люди, гости города обязательно посещают его.

Идею создания в Йошкар-Оле подобного фонтана активно поддержал в свое время глава города Юрий Александрович Минаков, и благодаря этому за короткий срок силами проектного института и сотрудников ПГТУ был спроектирован ЦМФ. Он представлял собой бассейн диаметром 30 м с большим количеством фонтанных комплексов и насадок и имел отдельную насосную станцию. За основу был выбран фонтан в Сингапуре, подобное сооружение планировалось разместить у входа в аллею здоровья. Проект не был осуществлен из-за отсутствия финансов в период перестройки, хотя уже тогда он мог бы стать украшением города и его визитной карточкой.

В дальнейшем к вопросу создания цветомузыкального фонтана в городе Йошкар-Оле вернулись только в 2005 году, когда было решено возвести ЦМФ в районе

Русского драматического театра. Для этого был собран обширный материал по всем известным ЦМФ мира и их производителям, разработана методика проектирования динамического ЦМФ без подвальных помещений и насосных станций, позволяющая снизить стоимость работ в 3-4 раза и уменьшить время проектирования до 2-3 месяцев. В мае 2005 года были заказаны комплектующие для фонтана и представлены счета на сумму более 30 млн руб. Однако счета не были оплачены, т.к. финансы были затрачены на проводимые в республике сельские спортивные игры. Тоже, конечно, дело важное и нужное. Но... Очень жаль, т.к. сейчас у нас уже был бы свой динамический цветомузыкальный фонтан с ионизацией воздуха и программным управлением. И это было бы жемчужиной, изюминкой города.

Известные ЦМФ, такие как в Ереване, Барселоне и других городах мира, располагаются на открытых пространствах, защищены от ветра. Там имеются площадки для зрителей, где нет шума и где действительно можно наслаждаться гармонией и покоем.

По нашему мнению, наиболее привлекательным для нашего города был бы динамический, плавающий цветомузыкальный фонтан на реке Малой Кокшаге в районе Патриаршей площади, набережной Брюгге и пешеходного моста, так как там много места для зрителей, которые могут стоять на мосту, сидеть на лавочках на набережной, наслаждаться музыкой и созерцать фонтан во всем его великолепии, а также дышать влажным воздухом, укрепляя свое здоровье.

Фонтан может устанавливаться на поплавке или на сваях. В качестве аналога можно взять ЦМФ в городе Ереване. Конструкция будет состоять из отдельных фонтанных комплексов, расположенных по окружностям. Высота струй в центре 10-15 м, по внешней окружности располагаются 16 роторных насадок, образующих вращающиеся водяные столбы. Кроме того, в различных местах фонтана располагаются 20 быстродействующих «водяных пушек» для имитации «Салюта» высотой до 20-25 м, что актуально при проведении праздничных мероприятий.

Использование существующих фонтанных комплексов с выбранными техническими параметрами позволит избежать гидравлических расчетов, спроектировать и ввести в эксплуатацию фонтаны в течение 3-4 месяцев, уменьшив затраты в 5-8 раз. Причем работоспособность фонтанов гарантирована.

Для управления ЦМФ следует использовать частотные преобразователи, а подсветку производить светодиодными цветовыми прожекторами. В целях повышения надежности введена система контроля уровня воды, фильтрации воды и контроля за ветром. Управление формой струй и их высотой можно производить с помощью насосов с частотными преобразователями.

Подсветка струй осуществляется с помощью 200 светодиодных цветовых прожекторов с минимальной потребляемой мощностью. Работа ЦМФ будет происходить по компьютерной программе и может изменяться в зависимости от времени суток, с учетом праздничных дней и т.д.

Количество водяных форм фонтана может достигать 16 и более, высота струй, цвет и яркость определяются музыкальным сопровождением. В центре фонтана планируется разместить ионизатор воздуха для создания «морского климата». Кроме того, над фонтаном на высоте 10-15 м станут формироваться голографические фигуры, которые будут освещены и смогут как бы парить в воздухе, создавая интересные эффекты.

Представляет большой интерес использовать ЦМФ для сопровождения выступлений артистов, например, на Патриаршей площади или набережной Малой Кокша-

ги. Это будут незабываемые зрелища, когда фонтан как бы аккомпанирует выступающим. Следует отметить, что при создании плавающего ЦМФ отсутствуют строительные работы, что значительно снизит стоимость проектирования и строительства фонтана.

Таким образом, плавающий динамический цветомузыкальный фонтан будет хорошо виден с Патриаршей площади и с обеих набережных реки, а также с пешеходного моста, которые будут являться как бы зрительным залом с ареной в виде ЦМФ. Здесь неограниченное количество зрителей, которые не толпятся, а могут наслаждаться ЦМФ даже сидя на скамейках. Это будет прекрасное средство психологической разгрузки для людей. Предлагаемый ПЦМФ объединит в одно целое архитектурные сооружения района набережной реки М. Кокшаги.

В районе ЦМФ станут проводиться все праздничные мероприятия, здесь будет зона отдыха горожан и их любимое место отдыха.

Ориентировочная стоимость предлагаемого ЦМФ – 60-90 млн руб., что примерно в 10-15 раз меньше, чем ежегодные расходы города на благоустройство набережной реки М. Кокшаги, хотя по своей привлекательности и значимости ЦМФ значительно превосходит любые другие объекты.

К вопросу создания плавающего ЦМФ, вероятно, придется вернуться лет через 5-8 в связи с экологией реки М. Кокшаги. Немногие уже помнят, что лет 40 тому назад на месте набережной была «Березка» – прекрасный песчаный пляж, на котором отдыхали, загорали, купались жители и гости нашего города, особенно резвились дети. Здесь же была лодочная станция и чистая прозрачная вода с холодными родниками и живописной растительностью, с большим количеством кувшинок и белых лилий. Конечно, каждая столица имеет право иметь свою набережную, но только не в ущерб интересам жителей города. Замечено, что последние годы состояние набережной меняется: береговые плиты разрушаются, экология также нарушена. По мнению многих, знаменитая набережная Брюгге больше напоминает пыльные окраины Копенгагена. Возможно, плавающий ЦМФ оживит берега Кокшаги малыми архитектурными формами, цветочными клумбами, скамейками для отдыха, игровыми площадками. Но главное – цветомузыкальный фонтан сформирует «морской» климат, благоприятно действующий на людей, и повысит уровень кислорода в воде, что улучшит экологию района.

Работы по созданию плавающего цветомузыкального фонтана могут быть выполнены Поволжским государственным технологическим университетом с привлечением сторонних организаций за 3-4 месяца.

У предлагаемого ПЦМФ нет аналогов в России. В основу его конструкции положено много технических решений, которые защищены патентами. Этот фонтан может стать одним из самых лучших в стране, он будет привлекать в нашу республику туристов из других регионов России и стран зарубежья.

Список литературы

1. Лаврентьев, Б. Ф. Информационные робототехнические конструкции как средство разностороннего развития детей / Б. Ф. Лаврентьев // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – С. 104-107.
2. Лаврентьев, Б. Ф. Создание динамического цветомузыкального фонтана / Б. Ф. Лаврентьев // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сборник научных трудов научно-практической конференции. – Тамбов: ЮКОН, 2015. – С. 121-123.

3. Лаврентьев, Б. Ф. Создание плавающего динамического цветомузыкального фонтана для города Йошкар-Олы / Б. Ф. Лаврентьев, А. В. Гарифуллина // Восемнадцатые Вавиловские чтения: материалы постоянно действующей научной конференции. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – С. 87-90.

4. Лаврентьев, Б. Ф. Фонтан: патент на изобретение RU № 2484904 C1 / Б. Ф. Лаврентьев. Оpubл. 20.06.2013.

5. Профессиональное фонтанное оборудование. VODALUX 2014 г.

6. Оборудование и материалы для фонтанов и водоемов. VODA.

UDC 621:865.8:352

FLOATING DYNAMIC COLOR-MUSICAL FONTAN VGORODE YOSHKAR-OLE

Lavrentiev Boris Fedorovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

Consideration is given to the creation of a dynamic floating color music fountain in the town of Yoshkar-Ola on the Kokshaga river, which will be a landmark of the city and a place of rest for the townspeople. The information on fountains in various cities of the world is given.

Keywords: city, floating dynamic color and music fountain, illumination, musical accompaniment, streams, ionization of air, people's rest, scenarios,

УДК 621.865.8

ГОРОД БУДУЩЕГО

*Лаврентьев Борис Федорович, Москвина Анна Евгеньевна,
Широкова Ксения Николаевна*

ФБГОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
Lavrentevbf@volgatech.net

Авторы статьи размышляют о том, каким должен быть современный город, в котором жители могли бы жить бы в мире, согласии, в соответствии со своими национальными традициями, могли бы работать, учиться и отдыхать в парках, развлекательных центрах и на природе.

Ключевые слова: современный город, отдых населения, развлекательные и культурные центры, национальные парки, архитектура

В настоящее время более половины человечества живет в городах, которые представляют собой очень сложную структуру. В крупном городе должны быть широкие улицы, чтобы множество машин могло свободно проезжать по ним, и ровные тротуары, по которым не жалко ходить в самой красивой обуви. В нем должно быть большое количество различных парков, скверов, музеев, развлекательных и культурных центров, зоопарков, ботанических садов, цветомузыкальных фонтанов, памятников, скульптур и рекламы.

Жители обычно работают в различных районах города, и вечером большинство из них возвращается в уютные квартиры многоэтажек, расположенных в спальнях райо-

нах, где есть все для комфортной жизни: электричество, газ, горячая вода, мусоропровод, канализация и центральное отопление.

Однако, несомненно, что современный город должен иметь свое лицо, **свою национальную культуру и обычаи**, свои культурные, учебные, развлекательные и торговые центры, свои неповторимые архитектурные объекты, чтобы в нем людям было удобно и спокойно жить, работать, учиться, отдыхать, создавать семью.

Облик современного города должен создаваться сообща всеми жителями города с учетом интересов всех и каждого. По нашему мнению, неправильно, когда один человек, даже будучи, по его мнению, гениальным архитектором решает вопросы градостроения единолично и, естественно, допускает ошибки, которые исправлять достаточно сложно (например, попробуйте перенести новый театр в городе Йошкар-Оле на предназначенную для него ранее театральную площадь в Сомбатхее, где можно было бы создать культурную зону, включающую сквер, цветочные клумбы, цветомузыкальные фонтаны, автостоянки и многое, многое другое).

В нашем городе в последние годы выполнено большое количество проектов по благоустройству города. Многие проекты добрые и делают город более привлекательным, но есть и такие, за которые, возможно, будет стыдно перед потомками.

Наш город всегда отличался зеленью, удобством расположения городских объектов, чистотой. В городе были свои «жемчужины», любимые всеми горожанами. Это, прежде всего, «Ленинский садик», скверик у кинотеатра «Рекорд» с фонтанчиком, пляж «Березка». Сейчас вместо зеленого сквера возникло сооружение, отдаленно напоминающее Нижегородский Кремль, однако последний размещен на высоком холме, и смотрится он гораздо лучше. Но самое главное – кремлевская стена закрыла обзор на красивый храм и заречный район.

Ленинский садик был любимым местом отдыха горожан и детворы, зеленым оазисом в городе, со скамейками, цветниками и с песчаными дорожками.

Огромное здание оперного театра подавляет своей формой и размерами. Оно не вписывается, по мнению многих, в архитектуру нашего города. На его фоне потерялась прелесть архитектуры музыкального училища, но, главное, театр выходит своим фасадом на проезжую часть улицы. А где же театральная площадь? Где будут встречаться зрители? Где они будут отдыхать перед спектаклем? А ведь на этом месте был прекрасный сквер с цветущей сиренью, скамеечками, клумбами и фонтаном.

Несколько слов о набережной реки. Раньше это было красивое зеленое место с городским пляжем, белым песком и лодочной станцией – излюбленное место отдыха горожан и гостей столицы. Тысячи людей здесь ежедневно загорали, купались, набирались здоровья. Река в этом месте имела много родников, была чистой, а в воде можно было увидеть белые лилии, желтые кувшинки, зеленые водоросли и песчаное дно. Сейчас здесь каменная набережная, на сооружение которой затрачены сотни миллионов рублей и «Архангельская башня», закрывающая вид на фонтан и прекрасный собор.

Современный город должен иметь свое лицо, свою национальную культуру, обычаи, свои культурные, учебные и развлекательные центры, свои неповторимые архитектурные объекты, которых нет в стране и которыми можно удивлять жителей и гостей города.

Целью настоящей работы является создание эскизного проекта современного города на примере столицы Республики Марий Эл города Йошкар-Олы с учетом мирового опыта градостроения и национальных особенностей развивающихся здесь культуры и туризма.

В рамках выполнения настоящего проекта был выполнен информационный и патентный поиск по теме, собрана и проанализирована вся информация по детским, культурным и развлекательным центрам, робототехническим конструкциям в разных странах. Особое внимание было уделено изучению опыта Кубы и Сингапура и их работам по созданию «сказочных» робототехнических конструкций.

В 2017 году сотрудниками Поволжского государственного технологического университета был представлен план реализации проекта по городу Йошкар-Оле, который можно реализовать при минимальном финансировании в течение 1-2 лет и превратить столицу нашей республики в настоящую жемчужину Поволжья.

Для этого предлагается:

- создать «Сказочный» театр кукол в городе Йошкар-Оле. Ориентировочная стоимость работ – 10-30 млн руб.;
- построить динамический цветомузыкальный фонтан на площади Ленина, Ориентировочная стоимость работ – 10-25 млн руб.;
- создать плавающий динамический цветомузыкальный фонтан на набережной Брюгге на реке Малая Кокшага. Ориентировочная стоимость работ – 70-120 млн руб.;
- установить в культурно-развлекательном центре художественную робототехническую композицию «Бременские музыканты» и динамический цветомузыкальный фонтан «Дюймовочка». Стоимость работ – 10-15 млн руб.;
- установить в десяти детских дошкольных учреждениях робототехнические конструкции «Сказочник». Ориентировочная стоимость работ – 2,0-3 млн руб.;
- установить в пяти детских больницах робототехнические конструкции «Айболит». Ориентировочная стоимость – 1,0-1,6 млн руб.;
- установить в 3-5 музеях РМЭ робототехнических экскурсоводов. Ориентировочная стоимость – 1-3 млн руб.;
- изготовить робототехническую фигуру национального героя (например, Акпарса) для проведения праздничных мероприятий города. Ориентировочная стоимость – 2 млн руб.

Студентами и сотрудниками ПГТУ был разработан эскизный проект для города Йошкар-Олы с использованием сказочных информационных робототехнических конструкций различного предназначения, которые могут существенно изменить облик города.

Созданные сказочные робототехнические герои «работают» по заданному сценарию, включая движение головы, рук, глаз, рта; ведут в диалоге беседу с окружающими, дают пояснения к мероприятиям, на которых присутствуют. Управление роботами может осуществляться по внутренней компьютерной программе или быть внешним – по радиоканалу. В проекте заложена современная элементная база, технологии и недорогие комплектующие. Сказочных героев можно установить в яслях, садах, детских больницах, в культурных и оздоровительных центрах, где они будут рассказывать сказки, учить детей правилам хорошего тона, способствуя их воспитанию и всестороннему развитию. В яслях и детских садах это могут быть «сказочники», «смехошарики», в детских больницах – «Айболиты», «медицинские сестры». Робототехнические конструкции типа «Кот в сапогах», «Медведь», «Снегурочка» «Акпарс» можно установить в вестибюле культурных центров, где они, «работая» гидами, будут приветствовать входящих, снимать шляпу, говорить комплименты, давать справочную информацию.

А теперь немного помечтаем о том, каким будет наш город в будущем.

Итак, мы входим в наш «Сказочный» город. По пути заходим в детские дошкольные и культурные учреждения и видим установленные там роботы: «Сказочники», «Грибы», «Микки-Маусы», которые рассказывают детям сказки, былины, сказания, потешки, облегчая труд воспитателей и способствуя разностороннему развитию детей, а в детских больницах появились такие же «Айболиты», «Медсестры», которые скрашивают жизнь больным малышам и помогают их излечению.

В супермаркетах и крупных магазинах отведены помещения для детей, где разместились робототехнические конструкции для малышей, пришедших сюда с родителями.

Мы подходим к Кукольному театру и видим над входом декоративные часы с циферблатом, на котором изображены добрые зверюшки. Над циферблатом висит «золотая клетка» с Кукушкой, которая каждый час выходит из клетки и участвует в маленьком спектакле. О начале спектакля извещают трубачи, стоящие на башнях здания, и Золотой петушок, сидящий на насесте на уровне второго этажа.

Мы входим в театр, и у входа на парадную лестницу нас встречает Кот в сапогах. Он снимает шляпу, поворачивает голову, моргает, двигает ртом в такт с речью, приветствует зрителей и желает им счастливого пути после спектакля. Датчик присутствия обеспечивает работу робота только при наличии вблизи людей. Управление Котом – внутреннее по программе, а также внешнее с участием артистов в режиме индивидуального диалога со зрителями.

Мы поднимаемся по широкой лестнице и встречаем разных «сказочных» героев, которые двигаются и приветствуют гостей.

У входа в зрительный зал висят круглые декоративные часы с Буратино. Буратино индивидуально общается со зрителями, рассказывает о спектакле, приглашает зрителей в зал путем подачи предварительных и основных звонков, потом прощается со зрителями после спектакля.

Спектакль окончился, и зрителей провожают Кот в сапогах, Буратино и другие сказочные герои, желают им всего самого доброго.

А мы идем дальше по Сказочному городу. Впереди набережная реки, и перед нами возникает плавающий динамический цветомузыкальный фонтан (ДЦМФ), который представляет собой настоящее произведение искусства, объединяющее сценарии, звук, освещенность, цвет, высоту и формы струй. Все это привлекает внимание людей, способствует их нравственному, художественному и эстетическому развитию, снимает психологическое напряжение, укрепляет здоровье.

Место для ДЦМФ выбрано очень удачно, так как здесь много места для зрителей, которые могут стоять на мосту, сидеть на лавочках на берегах реки, прогуливаться по набережной, наслаждаться музыкой и созерцать ДЦМФ во всем его великолепии, а также дышать влажным воздухом, укрепляя свое здоровье.

Состоит такой фонтан из отдельных фонтанных насадок, расположенных по окружностям. Высота струй в центре 10-15 м. По внешней окружности размещены 16 роторных насадок, они образуют вращающиеся водяные столбы. Еще в различных местах фонтана установлены 20 быстродействующих «водяных пушек», с их помощью имитируют «Салют» высотой до 20-25 м. Подсветка струй осуществляется 200 светодиодными прожекторами с минимальной потребляемой мощностью. Работает ДЦМФ по компьютерной программе, возможны изменения в зависимости от

времени суток. Количество водяных форм фонтана может достигать 16 и более, высота струй, цвет и яркость определяются музыкальным сопровождением. В центре фонтана размещается ионизатор воздуха. Кроме того, над фонтаном на высоте 10-15 метров формируются ярко освещаемые голографические фигуры, которые освещены и как бы парят в воздухе, создавая разные интересные эффекты.

Подробнее об устройстве и действии разработанного в Поволжском государственном технологическом университете динамического цветомузыкального фонтана рассказывается в нашей статье, также представленной в данном сборнике научных трудов.

На противоположном берегу реки расположен Музей Детства – любимое место для детей и их родителей. Здесь располагаются коллекции детских игрушек, действующие макеты различных машин, аэродром с самолетами и вертолетами, детская железная дорога, помещения для кружков, зрительный зал, музей «Богатство Мирового океана», передвижные выставки и многое другое.

Мы возвращаемся на бульвар, идем в сторону парка и подходим к динамическому цветомузыкальному фонтану «Дюймовочка», который работает в автоматическом режиме под воздействием гиростатического давления. Фонтан представляет собой бассейн, в центре которого располагается цветок, а по внешней стороне установлены насадки фонтана в виде земноводных животных. При наполнении бассейна уровень воды повышается, цветок распускается и «Дюймовочка» поднимается с колен и начинает танцевать под музыку, сопровождаемую световыми эффектами, при этом уровень воды в бассейне продолжает повышаться. Через некоторое время открывается клапан и вода сливается, при этом Дюймовочка становится на колено, лепестки цветка поднимаются и прикрывают сказочную девочку. В таком положении фонтан работает по программе с подсветкой и музыкальным сопровождением. Через заданное время процесс повторяется.

Дальше мы выходим на центральную площадь города им. Оболенского-Ноготкова и видим декоративные часы, с которых, наконец, сняли синюю пленку, и они видны на расстоянии сотен метров. А возле дома Правительства появился прекрасный сквер с действующим фонтаном, скамейками, цветниками и дорожками. Как не вспомнить тут гостиницу «Йошкар-Ола», которая некогда была визитной карточкой города и на которой планировалось установить главные часы города и эмблему в виде прекрасного движущегося парусника с программируемой динамической светозвуковой подсветкой.

Потом мы оказываемся в парке и видим «Бременских музыкантов», играющих на музыкальных инструментах. Фигуры движутся, объявляют номера. Мы идем дальше по бульвару Свердлова, где много зелени, скамейки для отдыхающих, цветники, небольшие фонтанчики, киоски с литературой и лакомствами и, наконец, подходим к культурно-развлекательному комплексу им. Ленина. Здесь действует динамический ЦМФ «Победа». В центре фонтана фигура «Георгия Победоносца», по краям располагаются типовые фонтанные комплексы, которые работают по программе, создавая незабываемые водяные картины, со световой подсветкой и с тихой приятной музыкой. Здесь можно отдохнуть на скамейках, установленных среди цветочных клумб, полюбоваться фонтаном, послушать музыку, поиграть в шахматы.

За этим культурным комплексом располагается парк, в котором на детской площадке развлекают публику и детей робототехнические клоуны «Карандаш» и «Всезнайка». В парке большое количество различных аттракционов, робототехнических

объектов, которые доставят массу радости детям и их родителям, а также туристам и гостям города.

Все, что мы увидели в «Сказочном городе», – это идеи сотрудников и студентов Поволжского государственного технологического университета, которые разработали эскизные и технические проекты на робототехнические конструкции для города, получили более 10 патентов и большое количества грамот и медалей на Всероссийских конкурсах лучших студенческих научных работ. Предлагаемый сказочный город при минимальном финансировании и максимальной поддержке руководителями города и республики мог бы стать реальностью в течение 2-3 лет и способствовать развитию регионального туризма.

Список литературы

1. Робототехническая конструкция: патент на полезную модель RU № 139409 U1 / Б. Ф. Лаврентьев, Е. В. Щипкова, Н. А. Орлова, Д. И. Иванов. Оpubл. 20.04.2014.
2. Робототехническая конструкция с внутренним и внешним управлением: патент на полезную модель RU № 142839 U1 / Б. Ф. Лаврентьев, Я. М. Васильева. Оpubл. 10.07.2014.
3. Лаврентьев, Б. Ф. Информационные робототехнические конструкции как средство разностороннего развития детей / Б. Ф. Лаврентьев // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – С. 104-107.
4. Лаврентьев, Б. Ф. Создание динамического цветомузыкального фонтана / Б. Ф. Лаврентьев // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сборник научных трудов НИП. – Тамбов: ЮКОН, 2015. – С. 121-123.
5. Лаврентьев, Б. Ф. Создание информационных робототехнических конструкций для всестороннего развития и воспитания детей / Б. Ф. Лаврентьев, Я. М. Васильева // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования. – Тамбов: ЮКОН, 2015. – С. 119-121.
6. Лаврентьев, Б. Ф. Детские информационные робототехнические конструкции для лечебных и культурных центров / Б. Ф. Лаврентьев, Я. М. Васильева // Вестник современной науки. – 2015. – С. 111-113.
7. Лаврентьев, Б. Ф. Информационные робототехнические конструкции для культурных и выставочных центров / Б. Ф. Лаврентьев // Научный альманах. – Тамбов: ЮКОН, 2015. – № 5 (7). – С. 87-91
8. Лаврентьев, Б. Ф. Информационные робототехнические объекты в современном городе / Б. Ф. Лаврентьев // Альманах современной науки и образования. – 2016. – № 6. – С. 48-50.

UDC 621.865.8

CITY OF THE FUTURE

Lavrentiev Boris Fedorovich, Moskvina Anna Evgenievna, Shirokova Ksenia Nikolaevna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The article contains information about what a modern city should be in which people could live in peace, accord in accordance with their national traditions, could work, study and relax in national parks, entertainment centers and in nature.

Keywords: *city, work, rest, entertaining and cultural centers, national parks, architecture.*

УДК 37.373

МУЗЕЙ ДЕТСТВА В ГОРОДЕ ЙОШКАР-ОЛЕ

Лаврентьев Борис Федорович, Семёнова Алина Владимировна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
Lavrentevbf@volgatech.net

В статье приводится информация по эскизному проекту музея Детства в городе Йошкар-Оле, разработанному сотрудниками ПГТУ в 2017 году. Представлена структура музея, рассмотрено его значение для всестороннего развития и формирования личности ребенка.

Ключевые слова: музей Детства, дети, структура музея, роботы, куклы, экспонаты, развитие и воспитание детей, формирование личности ребенка.

Первый в мире музей Детства был создан в XVIII веке в столице Великобритании Лондоне. Перешагнув порог этого удивительного здания, Вы попадаете в мир Детства. Здесь живут игрушки всех времен и народов: марионетки из Италии, немецкие белокурые барышни с румяными щечками и грозные японские самураи. Одних кукол здесь собрано более 8 000 тысяч, а всего в экспозиции музея более 25 000 экспонатов. Музейная коллекция, которую составляют детские игрушки, игры, детская одежда, мебель, средства перемещения, оружие и другие вещи, связанные с детством, охватывают период от XVI века до нашего времени. Музей ведет активную просветительскую деятельность, ежемесячно принимая более 30 тысяч посетителей.

На сегодняшний день во всем мире имеется достаточно таких много музеев Детства – это знаменитые музеи в Берлине, Париже, Барселоне, Бостоне, Москве, Казани, Санкт-Петербурге. Структура таких музеев достаточно разнообразна. Однако их всех объединяет одна общая задача – работа с детьми и их родителями.

Для взрослых музей Детства – это место добрых воспоминаний, где можно прокрутить в памяти события, истории из детства, вспомнить плюшевых мишек и кукол, с которыми когда-то дружили, поиграть в настольные игры советского прошлого. В таком музее родители могут с легкостью сами стать экскурсоводами для своих чад. Детям будет интересно оказаться в пространстве, где много игрушек, забавных экспонатов, занимательных игр.

Музей Детства – это еще и образовательная площадка: здесь будут проводиться различные экскурсии, мастер-классы для детей и взрослых. У каждого появится возможность сделать полезную фигурку своими руками.

Представленные здесь экспонаты и разнообразные экспозиции никого не оставят равнодушным. Здесь создан настоящий сказочный мир, поэтому детям нравится абсолютно все, но и взрослые для себя найдут то, что тронет их сердце, словно привет из далекого милого и прекрасного детства.

Строительство музея Детства в Йошкар-Оле началось летом 2015 года и обошлось бюджету в 125 млн рублей. Он расположен на набережной Брюгге в трехэтажном здании (рис. 1), но не выделяется своей архитектурой. Музей пока находится на стадии создания, и поэтому многие жители города еще не знают о его существовании, хотя музей Детства уже своим видом должен привлекать и горожан, и гостей столицы республики.

В Поволжском государственном технологическом университете в 2017 году разработан эскизный проект музея Детства для города Йошкар-Олы.

Музей Детства Республики Марий Эл должен стать «сказочным» центром для детей и взрослых, любимым местом их пребывания. Он должен вобрать в себя все прекрасное, что создано человеческой фантазией, быть



Рис. 1. Музей Детства в городе Йошкар-Оле на набережной Брюгге

одним из центров туризма в нашей республике, формировать добрую эмоционально-психологическую атмосферу, укреплять межпоколенные отношения.

Такой музей должен не стать «лавкой древностей», а объединить многочисленные кружки детского творчества, мастер-классы, которые в недалеком прошлом существовали в каждой школе и в каждом учебном заведении.

Музей Детства должен прежде всего иметь свое лицо с элементами национального каллорита и необыкновенную рекламу. Для этого необходимо у входа в театр установить динамическое декоративное цветное табло на светодиодных элементах. Табло должно выдавать оперативную информацию о текущем времени, проводимых мероприятиях и важнейших событиях. Все это должно поддерживаться музыкальным сопровождением, световыми эффектами, небольшим спектаклем с участием сказочных героев в начале каждого часа и перед спектаклем.

Знакомство посетителей с музеем начинается с просторного фойе. Здесь же расположены кабинеты, сувенирная лавка, конференц-зал, гардероб и комната для детей с ограниченными возможностями. На двух других этажах музея активная детвора найдет для себя множество развлечений, сможет поучаствовать в мастер-классах по гончарному искусству, лепке, резьбе, посмотреть и изготовить поделки из разных материалов, познакомиться с редкими игрушками из фондов Национального музея республики, посетить клуб «почемучек», принять участие в карнавальном празднике или в театральном спектакле, а также в игровой форме узнать историю государства российского и родного марийского края.

В музее представлена коллекция интереснейших экспонатов, которая возвращает нас в детство, дарит массу позитива и прекрасного настроения. Это, на наш взгляд, не просто музей детской игрушки – это уникальный проект, который одинаково интересен как малышам, так и их родителям, а также и многочисленным туристам. Семейное посещение музея откроет совершенно новые (а для кого-то давно забытые) стороны детского мировоззрения. Здесь вы можете осмотреть более 4500 экспонатов, увидеть множество уникальных предметов. Даже самые деловые, серьезные и строгие посетители не останутся равнодушными к миру игрушек.

В музее можно и нужно экспериментировать. Мы предлагаем нашим гостям всевозможные варианты посещения музея:

- захватывающие мастер-классы для юных любителей создавать игрушки своими руками;
- скидки для организованных групп посетителей;

- интереснейшие тематические экскурсии в зависимости от того, что интересно именно вам;

- регулярные выставки детского творчества;

- возможность потрогать многие экспонаты своими руками (по разрешению гида).

На первом этаже планируется установка робота в виде сказочной феи, которая бы встречала посетителей, рассказывала бы им об особенностях музея, говорила комплименты, здесь можно было бы организовать лекционный зал и буфет с лакомствами.

На втором этаже можно установить стеллажи, на которых разместятся куклы, звери и другие игрушки. Рядом установить робота-гида в виде сказочного героя, который бы общался с посетителями. Дети могут аккуратно потрогать игрушки. Среди игрушек можно было бы выделить информационные сказочные робототехнические куклы или зверей, которые работают по внутренней или внешней программе. В последнем случае дети непосредственно будут общаться с куклами – задавать им вопросы и получать ответы, просить рассказать сказки или выполнить какие-то их желания.

На другом стеллаже можно расположить куклы в различных национальных одеждах.

Отдельно можно создать уголок кукол – представителей разных профессий с их орудиями труда и производимой продукцией. Можно показать кузнеца в кузнице, пасечника с ульем и пчелами, швею, космонавта, повара, полицейского, доярку...



Рис. 2. Коллекция кукол

У мальчиков вызовет живой интерес военная тематика, солдатики всегда были их любимыми игрушками. Военные мундиры нашей страны и армий других государств, картины военных батальи, в которых для повышения эмоционального воздействия необходимо использовать световое и звуковое воздействие, тоже могут занять здесь достойное место.

Рядом можно было бы установить действующую железную дорогу, которой с помощью выносных пультов могли бы управлять дети.

Большую пользу мог бы принести робототехнический пешеходный переход с выносным управлением. Это одновременно и игра, и обучение безопасности на дорогах.

В противоположной стороне можно расположить аэродром с техникой и действующими моделями самолетов и вертолетов.

Отдельно можно показать сцену бытовой жизни жителей, которые могут общаться с посетителями, давать им консультации по интересующим их вопросам.

Для этого в музее будут установлены «роботы-почемучки», которые задают детям вопросы, проверяют ответы и награждают юных умников.

На третьем этаже планируется расположить тематические стенды, выставки с других регионов страны, отвести помещение для проведения совещаний, конференций и других научных мероприятий.

В верхней части музея разместится давно обещанный городу планетарий. Известно, что планетарий появился в нашем городе еще в 1961 году и имел большую популярность, но потом был закрыт. В настоящее время практически все города регионального значения имеют планетарии, а чем хуже наши дети, которым тоже необходимо знакомиться со звездным небом. Планетарий – это место, где мы получаем возможность исследовать то огромное, необъятное и необъяснимое, что существовало миллиарды лет и будет существовать всегда. Загадочный космос, галактики и вопросы о существовании других цивилизаций волнуют каждого. А слухи об инопланетянах и летающих тарелках оставляют много необъяснимых вопросов и домыслов.

Все работы по созданию музея Детства в городе Йошкар-Оле можно выполнить за один-два года с минимальной финансовой поддержкой руководителей республики и при строжайшем контроле за расходованием средств.

Ориентировочная стоимость экспонатов и работ по созданию музея Детства зависит от технического задания и отношения руководителей республики к детям и жителям города и лежит в пределах от 10 000 000 и до 90 000 000 руб. Проектные работы должны, по возможности, выполняться бесплатно с активным привлечением студентов. Думаем, что в республике для хорошего дела найдутся многочисленные спонсоры.

Заключение. Выполнение настоящего проекта позволит превратить музей Детства в сказку, в любимое место для детей, будет способствовать всестороннему их развитию и формированию личности ребенка, укреплению семейных отношений, взаимодействию и взаимопониманию родителей и детей. Кроме того, наличие такого интересного объекта в столице республики привлечет сюда туристов и гостей и оставит у них добрую память о земле Марий Эл.



Рис. 3. Специалисты помогут маленьким посетителям музея научиться делать игрушки своими руками

Список литературы

1. Васильева, Я. М. Создание информационных робототехнических конструкций для всестороннего развития и воспитания детей / Я. М. Васильева, Б. Ф. Лаврентьев // Теорети-

ческие и прикладные вопросы науки и образования: сборник научных трудов МНПК. – Тамбов: ЮКОН, 2015. – С. 119-121.

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

3. Лаврентьев, Б. Ф. Робототехнические объекты для музеев / Б. Ф. Лаврентьев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 7. – С. 191-193.

4. Робототехническая конструкция: патент RU № 133009 U1 / Б. Ф. Лаврентьев, Ю. А. Бастратов, Г. В. Бусыгин, И. А. Кудрявцев. Оpubл. 10.10.2013.

5. Робототехническая конструкция: патент на полезную модель RU № 139409 U1 / Е. В. Щипкова, Б. Ф. Лаврентьев, Н. А. Орлова. Оpubл. 20.04.2014.

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

7. Лаврентьев, Б. Ф. Экскурсию ведет робот / Б. Ф. Лаврентьев // Ресурсы робототехнических конструкций как инструмента воспитания и образования детей и юношества: сборник статей по гранту РГНФ № 15-06-10686. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 46-49.

8. Лаврентьев, Б. Ф. Воспитательные и образовательные ресурсы инновационных технологий в современных музеях / Б. Ф. Лаврентьев, В. П. Шалаев // SocioTime / Социальное время. – 2017. – № 2 (10). – С. 87-94.

UDC 37.373

MUSEUM OF CHILDHOOD IN THE CITY OF YOSHKAR-OLE

Lavrentiev Boris Fedorovich, Semenova Alina Vladimirovna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The information on the outline design of the Children's Museum in the city of Yoshkar-Ola, developed by the staff of VSUT in 2017 is given. The structure of the museum and its significance for the comprehensive development and formation of the child's personality are described.

Keywords: *Children's Museum, children, museum structure, robots, dolls, exhibits, development, education of children, the formation of the child's personality.*

УДК 620.92

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ МАЛОМОЩНЫЙ ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕНОСНЫХ ПРИБОРОВ

Лаврентьев Борис Федорович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
Lavrentevbf@volgatech.net

Рассматриваются вопросы проектирования высоковольтных маломощных программируемых источников питания с высоким КПД при первичном питании от аккумуляторов напряжением от 3 до 12 вольт. Предложена схема такого источника на базе широтно-импульсного модулятора (ШИМ) с использованием микросхемы К 34063 А. Приведены структурная и принципиальная схемы источника питания, технические характеристики, его работа, элементная база и рекомендации по его эксплуатации.

Ключевые слова: маломощный программируемый источник питания, напряжение, токи, КПД, управляющие сигналы.

Актуальность исследования. При проектировании целого ряда переносных электронных приборов возникает необходимость в создании малогабаритных высокоэффективных, надежных и дешевых источников питания с высоким КПД при первичном источнике питания от аккумулятора напряжением от 3 до 12 В.

Источник питания должен автоматически по заданной программе изменять параметры выходных сигналов и контролировать уровень зарядки аккумуляторов с возможностью их подзарядки.

Существующие в настоящее время подобные источники питания строятся, как правило, на преобразовании постоянного напряжения аккумулятора в переменное, которое подается на первичную обмотку трансформатора.

Вторичные обмотки трансформатора через автоматический коммутатор подключаются к выпрямителю, на выходе которого устанавливаются фильтры или (при необходимости) стабилизаторы напряжения. Структурная схема такого источника питания представлена на рисунке 1.

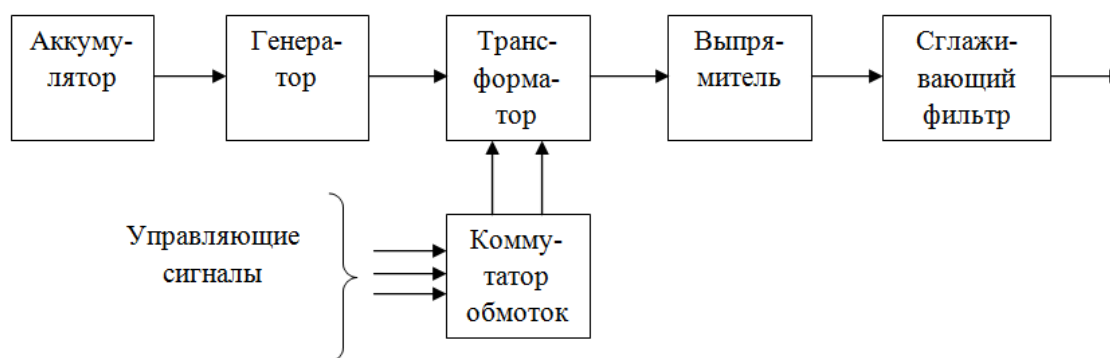


Рис. 1. Структурная схема

Представленная схема (см. рис. 1) обладает целым рядом существенных недостатков, а именно:

- большими размерами из-за крупногабаритных силовых трансформаторов;
- сложностью программного изменения величины выходного напряжения;
- низким КПД.

Целью настоящей работы является создание малогабаритного, надежного, дешевого высоковольтного программируемого источника напряжения с хорошими эксплуатационными характеристиками, высоким КПД с использованием в качестве первичного источника питания типового аккумулятора с контролем уровня заряда и возможностью его периодической подзарядки

Источник питания имеет следующие технические характеристики:

- входное напряжение, В	3-12
- выходное напряжение, В	10-80
- выходной ток, мА	1-50
- управляющие сигналы	двоичный код,
- дискретность выходного напряжения ..., В	10
- защита от короткого замыкания в нагрузке	
- КПД, %	более 90

Практика показала, что создать такой источник питания можно на базе широтно-импульсного модулятора (ШИМ) с использованием микросхемы К 34063 А. Структурная схема высоковольтного программируемого источника напряжения представлена на рисунке 2.

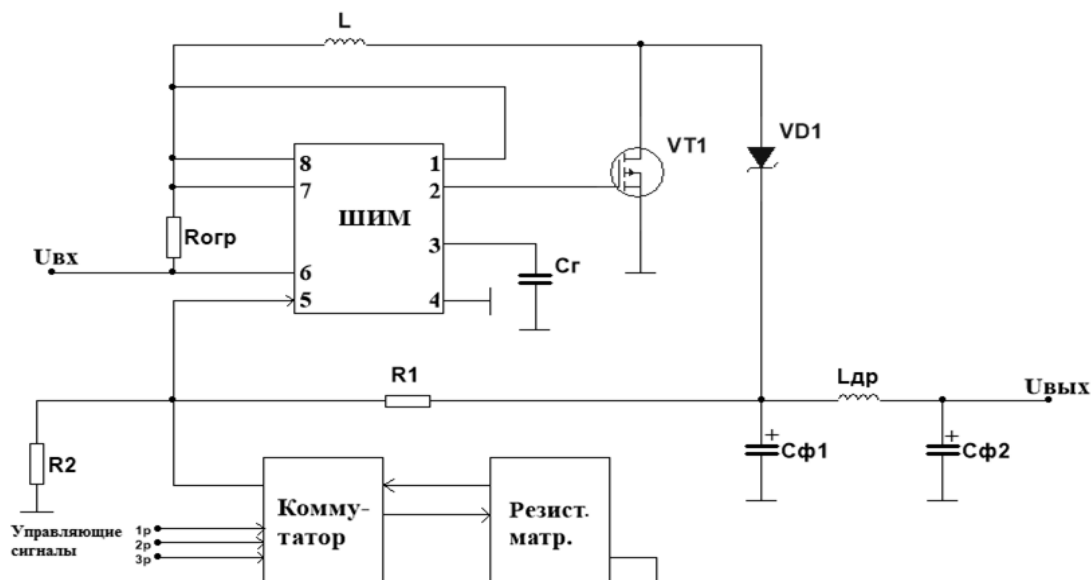


Рис. 2. Структурная схема высоковольтного программируемого источника напряжения

Обсуждение результатов исследования. В состав источника входят широтно-импульсный модулятор (ШИМ), выполненный на микросхеме К34063 А и коммутатор с резистивной матрицей для изменения выходного напряжения.

Постоянное входное напряжение $U_{ВХ} = 3-9$ В поступает на вход широтно-импульсного модулятора, а выходное напряжение снимается с фильтра ($U_{ВЫХ}$).

Повышение напряжения происходит за счет появления самоиндукции в индуктивности L.

Резистор $R_{огр}$ защищает схему от короткого замыкания. Резистор R_1 и R_2 совместно с коммутатором и с резистивной матрицей определяют напряжение обратной связи, от которого зависит величина выходного напряжения

Выходное напряжение $U_{ВЫХ}$ источника определяется по формуле

$$U_{ВЫХ} = 1,25 (1 + R_1 / R_{ОБР}),$$

где $R_{ОБР} = R_2 // R_{рез. matr.}$

Здесь $R_{рез. matr.}$ – сопротивление резистивной матрицы.

Если R_2 берется большим, то оно практически не влияет на величину выходного напряжения и только защищает схему от помех при переключении коммутатора.

Сигналы управления выходным напряжением поступают на коммутатор в виде двоичного кода и изменяют величину обратной связи, а следовательно, и величину выходного напряжения. Таким образом, за счет изменения управляющего кода можно изменять величину выходного напряжения в соответствии с алгоритмом выполняемой задачи.

На рисунке 3 приведена принципиальная электрическая схема высоковольтного программируемого источника питания. Особенностью данной схемы является то, что выходное напряжение $U_{ВЫХ. макс}$ не должно превышать предельно допустимые напряжения отдельных комплектующих элементов.

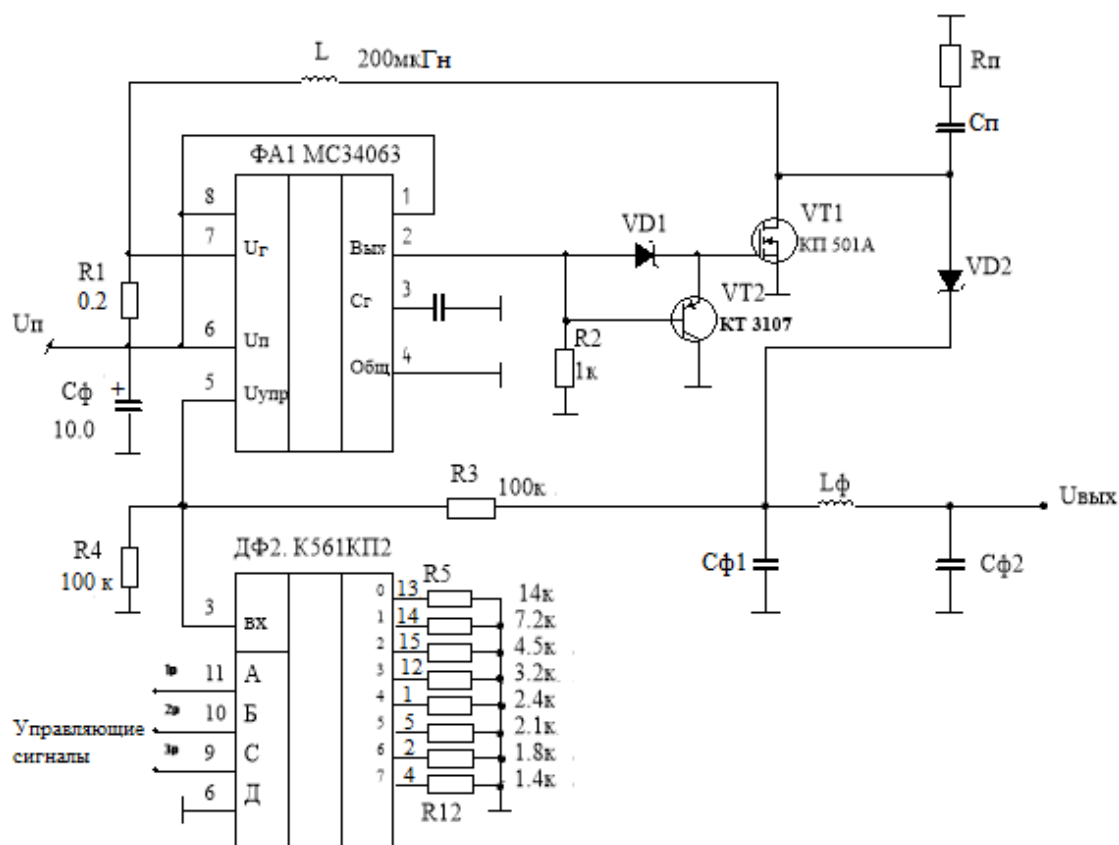


Рис. 3. Высоковольтный малогабаритный программируемый источник питания

Поэтому в качестве мощного транзистора VT 1 использован полевой транзистор с изолированным индуцированным затвором с напряжением $U_{СИ} > 200$ В и током $I_C > 5$ А. Диоды Шоттки VD 1 и VD 2 и емкости $C_{Ф1}$, $C_{Ф2}$ также должны иметь обратное напряжение не менее 200 В.

Для уменьшения входной емкости полевого транзистора VT 1 к его затвору подключены транзистор Т 2, диоды VD 2 и резистор R 2.

Одним из важных параметров источника является его КПД, который, как показали результаты лабораторных испытаний, зависит от добротности индуктивности.

Конденсатор $C_{П}$ и резистор $R_{П}$ снижают КПД на 2-3 %, но это вполне допустимо, так как они делают работу источника более устойчивой и надежной.

Конструктивно высоковольтный программируемый источник питания выполнен на отдельной плате, к которой с одной стороны крепится плоский аккумулятор. Плата вставляется в плоскую герметичную коробку, на боковой стороне которой располагаются три внешних разъема и индикатор подзарядки.

В схеме использованы типовые недорогие элементы. Полевой транзистор с изолированным затвором, диод Шоттки и электролитические конденсаторы на выходе ШИМ имеют обратное напряжение не менее 200-300 В.

Выводы. Макет высоковольтного программируемого источника питания успешно прошел лабораторные испытания. Исследованы зависимости $U_{ВЫХ} = F(N_{КОД})$ при различных значениях тока нагрузки при первичном напряжении 3, 6, 9, 12 В.

Установлено, что нелинейность выходного напряжения не превышает 5-8 % и незначительно зависит от входного напряжения.

Заключение. Спроектированный высоковольтный программируемый источник питания имеет хорошие технические характеристики, небольшую стоимость, малые размеры и может быть рекомендован к применению в качестве источника питания в малогабаритных переносимых приборах.

Список литературы

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл. – М., 1998.
2. Москатов, Е. А. Источники питания / Е. А. Москатов. – М.: Корона Век, 2012.
3. Мэк, Раймонд Импульсные источники питания / Раймонд Мэк. – М.: Солон Прессо, 2015.
4. Образцов, А. Схемотехника ДС-ДС преобразователей / А. Образцов, С. Образцов // Современная электроника. – 2005. – № 3. – С. 36-43.
5. <http://elektrik.info/main/praktika/1112-dcdc-preobrazovateli.html>
6. <http://uiut.org/master/mc34063/>

UDC 620.92

**HIGH-VOLTAGE SMALL-POWER PROGRAMMABLE POWER SUPPLY
FOR PORTABLE INSTRUMENTS**

Lavrentiev Boris Fedorovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The problems of designing high-voltage low-power programmable power supplies with high efficiency at primary power supply from accumulators with voltage from 3 to 12 volts are considered. A scheme of such a source based on the pulse width modulator (PWM) using the K 34063 A chip is proposed. The structural and principal circuits of the power source, technical characteristics, its operation, element base and recommendations for creating the source.

Keywords: *low power programmable power source, voltage, currents, efficiency, control signals.*

ТРАНСПОРТ. ЭНЕРГЕТИКА. МАШИНОСТРОЕНИЕ.

УДК 531.1: 656.1

РАСЧЕТ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ЭЛЕМЕНТА ПОВОРОТНОГО МЕХАНИЗМА

*Андреанов Денис Юрьевич, Кудрявцев Игорь Аркадьевич,
Фищенко Петр Алексеевич*

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

Статья посвящена вопросам совершенствования беспилотной снегоходной транспортной платформы, используемой при освоении северных территорий. Найдено положение центра тяжести элемента поворотного механизма, обеспечивающего ее устойчивость.

Ключевые слова: беспилотная транспортная платформа, устойчивость, поворотный механизм, расчёт положения центра тяжести.

Актуальность исследования. Согласно Указу Президента Российской Федерации от 18.09.2008 г. (Пр-1969) определены основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу [1]. При освоении северных территорий предполагается разработка новых технологий, включая создание беспилотной транспортной платформы со смещаемым центром тяжести [2], содержащей систему обеспечения устойчивости, представляющую собой несущее опорно-поворотное устройство (рис. 1).

Это устройство позволяет смещать центр тяжести полезной нагрузки относительно оси транспортной платформы посредством кинематических связанных между собой приводных скошенных колец путём их относительного поворота [3].

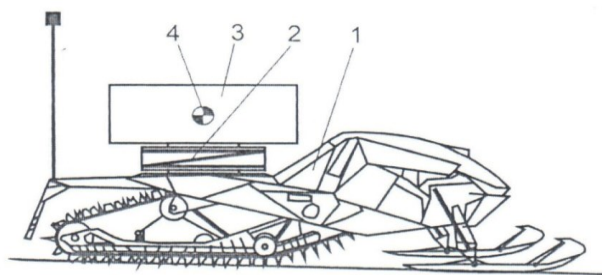


Рис. 1. Беспилотная снегоходная транспортная платформа: 1 – снегоход; 2 – основание с системой изменения положения центра тяжести; 3 – груз; 4 – система управления

К одному из преимуществ данной беспилотной платформы можно отнести её *боковую устойчивость*, то есть способность платформы не падать, не заваливаться на бок во время погрузки, движения и разгрузки. Однако эту устойчивость надо обеспечить. Обеспечить, выполняя условие боковой устойчивости [4].

В работе [5] установлено существование таких опасных зон при движении беспилотной транспортной платформы, заезд в которые может привести к серьёзным нежелательным последствиям. Определены формы и размеры опасных зон, подлежащих исключению из области движения платформы. Это позволит безопасно получать максимально допустимую скорость, исключая боковое опрокидывание беспилотной транспортной платформы во время движения, учитывая условие боковой устойчивости. В случае появления препятствия на прямолинейной траектории движения производится оценка возможности платформы или остановиться, не сталкиваясь с препятствием, или «уклониться», поворачивая в сторону и не падая на бок.

При повороте срабатывает механизм боковой устойчивости посредством кинематических связанных между собой приводных скошенных колец. Каждое скошенное кольцо можно разбить на элементарные пирамиды.

Целью настоящей работы является расчёт координат центра тяжести элемента поворотного механизма, мысленно рассечённого на элементарные пирамиды.

Рассмотрим однородное тело T , ограниченное снизу горизонтальной плоскостью xOy , сверху – второй плоскостью, составляющей с плоскостью xOy двугранный угол γ (пересекаясь вдоль оси x), и боковой цилиндрической поверхностью радиуса R (рис. 2).

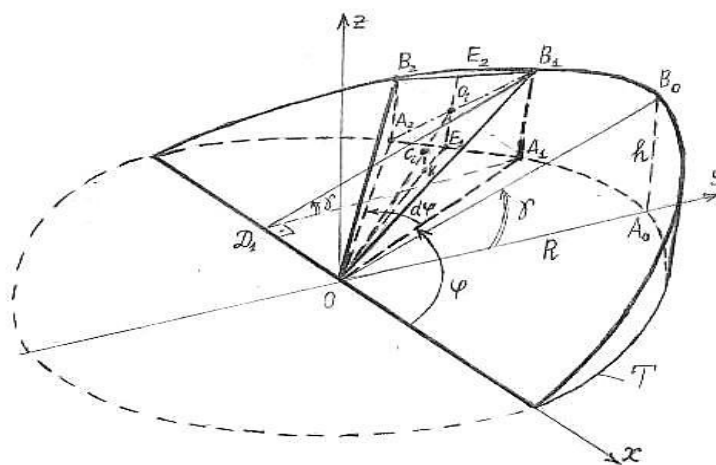


Рис. 2. Элементарная пирамида

Разобьем тело T вертикальными плоскостями, проходящими «веером» через начало координат O , получая n элементарных пирамид с вершиной O и основаниями вида $A_1A_2B_2B_1$

$$A_1B_1 \parallel A_2B_2, \quad OA_1 \perp A_1B_1, \quad OA_2 \perp A_2B_2, \quad OE_1 \perp E_1O_i.$$

Диагонали такого основания пересекаются в точке O_i .

При усилении дробления тела T , при неограниченном увеличении n , высота OE_1 стремится к радиусу R . По рисункам 2 и 3 находим $\operatorname{tg} \gamma = \frac{A_0B_0}{OA_0} = \frac{h}{R}$, $OA_1 = R$,

$$D_1A_1 = OA_1 \cdot \sin \varphi = R \cdot \sin \varphi,$$

$$A_1B_1 = D_1A_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma = R \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma, \quad E_1O_i = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot A_1B_1,$$

$$OO_i = \sqrt{OE_1^2 + (E_1O_i)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{A_1B_1}{2}\right)^2}.$$

При неограниченном увеличении числа n размеры A_1A_2 и B_2B_1 становятся равными друг другу, и тело T можно рассматривать состоящим из n элементарных пирамид, каждая из которых симметрична относительно своей плоскости OE_1E_2 и у каждой центр тяжести основания $A_1A_2B_2B_1$ находится в точке пересечения диагоналей O_i . Поэтому центр тяжести каждой i -ой элементарной пирамиды расположен на прямой OO_i .

Известно [6], что центр тяжести (в нашем случае точка C_i) однородной пирамиды лежит на отрезке прямой, соединяющей вершины пирамиды с центром тяжести O_i основания $A_1A_2B_2B_1$ на расстоянии одной четверти длины этого отрезка, считая от основания.

Следовательно, $O_iC_i = 1/4 \cdot OO_i$ и тогда

$$OC_i = \frac{3}{4} \cdot OO_i.$$

Таким образом, центры тяжести каждой из элементарных пирамид расположены на расстоянии три четверти длины OC_i соответствующих отрезков, считая от общей вершины пирамид O до центров тяжести их оснований.

Представляет интерес найти координаты центра тяжести каждой из элементарных пирамид.

Получаем

$$OC_i = \frac{3}{4} \cdot OO_i = \frac{3}{4} \sqrt{R^2 + \frac{1}{4}(R \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma)^2} = \frac{3}{4} \cdot R \cdot \sqrt{1 + 0,25 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot \sin^2 \varphi}.$$

Из точки C_i (из центра тяжести i -той элементарной пирамиды) опустим перпендикуляр C_iK на горизонтальную плоскость. Получились подобные треугольники $\triangle OKC_i \sim \triangle OE_1O_i$. Следовательно, $OC_i / OO_i = (OK / OE_1)$. Поэтому $OK = \frac{3}{4} \cdot OE_1$, а при неограниченном увеличении n высота треугольника стремится к радиусу окружности и получаем $OK = \frac{3}{4} R$.

Учитывая, что при неограниченном дроблении тела T на элементарные пирамиды элементарный угол $d\varphi$ стремится к нулю (см. рисунки 2 и 3), $\frac{1}{2}d\varphi \rightarrow 0$,

$\sin\left(\frac{1}{2}d\varphi\right) \rightarrow 0$, $\cos\left(\frac{1}{2}d\varphi\right) \rightarrow 1$, находим

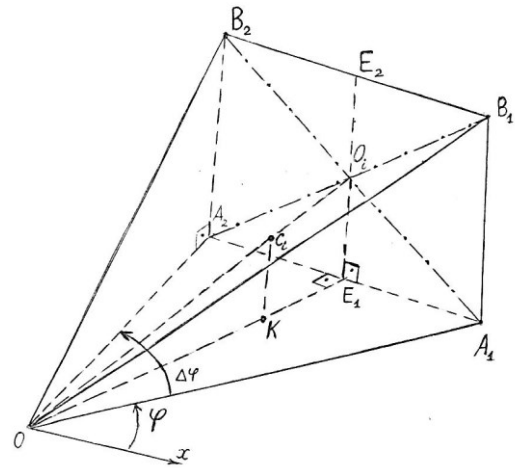


Рис. 3. Элементарная пирамида

$$\begin{aligned} X_{C_i} &= OK \cdot \cos(\varphi + \frac{1}{2}d\varphi) = OK \cdot [\cos\varphi \cdot \cos(\frac{1}{2}d\varphi) - \sin\varphi \cdot \sin(\frac{1}{2}d\varphi)] = \\ &= OK \cdot (\cos\varphi \cdot 1 - 0) = \frac{3}{4}R\cos\varphi, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{C_i} &= OK \cdot \sin(\varphi + \frac{1}{2}d\varphi) = OK \cdot [\sin\varphi \cdot \cos(\frac{1}{2}d\varphi) + \cos\varphi \cdot \sin(\frac{1}{2}d\varphi)] = \\ &= OK \cdot [\sin\varphi \cdot 1 - \cos\varphi \cdot 0] = \frac{3}{4}R \cdot \sin\varphi. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{C_i} &= C_i K = OK \cdot \operatorname{tg}\left(\arctg \frac{OE_1}{OE_1}\right) = OK \cdot \operatorname{tg}\left(\arctg \frac{A_1 B_1}{2 \cdot OE_1}\right) = \frac{3}{4}R \cdot \frac{A_1 B_1}{2 \cdot R} = \frac{3}{8}A_1 B_1 = \\ &= \frac{3}{8} \cdot D_1 A_1 \cdot \operatorname{tg}(\angle A_1 D_1 B_1) = \frac{3}{8}R \cdot \sin\varphi \cdot \operatorname{tg}\gamma. \end{aligned}$$

Тогда координаты центра тяжести каждой i -й элементарной пирамиды равны:

$$\begin{cases} X_{C_i} = \frac{3}{4}R\cos\varphi, \\ Y_{C_i} = \frac{3}{4}R\sin\varphi, \\ Z_{C_i} = \frac{3}{8}R \cdot \sin\varphi \cdot \operatorname{tg}\gamma = \frac{3}{8}h \cdot \sin\varphi, \end{cases}$$

где $\operatorname{tg}\gamma = \frac{h}{R}$.

Координаты центра тяжести тела T в целом определяются следующим образом. Так как тело T симметрично относительно вертикальной плоскости OA_0B_0 , то центр тяжести C всего тела T находится в этой плоскости и одна координата равна нулю $X_C = 0$.

Координаты Y_C и Z_C тела T находятся как среднее взвешенное координат центров тяжести однородных элементарных пирамид. При увеличении количества элементарных пирамид пределом интегральной суммы является интеграл. Тогда

$$\begin{aligned} Y_C &= \frac{\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n (Y_{C_i} \cdot V_i)}{\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n V_i} = \frac{\int_0^\pi \left(\frac{3}{4}R\sin\varphi\right) \cdot \left(\frac{1}{3}R^3 \cdot \operatorname{tg}\gamma \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi\right)}{V} = \frac{\frac{1}{4}R^4 \cdot \operatorname{tg}\gamma \int_0^\pi \sin^2\varphi \cdot d\varphi}{\frac{2}{3}R^3 \cdot \operatorname{tg}\gamma} = \\ &= \frac{3}{8} \cdot R \int_0^\pi \left[\frac{1 - \cos(2\varphi)}{2}\right] d\varphi = \frac{3}{8} \cdot R \cdot \left[\frac{1}{2} \int_0^\pi d\varphi - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \int_0^\pi \cos(2\varphi) \cdot 2 \cdot d(\varphi)\right] = \frac{3}{8}R \cdot \frac{\pi}{2}, \\ Z_C &= \frac{\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n (Z_{C_i} \cdot V_i)}{\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n V_i} = \frac{\int_0^\pi \left(\frac{3}{8}h\sin\varphi\right) \cdot \left(\frac{1}{3}R^3 \cdot \operatorname{tg}\gamma \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi\right)}{V} = \frac{\frac{1}{8} \cdot h \cdot R^3 \cdot \operatorname{tg}\gamma \int_0^\pi \sin^2\varphi \cdot d\varphi}{V} = \\ &= \frac{\frac{1}{8}hR^3 \cdot \operatorname{tg}\gamma \cdot \frac{\pi}{2}}{\frac{2}{3}R^3 \cdot \operatorname{tg}\gamma} = \frac{1}{8} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot h, \text{ где } \operatorname{tg}\gamma = \frac{h}{R}. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\begin{cases} X_c = 0, \\ Y_c = \frac{3\pi}{16} R, \\ Z_c = \frac{3\pi h}{32} = \frac{3\pi}{32} R \cdot \operatorname{tg} \gamma. \end{cases}$$

Выводы и практические рекомендации. Найденные координаты центра тяжести всего тела T позволяют, управляя положением центра тяжести, повысить устойчивость вышеуказанной беспилотной платформы за счёт исключения входа платформы в опасные зоны, обнаруженные в работе [4].

Работа выполнена с учетом методики организации НИРС и школьников [7].

Список литературы

1. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу: указ Президента РФ от 18.09.2008 г. (Пр-1969).
2. Андрианов, Д. Ю. Перспективы создания современной техники для социально-экономического развития северных территорий / Д. Ю. Андрианов, П. А. Фищенко // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы II Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 21-25 ноября 2016 г.): в 8 ч. Часть 1: Инновационные технологии – взгляд в будущее современного производства. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – С. 6-8.
3. Беспилотная снегоходная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести: патент на полезную модель № RU159557 / И. А. Кудрявцев, А. В. Егоров, Ю. С. Андрианов, Д. Ю. Андрианов. – 2015.
4. Андрианов, Д. Ю. Условие боковой устойчивости беспилотной транспортной платформы, движущейся по горизонтальной поверхности / Д. Ю. Андрианов, П. А. Фищенко // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы II Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 21-25 ноября 2016 г.): в 8 ч. Часть 1: Инжиниринговые технологии – взгляд в будущее современного производства. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – С. 8-13.
5. Андрианов, Д. Ю. Форма опасных зон при движении беспилотной транспортной платформы / Д. Ю. Андрианов, П. А. Фищенко // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – Вып. 5. – С. 209-306.
6. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики / С. М. Тарг. – М.: Наука, ГРФМ, 1972. – 480 с.
7. Фищенко, П. А. Некоторые методы научно-исследовательской работы школьников и студентов / П. А. Фищенко // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Социально-экономическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ 2015. – Вып. 3. – С. 82-85.

UDC 531. 1: 656. 1

ESTIMATION OF THE COORDINATE OF ELEMENT BARYCENTER OF ROTATION GEAR

Andrianov Denis Yurievich, Kudryavtsev Igor Arkadevich, Fischenko Peter Alekseevich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The position of the center of gravity of the rotary mechanism element is established, which ensures the stability of the unmanned transport platform.

Keywords: *unmanned transport platform, calculation of the position of the center of gravity.*

УДК 697.343

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОКВАРТИРНОГО УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Горинов Юрий Аркадьевич, Таныгин Константин Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
GorinovYA@volgatech.tet

Разработан измерительный комплекс, позволяющий без радикального изменения существующей системы отопления многоквартирных домов определить количество потребленной тепловой энергии каждой квартирой, в том числе отопительными приборами и внутриквартирными стояками. Комплекс состоит из накладных датчиков температуры, расходомеров, адаптеров связи, тепловычислителя.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, измерительный комплекс, учет и контроль поквартирного потребления тепловой энергии.

Введение. Федеральным законом № 261-ФЗ от 23.11.2009 (в редакции 20.12.2014) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» установлено, что «Многоквартирные дома, вводимые в эксплуатацию с 1 января 2012 года после осуществления строительства, реконструкции, должны быть оснащены дополнительно индивидуальными приборами учета используемой тепловой энергии...».

Целью работы является создание автоматизированного измерительного комплекса тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения в квартирах жилых домов на существующих системах теплоснабжения.

Научная новизна. Разработанный комплекс позволяет в полном объеме определить количество потребленной тепловой энергии по каждой квартире многоэтажного дома. Приоритет изобретения подтвержден патентом на ПМ № 142389 от 27.11.2013.

Методика исследования и обсуждение результатов. Во вновь строящихся домах задача оснащения приборами учета решается путем монтажа поквартирной разводки от разводящих трубопроводов, проложенных вертикально по лестничной клетке. При этом узел учета, состоящий из расходомеров, термометров и тепловычислителя монтируется в пределах квартиры (рис. 1).

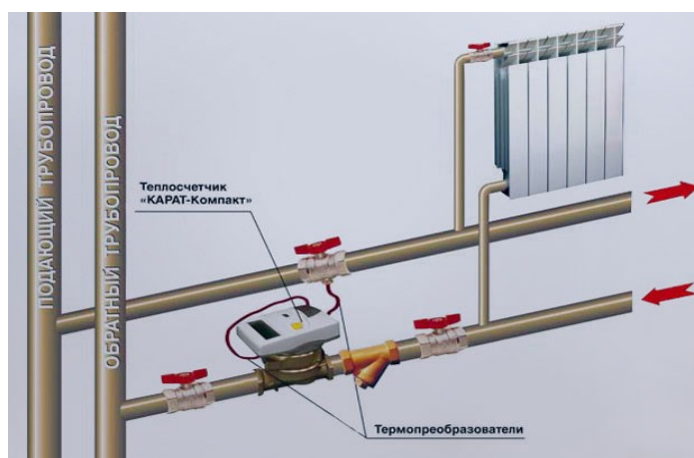


Рис. 1. Узел учета тепловой энергии на нужды отопления при поквартирной горизонтальной разводке

В последнее время достаточно активно стали использоваться квартирные распределители стоимости тепловой энергии (рис. 2).



Рис. 2. Распределители стоимости тепловой энергии, установленные на отопительных приборах

Распределитель – это прибор, который устанавливается на каждый отопительный прибор квартиры и высчитывает некую теоретическую отвлеченную величину на основании введенных в него данных о номинальном тепловом потоке конкретного отопительного прибора, а также замера либо только температуры поверхности радиатора, либо – разницы температур между поверхностью радиатора и помещения.

Определение количества потребленной тепловой энергии каждой квартирой производится путем распределения количества тепловой энергии, определенной по общедомовому узлу учета, в зависимости от показателей распределителей, установленных на отопительных приборах.

Преимуществом этого комплекса является возможность регулирования потребления тепловой энергии с помощью регулирующей арматуры, установленной перед отопительным прибором. Недостаток – невозможность учитывать теплоотдачу стояков отопления и наличие потенциальной возможности занижения показателей путем наложения мокрой тряпки на распределитель.

Задача оснастить приборами учета существующие дома является более глобальной и трудоемкой.

В жилых домах нашей страны применены различные системы отопления. По виду монтажа трубопроводов системы отопления подразделяются на однотрубные и двухтрубные. По месту расположения распределительного горизонтального трубопровода они классифицируются на системы отопления с верхней и нижней разводкой. По размещению замыкающего участка различают: системы отопления без замыкающего участка, с осевым замыкающим участком, со смещенным замыкающим участком.

Сущность предлагаемого метода заключается в том, что в каждой квартире на стояках отопления устанавливаются накладные датчики температуры теплоносителя. Сигнал с датчиков температуры передается на тепловычислитель, который производит расчет количества переданной тепловой энергии потребителю, используя при этом показания расходомера, установленного на подающем трубопроводе стояка отопления. Тепловычислитель соединен с компьютером, который позволяет вывести полученные данные в сеть Интернет.

В дальнейшем осуществляются обработка данных, контроль корректности показаний измерительных приборов, расчет количества потребленной тепловой энергии, выписка счетов за энергоресурс.

Передача данных от накладных датчиков измерения температуры на тепловычислитель осуществляется с помощью системы PLS адаптера, установленного в ближайшей к датчику розетке. Соединение датчика температуры с PLS адаптером проводное. Датчик температуры должен удовлетворять следующим техническим характеристикам: диапазон температур – от 0 до 100 °С, точность - $\pm 0,1$ °С. Наиболее заявленным требованиям удовлетворяет датчик температуры типа ESM-11 фирмы Danfoss.

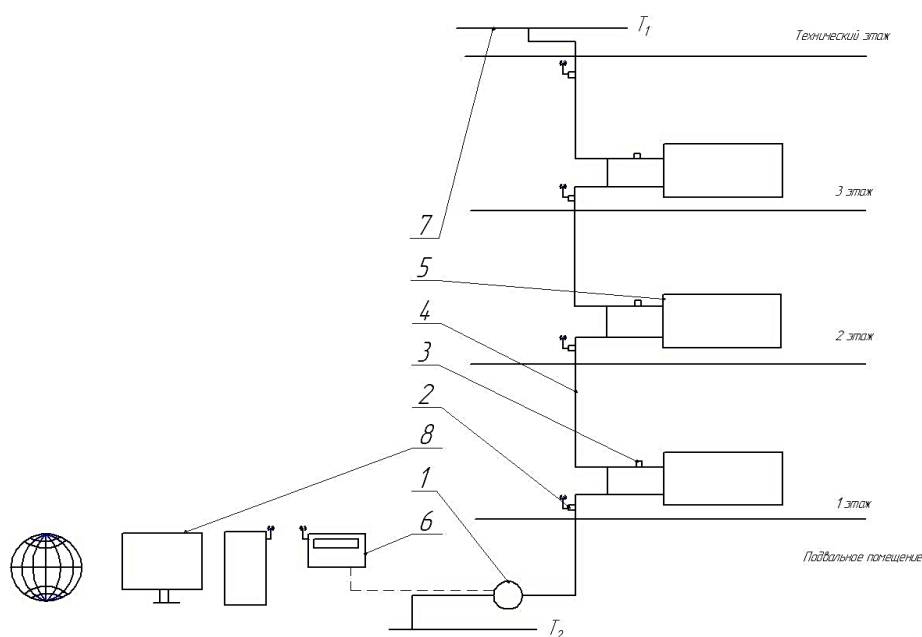


Рис. 3. Узел поквартирного учета тепловой энергии

Благодаря использованию накладных датчиков в каждом помещении предлагаемая конструкция может быть установлена как на системах с горизонтальной разводкой, так и в системах с вертикальной разводкой без внесения существенных изменений в конструкцию.

мещения, определяется на основании показаний расходомера и термодатчиков по формуле

$$Q = cm\Delta T,$$

где c – теплоемкость теплоносителя;

m – масса теплоносителя, определяемая расходомером;

$\Delta T = T_n - T_{n-1}$ – разница температур теплоносителя в стояке на входе в расчетное помещение и на входе в помещение, следующее по ходу.

Аналогичная схема предлагается и для организации учета расхода теплоносителя и тепловой энергии отпущенной системой горячего водоснабжения каждой квартирой.

Таким образом, разработанный измерительный комплекс позволяет определить всю тепловую энергию, потребленную квартирой на нужды отопления и горячего водоснабжения, а также количество теплоносителя. Собственники жилых помещений при помощи логина и пароля, полученных при установке, всегда смогут узнать о количестве тепловой энергии, отданной на обогрев их квартир, а также стоимость полученной услуги.

Выводы. Предлагаемые конструктивные решения организации поквартирного учета тепловой энергии с помощью специального измерительного комплекса позволяют:

- снизить стоимость затрат на монтаж узла учета тепловой энергии;
- автоматизировать балансировку системы отопления;
- точно и достоверно определять количество потребленной тепловой энергии каждым потребителем;
- автоматизировать передачу данных;
- предоставить абонентам возможность дистанционно, через Интернет, контролировать режим теплоснабжения своих квартир.

Список литературы

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности: федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 (в редакции 20.12.2014).
2. Правила коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя: утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 года № 1034 (с изменениями на 9 сентября 2017 года).
3. Горинов Ю. А., Казанкин К. С., Алибеков С. Я. Патент ПМ № 142389 от 27.11.2013. Узел поквартирного учета тепловой энергии.

UDC 697.343

ORGANIZATION OF PURCHASING OF HEAT ENERGY

Gorinov Yuri Arkadievich, Tanygin Konstantin Dmitrievich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

A measurement system has been developed that allows us, without radically changing the existing heating system of apartment buildings, to determine the amount of heat consumed by each apartment, including heating appliances and intra-apartment risers. The complex consists of overhead temperature sensors, flowmeters, communication adapters, heat calculator.

Keywords: *measuring complex, quarter heat consumption.*

УДК 697.343

ПОДВОДНАЯ ПРОКЛАДКА ТЕПЛОПРОВОДОВ

Горинов Юрий Аркадьевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
GorinovYA@volgatech.net

Разработана трубопроводная строительная конструкция, позволяющая осуществить транспорт теплоносителя в системе централизованного теплоснабжения через водную преграду в подводной траншее по дну водоема. Трубопроводная конструкция состоит из рабочей стальной трубы, помещенной в защитную полиэтиленовую трубу, с заполнением межтрубного пространства композиционным теплоизоляционно-балластным материалом.

Ключевые слова: тепловая сеть, трубопроводная конструкция, подводная прокладка, композиционный теплоизоляционно-балластный материал.

Введение. Исторически сложилось, что в России наибольшее развитие получили теплофикационные системы, базирующиеся на централизованном теплоснабжении, в которых, по данным Росстата РФ, ежегодно отпускается 1410 млн Гкал тепловой энергии при годовых колебаниях 2,5-5 % средней величины. С помощью систем такого типа обслуживается 92 % городских и 20 % сельских жителей, т.е. примерно 73 % населения страны. Система централизованного теплоснабжения состоит из источников выработки тепловой энергии, систем теплоснабжения и тепловых сетей, протяженность которых в нашей стране составляет, по разным оценкам, от 180 до 280 тыс. км в двухтрубном исполнении.

Актуальность исследования. Разработанная конструкция позволяет решить проблему организации единой системы теплоснабжения населенного пункта, разделенного акваторией, без нарушения застройки и изменения общего вида набережной.

Цель исследования заключается в разработке трубопроводной конструкции с применением теплоизоляционно-балластного материала, а также строительной конструкции перехода теплопровода через водную преграду.

Изложение результатов исследования. Подавляющее количество населенных пунктов располагается по берегам различных водоемов. В связи с этим возникает дилемма: либо развивать отдельные системы теплоснабжения отдельно для каждой из частей города, разделенных акваторией, либо создавать единую общегородскую теплофикационную систему. В последнем случае требует решения задача преодоления трубопроводами водоема, являющегося естественной преградой для прокладки теплотрассы.

Одним из распространенных способов пересечения водной преграды является прокладка теплопроводов по конструкциям железнодорожных, автомобильных или пешеходных мостов. Также возможно сооружение специального подвешенного перехода или сооружение подводного дюкера. Имеющиеся конструкции дюкеров (например, по дну Москвы-реки) представляют собой сваренный металлический корпус диаметром 2,5 м с балластировкой в виде чугунных колец. Проходы для обслуживания теплопроводов имеют высоту 2 м и ширину 1 м. Каждый из известных способов обладает и своими преимуществами, и недостатками.

В дополнение к упомянутым выше способам преодоления водных преград предлагается использование прокладываемых в подводной траншее трубопроводной кон-

струкции (рис. 1), имеющей рабочую стальную трубу 1 и внешнюю защитную полиэтиленовую оболочку 3.

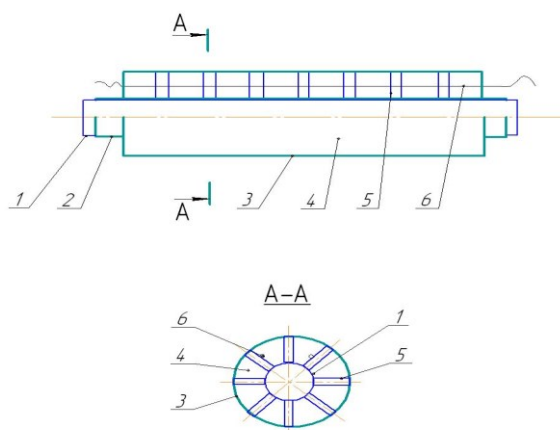


Рис. 1. Труба централизованного теплоснабжения для прокладки через водные преграды

Межтрубное пространство 4 заполнено композиционным материалом, обладающим нормируемым коэффициентом теплопроводности, а также балластным свойством, необходимым для обеспечения отрицательной плавучести трубопроводной конструкции.

Контроль состояния материала осуществляется системой оперативного дистанционного контроля, состоящей из медного проводника 6, закрепленного на трубе на пластмассовых диэлектрических стойках 5.

Приоритет изобретения подтвержден патентом ПМ № 122746 от 04.06.2012.

В целом система оперативного дистанционного контроля, представленная на рисунке 2, состоит из детектора 1, коммутационного терминала 2, комплекта удлинения кабеля в защитной оболочке 3, соединенного с сигнальными проводами, проложенными в теплоизоляционно-балластном материале, которым заполнено межтрубное пространство трубопровода 4, сети мобильной сотовой связи 5, центрального диспетчерского пункта 6.

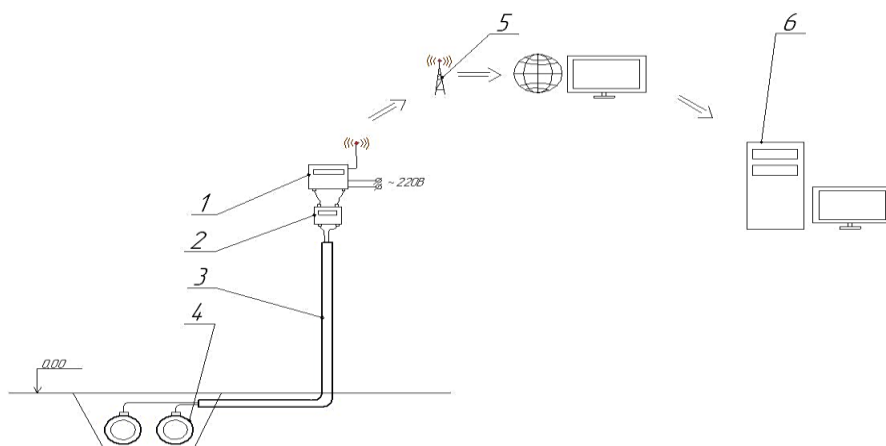


Рис. 2. Система оперативного дистанционного контроля

На рисунке 3 конструкция подводного трубопровода размещена на берегах 1 водоема 2 и закреплена в железобетонных конструкциях 3, состоящих из основания 4 с

ложементом 5 и боковых стенок 6 с роликовыми направляющими 7. Собранный на берегу плетъ трубопровода П-образной формы 8 с заглушенными фланцами 9 перемещен по воде и заведена внутрь железобетонных конструкций.

После снятия заглушек с фланцев трубопровод заполнен сетевой водой и по роликовым направляющим боковых стенок приведен в проектное положение на ложементы основания железобетонных конструкций.

Подводный трубопровод соединен с подземными участками теплопроводов с помощью фланцевых соединений 10. Смонтирована четвертая боковая стенка со стороны водоема и плита перекрытия с люками 11. Железобетонная конструкция и подводная траншея засыпаны грунтом 12.

Труба состоит из стальной рабочей трубы 13 с фланцами на концах для соединения с подземными участками теплопроводов, имеющими приваренные аналогичные ответные фланцы, теплоизоляционно-балластного покрытия 14 и внешней защитной полиэтиленовой оболочки 15 с заглушками 16, предназначенными для защиты открытых торцов теплоизоляционно-балластного покрытия от механических повреждений и намокания.

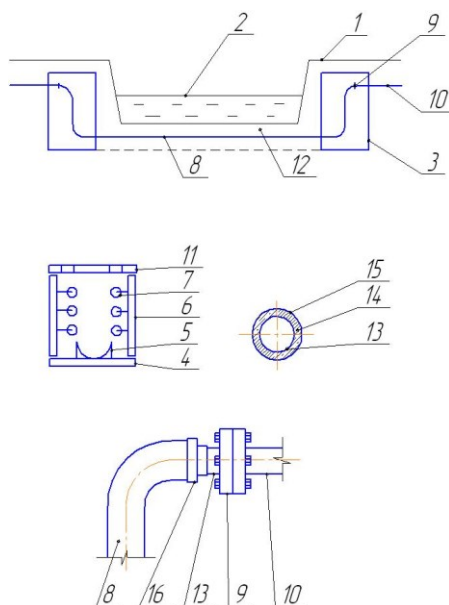


Рис. 3. Переход через водную преграду

Выводы. В результате проведенных исследований разработана трубопроводная конструкция, состоящая из рабочей трубы, помещенной в защитную полиэтиленовую оболочку, с межтрубным пространством, заполненным теплоизоляционно-балластным материалом.

Разработана строительная конструкция перехода через водную преграду с прокладкой теплопроводов по дну водоема без нарушения застройки и влияния на внешний вид набережной.

Список литературы

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 472 с.
2. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети.
3. СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

4. Горинов Ю. А., Чемоданов А. С., Алибеков С. Я. Патент ПМ №122746 от 04.06.2012. Труба централизованного теплоснабжения для сооружения переходов через водные преграды.

5. Горинов Ю. А., Чемоданов А. С., Алибеков С. Я., Сафин Р. Г. Патент ПМ №132895 от 25.04.2013. Детектор системы оперативного дистанционного контроля состояния изоляции предварительно изолированных трубопроводов транспортировки тепловой энергии.

6. Горинов Ю. А., Чемоданов А. С., Алибеков С. Я., Сафин Р. Г. Патент ПМ №136518 от 22.11.2012. Конструкция подводного трубопровода централизованного теплоснабжения.

UDC 697.343

UNDERWATER PIPE OF HEAT PIPELINES

Gorinov Yuri Arkadievich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

A pipeline construction structure has been developed that makes it possible to transport the coolant in a district heating system through a water obstacle in an underwater trench along the bottom of the reservoir. The pipeline construction consists of a working steel pipe placed in a protective polyethylene pipe with filling of the annular space with a composite heat-insulating and ballast material.

Keywords: *thermal network, underwater gasket, composite heat-insulating-ballast material.*

УДК 630*377.44

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Рябинин Денис Евгеньевич, Шестаков Яков Иванович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
ryabininde@volgatech.net

Предлагается оригинальное техническое решение зажимного устройства с автоматизацией процесса зажима груза при перемещении лесоматериалов по лесосеке. Обосновано, что нагружение зажимных устройств должно выполняться в зависимости от объема формируемой пачки лесоматериалов и условий движения машины при трелевке.

Ключевые слова: *лесозаготовки, объем пачки, трелевка, зажимное устройство.*

Введение. Сегодня лесное машиностроение Российской Федерации 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 бесчокерной трелевки лесоматериалов. Технологическое оборудование этих тракторов состоит из кониковых зажимных устройств, пачковых захватов. Эти зажимные устройства отличаются простотой эксплуатации, а кроме того, 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 трелюемой пачки в таком устройстве происходит снижение производительности машины, т.к. наблюдается 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 связи с этим наиболее перспективным направлением повышения качества зажимных устройств является снижение нагрузок на трелевочные устройства за счет адаптации к условиям функционирования и модульной компоновки. Благодаря использованию данного технологического оборудования с системой автоматического поджатия повышается эффективность трелевки.

Цель работы – повышение эффективности действия зажимного устройства путем снижения действующих на него рабочих нагрузок.

Решаемые задачи: 1) разработка варианта технического решения, обеспечивающего снижение нагруженности зажимных устройств трелевочных машин; 2) 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 нами 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 трелюемой пачки.

На рисунке 1 схематически представлено зажимное устройство трелевочной машины.

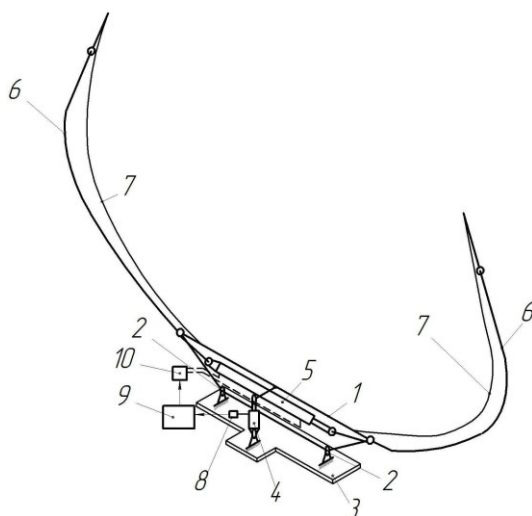


Рис. 1. Новое техническое решение зажимного устройства

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 этого гидроцилиндра при движении машины с трелеваемой пачкой (на рисунке не показано). Датчик 8 регистрации величины давления соединен с блоком обработки 9, который в свою очередь соединен с блоком управления 10.

Зажимное устройство трелевочной машины работает следующим образом. Трелеваемая пачка укладывается на основание 1 манипулятором машины. Оператор включает привод гидроцилиндра 5, и зажимными рычагами 6 с обвязочными тросами 7 она зажимается. При этом гидроцилиндр 4 наклона зажимного устройства ставится в положение «заперто».

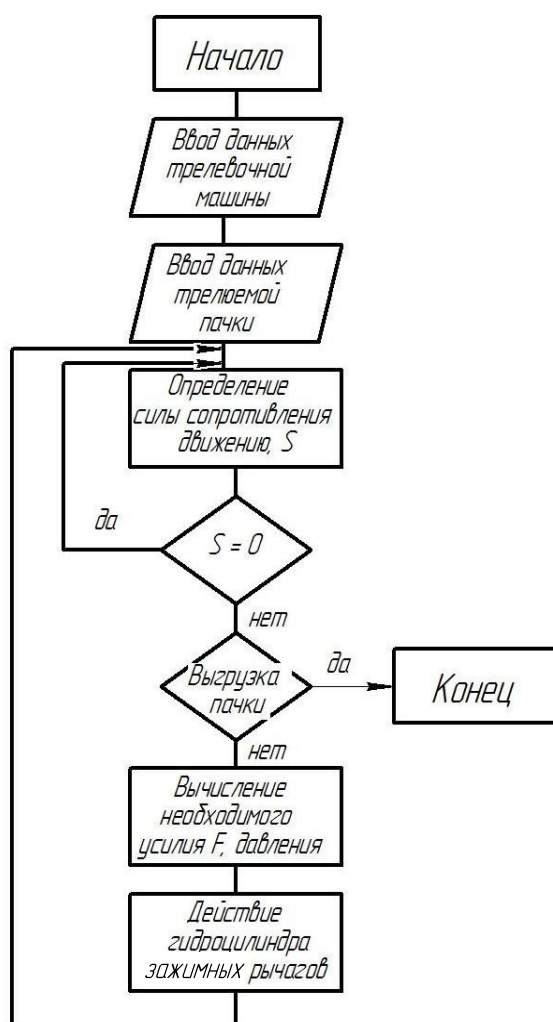


Рис. 2. Блок-схема управления зажимным устройством

При движении машины с трелеваемой 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.

Изменения этой величины давления регистрирует датчик 8 и передает в блок обработки 9, который в свою очередь воздействует на блок управления 10, а он свою очередь воздействует 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 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 / В. А. Александров. – Л.: ЛТА, 1984. – 152 с.
2. Александров, В. А. Основы проектирования лесозаготовительных машин и оборудования: учебное пособие / В. А. Александров, Я. И. Шестаков. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 235 с.
3. Пат. № 2345913 С1МПКВ60Р7/12 Кониковое зажимное устройство / Шестаков Я. И., Рябинин Д. Е., Грязин В. А., Цыбулин А. В. Заявитель и патентообладатель МарГТУ. Заявл. 13.06.2007, опубл. 10.02.2009, Бюл. № 4. – 4 с.
4. Ширнин, Ю. А. Технологические параметры лесосек с границами, полученными на основе ГИС / Ю. А. Ширнин, Н. И. Роженцова // Вестник Марийского государственного технического университета: научно-прикладной журнал. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – № 1(2) – С. 40–48.

UDC 630*377.44

SYSTEM OF AUTOMATIC FUNCTIONING OF DEVICE APPLIED FOR TRANSPORTATION OF TIMBER

Ryabinin Denis Evgenievich, Schestakov Yakov Ivanovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

An original technical solution of the clamping device with automation of the load clamping process is proposed when moving along the felling area. The loading of the clamping devices must be carried out depending on the volume of the formed bundle of timber.

Keyword: logging, volume packs, skidding, arrangement for skidding.

УДК 630*375.5

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Рябинин Денис Евгеньевич, Шестаков Яков Иванович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
ryabininde@volgatech.net

Рассмотрены некоторые способы модернизации технологического оборудования транспортно-технологических машин. Показано, что совершенствование технологического оборудования позволит повысить эффективность и снизить стоимость автомобильных перевозок.

Ключевые слова: автомобильные перевозки, модернизация транспортно-технологических машин, биотопливо, кузов.

Введение. Автомобильные перевозки в настоящее время составляют значительный объем всех транспортных операций в Российской Федерации. При росте цен на топливно-смазочные материалы, собственно автомобили и с учетом расстояний перевозок и состояния автомобильных дорог в стране повышается стоимость авто-транспортных работ.

В связи с этим актуализируется необходимость снижения цен на транспортные работы. Для этого нужно возвратиться к прежним наработкам, модернизировать и развивать их, использовать новые предложения по совершенствованию технологического оборудования транспортно-технологических машин.

Цель работы – повышение эффективности автомобильных перевозок путем модернизации технологического оборудования транспортных машин.

Решаемые задачи: разработка вариантов технического решения, обеспечивающего снижение стоимости автомобильных перевозок.

Аналитическое моделирование. На основе анализа существующих конструкций кузовов автомобилей предложены оригинальные технические решения технологического оборудования транспортных машин.

Интерпретация результатов. В настоящее время во всем мире проводятся работы по использованию биоэнергоресурсов, но для этой цели в качестве исходного продукта в основном применяют продукцию сельского хозяйства (урожай, стебли растений, навоз с ферм и т.д.). Россия – лесная страна с лесозаготовительной отраслью, но в настоящее время древесные отходы здесь используются недостаточно. В развитых лесных странах, таких как Финляндия и Швеция, древесные отходы из леса рассматриваются как важнейший источник для развития биоэнергетики. Еще в послевоенный период в СССР эксплуатировались газогенераторные автомобили ЗИС-21-А и Урал ЗИС-352 и газогенераторные тракторы КТ-12 с двигателями Урал ЗИС-352Т [1].

Расход древесины влажностью до 25 % у автомобилей 1,15 кг/км у тракторов 0,8-1,0 кг/л.с.·ч, а влажностью до 50 % трактор КТ-12 за 8-часовую рабочую смену потребляя 1 скл.м³ [2]. В связи с вышесказанным, наверное, назрела необходимость, используя прошлый отечественный опыт и опыт зарубежных стран, возвратиться к применению лесосечных отходов для получения биотоплива и использования его в

качестве топлива для автомобилей и для местных нужд (отопление). Тем более, результаты исследований показывают, что если лесосечные отходы использовать как топливо или для получения газа, то очистка лесосеки от лесосечных отходов может быть экономически выгодной [3]. При это улучшаем экологию и резко снижаем пожароопасность вырубок.

В связи с удорожанием автомобильных перевозок стоит проблема снижения холостых пробегов транспортно-технологических машин (автомобилей для перевозки длинномерных грузов, бензовозов, молоковозов и др.). На таких транспортно-технологических машинах, по возможности, нужно устанавливать комбинированное или универсальное технологическое оборудование.

Один из авторов данной работы после окончания техникума и службы в армии работал в леспромхозе, где остро стоял вопрос о строительстве лесовозных дорог. Поэтому в мастерских леспромхоза на нескольких автомобилях-лесовозах технологическое оборудование было модернизировано, а именно: на самих автомобилях-тягачах совместно с лесовозными кониками установили простейшие кузова для транспортировки инертных грузов. Кузова были изготовлены в основном из древесины, по типу думпера, но с открывающимися и складывающимися в горизонтальное положение бортами после разгрузки сыпучих грузов. Таким образом, автомобиль из леса без древесины, а в лес (на дорогу) – инертный материал для ремонта или строительства дороги.

Подобная модернизация грузовых бортовых автомобилей, т.е. быстрое превращение в думпер, еще более доступно. Такие или подобные транспортно-технологические автомобили могут использоваться по многим направлениям (например, в строительстве и др.).

Автомобили для перевозки жидких грузов желательно оборудовать не емкостями, а объемными жесткими корпусами. В зависимости от транспортируемого жидкого вещества в этот корпус помещается прочная эластичная и легкая емкость, которая заполняется перевозимым веществом. После разгрузки эта емкость извлекается из жесткого корпуса, складывается в компактную конфигурацию и помещается в специальный отсек, установленный на автомобиле. Из указанного отсека извлекается другая эластичная (оборотная или так называемая инвентарная) емкость и заполняется перевозимым жидким или сыпучим веществом.

В настоящее время для изготовления инвентарных эластичных емкостей достаточно материалов. Конечно, подобные транспортно-технологические машины должны изготавливать специальные предприятия.

Выводы. Мы привели только два варианта модернизации технологического оборудования транспортно-технологических машин. Возможны также другие пути и способы, которые могут дать значительный экологический и экономический эффекты.

Хотелось бы еще сказать несколько слов о самопогружающихся транспортно-технологических машинах, которых в зависимости от конструкции технологического оборудования существует множество вариантов. К сожалению, очень многие транспортники используют для этих целей гидроманипуляторы.

Подавляющее же большинство применяемых гидроманипуляторов имеют значительную массу, что приводит к снижению полезной нагрузки на 10-20 % [4].

В настоящее время на автомобильном транспорте неудовлетворительно обстоит дело с логистикой. В связи с этим осуществляется очень много встречных перевозок тождественных грузов, во всяком случае в Приволжском федеральном округе.

Сказанное выше – лишь малая толика всего, что наработано человечеством для снижения стоимости автомобильных перевозок.

Список литературы

1. Технические характеристики машин и механизмов на лесозаготовках / сост. Г. А. Зотов, Н. В. Скотнякова, В. А. Якубицкий. – Химки: ЦНИИМЭ, 1956. – 294 с.
2. Александров, В. А. Механизация лесосечных работ в России / В. А. Александров. – СПб.: Профи, 2009. – 256 с.
3. Щербаков, Е. Н. Количественная оценка лесосечных отходов после сортиментной заготовки леса харвестерами / Е. Н. Щербаков, С. П. Карпачев, А. Н. Слинченков // Лесопромышленник. – 2010. – № 4(56).
4. Смирнов, М. Ю. Расчеты допустимой полезной нагрузки транспортного средства с навесным манипулятором / М. Ю. Смирнов // Лесной журнал. – 2002. – № 4. – С. 71-76.

UDC 630*375.5

**MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT
OF TRANSPORTATION-TECHNOLOGICAL MACHINES**

Ryabinin Denis Evgenievich, Schestakov Yakov Ivanovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The ways of modernization of the technological equipment of transport-technological machines are carried out. Modernization of technological equipment will reduce the cost of road transport.

Keyword: road transport, biofuel, bodywork.

УДК 674.8

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ
ИЗ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ
ПОРАЖЕНИЯ ГНИЛЬЮ**

Сидорова Елена Николаевна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
SidorovaEN@volgatech.net

Разработано устройство для производства топливных пеллет из древесного сырья с высокой степенью поражения гнилью. Качество исходного сырья определялось с помощью метода ядерно-магнитного резонанса.

Ключевые слова: пеллеты, ЯМР-резонанс, гнилая древесина, лигнин.

Введение. В настоящее время на определенных территориях имеются ресурсы древесины, пораженной гнилью, которые можно вовлечь в экономический оборот и использовать в качестве сырья [1, 2].

Однако пока не предложено никаких путей его эффективного применения в промышленности. Предлагается использовать древесину, пораженную гнилью, в качестве сырья для изготовления топливных пеллет.

Сегодня пеллеты широко используются в зарубежной энергетике. Имеются отечественные разработки по совершенствованию технологии производства древесных гранул [3].

При производстве пеллет используются деловая древесина и отходы лесозаготовки и деревопереработки: кора, опилки, щепа и др. Однако современная лесная промышленность испытывает дефицит древесины, годной для переработки, вследствие болезней леса, в частности поражения гнилью. По данным Центра защиты леса Республики Марий Эл на конец 2017 года остаются ослабленными насаждения в результате поражения корневой губкой на площади 747,4 га, смоляным раком – 468,1 га, сосновой губкой – 1,8 га, бактериальными заболеваниями берёзы – 318,9 га.

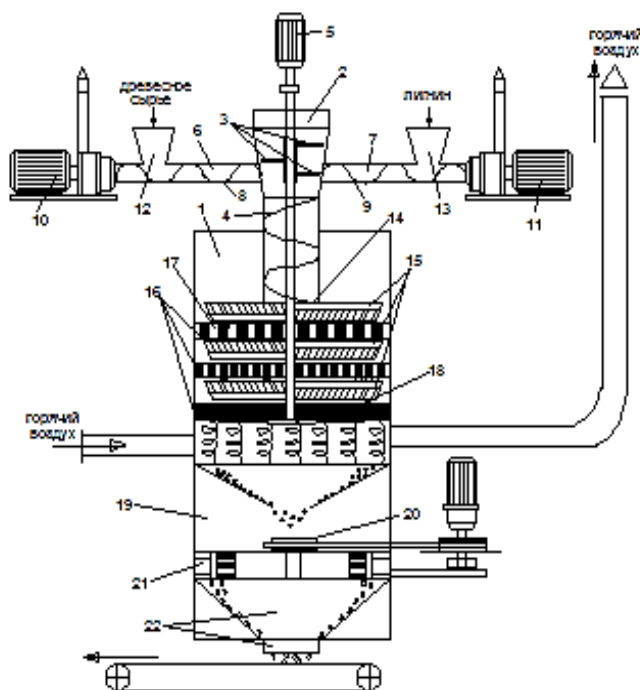
Таким образом, приобретает особую актуальность вопрос разработки технологии и устройства, позволяющего использовать древесину, пораженную гнилью, при производстве пеллет и гранул.

Целью исследования является разработка устройства для производства топливных пеллет, позволяющего использовать в качестве сырья древесину с высокой степенью поражения гнилью, а в качестве добавок – лигнин.

Работает предлагаемое устройство для производства пеллет и гранул (см. рисунок) следующим образом.

Исходное древесное сырье и лигнин через шлюзы 12, 13 подается в линии подачи древесного сырья и лигнина 6, 7 со шнеками 8, 9, по которому оно перемещается с помощью регулируемых электродвигателей 10, 11. Перемещаясь, древесное сырье попадает в бункер смешения 2 с мешалками 3, в нижней части которого закреплен вертикальный шнек 4, который вращается с помощью электродвигателя 5.

На нижнюю часть вала 14 посажены рубительные ножи 15 с различным количеством лезвий. Древесное сырье, попадая на рубительные ножи, дробится, проталкивается через калибровочные отверстия 17 неподвижных дисков 16.



Устройство для производства пеллет и гранул

Через дозатор 18 мелкое сырье поступает в сушильную камеру 19, где высушивается под действием напора горячего воздуха до 10-12 % влажности. Затем через дозатор 18 регулируемые порции сырья поступают в пресс-гранулятор 19.

Полученные пеллеты или гранулы перемещаются к нижней части устройства, к которой присоединено сопло 22, пропускающее пеллеты или гранулы на транспортер для дальнейшей упаковки.

Качество исходного сырья предлагается определять с помощью метода ядерно-магнитного резонанса. Для этого в шлюз для древесного сырья 12 помещается ЯМР-анализатор, который в режиме онлайн будет определять качество сырья, в частности относительные доли твердых компонентов (целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин) и подвижной (жидкой) фазы (вода в макропорах) в нем.

Выводы. Разработанное устройство для производства топливных пеллет из древесного сырья с высокой степенью поражения гнилью даст возможность использовать для их производства древесное сырье, сильно пораженное гнилью. Шнеки позволяют подавать сырье в нужной пропорции и гибко регулировать подачу добавок в зависимости от характеристики исходного сырья.

Список литературы

1. Энергетическая система территориального агролесоводственного биоэнергетического комплекса / А. А. Медяков, Е. М. Онучин, А. Д. Каменских, П. Н. Анисимов // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 82(08). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/18.pdf>. (дата обращения: 02.04.2018).
2. Онучин, Е. М. История развития и перспектива технологий и технических средств заготовки и переработки древесины энергетического назначения [Электронный ресурс] / Е. М. Онучин, П. Н. Анисимов. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21267731> (дата обращения: 02.04.2018).
3. Мюллер, О. Д. Определение технологической температуры поверхности древесных гранул / О. Д. Мюллер, В. И. Малыгин, В. К. Любов // Лесной журнал. – 2011. – № 5. – С. 71-77.

UDC 674.8

DEVICE FOR THE PRODUCTION OF FUEL PELLETS FROM WOODY RAW MATERIAL WITH A HIGH DEGREE OF DAMAGE ROT

Sidorova Elena Nikolaevna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The device for production of fuel pellets from wood raw materials with high degree of defeat by rot is developed. The quality of raw materials was determined by the method of nuclear magnetic resonance.

Keywords: *pellets, NMR resonance, rotten wood, lignin.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

УДК 681.586; 630

ВИДЫ ДАТЧИКОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Васенёв Михаил Юрьевич, Мясников Владимир Иванович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
AspIVS16.20@gmail.com

Данная статья посвящена анализу и рассмотрению возможностей и перспектив использования приборов и датчиков, применяемых в машинах лесного назначения с целью облегчения работы оператора, упрощения контроля и мониторинга за различными компонентами и агрегатами.

Ключевые слова: датчики, лесозаготовительные машины, автоматизированные системы управления, крано-манипуляторная установка, RFID-метки.

Введение. Практически каждая ныне выпускаемая лесная машина (харвестер, форвардер, скиддер и т.д.) оснащается автоматизированной системой управления (АСУ). Основными компонентами, «поставляющими» для АСУ информацию о состоянии различных узлов того или иного агрегата, являются датчики. Интерес разработчиков к различного рода сенсорам сегодня продолжает возрастать. **Актуальность** их выбора и использования важна при построении как самих лесозаготовительных машин, так и систем управления ими. На данный момент различных датчиков существует огромное множество.

Наша **цель** – произвести классификацию датчиков и рассмотреть назначение и главные характеристики тех из них, что чаще всего используются и внедряются в современные лесозаготовительные машины.

1. Датчики положения и выравнивания кабины

Для данной цели используются различные комбинации датчиков, например, набор *гироскопов*, мониторирующих положение кабины, а также ряд датчиков, отслеживающих давление в гидроцилиндрах центровки и стабилизации кабины. Выравнивание кабины позволяет оператору всегда сидеть прямо в горизонтальном удобном положении, вне зависимости от наклона машины, и не напрягать мышцы тела, чтобы занять удобное рабочее положение [1].

2. Датчики уровня топлива/гидравлической жидкости/масла

Существуют различные виды данного рода сенсоров, например, в зависимости от вида выходного сигнала: аналоговые; частотные, цифровые. Исполнение датчиков также может различаться от модели к модели: *поплавковый, ультразвуковой* и т.д.

Если информация о состоянии гидравлической жидкости/масла в большей степени представляет интерес для оператора/техника лесозаготовительной машины, то сведения о расходе топлива уже более важны владельцам таких агрегатов (случаи воровства горючего нередки). Данные могут записываться в бортовой компьютер с запретом перезаписи и/или сразу передаваться с помощью различных каналов передачи непосредственно собственнику.

3. Датчики температуры охлаждающей жидкости силового агрегата, трансмиссии, окружающей среды и т.д.

Существует два основных вида таких датчиков:

- с отрицательным температурным коэффициентом – внутреннее сопротивление увеличивается при снижении температуры;
- с положительным температурным коэффициентом – при росте температуры сопротивление сенсора возрастает [2].

На приборную панель обычно выносятся индикатор температуры, возможен и вариант реализации с предупреждающим сообщением на бортовом компьютере. На сигнал, поступающий от данного датчика, очень важно реагировать, так как, например, в случае перегрева мотора могут деформироваться детали цилиндропоршневой группы, системы охлаждения и т.д. А в результате чрезмерного охлаждения возможна потеря динамических характеристик силового агрегата, что чревато негативными последствиями в условиях леса.

4. Датчики определения длины и диаметра ствола дерева

Первая величина определяется с помощью одного сенсора (*оптического или индукционного*), связанного с встроенным в корпус головки зубчатым валиком или колесом. В ходе обрезки сучьев протаскиваемый ствол вращает валик, передающий через датчик сигналы компьютеру, который преобразует электрические импульсы в числовую информацию о длине. Диаметр ствола определяется с помощью двух *угловых потенциометров*, установленных на сучкорезных ножах. Расчеты производятся на основе перекрестных данных о сопротивлении с двух датчиков или на базе триангуляции [3, 11].



Рис. 1. Измерение ствола дерева посредством энкодеров, установленных в харвестерной головке

5. Датчики контроля давления

Измерители этого параметра могут размещаться в турбокомпрессоре, колесах, операторском кресле:

а) *в турбокомпрессоре*. Наиболее распространены *мановакуометры*, позволяющие в реальном времени контролировать работу турбонаддува в полном диапазоне давлений (от вакуума – 1 кг/см², до избыточного давления – 1,5 кг/см²) [4]. По изменению давления можно определить, например, загрязнение воздушного фильтра. Данный показатель влияет на множество негативных факторов, таких как:

- уменьшение мощности двигателя;
- рост расхода горючего из-за недостаточного количества поступающего воздуха;
- проблемы с запуском двигателя и т.д.;

б) *в колёсах*. На лесозаготовительных машинах получили распространение системы централизованного регулирования давления в шинах. С их помощью давление воздуха может изменяться при движении в зависимости от дорожного покрытия. Данный вид систем повышает проходимость машины и в то же время позволяет добраться до станции техобслуживания в случае повреждения шины/камеры;

в) *в кресле оператора*. Как было сказано выше, многие современные лесные машины (в большей степени харвестеры и форвардеры) получили наборы датчиков для определения положения кабины с целью последующего его выравнивания и стабилизации на неровных поверхностях (например, на склонах).

В последующем некоторые производители лесной техники стали внедрять датчики давления и в кресла оператора для автоматической его регулировки на таких плоскостях. Также с помощью датчиков нажима, вкупе с системами мониторинга на основе ГЛОНАСС/GPS и прочими, можно проконтролировать, какой период времени оператор провёл на работе.

6. RFID-считыватель в харвестерной головке

Ряд отечественных исследователей и разработчиков лесозаготовительной техники, среди которых И. Р. Шегельман, В. М. Лукашевич и др., предлагает внедрять RFID-технологию в существующие и ныне проектируемые машины (подробнее об этом см. в [5]). Например, при приближении захватно-срезающего устройства с RFID-считывателем к дереву, выходящему за пределы отведённой под рубку лесосеки, будет получен сигнал о запрете валки.

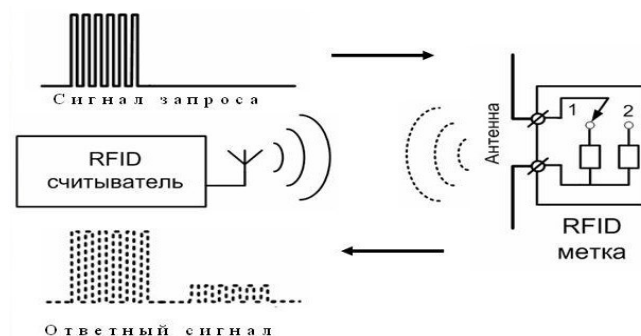


Рис. 2. Бесконтактная передача сигнала посредством RFID

7. Датчики веса на стреле и на грузовой платформе

Использование измерителя данного рода позволяет осуществлять всесторонний контроль массы груза при его перемещении в захвате кран-манипуляторной установки (КМУ), а также обеспечивает безопасность при погрузке и выгрузке из кузова форвардера/лесовоза.

Что касается датчиков веса на грузовой платформе, то в последнее время доминируют *тензорезисторные датчики силы с фольговыми тензорезисторами*, которые

наклеиваются на упругий элемент и воспринимают деформацию упругого элемента в месте наклейки. Основными преимуществами тензорезисторов являются:

- удобный рабочий диапазон измеряемых деформаций, соответствующий среднему уровню напряжения в металле пружинных сталей от 0 до $3,0 \cdot 10^8$ Па, при котором обеспечиваются хорошие линейно-упругие свойства;
- разнообразие видов упругих элементов тензорезисторного датчика силы, что позволяет выбрать рациональный элемент;
- взаимозаменяемость датчиков [6].

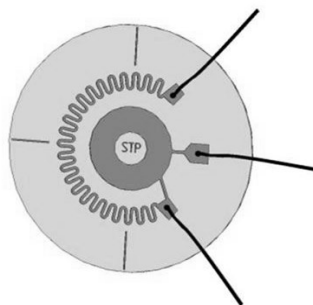


Рис. 3. Фольговый тензорезистор

Помимо обеспечения безопасности при погрузке и выгрузке из кузова форвардера/лесовоза данные датчики позволяют владельцу техники отследить, какой вес перевозился машинами и какой был доставлен на склад древесины. Соответственно, таким образом можно выявить «нечистых на руку» работников и случаи кражи сортиментов.

8. Датчики для автоматического наведения рабочего органа манипулятора

Чаще всего для решения данной проблемы используют оптические датчики или видеокамеры. Существует ряд подходов к ее решению. Один из них предложен учеными ПГТУ Л. И. Шобановым и А. И. Шургиным. Предполагается, что координаты места обработки объекта будут определяться по указанным оператором точкам на изображениях зоны обработки, полученных по меньшей мере с двух *видеокамер*, о которых известны их положение, углы их направления и фокусные расстояния их объективов в момент указания [7].

Также существует метод наведения на основе *RFID-меток*. Система на их основе является экспертной – производит расчет расстояний до расположенных меток на деревьях, выполняет анализ расчетов и предлагает оператору варианты для выбора. Специальные радиочастотные датчики, расположенные на стволах деревьев, считываются сканером с монитором, который находится в кабине машины. Радиочастотные метки, расположенные на стволах деревьев, содержат информацию о дереве (порода, возраст, его координаты) [8].

9. Датчик вылета удлинителя рукояти крана-манипулятора

В зависимости от информации, полученной с данного сенсора, на экране бортового компьютера лесозаготовительной машины отображаются сведения о максимальной грузоподъемности крана-манипулятора на данном вылете. В качестве такого датчика может выступать, например, *потенциометр*.

10. Датчик предупреждения столкновений

В большинстве случаев, когда та или иная лесная машина совершает столкновение с объектами окружающего её пространства, возникают серьезные последствия. Поэтому оператору крайне важно быть полностью осведомленным о том, что сейчас

находится в «слепой зоне». С этой целью в современных лесозаготовительных машинах широко применяются *ультразвуковые* или *оптические датчики* обнаружения препятствий, а также интеллектуальные системы на основе *2D/3D-камер*.



Рис. 4. «Слепая зона», охватываемая ультразвуковым датчиком

Выводы. Подводя итог, необходимо отметить, что в последнее время заметна тенденция на внедрение *ГЛОНАСС/GPS/GSM/-технологий* для удалённого мониторинга технического состояния лесозаготовительных машин.

Система, созданная на основе этих технологий, может функционировать отдельно от основной АСУ либо являться её функциональным элементом. Посредством данной системы информация, поступающая от датчиков, может мгновенно передаваться в диспетчерский центр управления техникой, где с учётом полученных сведений будет возможно:

- следить за расходом и качеством топлива;
- планировать и контролировать сроки проведения регламентных технических работ;
- определять эффективность использования техники на лесосеке, текущую загрузженность с учетом фактического времени окончания плановых работ;
- осуществлять взаимодействие с электронными техническими руководствами, позволяющими уменьшить время поиска необходимых данных на местах эксплуатации [10].

Все это позволит более эффективно использовать лесозаготовительные машины, а также повысить комфортность и улучшить условия труда оператора-лесозаготовителя.

Список литературы

1. Komatsu 931XC. Устойчивость и низкое давление на грунт [Электронный ресурс]. – URL: <https://lesorub-russia.ru/wp-content/uploads/2017/04/Harvester-Komatsu-931XC.pdf> (дата обращения 25.04.2018).
2. Устройство, проверка и замена датчика температуры охлаждающей жидкости [Электронный ресурс]. – URL: www.asutpp.ru/datchiki/datchik-temperatury-oxlazhdayushhej-zhidkosti.html (дата обращения 25.04.2018).
3. Раскряжевка хлыстов [Электронный ресурс]. – URL: http://lesotehnika.com/statya/st_9_raskregovka.html (дата обращения 27.04.2018).

4. Индикатор загрязнения воздушного фильтра [Электронный ресурс]. – URL: https://kovsh.com/service/add_engine_accessories_set (дата обращения 5.05.2018).
5. Способ отвода лесосек: патент РФ № 2623484 / И. Р. Шегельман, А. С. Васильев, Ю. В. Суханов, В. М. Лукашевич. Опубл. 26.06.2017.
6. Гаврюшин, С. С. Расчет и оптимизация весоизмерительного датчика автомобильных весов / С. С. Гаврюшин, А. В. Непочатов, В. А. Годзиковский // Известия МГТУ. – 2014. – № 4 (22).
7. Способ наведения машины на объект: патент РФ № 2522525 / Л. И. Шобанов, А. И. Шургин. Опубл. 20.07.2014.
8. Система наведения рабочего органа манипулятора на дерево / С. П. Санников и др. // Леса России и хозяйство в них / Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2013. – Вып. 1 (44). – С. 88–91.
9. Смирнов, М. Ю. Продолжительность рабочего цикла навесного гидроманипулятора / М. Ю. Смирнов, И. Р. Бакулина // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3 (19).
10. Лапин, А. С. Дистанционная система мониторинга технического состояния технологических и транспортных машин ЛПК / А. С. Лапин, А. Ю. Тесовский // Лесной вестник. – 2013. – № 1. – С. 170-174.
11. SICK Россия [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sick.com/ru/ru> (дата обращения 5.05.2018).

UDC 681.586; 630

SENSOR'S TYPES AND THEIR APPLICATION IN MODERN TREE HARVESTING MACHINERY

Vasenev Mikhail Yurievich, Myasnikov Vladimir Ivanovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

This paper considers the analysis and examination of units and sensors used in harvesting machines for operator's work facilitation, simplification of control and monitoring of various components and assemblies.

Keywords: *sensors, harvesting machines, automatic control systems, crane-manipulator, RFID labels.*

УДК 28

ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Глазырин Алексей Михайлович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
ast65@yandex.ru

В статье предложен подход на основе концептуального моделирования информационного пространства промышленного предприятия как информационного образа реальной производственной системы. Системный подход в данном случае заключается в построении такой структуры системы, которая позволит достичь целей не только обмена данными между различными системами, но и включить в единую функциональную модель различное программное обеспечение.

Ключевые слова: *интеграция, информационные ресурсы, концептуальное моделирование, информационный образ.*

Ведение. Древнегреческий ученый и философ Аристотель имел полноценный системный подход, изложенный в его классическом труде *Метафизика*: «...Наиболее достойны познания первоначала и причины, ибо через них и на их основе познается все остальное... И наука, в наибольшей мере главенствующая... – та, которая познает цель, ради которой надлежит действовать в каждом отдельном случае; эта цель есть в каждом отдельном случае то или иное благо, а во всей природе вообще наилучшее».

Этот системный подход Аристотеля сегодня, в условиях интенсивно развивающегося современного управления в производственном секторе экономики, является актуальным так, как все больше и больше с развитием информационных технологий, маркетинга и ведения деятельности перед предприятиями открываются новые перспективы, связанные с внедрением современного программного обеспечения (ПО). Но количество и разнообразность существующего ПО приводит к тому, что возникают в информационном пространстве производственных предприятий неоднозначные ситуации с использованием никак не связанного между собой программного обеспечения, что не позволяет увидеть полноценную картину жизнедеятельности предприятия.

Таким образом, возникает насущная задача создания единого комплекса информационных ресурсов. Эту задачу возможно решить путем создания единой информационной системы промышленного предприятия.

Задача интеграции информационного пространства выступает в качестве одной из наиболее ответственных, трудно реализуемых, вследствие чего ведет к тяжелым последствиям, если допускаются ошибки при ее реализации. Несмотря на то, что внесистемное нагромождение программных продуктов не удовлетворяет запросам конечного пользователя, так как не позволяет полноценно увидеть информационную картину предприятия, тем не менее, неправильная реализация интеграции может привести к еще большим трудностям. Именно поэтому задача интеграции и ее грамотная реализация является весьма актуальной.

1. Цель интеграции информационных ресурсов промышленного предприятия

Целью интеграции является взаимодействие различных программных продуктов в единой информационной области, что возможно при свободном обмене данными.

Для этого основная цель подразделяется на подцели:

- обмен данными должен соответствовать и происходить согласно объектной структуре предприятия, а не в отрыве от нее;
- необходимые итоги работы концепции, установленные в большом количестве выходящих предобработанных данных (достоверных, очищенных и актуальных), которые предоставляют поддержку при принятии качественных управленческих решений.

Цель системы определяется иерархически вышестоящей системой, в которой рассматриваемая система является элементом (или подсистемой), в нашем случае интеграционная система имеет целью поддержку принятия эффективных управленческих решений.

2. Объекты в концептуальном моделировании интеграции информационных ресурсов промышленного предприятия

Объектами информационных ресурсов предприятия при построении концептуальной модели являются используемые программные системы, как правила, достаточно сложные (такие как линейка программных продуктов АСКОН) и используемые в конкретном структурном подразделении предприятия, связанные с его функциональностью. Так, в подразделении конструкторов используются PLM системы, в

подразделении технологов – PDM системы, а в подразделениях бухгалтерии – бухгалтерские системы, такие как 1С.

Объектами в концептуальной модели являются общеупотребительные программные средства, используемые в структурных подразделениях предприятия, к примеру, такие как текстовые редакторы, не являются объектами в концептуальной модели информационных ресурсов предприятия.

Таблица 1

Объект - Элемент (Информационный ресурс) - Данные

Объект	Элемент (Информационный ресурс)	Данные
Производство	PLM	Конструкторские данные
Производство	PDM	Технологические данные
Производство	ERP	Данные по Управлению производством
Управление	1С Бухгалтерия	Данные по Управлению финансами
Управление	ERP	Данные по Планированию производства
Закупки	CRM	Данные по Закупкам сырья и материалов
Закупки	ERP	Данные логистики, Склады
Реализация	CRM	Данные по Сбыту продукции

Элемент объекта, как правило, оперирует данными. Данные – это мера соответствующей функциональности объекта. *«Мера у Аристотеля является вовсе не только просто количественным принципом и вовсе не просто качественным принципом, но прежде всего принципом эйдетическим, равно как и принципом причинно-целевым, не говоря уже об его материальности. Добавим, что даже и количественное понимание самого простого единства становится понятным у Аристотеля только с привлечением категории меры»* [1]. В нашем случае эту меру, по Аристотелю, можно определить как критически важные данные.

Критически важные данные – это перечень данных, без которых работа промышленного предприятия невозможна. Это и данные работы отдела продаж, и производство, и так далее. Одинаковые элементы – информационные ресурсы, могут входить в разные объекты.

Элементы и оперируют данными, но в каждом объекте фигурируют соответствующие функционалу объекта данные, по мере необходимости данные обмениваются между объектами.

3. Функции концептуальной модели интеграции информационных ресурсов предприятия

Достижение цели любой производственной системы, требует реализации определенных действий по последовательному достижению локальных целей или подцелей. Функция производственной системы – набор действий, направленных на достижение локальных целей. На предприятиях эти функции реализуются в используемом программном обеспечении оперирующих с конкретными данными производственных или бизнес-процессов предприятия, выполняемых подразделениями, которые прописываются в должностных инструкциях.

В приведенной ниже таблице указан стандартный функционал информационных ресурсов предприятия согласно типовым задачам в различных подразделениях промышленного предприятия.

Информационная система, основанная на концептуальном моделировании, системно связывает разрозненно функционирующее программное обеспечение в целое.

Концептуальный подход позволяет разработать модель информационного пространства промышленного предприятия с учётом индивидуальных особенностей предприятия.

Таблица 2

Стандартный функционал информационных ресурсов предприятия

Подразделение маркетинга	Производственные подразделения	Финансовые и учетные подразделения	Подразделения кадров	Подразделения Управления
Отслеживание рынка выпускаемой продукции	Планирование объемов, работ, календарное планирование	Разработка и управление портфелем заказов	Анализ потребности в трудовых ресурсах	Контроль за деятельностью фирмы
Поиск новых рынков сбыта и реализации продукции	Оперативный контроль и управление производством	Разработка и управление кредитной политикой	Ведение архивов записей о персонале	Выявление оперативных проблем
Исследование возможностей по производству новой продукции	Анализ работы оборудования	Работа над финансовым планом, прогнозирование и анализ	Анализ подготовки специалистов	Анализ управленческих и стратегических ситуаций
Аналитическая работа по конкурентным ценам на выпускаемую продукцию	Участие в формировании заказов поставщикам	Контроль бюджета	Прогнозирование качества подготовки специалистов	Обеспечение процесса выработки стратегических решений
Учет и контроль заказов	Управление запасами	Бухгалтерский учет и расчет зарплаты		

4. Структура информационных ресурсов промышленного предприятия

Структура, на основе которой строится концептуальная модель промышленного предприятия, как правило, должна включать:

- схему промышленного предприятия, в виде целостной системы производства с соответствующим схематическим описанием состава включенных в нее объектов или различных подсистем;
- по возможности, достаточно полное перечисление задач структуры производства, и реализуемых в объектах или подсистемах структуры, с указанием функционала исполнителей;
- функциональную характеристику самих линейных руководителей подразделений в области организации системы производства.

5. Основные этапы создания концептуальной модели интеграции информационных ресурсов промышленного предприятия

Концептуальная модель можно представить, как дерево: проблемная ситуация - цели - функция - структура - внешние ресурсы. В результате строится композиция действий, обеспечивающая системное решение производственных функций.

На первом этапе происходит формализация, так как такая система как промышленное предприятие и соответственно его информационное пространство относится к классу сложных систем, которая представляет собой систему связанных и взаимозависимых объектов и их функциональных взаимоотношений.

Второй этап представляет собой сначала анализ существующих целей системы, а далее их корректировку и взаимную увязку. Одновременно с формулированием целей определяются критически важные данные.

На третьем этапе проводится проверка соответствия реализуемых системой функций, то есть соответствие того или иного программного обеспечения согласно сформулированным целевым установкам.

В результате проявляется информационный образ промышленного предприятия, сверху структурированная система разнородных объектов, снизу множество этих

объектов, объединяющееся крестом вертикальных и горизонтальных функциональных связей, имеющий троичную сущность: цель, объект/функцию, процесс.

Таким образом, в силу построенной концептуальной модели интеграции информационных ресурсов промышленного предприятия, получаем системный подход, который гарантирует автоматизацию не информационных потоков предприятия в отрыве от фактической структуры предприятия, а автоматизацию реальных объектов, то есть структурных подразделений предприятия.

Заключение. Интеграция информационных ресурсов промышленных предприятий позволяет существенно повысить эффективность их использования за счет того, что происходит построение многоуровневой древовидной структуры системы целей.

В результате интеграции информационного пространства промышленного предприятия на основе концептуального моделирования создается индивидуальный информационный образ промышленного предприятия, то есть позволяет учесть специфику и конкретику предприятия.

В итоге концептуальный подход к моделированию информационного пространства промышленного предприятия проявляется как информационный образ реальной производственной системы.

При построении концептуальной модели интеграции информационных ресурсов промышленного предприятия нельзя моделировать информационные потоки предприятия в отрыве от фактической структуры предприятия, от реальных объектов *структурных подразделений предприятия*.

Список литературы

1. Аристотель. Метафизика. Т. 1 / под ред. В. Ф. Асмус. – М.: Мысль, 1976. – 550 с.
2. Диязитдинова, А. Р. Общая теория систем и системный анализ / А. Р. Диязитдинова, И. Б. Кордонская. – Самара: ПГУТИ, 2017. – 125 с.
3. Горохов, А. В. Основы системного анализа: учебное пособие. Часть 2 / А. В. Горохов, И. В. Петухов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – 102 с.
4. Юсупов, Р. М. Концептуальные и научно-методологические основы информатизации / Р. М. Юсупов, В. П. Заболотский. – СПб.: Наука, 2009. – 542 с.
5. Быстров, В. В. Качество образования в контексте глобальной безопасности региона / В. В. Быстров, А. В. Горохов // Теория и практика системной динамики: мат. докл. IV Всерос. науч.-практ. конф. (Апатиты, 29-31 марта 2011 г.). – Апатиты: КНЦ РАН, 2011. – С. 4-5.

UDC 28

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE INTEGRATION OF INFORMATION RESOURCES OF INDUSTRIAL ENTERPRISE ON THE BASIS OF CONCEPTUAL MODELING

Glaziryn Aleksey Mikhaylovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The article proposes an approach based on conceptual modeling of information space of industrial enterprise as an information image of the real production system. A systematic approach in this case is to define a system structure that will allow to reach goals not only for data exchange between different systems, but integrate into a single functional model different.

Keywords: *integration, information resources, conceptual modeling, information image.*

ПРИМЕНЕНИЕ СИМУЛЯТОРОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Горохов Андрей Витальевич, Бабайкина Елена Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
GorokhovAV@volgatech.net

В работе рассматриваются пути применения функционально-целевого подхода для оценки эффективности систем виртуальной реальности в задачах обучения операторов подвижных объектов. Представлены результаты эксперимента по оценке соответствия виртуальной и физической реальностей на примере горнолыжной техники.

Ключевые слова: виртуальная реальность, человек-оператор, профессионально-важные качества, активность мозга, горные лыжи, эксперимент.

Введение. Принципиальное отличие операторской деятельности в условиях подвижных объектов заключается в воздействии на человека-оператора сил, вызванных изменениями скорости поступательных и угловых перемещений объекта управления, в котором находится оператор, или иначе перегрузки.

Применение систем виртуальной реальности для обучения операторов приобретает в настоящее время широкую популярность [1]. Существенным недостатком таких систем является отсутствие физических перегрузок при «погружении» в виртуальную реальность, что неизбежно снижает эффективность применения систем виртуальной реальности для обучения операторов подвижных объектов.

Методы исследования. Для оценки эффективности применения систем виртуальной реальности с целью обучения операторов подвижных объектов предложен подход, позволяющий в каждой операторской профессии выделить профессионально важные качества (ПВК) человека-оператора. Подход основан на применении функционально-целевой технологии [2] как средства синтеза систем управления, в структурно-алгоритмической организации которых отражена структура целей предметной области.

Например, для операторов лесобрабатывающих машин [3] особо профессионально важными качествами являются: точность зрительно-моторного слежения; скорость переработки информации; вероятностное прогнозирование; переключение внимания. Важную роль также играют: эмоциональная стабильность; уравновешенность нервной системы; точность идентификации объекта; устойчивость внимания.

По оценкам экспертов (инструкторов по горным лыжам), особо важными качествами для освоения горнолыжной техники являются: точность зрительно-моторного слежения; скорость переработки информации; вероятностное прогнозирование; переключение внимания. Здесь ПВК выступают: эмоциональная стабильность; уравновешенность нервной системы; точность зрительного анализа; распределение внимания.

Гипотеза исследования. Учитывая совпадение особо важных качеств и близость важных качеств операторов лесобрабатывающих машин и горнолыжников,

авторы сочли целесообразным провести эксперимент по оценке эффективности применения системы виртуальной реальности обучения операторов подвижных объектов путем исследования активности коры головного мозга горнолыжника, выполняющего спуск в фактической реальности и виртуальной реальности.

Однако следует заметить, что существенным ограничением применения функционально-целевого подхода является необходимость разделения системы на независимые составляющие в процессе декомпозиции, а также обеспечение древовидности концептуальной модели. Любая система обладает эмерджентностью и не допускает выделение независимых частей, таких как ПВК в данном случае.

Но на практике существуют задачи, где для достижения конкретных целей можно пренебречь этим фундаментальным свойством систем. Применение функционально-целевого подхода для разработки сценариев профессиональной ориентации и реабилитации работников является целесообразным.

И. В. Петуховым [3] показано, что профессиональную квалификацию оператора эргатической системы управления можно разделить с точки зрения уровня квалификации на относительно независимые ПВК.

Описание эксперимента. Эксперимент проходил в два этапа. Первый этап – на горнолыжном комплексе «Свияжские холмы», который расположен в 35 км от г. Казани. Второй этап проводился в специализированной лаборатории «Виртуальные технологии» (ПГТУ). В эксперименте участвовал опытный горнолыжник – инструктор Российской национальной горнолыжной школы.

Первый этап эксперимента проводился на трассе 3-А. Характеристика трассы: цветовая маркировка – «красный»; перепад высот – 165 м; протяженность трассы – 730 м. Для оценки активности коры головного мозга использовался электроэнцефалограф «Энцефалан-ЭЭГР-19/26», синхронизированный с экшен-камерой HERO GoPro.

На втором этапе эксперимента тот же участник «проходил» горнолыжный спуск в симуляторе виртуальной реальности «Alpine Ski» с использованием шлема виртуальной реальности «HTC Vive».

Результаты эксперимента. Мониторинг биоэлектрического сигнала записывался непрерывно в течение всего эксперимента от 19 отведений в 6 диапазонах частот: дельта 1 (0,5-2 Гц), дельта 2 (2-4 Гц), тета (4-8 Гц), альфа (8-13 Гц), бета 1 (13-24 Гц), бета 2 (24-35 Гц). Длительность эпох для расчета частотных диапазонов составляет 0,3 с.

Горнолыжный спуск (как в фактической, так и в виртуальной реальности) состоял из ритмичных сопряженных поворотов. Полный цикл поворота (вход в поворот, активная фаза поворота, выход из поворота – перецентрировка) занимал примерно 3 с. Для визуального анализа активности мозга использовалось картирование электроэнцефалограммы – топоскоп.

Получены следующие результаты.

На рисунках 1а и 1б видна ярко выраженная одна устойчивая зона активизации головного мозга во всех частотных диапазонах на фоне низкой активности остальных зон также во всех частотных диапазонах. Зона находится в правой полушарии затылочной части головы. Это свидетельствует о том, что опытный горнолыжник выполняет привычные движения, что не вызывает интеллектуального напряжения.

Фактическая реальность

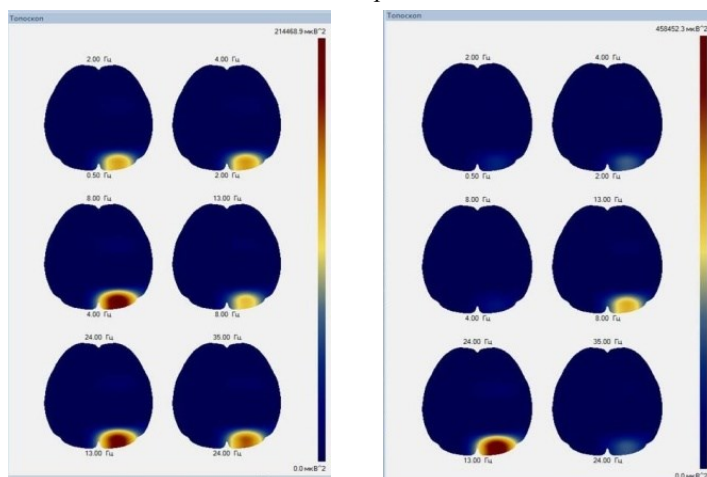


Рис. 1а. Активная фаза поворота

Рис. 1б. Перецентрировка

Виртуальная реальность

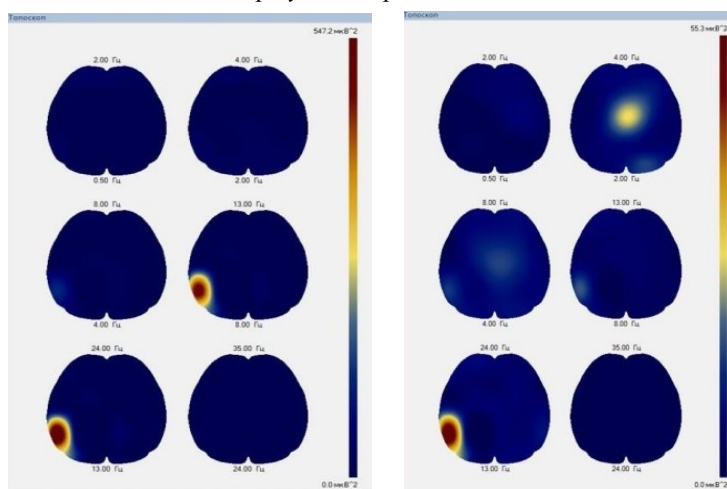


Рис. 2а. Активная фаза поворота

Рис. 2б. Перецентрировка

После тренировки и привыкания участника эксперимента к «погружению» в виртуальную реальность удалось получить повторяющиеся в соответствии с фазами поворота устойчивые зоны активности коры головного мозга.

На рисунках 2а и 2б видна ярко выраженная устойчивая зона активизации головного мозга в частотном диапазоне бета 1 (13–24 Гц). В диапазоне альфа (8–13 Гц) наблюдается активность коры головного мозга только в активной фазе поворота (рис. 2а). Зона находится в правом полушарии средней части головы. Также в момент перецентрировки (на выходе из поворота) наблюдается активность в диапазонах дельта 2 (2–4 Гц) и тета (4–8 Гц).

Такое распределение активности коры головного мозга свидетельствует о том, что горнолыжником движения выполняются в непривычной обстановке, обуславливающей интеллектуальное напряжение.

Выводы. Результаты экспериментов показали, что воздействие перегрузок на человека-оператора подвижного объекта управления оказывает существенное влияние на активность коры головного мозга человека, что снижает эффективность применения систем виртуальной реальности для обучения. Поэтому для успешного ис-

пользования систем виртуальной реальности в задачах обучения операторов подвижных объектов необходимо разрабатывать комплексные симуляторы виртуальной реальности, дополненные физическими исполнительными механизмами, имитирующими воздействия перегрузок на человека-оператора.

Список литературы

1. Berg, L. P. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey / L. P. Berg, J. M. Vance // Virtual reality. – 2017. – Vol. 21, No. 1. – P. 1-17.
2. Кузьмин, И. А. Распределенная обработка информации в научных исследованиях / И. А. Кузьмин, В. А. Путилов, В. В. Фильчаков. – Л.: Наука, 1991. – 304 с.
3. Петухов, И. В. Система поддержки принятия решений при оценке профпригодности оператора эргатических систем: дис. ... д-ра техн. наук / И. В. Петухов. – Казань, 2013. – 411 с.

UDC 004.942

APPLYING VIRTUAL REALITY SIMULATOR FOR TRAINING OPERATORS OF MOBILE

Gorokhov Andrey Vitalievich, Babaikina Elena Vyacheslavovna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The paper considers the ways of applying a functional-purpose approach for evaluating the success of virtual reality systems in the tasks of training mobile operators are considered. The results of the experiment on the determination of the correspondence between virtual and physical reality are presented on the example of mountain skiing.

Keywords: *virtual reality, man operator, professionally important qualities, brain activity, skiing, experiment.*

УДК 621.391.266

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЧАСТИЧНО МАСКИРОВАННЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГРУПП ТОЧЕЧНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛЕВЫХ ПОДХОДОВ**

Кревецкий Александр Владимирович, Чесноков Сергей Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
shesnokov@gmail.com

Групповые точечные объекты (ГТО) можно рассматривать как множества контрастных по отношению к фону изображений точечных отметок, с устойчивым признаком описания их формы. При распознавании формы ГТО возникает ряд проблем, одна из которых – ограничение поля зрения. В этом случае в наблюдаемом кадре изображения находится лишь часть ГТО одного из известных классов (частично маскированные ГТО). Воздействие шумов различной природы вносят искажения в описание формы ГТО и усложняют задачу распознавания частично маскированных ГТО.

В работе исследуется распознавание ГТО, представленных описанием их взаимного расположения с использованием цилиндрических сечений абстрактного векторного поля с

источниками в элементах ГТО и ослаблением действия поля при удалении от элемента ГТО.

Локальные описания конфигурации ГТО представляются дискретным комплекснозначным кодом, в котором модуль и аргумент каждого отсчета соответствуют силе и направлению действия векторного поля. Мера схожести на основе модуля скалярного произведения таких описаний формы обеспечивает инвариантность к ракурсу наблюдения ГТО и не зависит от смещения ГТО в кадре. Характеристики распознавания подтверждают эффективность рассмотренного метода распознавания частично маскированных ГТО в значимом для практики диапазоне случайных флуктуаций координат элементов ГТО.

Ключевые слова: групповой точечный объект, ассоциированный сплошной образ; точечные поля; распознавание групповых объектов; анализ точечных сцен; пространственная компактность; векторное поле; цилиндрические сечения поля; кумулятивное поле; инвариантность к повороту; комплекснозначное кодирование.

Введение. В прикладных задачах систем технического зрения интерес представляют группы объектов, соизмеримых с элементами разрешения регистрируемых изображений [1]. Эти точечные или малоразмерные объекты объединяются в множества с использованием различных признаков, например, яркостных, цветовых, по пространственной близости и др. Такие множества приобретают групповые признаки – становятся групповыми точечными объектами (ГТО). Использование групповых признаков для описания множеств точечных отметок позволяет применять методы обработки с большей устойчивостью к действию мешающих факторов (шумам, помехам), по сравнению с признаками отдельных малоразмерных объектов, и имеют большую информативность для задач «понимания» изображений.

Примерами ГТО служат локационные изображения строев, потоков и скоплений техники, строений, опор линий электропередач [2], ориентиры в виде созвездий небесной сферы [3-5]. Изображения выборочных реализаций случайных процессов в признаковом пространстве [6]. ГТО могут быть получены на основе изображений, состоящих из крупноразмерных объектов. Объекты заменяются точками в центрах тяжести или характерными точками для упрощенного описания их взаимного положения или формы [7].

Наиболее информативным признаком распознавания ГТО во многих прикладных задачах распознавания изображений служит форма взаимного расположения ГТО. Эффективные подходы распознавания формы ГТО базируются на связывании изолированных элементов ГТО в ассоциированный сплошной образ [1, 5, 8] с последующим анализом его формы методами контурного анализа [8].

В ситуациях, когда в поле зрения датчика изображения находится лишь часть ГТО, использование таких подходов невозможно, поскольку нарушается гипотеза о том, что наблюдаемый образ представляет собой зашумленную копию эталонного образа одного из известных классов.

В работе исследуется решение задачи распознавания частично маскированных ГТО путем анализа локальных описаний формы ГТО, отражающих в большей степени конфигурации соседних элементов и в меньшей степени – более удаленных.

Целью работы является поиск подходов к решению проблемы распознавания малоразмерных точечных объектов по видимой части их плоских изображений с использованием описания их формы. Найденный подход должен обеспечивать решение задачи распознавания в условиях, когда заранее неизвестно, какие отметки множества с включенными в него ложными отметками составляют распознаваемые

группы, сколько их и к каким классам они принадлежат, неизвестны их смещение и ориентация в поле зрения.

Решаемые задачи. Для достижения поставленной цели в данном направлении исследований решались задачи:

- выявления признаков взаимного расположения пространственно компактных подгрупп у различных классов групп малоразмерных объектов, сохраняющиеся в описаниях целиком наблюдаемых групп и обладающих достаточной толерантностью к типовым вариациям их структуры, искажениям от ложных отметок и пропусков полезных, инвариантностью к заданным группам геометрических преобразований;
- разработка не зависящих от конкретных классов рассматриваемых образов методов выделения и кодирования (представления) таких признаков;
- исследование свойств представлений выявленных признаков в различных условиях наблюдения;
- синтеза алгоритмов распознавания групп малоразмерных объектов по их видимым фрагментам (в условиях наличия нескольких эталонных классов ГТО);
- оценки качества принимаемых решений полученными алгоритмами для различного уровня действия искажающих факторов.

Компьютерное моделирование. Для формирования локальных описаний формы ГТО используется отображение точечной сцены в кумулятивное векторное поле (ассоциированный сплошной образ) [8], но с исключением парциального поля j -го элемента ГТО, для которого формируется это отображение.

$$z_j(\mathbf{x}) = \sum_{n=1, n \neq j}^N s_n h(\mathbf{x} - \mathbf{x}_n) \exp(i\varphi_n(\mathbf{x})), \quad i = \sqrt{-1}, \quad (1)$$

$$h(\mathbf{x}) = \exp\left(-\frac{|\mathbf{x}|^2}{2r^2}\right),$$

$$\varphi_n(\mathbf{x}) = \arg(\mathbf{x} - \mathbf{x}_n) = \arctg(\operatorname{Im}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_n) / \operatorname{Re}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_n)),$$

где $h(\mathbf{x})$ – функция силы действия парциального абстрактного поля источника, $\varphi(\mathbf{x})$ – направление действия поля, r – параметр, характеризующий радиус действия парциального поля. Распределение потенциала и направления действия такого поля однозначно связаны с конфигурацией расположения точечных отметок.

Чтобы добиться снижения избыточности и инвариантности к смещению и вращениям, поставим в соответствие каждому точечному объекту v_n локальное описание конфигурации ГТО в виде множества из K отсчетов векторного поля (1), расположенных по окружности радиусом r :

$$v_n \rightarrow \mathbf{z}_n = \{z_{n0}, z_{n1}, \dots, z_{nK-1}\}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, N. \quad (2)$$

Отсчеты целесообразно брать с равным угловым шагом α с учетом теоремы отсчетов Котельникова.

На рисунке 1 приведены примеры локальных описаний для двух элементов ГТО: a – совмещает точечную сцену и векторную диаграмму поля в точках взятия отсчетов; b и $в$ – те же отсчеты векторного поля при цепном кодировании на комплексной плоскости.

Множество таких комплекснозначных отсчетов представляет собой дискретный сигнал или вектор-контур [6] унитарного пространства, к которому применимы известные типовые преобразования и методы обработки [1, 6].

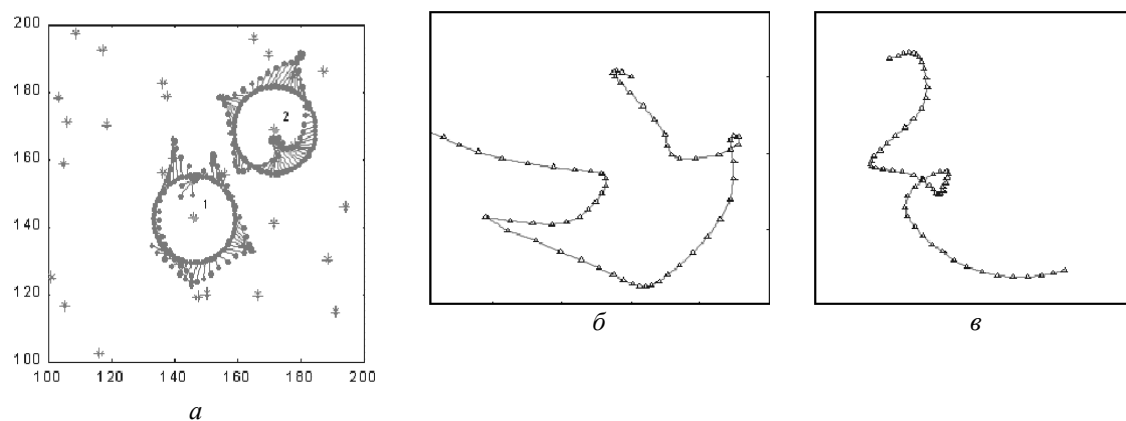


Рис. 1. Иллюстрация формирования локальных описаний формы ГТО

Примем в качестве эталонных идеализированных описаний четырех заявленных метаклассов элементов ГТО соответствующие вектор-контуры точек прямолинейной регулярной цепочки с фиксированным шагом d и регулярного скопления с матричной структурой с таким же расстоянием d между элементами.

На рисунке 2 показано, что векторная картина поля вокруг заданных типов элементов цепочки сохраняется даже при высокой кривизне траектории цепочки.

Эталонные описания типовых элементов скопления представлены на рисунке 3.

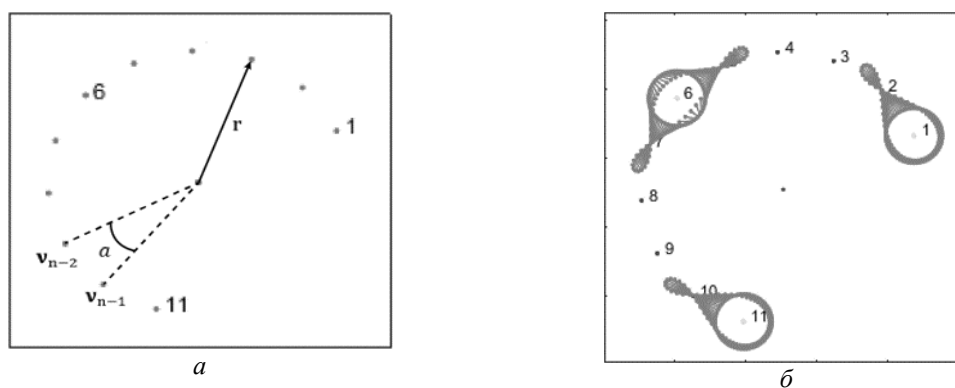


Рис. 2. Описания элементов цепочки

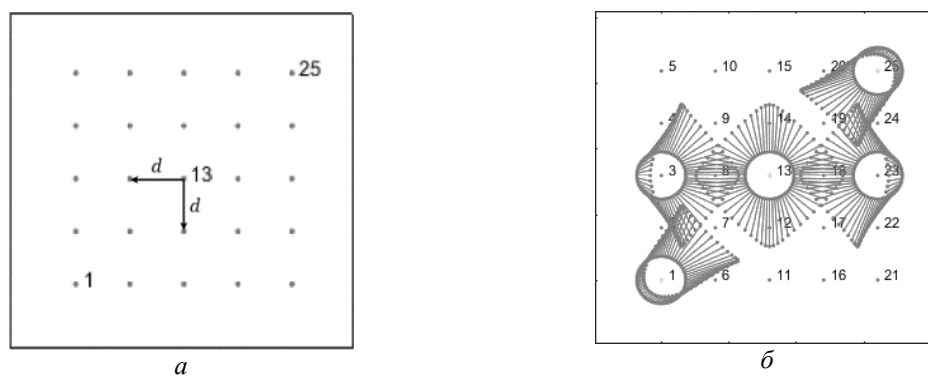


Рис. 3. Описания типовых элементов скопления

Локальные описания формы ГТО $\mathbf{z}_n$ можно рассматривать как векторы или точки в K -мерном признаковом унитарном пространстве C^K . Предполагается, что искаженные указанными ранее мешающими факторами вектор-контур образуют в этом пространстве кластеры вокруг эталонных центров. При таком допущении в качестве меры схожести вектор-контуров используется расстояние между точками этого пространства, а в качестве критерия распознавания может использоваться минимум расстояния в признаковом пространстве.

На этапе обучения для четырех типов элементов ГТО сформированы эталонные вектор-контур

$$\{\mathbf{u}_m\}, m=1,2,3,4, \mathbf{u}_m = \{u_{mk}\}, k=0,1,2,\dots,K-1, \quad (3)$$

а для элементов обнаруженного ГТО – множество

$$\{\mathbf{z}_n\}, n=1,2,3,\dots,N, \mathbf{z}_n = \{z_{n0}, z_{n2}, \dots, z_{nK-1}\} \quad (4)$$

наблюдаемых описаний.

Представим все искажения вектор-контуров, вызванные мешающими факторами, аддитивной моделью

$$\mathbf{z}_n = \mathbf{u}_m(a, \varphi_0) + \mathbf{g}_n, \quad (5)$$

$$\mathbf{u}_m(a, \varphi_0) = \{u_{m(k+a) \bmod K} \exp(i\varphi_0)\}, \quad (6)$$

где $\mathbf{g}_n$ – шумовой вектор-контур, φ_0 – угловое рассогласование эталонного и наблюдаемого изображений ГТО, a – циклический сдвиг начальной точки контура, $\mathbf{u}_m(a, \varphi_0)$ – повернутый и циклически сдвинутый код эталонного вектор-контура.

Тогда оптимальный по критерию минимального расстояния алгоритм маркировки элемента v_n ГТО заключается в нахождении в пространстве C^K ближайшего к $\mathbf{z}_n$ эталонного вектора $\mathbf{u}_m$:

$$H = \arg \min_m R(\mathbf{u}_m, \mathbf{z}_n), \quad (7)$$

где $R(\mathbf{u}_m, \mathbf{z}_n)$ – расстояние между вектор-контурами в признаковом пространстве, H – результат маркировки, равный номеру самого близкого эталонного вектор-контура.

В работе [6] показано, что благодаря свойствам скалярного произведения $(\mathbf{u}, \mathbf{u}(0, \varphi_0))$ вектор-контуров в унитарном пространстве C^K перераспределять энергию между своей действительной и мнимой частями

$$(\mathbf{u}, \mathbf{u}(0, \varphi_0)) = \cos \varphi_0 \|\mathbf{u}\|^2 + i \sin \varphi_0 \|\mathbf{u}\|^2$$

и при произвольных масштабах вектор-контуров, участвующих в скалярном произведении, минимальной достаточной статистикой распознавания может служить максимальный (в отношении смещения отсчетов) модуль нормированного скалярного произведения

$$H = \arg \max_{m,a} \frac{|(\mathbf{u}_m(a), \mathbf{z}_n)|}{\|\mathbf{u}_m\| \|\mathbf{z}_n\|}. \quad (8)$$

Данный алгоритм оказывается инвариантным к угловому рассогласованию и смещению эталонных и наблюдаемых ГТО, а также к энергиям (нормам) вектор-контуров.

Важно отметить, что если обнаружение ГТО осуществлялось путем разрушения ребер минимального остовного дерева точечной сцены, в статистическом смысле слишком длинных, чтобы принадлежать ГТО [6], то можно провести для каждого эталона селекцию элементов наблюдаемого ГТО. Так, например, если в минимальном дереве ГТО вершина имеет степень 3, то она может быть отнесена к 4-му метаклассу без вычисления и формирования вектор-контура для данного элемента ГТО. Если степень вершины равна двум, то она не может относиться к 1-му метаклассу, т.е. можно на четверть сократить число проверяемых гипотез в алгоритме.

Техника эксперимента. Оценка эффективности распознавания частично маскированных ГТО по наиболее схожему локальному описанию конфигурации ГТО проводилась путем статистических испытаний программных реализаций полученных алгоритмов на ЭВМ.

В качестве эталонных ГТО брались случайные реализации двумерного пуассоновского потока точек с заданной плотностью p и соответствующим этой плотности средним расстоянием между соседними точками r_p (средняя длина ребра минимального остовного дерева ГТО). Видимая часть наблюдаемого ГТО формировалась геометрическими преобразованиями смещения и поворота эталонного ГТО соответствующего класса. Флуктуации координат точечных объектов моделировались по независимому центрированному двумерному нормальному закону со среднеквадратическим отклонением σ по каждой координатной оси.

На рисунке 4 приведены характеристики распознавания ГТО в виде зависимости вероятности правильного распознавания P от величины, характеризующей относительный уровень координатных шумов $q_{\text{вш}} = r_p / \sigma$, при различных масштабных параметрах функции векторного поля. Графики № 1-5 получены при соответствующих значениях декремента затухания $\alpha = 1/2r^2 = \{10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}\}$.

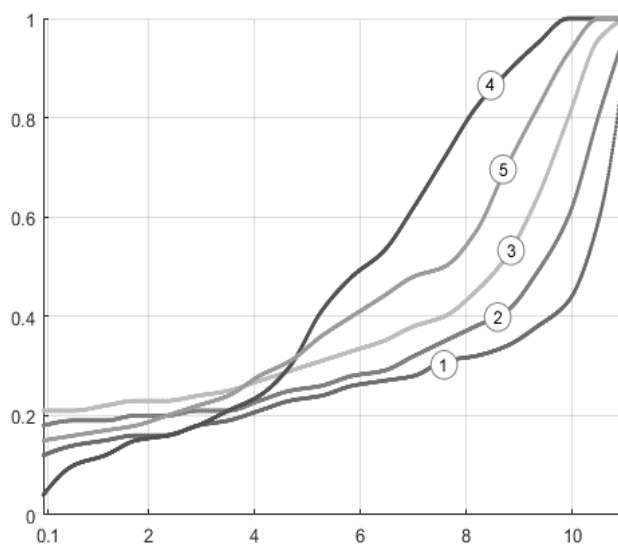


Рис. 4. Характеристики распознавания ГТО

На данном этапе исследований яркости точечных объектов не учитывались и принимались равными, ложные отметки и пропуски полезных отсутствовали, маскировалась половина площади, занимаемой ГТО, смещением за поле зрения кадра. Ра-

диус цилиндрических сечений векторного поля согласовывался с плотностью точек ГТО соотношением $r_0 = r_p$. Это значение выбиралось из компромиссных соображений увеличения охвата областей влияния большего числа соседних элементов ГТО и снижения влияния краевых эффектов [12] у границ кадра наблюдаемого изображения. Эксперименты проводились для числа распознаваемых классов ГТО $M = 5$.

Анализ результатов исследования. Из анализа данных зависимостей следует, что существует некоторый оптимальный масштаб функции поля, при котором пороговое СКО координатных шумов достигает $1/8$ от среднего расстояния между соседними элементами ГТО для вероятности правильного распознавания $P \geq 0,8$.

Выводы. При распознавании групповых точечных объектов в большинстве приложений наиболее информативным признаком выступает форма взаимного расположения точечных объектов группы. Применение известных методов распознавания формы ГТО становится проблематичным, когда в поле зрения наблюдателя попадает лишь часть ГТО одного из известных классов. Возможные флуктуации точечных объектов от своих эталонных положений дополнительно усложняют задачу распознавания частично маскированных ГТО.

Использование признаков формы для распознавания частично маскированных ГТО возможно, если использовать не полное, а локальные описания конфигурации соседних элементов ГТО. В качестве локальных описаний предлагается использовать дискретизированные цилиндрические сечения абстрактного кумулятивного векторного поля с источниками в элементах ГТО и ограниченным масштабом дальности действия. Модуль и аргумент каждого отсчета таких дискретных комплексных кодов соответствуют силе и направлению действия векторного поля. Мера схожести на основе модуля скалярного произведения таких описаний формы обеспечивает инвариантность к ракурсу наблюдения ГТО и не зависит от смещения ГТО в кадре.

Полученные на данном этапе исследований характеристики распознавания подтверждают эффективность рассмотренного метода распознавания частично маскированных ГТО в значимом для практики диапазоне случайных флуктуаций координат элементов ГТО.

Работа частично финансировалась из грантов РФФИ № 16-01-00451 и Минобрнауки РФ №2.3135.2017/4.6**.*

** Вопросы синтеза и анализа полученных алгоритмов.*

*** Вопросы приложения полученных математических моделей в системах массового обслуживания и автоматизированных системах управления.*

Список литературы

1. Точечные поля и групповые объекты / Я. А. Фурман, А. А. Роженцов, Р. Г. Хафизов, Д. Г. Хафизов, А. В. Кревецкий, Р. В. Ерусланов; под общ. ред. Я. А. Фурмана. – М: Физматлит, 2014. – 440 с.
2. Верба, В. С. Обнаружение наземных объектов. Радиолокационные системы обнаружения и наведения воздушного базирования / В. С. Верба. – М.: Радиотехника, 2007. – 360 с.
3. Бурый, А. С. Методы идентификации астроориентиров в задачах ориентации и навигации космического аппарата по изображениям звездного неба / А. С. Бурый, С. Н. Михайлов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1994. – № 7-8. – С. 44-52.
4. Анисимов, В. В. Распознавание и цифровая обработка изображений / В. В. Анисимов, В. Д. Курганов, В. К. Злобин. – М.: Высш. шк., 1983. – 295 с.
5. Кревецкий, А. В. Обработка изображений в системах ориентации летательных аппаратов / А. В. Кревецкий. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – 149 с.

6. Мандель, И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
7. Цифровая обработка видеоизображений / А. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин. – М.: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009. – 518 с.
8. Krevetsky, A. Identification of fragments of groups of point objects based on the comparison of the code description of the vector field / A. Krevetsky, S. Chesnokov // Slovak International Scientific Journal. – 2017. – No 11. – P. 3-11.

UDC 621.391.266

IDENTIFICATION OF ELEMENTS OF PARTLY MASKED IMAGES OF NON-STATIONARY GROUPS OF POINT OBJECTS BASED ON FIELD APPROACHES

Krevetsky Alexander Vladimirovich, Chesnokov Sergey Evgenievich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

Group point objects (GPO) can be considered as a set of contrasting with respect to the background of images of point marks, with a stable sign of describing their shape. When recognizing the form of the GPO, a number of problems arise, one of which is the limitation of the field of view. In this case, in the observed image frame there is only a part of the GPO of one of the known classes. The impact of noise of a different nature distorts the description of the GPO's form and complicates the task of recognizing partially masked GPOs.

In the paper, the recognition of GPO s, represented by a description of their mutual arrangement using cylindrical sections of an abstract vector field with sources in the elements of the GPO, and weakening of the field action when moving away from the GPO element is investigated.

Local descriptions of the GPO configuration are represented by a discrete complex-valued code, in which the module and the argument of each sample correspond to the force and direction of the vector field. A measure of similarity on the basis of the scalar product module of such form descriptions ensures invariance to the angle of observation of the GPO and does not depend on the displacement of the GPO in the frame. Recognition characteristics confirm the effectiveness of the considered method of recognizing partially masked GPO s in a range of random fluctuations of coordinates of GPO elements, which is significant for practice.

Keywords: *Group point object, associated solid image, point fields, recognition of group objects, analysis of point scenes, spatial compactness, vector field, cylindrical field cross-sections, cumulative field, invarity to rotation, complex-valued coding.*

УДК 658.5.012.7

СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ СТАТУСА РЕЙСА И ОТЧЕТ О НАЗЕМНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ САМОЛЕТА

Моисеев Николай Геннадьевич, Сафин Фарух Исмаилович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
webexpert1986@gmail.com

В статье рассмотрен вопрос о разработке приложения для осуществления непрерывного дистанционного контроля за системой обеспечения безопасности полетов, в частности за наземным обслуживанием.

Ключевые слова: *Slide to unlock, Pinch to zoom, Pull to refresh, ОСС.*

Введение. В эпоху ускоренного роста технического прогресса во всем мире существующие технологии не стоят на одном месте, они постоянно развиваются, а вместе с ними развивается и мобильная индустрия. Всем прекрасно известно, что сейчас любой человек не может обойтись без телефонной связи, люди повседневно пользуются мобильными телефонами и не могут представить свою жизнь без них.

Сегодня мобильные устройства все сильнее проникают в нашу жизнь, они уже давно перестали быть предметом роскоши и стали чем-то необходимым. Именно это позволяет использовать их для решения самых различных задач. Большая популярность мобильных устройств создала новую нишу для разработчиков на рынке труда. Но несмотря на это, область разработки мобильных приложений все-таки остается молодым и развивающимся направлением, особенно если сравнивать с web разработкой или разработкой игр.

Динамику развития мобильных приложений и мобильных операционных систем в полной мере могут оценить пользователи, которые начали обращаться к смартфонам 5-7 лет назад. Некоторое время назад шли активные патентные разбирательства по таким темам, как «slide to unlock», «pinch to zoom», «pull to refresh». Сегодня же все производители устройств и производители операционных систем используют данные жесты в равной мере, и это уже не является чем-то уникальным. Стоит отметить, что с каждым обновлением операционной системы принципиальных различий между ними становится все меньше, чего нельзя сказать про технологии разработки. Каждая мобильная операционная система написана на своем языке программирования. В конечном счете получается, что если заказчик хочет получить приложения для iOS и Android, будет необходимо разработать два приложения с совершенно разным программным кодом, но выполняющим одно и то же. Однако существует кроссплатформенная разработка мобильных приложений, которая не имеет таких особенностей, но имеет куда более существенные минусы.

Минусы кроссплатформенной разработки:

- ✓ медленная работа приложения;
- ✓ не используются уникальные особенности платформы;
- ✓ непривычный для пользователя интерфейс

Целью данной статьи является представление информации о возможности контроля за авиарейсами, а также получения сведений об отчете наземного обслуживания самолета в онлайн-режиме.

Актуальность исследования. Существует множество решений по этому вопросу, и вы скажете, что это уже всем известная тема. Но здесь затронута не только всем известная функция контроля за рейсами самолета, но также и такая немаловажная проблема, как контроль наземного обслуживания самолета. Ведь если бы не было наземного обслуживания самолета, то в каком состоянии были бы воздушные лайнеры? Это – как сесть в машину, не зная об ее техническом состоянии. А представьте себе, что вы сели в самолет, на котором не в полном объеме было проведено техническое обслуживание? О таком страшно даже подумать, ведь в такой ситуации на высоте 9000 м шансы выжить весьма ничтожны. Вы решили полететь отдохнуть, а из-за каких-то форс-мажорных обстоятельств, сбоя работы системы безопасности ваш полет будет сопряжен с угрозой для жизни. Ладно, давайте думать о хорошем, поэтому перейдем к самой сути данной статьи.

Цель исследования – разработка приложения к программе мобильного телефона для осуществления непрерывного дистанционного контроля за системой обеспечения безопасности полетов, в частности за наземным обслуживанием.

Решаемые задачи:

- 1) оптимизация процесса коммуникации:
 - ✓ ОСС и супервайзерами наземных служб,
 - ✓ ОСС и коммерческой службой,
 - ✓ ОСС и отделом планирования,
 - ✓ статистика и анализ данных для оптимизации процесса обслуживания;
- 2) система отслеживания статуса рейса.

Принцип работы контроля за полетами. Онлайн полеты самолетов в реальном времени – уникальная возможность отследить на карте направления авиаперевозок, полностью увидеть маршрут любого самолета.

Воздушные суда ежедневно осуществляют тысячи авиаперевозок и являются своеобразным связующим звеном между разными точками на планете. Совсем недавно получить сведения об авиарейсе можно было исключительно в аэропорту на информационном табло, в настоящее время карта полета самолетов в реальном времени решает эту задачу.

Онлайн-мониторинг, производящий визуальное наблюдение за воздушными судами, сегодня набирает обороты, и с каждым днем все больше пользователей просматривают и отслеживают перемещение самолетов, пользуясь удобной картой. Система наблюдения обслуживания воздушного движения собирает информационные данные со всех бортов.

Следить за полетом самолета в реальном времени можно при условии, что авиалайнер оснащен радио ответчиком ADS-B. Соответственно все воздушные суда, не оснащенные транспондерами или находящиеся вне полетной зоны покрытия сети принимающих станций, в системе сервиса не отображаются. Территория Европы покрыта практически полностью, отсюда и поступают всеохватывающие сведения об авиаперевозках.

В качестве еще одного способа оценки развития данной области можно отметить то, что многие компании начали разрабатывать мобильные приложения не только для своих клиентов, но и для и своих сотрудников. Внедрение мобильных технологий в процесс работы компании позволяет достичь следующих целей:

- ✓ повышение производительности труда;
- ✓ обеспечение большего контроля над рабочими процессами;
- ✓ увеличение общей информатизации организации.

Гражданская авиация – авиация, используемая в целях воздушных перевозок населения и грузов. По данным, опубликованным Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), в 2017 году на регулярных авиарейсах было перевезено рекордное число пассажиров – 4,1 млрд, что представляет собой рост на 7,1 % по сравнению с 2016 годом [3]. Российские авиакомпании в 2017 году увеличили перевозки пассажиров на 18,6 %, до 105 млн человек. Устойчивость этого впечатляющего роста международных гражданских воздушных перевозок обеспечивается за счет постоянных улучшений в сфере безопасности полетов, авиационной безопасности, эффективности и охраны окружающей среды.

Теперь же обратимся к такому термину, как наземное обслуживание. Что оно из себя представляет?

Наземное обслуживание. Наземное обслуживание воздушного судна (ВС) или хэндлинг (англ. handling) – комплекс работ по приёму ВС (обычно самолёта) на стоянке, по подготовке его к вылету и выпуску в полёт. Очевидно, что от высокопрофессионального выполнения операций по наземному обслуживанию воздушного судна напрямую зависят как имидж авиаперевозчика в глазах пассажиров, так и его прибыль, не говоря уже о безопасности пассажиров и экипажа. Можно сказать, что наземное обслуживание является одной из гарантий успешного выполнения рейса.

Организация наземного обслуживания воздушных судов в аэропортах включает в себя следующие виды услуг:

- ✓ коммерческое и техническое обслуживание самолетов;
- ✓ заправка топливом;
- ✓ загрузка самолета бортипитанием;
- ✓ постановка самолета в ангар;
- ✓ помощь в прохождении паспортного и таможенного контроля;
- ✓ организация VIP обслуживания пассажиров и членов экипажа;
- ✓ бронирование гостиниц для пассажиров и членов экипажа;
- ✓ визовая поддержка пассажиров и членов экипажа;
- ✓ автотранспортные услуги.

Описания приложения Ground OPS. Ground OPS – это комплексное решение на пути к улучшению эффективности координации наземного обслуживания и обеспечения полетов

Система состоит из следующих модулей:

- ✓ расписания рейсов;
- ✓ отчеты о наземном обслуживании;
- ✓ сообщения и уведомления;
- ✓ управление пользователями.

Пример использования передачи по информации показан на рисунке 1. Например, сотрудник наземного обслуживания в соответствии с должностными обязанностями выполнил задание – заправка самолета, и после того как он заправил самолет или выполнил иное задание в соответствии с инструкцией, он сразу же через приложение отправляет на сервер статус о том, что самолет был заправлен или же не заправлен (возникли какие-то проблемы), а далее сотрудники, отвечающие за контроль наземного обслуживания, получают уведомления о том, что самолет был заправлен или же самолет не готов к вылету, и согласно инструкции предпринимают другие действия.

Применение предлагаемого приложения позволит сэкономить время и ресурсы, а также предотвратить случаи катастроф самолета, предпосылки которых можно разделить на три основных класса:

- ✓ отказ техники (неисправность);
- ✓ влияние факторов внешней среды;
- ✓ человеческий фактор.

На самом деле все просто: после завершения очередного задания сотруднику достаточно только отправить отчет на сервер, а там уже работники ОСС, отвечающие за центр управления полетами, решат, как поступать дальше по инструкции.

Основной задачей центра управления полетами (ОСС) является управление полетами авиакомпании, а также координация работ наземных служб аэропорта, связанных с рейсами авиакомпании.

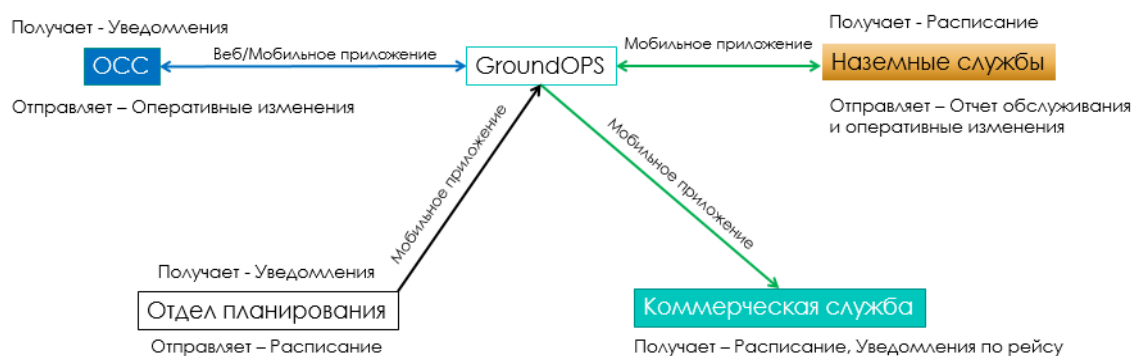


Рис. 1. Оптимизация процесса координации (блок-схема)

Более подробное взаимодействие интерфейса показано на рисунке 2. То есть данное приложения имеет Интерфейсы реализации:

- ✓ веб-приложения;
- ✓ мобильного приложения для Android;
- ✓ REST API интерфейса для интеграции.

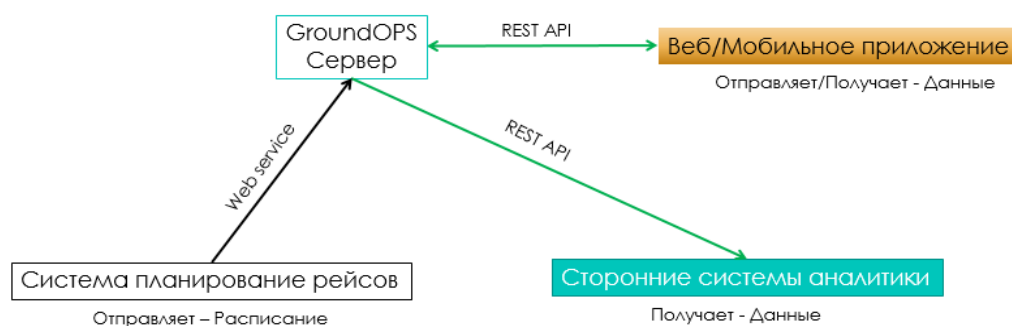


Рис. 2. Взаимодействие интерфейсов

Заключение. Данное приложение не имеет аналогов на рынке и предполагает наличие контроля за статусом рейса, а также отправку отчета о наземном обслуживании самолета. В будущем это приложение сможет предотвратить множество катастроф и происшествий и тем самым спасти жизни пассажиров.

Данное приложение – не конечный продукт, оно будет развиваться с учетом дополнительных требований ИКАО по обеспечению системы безопасности полетов, одним словом, оно будет идти в шаг с инновационными технологиями.

Список литературы

1. Наземное техническое обслуживание самолетов, заправка самолетов топливом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://profijet.com/en/node/117> (дата обращения: 14.05.2018)
2. Полёты в режиме онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avticket.ru/samolet-online> (дата обращения: 14.05.2018)
3. Continued passenger traffic growth and robust air cargo demand in 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.icao.int/Newsroom/NewsDoc2018/COM.01.18.EN.pdf> (дата обращения: 14.07.2018)

UDC 658.5.012.7

FLIGHT STATUS TRACKING SYSTEM AND GROUND FLIGHT REPORT AIRCRAFT SERVICE

Moiseev Nikolai Gennadievich, Safin Farukh Ismailovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The article considers the development of an application for the implementation of continuous remote control over the safety management system, in particular for ground handling.

Ключевые слова: *Slide to unlock, Pinch to zoom, Pull to refresh, OCC.*

УДК 004.931

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПЕРВИЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЧАСТИЧНО МАСКИРОВАННЫХ ЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГРУППОВЫХ ТОЧЕЧНЫХ ОБЪЕКТОВ СО СТРУКТУРАМИ ЦЕПОЧКА / СКОПЛЕНИЕ

Уржумов Даниил Владимирович, Кревецкий Александр Владимирович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
UrzhumovDV@volgatech.net

Задача распознавания формы изображений групп точечных и малоразмерных объектов (ГТО) является нетривиальной по причине вырожденности формы входящих в их состав элементов. В качестве способа описания ГТО предложен ассоциированный сплошной образ (АСО), реализованный построением минимального остового дерева с вершинами в элементах. Предложены алгоритмы различения ГТО с нестационарной конфигурацией классов «цепочка» и «скопления», основанные на анализе автокорреляционной функции (АКФ) контура АСО и анализе доли диаметра в суммарной длине ребер минимального дерева, образующего АСО. Проведен сравнительный анализ статистики различений предложенных алгоритмов при различных факторах, осложняющих различение.

Ключевые слова: *групповой точечный объект; конфигурация группы точек; опознавание скоплений; опознавание цепочек; форма минимального дерева; диаметр минимального дерева; форма контура; автокорреляционная функция контуров; интервал корреляции контуров; корреляция отсчетов контуров.*

Введение. Изображения групп точечных и малоразмерных объектов (ГТО) состоят из множества пространственно изолированных отметок, отличных по яркости от фона [1]. Примерами таких изображений являются локационные изображения группы объектов искусственного происхождения на подстилающей поверхности земли, снимки созвездий и т. п.

Поскольку различные семейства ГТО (набор классов с близкими свойствами) могут иметь существенные различия в наборе информативных признаков, целесообразно применять предварительную классификацию семейств ГТО. В качестве примеров ГТО, обладающих существенно разными свойствами, можно выбрать «цепочки» и «скопления». Идеализированный (в отсутствие шумов) цепочечный ГТО пред-

ставляет собой множество точечных или малоразмерных объектов, расположенных с некоторым (возможно, случайным) шагом по гладкой траектории малой кривизной. Моделью скопления можно считать множество точек, распределенных по площади. Помимо использования результатов различения указанных классов для дальнейшей классификации ГТО, опознавание цепочек имеет самостоятельное значение для обнаружения объектов искусственного происхождения, часто обладающих подобным пространственным размещением (например, колонны автотранспорта, опоры ЛЭП и т. д.) [2].

Вырожденность формы составляющих ГТО объектов, их изолированность, а также наличие координатных шумов и помех в виде ложных отметок осложняют задачу классификации ГТО [3].

Приведение ГТО к связному виду путем построения ассоциированного с ней сплошного образа (АСО) снижает влияние фактора изолированности, а также позволяет анализировать взаимное расположение входящих в состав ГТО объектов, что в значительной мере компенсирует вырождение их формы [4].

Простейшим способом построения АСО является объединение объектов, входящих в его состав, в минимальное дерево (МД) – ациклический граф, обладающий минимальной суммарной длиной ребер. Построение МД позволяет получить АСО, независимый от параметров преобразования, что дает возможность упростить последующую процедуру различения за счет исключения влияния данных параметров [5]. Недостатком АСО, основанном на построении МД, является малая устойчивость к искажению ГТО вследствие возможности изменения последовательности ребер по сравнению с эталонным при отклонении координат объектов, входящих в состав ГТО.

Для различения ГТО классов «цепочка» и «скопление» на АСО вида МД применяются следующие алгоритмы.

- Алгоритм анализа доли побочных ветвей МД основан на модели МД идеализированной цепочки как маршрута вида $v_1 v_2 \dots v_n$, где степени вершин:

$$\begin{aligned} \deg v_1 &= \deg v_n = 1; \\ \forall i \in [2, n-1] \deg v_i &= 2. \end{aligned} \quad (1)$$

В качестве критерия различения выступает отношение диаметра МД к суммарной длине его ребер:

$$\frac{\sum_{v_i \in V} d(M_i^*)}{S(G)} < t, \text{ где } S(G) = \sum_{u_j \in U} d(u_j), \quad (2)$$

которое для идеализированной цепочки равно единице. Достоинством данного алгоритма является его низкая вычислительная сложность, обоснованная отсутствием необходимости строить и анализировать контур АСО, а основными недостатками – малая устойчивость к искажению координат ГТО в силу отсутствия в алгоритме сглаживания подобных искажений и применимость исключительно в АСО, основанных на построении МД.

- Алгоритм анализа главного лепестка автокорреляционной функции (АКФ)

$$\eta(d) = \frac{(N, N_d)}{\|N\|^2} = \sum_{n=0}^{k-1} v(n + d \bmod k) v^*(n), \quad (3)$$

где $\|N\|^2$ — квадрат нормы (энергия) контура, d – циклическое смещение начальной точки контура, $*$ – знак комплексного сопряжения. В качестве меры сосредоточен-

ности энергетического спектра контура в области низких частот принимается размер его интервала корреляции τ , определяемый как ширина главного лепестка модуля АКФ вектор-контура N :

$$\tau = \inf_d (|\eta(d)| < \eta_0). \quad (4)$$

Данный алгоритм обладает большей трудоемкостью, чем алгоритм анализа доли побочных ветвей, однако он более устойчив к искажениям координат ГТО в силу свойств АКФ.

- Алгоритм анализа средней корреляции соседних элементарных векторов (ЭВ) контура МД ГТО, совпадающего с ребром МД, т.е. первого отсчета модуля нормированной АКФ:

$$g = |\eta(1)| = \frac{(N, N_1)}{\|N\|^2} = \sum_{n=0}^{k-1} v((n+1) \bmod k) v^*(n). \quad (5)$$

Вычислительная сложность данного алгоритма в k раз меньше предыдущего, причем нет необходимости выполнять эквализацию кода контура [6].

Целью настоящей работы является исследование статистики применения предложенных алгоритмов различения для разных значений параметров, затрудняющих обнаружение, для определения их эффективности и ограничений применимости.

Методика решения задачи. Для конкретизации условных распределений вероятностей в качестве эталонного скопления использовалось случайное равномерное поле точечных отметок в пределах заданного квадрата. В качестве эталонных цепочек использовались расположенные на траектории с относительным радиусом кривизны $R = R'/r_c$ с равным шагом точечные отметки. Здесь r_c – средняя длина ребра минимального дерева ГТО. В каждом опыте эталонные положения точечных отметок ГТО искажались независимо нормальным шумом с нулевым математическим ожиданием и СКО $\sigma' = \sigma \cdot r_c$. Исследовались ситуации с $R = \{\infty; 13,8; 8,3; 5,9; 4,1\}$.

Описание результатов. На рисунках, представленных ниже, приведены выборочные распределения вероятностей (гистограммы относительных частот) статистики g для ГТО со структурой скопления (левый график) и цепочки для траектории с кривизной $R = 4,1$ при различных уровнях координатных шумов: $\sigma = \{0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4\}$ – графики справа налево. Указанные значения σ соответствуют отношениям сигнал/шум $g = 1/\sigma = \{20; 10; 6,7; 5; 4; 3,3; 2,9; 2,5\}$.

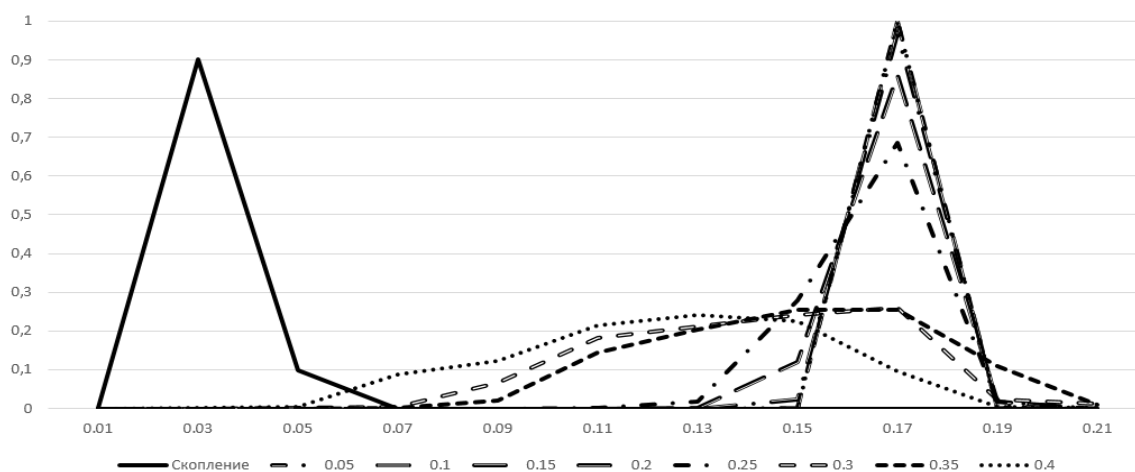


Рис. 1. Гистограммы частот значений статистики различения для алгоритма побочных ветвей МД

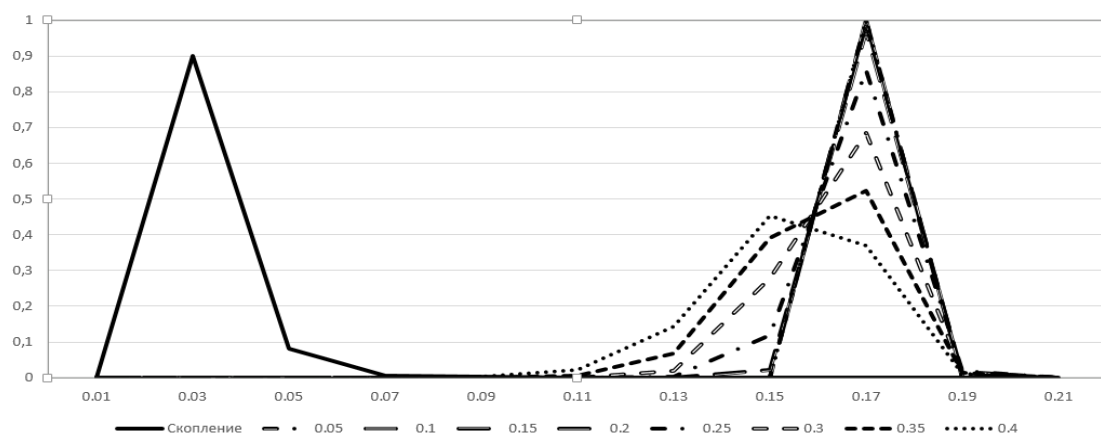


Рис. 2. Гистограммы частот значений статистики различения для алгоритма анализа главного лепестка АКФ

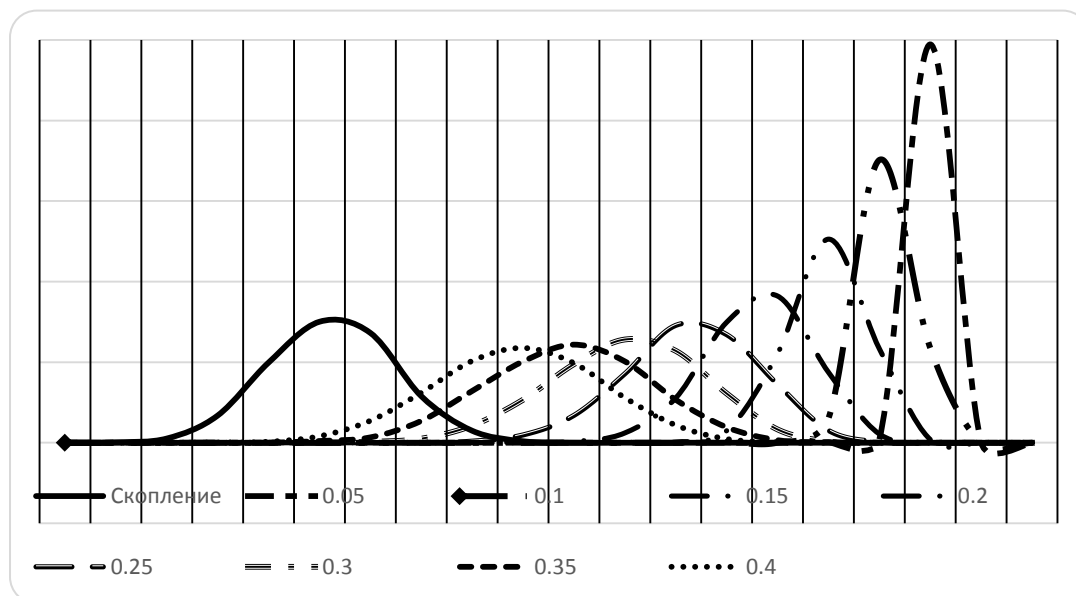


Рис. 3. Гистограммы частот значений статистики различения для алгоритма анализа средней корреляции ЭВ контура МД

Рисунок 1 иллюстрирует график статистики для алгоритма побочных ветвей МД. Рисунок 2 отражает статистику для алгоритма анализа главного лепестка АКФ. На рисунке 3 представлен график статистики для алгоритма анализа средней корреляции соседних ЭВ контура МД ГТО.

Полученные характеристики демонстрируют неустойчивость метода побочных ветвей при повышении уровня координатных шумов, алгоритмы анализа главного лепестка АКФ и средней корреляции ЭВ контура МД. Одномодовый характер и компактность выборочных распределений позволяют сделать предположение, что в качестве минимальной достаточной статистики оптимального алгоритма может использоваться величина g .

На рисунке 4 представлен график значений порога $g_0(q)$ для критерия максимального правдоподобия. Он практически совпадает для всех указанных выше значений кривизны траектории цепочки R .

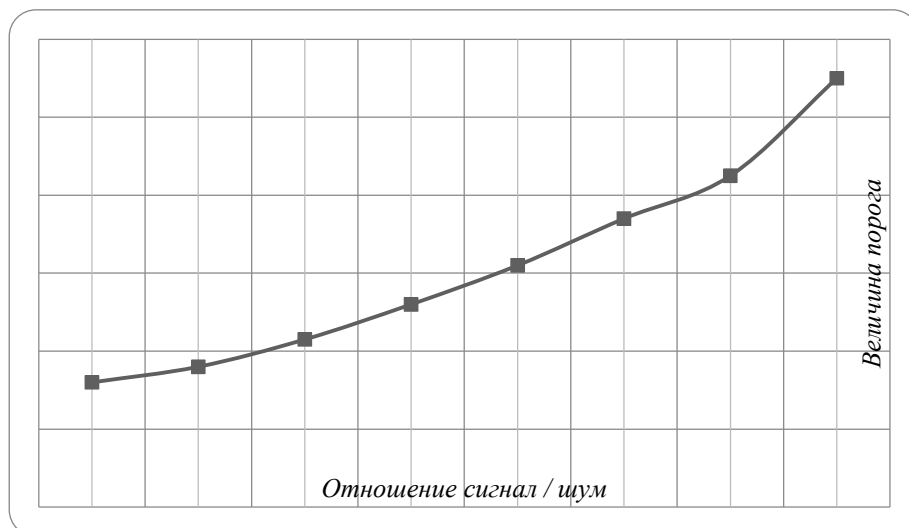


Рис. 4. Значение порога $g_0(q)$, оптимального по критерию максимального правдоподобия

Выводы. Анализ особенностей взаимного расположения элементов ГТО цепочек и скоплений в сочетании с предложенным методом их связывания МД и методом кодирования формы контура такого графа позволил получить алгоритмы различения цепочек и скоплений на основе анализа диаметра МД, ширины главного лепестка АКФ и единственного отсчета АКФ контура. Первый алгоритм, несмотря на низкую вычислительную трудоемкость оказался неустойчивым к повышению уровня координатного шума. Два оставшихся алгоритма обладают высокой устойчивостью к кривизне траектории цепочки и практически значимой устойчивостью к уровню флуктуаций координат элементов ГТО в плане достоверности принимаемых решений.

Второй алгоритм существенно выигрывает по трудоемкости различения. Платой за это служит определенное снижение пороговых отношений сигнал / шум. В то же время данный алгоритм обеспечивает вероятность ошибок не выше 10 %, вплоть до случайных флуктуаций координат элементов ГТО со среднеквадратическим отклонением $\sigma = 0,33$ от среднего расстояния между ними.

В дальнейшем полученные алгоритмы планируется исследовать на устойчивость к помехам в виде ложных отметок и пропуска полезных, возникающих при обнаружении элементов ГТО.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-01-00451, и в рамках Государственного контракта № 2.3135.2017/ПЧ от 31.05.2017 г.

Список литературы

1. Точечные поля и групповые объекты / Я. А. Фурман, А. А. Роженцов, Р. Г. Хафизов, Д. Г. Хафизов, А. В. Кревецкий, Р. В. Ерусланов; под общ. ред. Я. А. Фурмана. — М: Физматлит, 2014. — 440 с.
2. Верба, В. С. Обнаружение наземных объектов. Радиолокационные системы обнаружения и наведения воздушного базирования / В. С. Верба. — М.: Радиотехника, 2007. — 360 с.
3. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я. А. Фурман, А. В. Кревецкий, А. К. Передреев и др.; под ред. Я. А. Фурмана. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2003. — 592 с.

4. Кревецкий, А. В. Кодирование и распознавание изображений множеств точечных объектов на основе моделей физических полей / А. В. Кревецкий, С. Е. Чесноков // Автоматизация. – 2002. – № 3. – С. 80-89.
5. Архитектура систем комплексного дешифрирования изображений аэрокосмических изображений подстилающей поверхности земли в реальном масштабе времени / С. Е. Чесноков, А. В. Кревецкий, Д. В. Уржумов, Ю. А. Ипатов // Вестник МарГТУ. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012. – № 1. – С. 47-59.
6. Кревецкий, А. В. Опознавание изображений цепочечных структур из групп точечных объектов по корреляции элементов кодов их контуров / А. В. Кревецкий, Д. В. Уржумов // Кибернетика и программирование. – 2017. – № 6. – С. 19-27. – DOI: 10.25136/2306-4196.2017.6.25091. – URL: http://e-notabene.ru/kp/article_25091.html

UDC 004.931

COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR PRIMAL CLASSIFICATION OF PARTIALLY MASKED GROUP POINT OBJECT LOCATION IMAGES WITH AREA / CHAIN STRUCTURES

Urzhumov Daniel Vladimirovich, Krevetsky Alexander Vladimirovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The task of shape recognition for images of point and small sized objects (GPO) is nontrivial because of their member objects shape degradation. An associate continuous image created by construction minimal spanning tree (MST) with GPO member objects as vertices is proposed as a way of GPO description. Algorithms for distinction of GPOs with nonstationary configuration belonging to the class "area" and "chain" based on contour autocorrelation function (ACF) and MST diameter part in total MST edges length analysis are proposed. Comparative analysis of statistics for proposed algorithms distinction at different factor complicating the distinction.

Keywords: group point object, group of point configuration, area recognition, chain recognition, minimal spanning tree, minimal spanning tree diameter, contour shape, contour autocorrelation function, contour correlation range, correlation of contour indications

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 625.765

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ ДОБАВОК В АСФАЛЬТОБЕТОНАХ

*Веюков Евгений Валерианович, Салихов Мухаммет Габдулхаевич,
Ендылетов Артем Олегович, Тарасов Роман Сергеевич*

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
VeukovEV@volgatech.net

Предложена методика изучения динамики изменения концентрации противогололедных добавок в асфальтобетонах, применяемых для устройства покрытий автомобильных дорог. Суть методики заключается в следующем. Асфальтобетоны, в состав которых входят противогололедные добавки (хлористые соли), помещаются в муфельную печь для выжигания битума и органических включений. В полученную смесь добавляется вода для растворения солей. В дальнейшем определяется концентрация солей в растворе и путем косвенных вычислений устанавливается концентрация противогололедных добавок в изучаемом асфальтобетоне.

Ключевые слова: асфальтобетонные смеси, гололед, накат, зимняя скользкость, противогололедные добавки, хлористые соли.

Введение. В настоящее время как в России, так и за рубежом основными способами борьбы с гололедообразованием и зимней скользкостью являются фрикционный и комбинированные способы. В Российской Федерации их доля составляет 94,3 % [1]. Однако по сравнению со способами механической очистки они приводят к удорожанию работ по зимней эксплуатации в 3 раза [1]. Кроме того, отработанный материал загрязняет дорожное полотно, а в населенных пунктах он забивает водоотводные инженерные коммуникации. Поэтому с учетом зарубежного и отечественного опыта в России принята концепция перехода к борьбе с зимней скользкостью на дорогах химическими способами.

Наряду с традиционными способами борьбы, предупреждения и ликвидации скользкости и уменьшения вредного воздействия на окружающую среду за последние десятилетия появились новые способы. Один из перспективных способов заключается в придании покрытию дорог противогололедных свойств. В Словакии разработан «соленый бетон» [2], представляющий собой обработанные кристаллы противогололедного вещества (NaCl), введенные в минеральную часть асфальтобетона. В 1995 году группой авторов из РосдорНИИ был запатентован материал для

устройства верхнего слоя дорожного покрытия [3]. Авторы предложили способ приготовления композиций для устройства верхнего слоя дорожных покрытий, содержащих антигололедную добавку, представляющую собой продукт совместного помола хлористых солей (90 %) и гидрофобизатора на основе кремнийорганических продуктов (10 %). А. Н. Котухов предложил вводить в асфальтобетон хлористый натрий без всяких добавок, уменьшающих коррозию и др. [4]. Он обосновывает это тем, что введение комплексных противогололедных добавок значительно удорожает стоимость покрытия. Основываясь на большом количестве экспериментальных данных, А. Н. Котухов приходит к выводу, что введение в асфальтобетон 5 % (по массе минеральной части) хлористого натрия обеспечивает уменьшение адгезии льда к поверхности покрытия в 2-3 раза. Сотрудниками Поволжского государственного технологического университета выявлено, что добавление в состав смеси щебеночно-мастичных асфальтобетонов (ЩМА) до 5-7 % (от массы песчаной части) хлористых солей (NaCl , CaCl_2 или их смесей) позволяет снизить прочность сцепления льда с поверхностью покрытия автомобильной дороги в 2,5-5,0 раза [5].

Суть работы вышеописанных покрытий заключается в том, что на их поверхности постоянно присутствует противогололедный реагент, который при взаимодействии с осадками (снегом, инеем, переохлажденным дождем) образует незамерзающий раствор, значительно ослабляющий сцепление снежно-ледяных образований с покрытием и предупреждает обледенение покрытий. При разработке таких материалов перспективным представляется изучение стабильности противогололедного эффекта. С этой целью были поставлены задачи для разработки методики, позволяющей определить концентрацию противогололедных добавок в применяемых асфальтобетонах.

Цель исследований – разработка методики определения концентраций противогололедных добавок в асфальтобетонных покрытиях.

Методика проведения экспериментов. Испытываются стандартные цилиндрические образцы диаметром и высотой 71,4 мм по стандартным методикам ГОСТ 12801. Формование образцов асфальтобетонов проводится при давлении 40 МПа в течение 3 минут при температурах +140...+160 °С. В таблице 1 представлен состав исследуемых образцов антигололедных щебеночно-мастичных асфальтобетонов (АЩМА).

Таблица 1

Состав исследуемых образцов АЩМА

№ состава	Количество противоморозной добавки, % от песчаной части ЩМА	Процентное содержание, %					
		Гранитный щебень М 1200 фракции 5-20 мм	Отсевы дробления щебня М 1200	Минеральный порошок	Стабилизирующая добавка Viatop-66	NaCl	Битум вязкий нефтяной БНД 90/130
1	0	77,0	12,20	10,8	0,4	0,00	6,00
2	1	77,0	12,08	10,8	0,4	0,12	6,00
3	3	77,0	11,83	10,8	0,4	0,37	6,00
4	5	77,0	11,59	10,8	0,4	0,61	6,00
5	7	77,0	11,35	10,8	0,4	0,85	6,00

Антигололедный ЩМА, отличается от классического ЩМА наличием в его структуре до 7 % (от массовых отсевов дробления) кристаллов хлористых солей (NaCl , CaCl_2 или их смесей).

В виду того что стандартных методов и приборов для определения антигололедных свойств асфальтобетона не существует, оценка полученного эффекта производилась по показателям прочности сцепления льда с поверхностью асфальтобетонных образцов в результате испытания на отрыв кольца льда.

Подготовленные для испытания стандартные цилиндрические щебеночно-мастичные асфальтобетонные образцы исследуемого состава (диаметром и высотой 71,4 мм) устанавливаются в специальные емкости с плоским дном, в которые заливается вода таким образом, чтобы уровень воды над нижним торцом образца составлял 2-3 см, и помещаются в холодильную камеру для намораживания кольца льда на боковой поверхности, где образцы выдерживаются в течение расчетного времени при расчетной температуре. Для испытания на адгезию используется механический универсальный пресс УП-7.

Прочность сцепления льда с поверхностью щебеночно-мастичного асфальтобетонного образца определяется по формуле [1]

$$A = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{P_{сдв}}{S_{л}}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где K_1 – коэффициент увеличения нагрузки прессы ($K_1 = 51,4$); K_2 – коэффициент перевода кгс/см^2 в МПа ($K_2 = 0,1$); $P_{сдв}$ – усилие сдвига кольца льда относительно образца, равное суммарной массе нагружаемой пластины и насыпанного на нее песка, кгс ; $S_{л}$ – площадь контакта льда с поверхностью асфальтобетонного образца:

$$S_{л} = \pi \cdot d \cdot h_{л.ср.}, \text{ см}^2, \quad (2)$$

где d – диаметр стандартного цилиндрического образца ($d = 7,14 \text{ см}$); $h_{л.ср.}$ – средняя высота кольца льда на стандартном цилиндрическом образце.

На рисунке 1 показаны результаты экспериментального изучения адгезии льда к поверхности стандартных образцов ЩМА при температуре $-9 \dots -10^\circ \text{C}$.

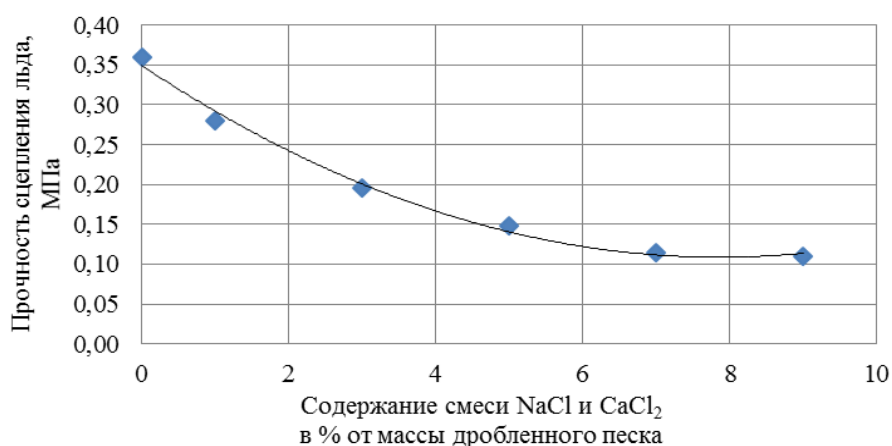


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления льда от количества противоморозной добавки в составе ЩМА

Как видно из графика, с увеличением количества противоморозных добавок в составе ЩМА происходит снижение значений силы адгезии льда и при содержании 6...7 % от массы песка их значения уменьшаются в 3 раза. Следует отметить, что при этом одновременно замедляются процессы льдообразования на покрытиях автомобильных дорог и, соответственно, снижаются затраты на удаление уже появившихся снежно-ледяных отложений.

Для установления стойкости антигололедных добавок и динамики изменения физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонов с противогололедными добавками ранее проведены экспериментальные опыты.

Изменение значений прочности сцепления льда с поверхностью ЩМА образцов с различным содержанием и крупностью соли изучалось после их вакуумирования и выдерживания в агрессивной среде в течение расчетного времени. Результаты опытов и регрессионные кривые, полученные по ним, представлены на рисунке 2.

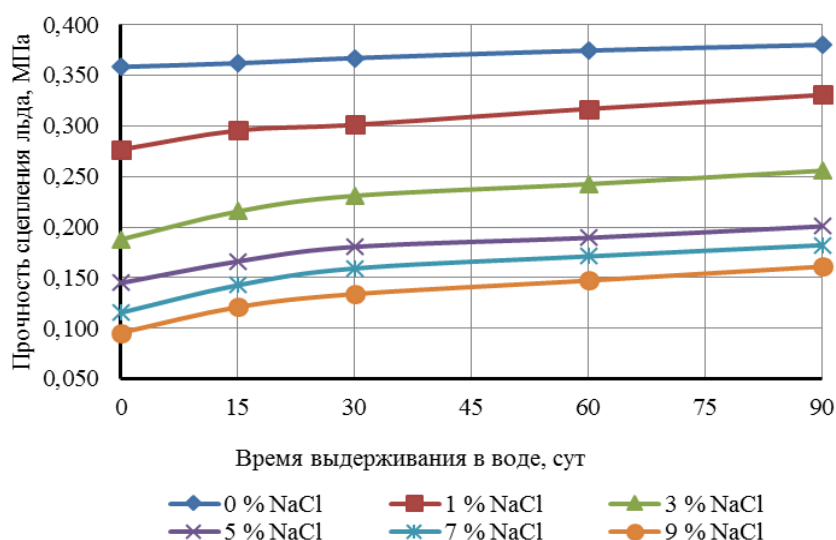


Рис. 2. Зависимость изменения прочности сцепления льда для образцов ЩМА с добавкой

Для определения точной концентрации вводимых противогололедных добавок предложена следующая методика. После испытаний покрытий образцы в лотках помещают в муфельную печь, температуру в которой доводят до $(500 \pm 10)^\circ\text{C}$ и выдерживают при такой температуре в течение 1-3 часов. После выжигания лотки вынимают щипцами из печи и охлаждают на толстой металлической плите до комнатной температуры. Полученную смесь переносят в металлический стакан и заливают водой. Стакан герметически закрывают крышкой и интенсивно встряхивают в течение 10-15 минут. Полученный раствор солей с взвешенными частицами минерального материала сливают, а затем фильтруют.

Для определения содержания солей раствор тщательно перемешивают. Затем с глубины 3-5 мм от поверхности пипеткой отбирают 50 см^3 раствора и переносят в фарфоровую чашку. Остатки раствора в пипетке смывают в чашку водой. В дальнейшем воду удаляют из чашки выпариванием на песчаной бане при температуре $100-110^\circ\text{C}$. Выпаривание прекращают, когда разность между двумя взвешиваниями не превышает 0,05 г. Концентрацию добавок определяют путем косвенных вычислений.

Проведение опытов и анализ их результатов. Подготовленные образцы испытывались по вышеописанным методикам. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Выводы. Разработанная методика позволяет определить концентрацию солей применяемых в качестве противогололедных добавок в асфальтобетонах. Максимальное отклонение по абсолютной величине составляет 0,10 %.

Таблица 2

Результаты определения концентрации добавок

№ опыта	№ состава	Количество противоморозной добавки, % от песчаной части ЦМА		
		фактическое	измеренное по разработанной методике	разность по модулю
1	1	1,00	1,10	-0,10
2			1,00	0,00
3			1,05	-0,05
4			0,96	0,04
5			1,00	0,00
6			1,05	-0,05
7			1,04	-0,04
8			1,05	-0,05
9	2	3,00	3,05	-0,05
10			3,07	-0,07
11			2,94	0,06
12			2,95	0,05
13			3,07	-0,07
14			2,98	0,02
15			2,95	0,05
16			3,08	-0,08
17	3	5,00	4,95	0,05
18			5,09	-0,09
19			5,03	-0,03
20			5,02	-0,02
21			4,95	0,05
22			5,10	-0,10
23			5,10	-0,10
24			4,94	0,06
25	4	7,00	5,02	-0,02
26			7,04	-0,04
27			7,05	-0,05
28			7,02	-0,02
29			6,96	0,04
30			6,96	0,04
31			7,05	-0,05
32			7,01	-0,01
33	4	7,00	7,05	-0,05
34			7,10	-0,10

Список литературы

1. Розов, Ю. Н. Противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и улицах / Ю. Н. Розов, С. Ю. Розов, О. В. Френкель // Обзорная информация. – М.: ФДА «Информационный центр по автомобильным дорогам», 2006. – № 4. – 105 с.
2. Зимнее содержание автомобильных магистралей: обзорная информация / ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. – М., 1985. – Вып. 4. – 65 с.
3. Лысенко, В. Е. Антигололедное покрытие / В. Е. Лысенко // Автомобильные дороги. – 1996. – № 4. – С. 18.
4. Котухов, А. Н. Антигололедный асфальтобетон для дорожного строительства: дис. ... канд. техн. наук / А. Н. Котухов. – Белгород: БГТУ им. Шухова, 2003. – 198 с.
5. Веюков, Е. В. Технологии строительства и очистки ото льда лесовозных дорог с антигололедным покрытием: дис... канд. техн. наук. / Е. В. Веюков. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 160 с.

UDC 625.765

**DETERMINATION METHODOLOGY OF CONCENTRATION
ANTI-HYGIENE ADDITIVES IN ASPHALT CONCRETE**

*Veyukov Evgeniy Valerianovich, Salikhov Muhammet Gabdulkhaevich,
Endylotov Artem Olegovich, Tarasov Roman Sergeevich*

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

A technique is proposed for studying the dynamics of the change in the concentration of antifoaming additives in asphalt concrete used for coating road surfaces. The essence of the methodology is as follows. Asphaltic concrete, which includes anti-ice additives (chloride salts), are placed in a muffle furnace for burning out bitumen and organic inclusions. Water is added to the resulting mixture to dissolve the salts. Further, the concentration of salts in the solution is determined and by the indirect calculations the concentration of antifoaming additives in the asphalt concrete is determined.

Keywords: asphalt-concrete mixtures, ice, rolling, winter slipperiness, antifoaming additives, chloride salts.

УДК 691 327

**ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННОГО
КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ СМЕШАННОГО ЦЕМЕНТА**

Кононова Ольга Витальевна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
kononovaov@volgatech.net

Исследовано влияние кварцевого наполнителя с удельной поверхностью 100 и 500 м²/кг на формирование свойств конструкционного керамзитобетона. Изучены составы бетона при содержании смешанного цемента от 200 до 600 кг/м³ жесткостью от 5 до 25 с. Установлено повышение эффективности использования наполнителя в бетоне при введении суперпластификатора С-3.

Ключевые слова: конструкционный керамзитобетон, кварцевый наполнитель, удельная поверхность, жесткость бетонной смеси, предел прочности при сжатии, суперпластификатор.

На современном этапе в строительстве бетон остается практически универсальным материалом с широкой гаммой физико-технических и физических свойств. Происходит процесс дальнейшего совершенствования свойств и технологии производства бетонов. В значительной степени этот процесс опирается на достижения в области цементной промышленности и в области, связанной с применением новых видов химических добавок [1].

За последние 30 лет в России увеличился выпуск бездобавочных цементов с повышенным (до 65 %) содержанием трехкальциевого силиката и возросла средняя удельная поверхность производимых цементов с 300 до 350 м²/кг. Оба фактора повышают проектные механические характеристики и кинетику роста ранней прочности бетонов. При этом роль активных минеральных добавок и наполнителей в структурообразовании бетонов и в обеспечении стойкости бетонов к коррозии сохраняется.

Исследования показывают, что минеральные добавки целесообразнее использовать на стадии приготовления бетонов. Со всей очевидностью это проявляется в технологии самоуплотняющихся бетонов, где проявляется наполняющая функция порошковых компонентов. Самоуплотняющийся бетон, приготовленный с применением суперпластификаторов на основе поликарбоксилатных эфиров, с большим количеством порошковых компонентов хорошо сопротивляется расслаиваемости и длительно сохраняет удобоукладываемость. С точки зрения эффективности применения суперпластификатора исследователи отмечают важность его введения на последней стадии перемешивания во избежание поглощения добавки компонентами бетонной смеси (интеркаляция) [2].

Что касается направления, связанного с производством легких бетонов, то с учетом современных достижений в области бетоноведения представляется перспективным в полной мере реализовать потенциал производства и применения в строительстве конструкционных керамзитобетонов. Если наличие плотных горных пород в большинстве регионов России ограничивается неводостойкими осадочными карбонатными породами, то сырье для производства керамзита достаточно распространено по территории России. Само производство керамзита также освоено. Для многих регионов керамзитобетон является местным материалом. Накоплен большой положительный опыт применения керамзитобетонов в ограждающих конструкциях.

Сегодня специалисты обращают внимание на необходимость распространения области применения керамзитобетонов на несущие конструкции. Широкий диапазон свойств керамзита позволяет изготавливать на его основе не только ограждающие, но и эффективные несущие сборные и монолитные конструкции [3].

Дальнейшее совершенствование составов и технологии конструкционных керамзитобетонов должно базироваться на современных достижениях в области технологии бетонов и должно решать задачи снижения его стоимости, повышения его технических характеристик и долговечности. Повышению долговечности бетонов может способствовать применение в составе бетонов минеральных добавок. Минеральные добавки в бетоне, как известно, выполняют две функции. С одной стороны, они могут химически участвовать в процессах твердения цемента, способствуя повышению стойкости бетонов к коррозии. С другой стороны, они участвуют в структурообразовании цементного вяжущего и бетона как наполнители: регулируют его нераслаиваемость, плотность, а также прочностные и эксплуатационные свойства, определяющие долговечность.

Для активных минеральных добавок важнейшими характеристиками являются их минералогический состав, плотность и удельная поверхность [4]. В соответствии с ГОСТ 31 108-2016 в состав бетона могут вводить как активные, так и практически инертные добавки: пуццоланы, глиежи, микрокремнезем, золу-унос, а также гранулированный шлак и известняк [5].

В данном исследовании для моделирования наполняющей функции минеральных добавок применялась инертная минеральная добавка – кварцевый наполнитель.

Цель исследования – совершенствование составов и технологии получения конструкционных керамзитобетонов.

Задача исследования – изучение влияния удельной поверхности кварцевого наполнителя на формирование прочностных характеристик конструкционного керамзитобетона.

Математическое, аналитическое или иное моделирование. Моделирование наполняющей роли минеральных добавок с использованием кварцевого наполнителя выполнено на уровне изучения формирования прочности керамзитобетона на соста-

вах с низким и высоким содержанием смешанного цемента. Рассмотрены закономерности формирования прочности конструкционного керамзитобетона под влиянием удельной поверхности наполнителя, содержания смешанного цемента, жесткости бетонной смеси и применения суперпластификатора С-3.

Техника эксперимента. Исследовано влияние удельной поверхности кварцевого наполнителя 100 и 500 м²/кг при его содержании в смешанном цементе в количестве 50 % на формирование прочности конструкционного керамзитобетона. В эксперименте применялся смешанный цемент раздельного помола. Бездобавочный портландцемент имел удельную поверхность 400 м²/кг и был получен помолом портландцементного клинкера производства ЗАО «Ульяновскцемент». Кварцевый наполнитель с удельной поверхностью 100 и 500 м²/кг вводился на стадии приготовления бетонной смеси. Сравнивалась прочность составов бетона, отличающихся удельной поверхностью кварцевого наполнителя. В составах бетона использовался керамзит со средней плотностью 700 кг/м³ фракции 5-20 мм в количестве 0,9 м³ на 1 м³ бетона. В качестве мелкого заполнителя применялся природный кварцевый песок с модулем крупности 2,1. Базовый состав керамзитобетона подбирался из равноподвижных смесей жесткостью 5, 15, и 25 при расходе смешанного цемента 200, 400 и 600 кг в 1 м³ бетона. Прочность при сжатии керамзитобетона контролировалась на образцах размером 100×100×100 мм после тепловлажностной обработки.

Интерпретация результатов. На рисунке 1 приведены результаты влияния содержания смешанного цемента и жесткости бетонных смесей на формирование предела прочности при сжатии составов бетона. Как показали исследования, практически для всех составов применение наполнителя с удельной поверхностью 500 м²/кг обеспечивает более высокую прочность, чем использование наполнителя с удельной поверхностью 100 м²/кг, – в среднем на 2,0-3,0 МПа. Для составов бетона с расходом смешанного цемента 200 кг/м³ преимущество в прочности составляет почти 30 %. Однако это не имеет существенного практического значения для конструкционного бетона, так как прочность составов бетона не превышает 10 МПа.

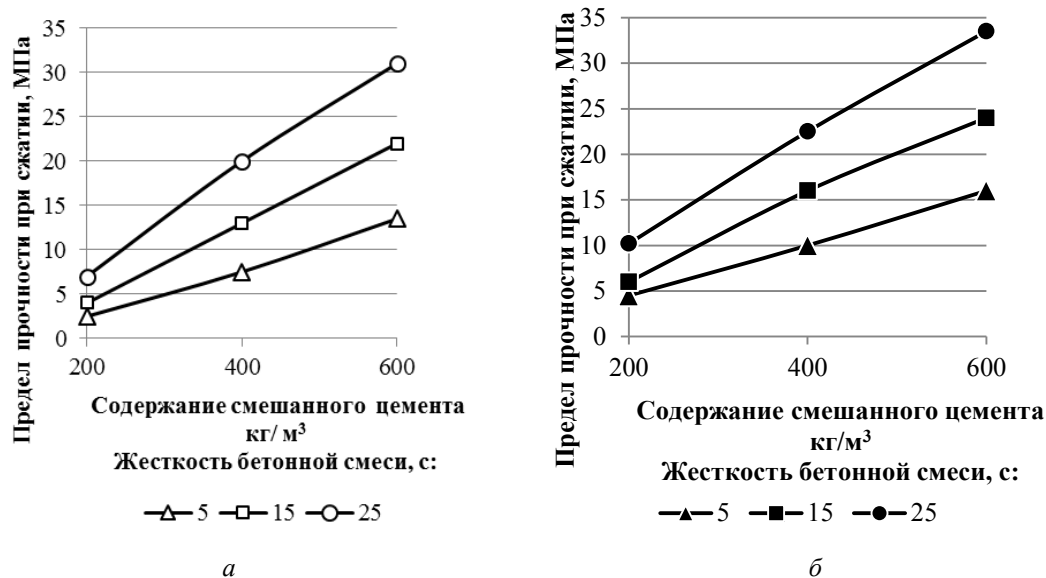


Рис. 1. Влияние содержания смешанного цемента и жесткости бетонной смеси на предел прочности при сжатии керамзитобетона при использовании кварцевого наполнителя с удельной поверхностью: а – 100 м²/кг; б – 500 м²/кг

Для бетонов с повышенным расходом смешанного цемента 600 кл/м^3 преимущество в прочности можно признать малосущественным, так как оно в среднем не превышает 10 %. Исследованиями установлена более значимая, чем дисперсность наполнителя, роль жесткости бетонной смеси.

На рисунке 2 показано влияние удельной поверхности наполнителя и суперпластификатора С-3 на прочность керамзитобетона с расходом смешанного цемента 200 кг/м^3 .

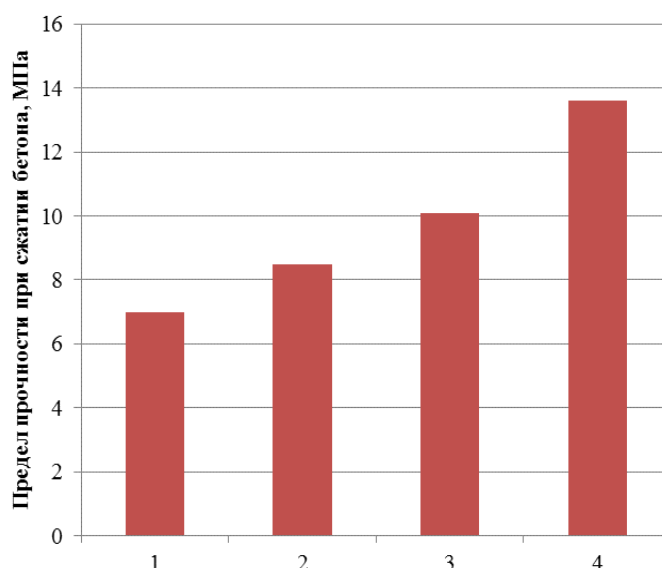


Рис. 2. Влияние суперпластификатора С-3, % от массы цемента и удельной поверхности наполнителя $S_{уд.н}$, $\text{м}^2/\text{кг}$, на предел прочности при сжатии керамзитобетона, МПа, с расходом смешанного цемента 200 кг/м^3 : 1 – $S_{уд.н} = 100$, С-3 = 0; 2 – $S_{уд.н} = 100$, С-3 = 0,5; 3 – $S_{уд.н} = 500$, С-3 = 0; 4 – $S_{уд.н} = 500$, С-3 = 0,5

Суперпластификатор вводился в растворную часть бетона, которая в дальнейшем смешивалась с увлажненным керамзитом (раздельная технология). Анализ приведенных данных показывает, что в малоцементных составах за счет повышения удельной поверхности наполнителя со 100 до $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ и введения суперпластификатора С-3 в количестве 0,5 % от массы смешанного цемента можно повысить прочность керамзитобетона с 7 МПа до 13,5 МПа, то есть практически вдвое. Полученный результат объясняется уплотнением структуры цементного камня. На составах с повышенным содержанием цемента это преимущество не выявлено.

Представляется важным оценить влияние дисперсности наполнителя на долговечность бетонов, которая взаимосвязана с объемными деформациями, происходящими в течение длительного периода в наполненном цементном камне.

На начальной стадии твердения наполненный цементный камень имеет зернистое строение и состоит из частиц цемента и минеральных добавок, склеенных гелем продуктов гидратации в зоне контактов. По опубликованным данным, требуется незначительное количество продуктов гидратации, чтобы сцементировать вместе зерна ангидритных соединений [6]. Цементная матрица длительное время представляет собой активную систему, способную к взаимодействию с углекислотой, сульфатами,

хлоридами и к щелоче-кремнеземистым реакциям. В процессе твердения микро-структура и химический состав ее жидкой фазы изменяются непрерывно, и предполагается, что со временем они постепенно приходят в равновесное состояние с твердой фазой [7].

Процесс гидратации цемента со временем замедляется. Гидратация цемента с удельной поверхностью $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ в составе цементной пасты нормальной густоты даже через 24 года твердения в воде полностью не завершается вследствие ограниченного доступа воды через гидратные оболочки зерен цемента [8].

Методом зондовой микроскопии изучена поверхность высушенных микрошлифов площадью $2 \times 2 \text{ мкм}$ цементного камня после твердения в воде в течение 24 лет. Поверхность микрошлифа цементного камня, приведенная на рисунке 1 а, показывает, что цементный камень сохраняет зернистую структуру вследствие неполной гидратации с формированием труднопроницаемых для воды плотных оболочек геля гидросиликатов на поверхности полиминеральных частиц цемента. Такой микро-рельеф не характерен для поверхности сухих микрошлифов портландцементного клинкера, показанных на рисунке 2, б.

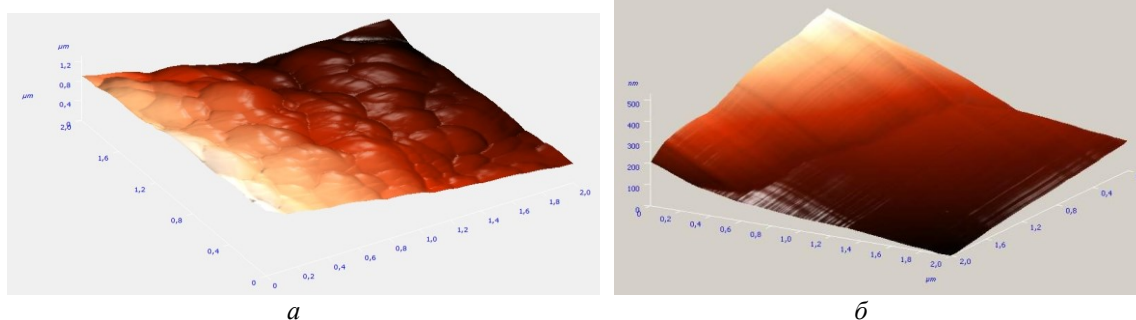


Рис. 2. Микрошлифы фрагментов поверхности площадью $2 \times 2 \text{ мкм}$:
а – цементного камня после длительной гидратации (24 года); б – цементного клинкера

Результаты, полученные методами рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии, подтверждают, что после продолжительного твердения в цементном камне остаются частицы цемента и минеральных добавок. Таким образом, на поздних стадиях твердения зернистое строение цементной матрицы остается.

Исследования показывают, что матрица из наполненного цементного камня с тонкодисперсным наполнителем испытывает более значительные объемные деформации, чем с грубодисперсным наполнителем. Образцы наполненного цементного камня размером $40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$, содержащие тонкодисперсный кварцевый наполнитель, после длительного хранения в воде (24 года) и последующего высушивания теряют прочность на изгиб и распадаются на фрагменты [9]. Этого не происходит при использовании грубодисперсного кварцевого наполнителя с удельной поверхностью $100 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Выводы. Проведенные исследования показали существенное влияние удельной поверхности кварцевого наполнителя на формирование прочности и долговечности конструкционного керамзитобетона. С точки зрения структурообразования цементного камня повышенной долговечности более оправдано применение грубодисперсного наполнителя.

Полученные данные подтверждают целесообразность введения минеральных добавок и наполнителей на стадии приготовления бетона.

Эффективность использования наполнителей в керамзитобетоне при введении суперпластификатора С-3 по отдельной технологии повышается.

Список литературы

1. Малинина, Л. А. Бетонovedение: настоящее и будущее / Л. А. Малинина, В. Г. Батраков // Бетон и железобетон. – 2003. – № 1. – С. 2-6.
2. Influences of superplasticizer modification and mixture composition on the performance of self-compacting concrete at varied ambient temperatures / W. Schmidt, H. J. N. Brouwers, H.-C. Kuhne, B. Meng // Cement & Concrete Composites. – 2014. – No. 49. – P. 111-126.
3. Новые возможности эффективного керамзитобетона [Электронный ресурс] / В. Горин, С. Токарева, М. Кабанов, П. Уваров // Строительная газета. – 2013. – № 34 (23 августа). – Режим доступа: <http://keramzit.com/article/novye-vozmozhnosti-energoeffektivnogo-keramzitobetona> (дата обращения 19.11.2017).
4. Хердтл, Р. Долговечность бетонов на основе многокомпонентных цементов / Р. Хердтл, М. Дитерманн, К. Шмидт // Цемент и его применение. – 2011. – № 1. – С. 76-80.
5. ГОСТ 31108-2016. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.
6. Брунауэр, С. Гидратация трехкальциевого и двухкальциевого силиката при комнатной температуре / С. Брунауэр, С. А. Гринберг // Четвертый международный конгресс по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1964. – С. 150-151.
7. Люк, К. Изменения, происходящие в цементном камне с минеральными добавками за двадцатилетний период / К. Люк, Е. Е. Ляховски // Цемент и его применение. – 2011. – № 1. – С. 118-122.
8. Кононова, О. В. Гидратация цемента в наполненных цементных пастах / О. В. Кононова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – Вып. 2. – С. 241-245.
9. Добшиц, Л. М. Влияние цементного камня при различной дисперсности цемента и наполнителя на долговечность бетонов / Л. М. Добшиц, О. В. Кононова // Технологии бетонов. – 2014. – С. 22-28.

UDC 625.765

FORMING THE PROPERTIES OF CONSTRUCTION CERAMIC CONCRETE BASED ON MIXED CEMENT

Kononova Olga Vitalievna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The effect of quartz filler with a specific surface of 100 and 500 m²/kg on the properties of structural claydite concrete was investigated. Concrete compositions at mixed cement content of 200 to 600 kg/m³ with a hardness of 5 to 25 seconds were studied. An increase in the efficiency of using filler in concrete with the introduction of superplasticizer C-3 is established.

Keywords: *constructional expanded clay concrete, quartz filler, specific surface, hardness of concrete mixture, compressive strength, superplasticizer.*

УДК 691.32, 666.972

КИНЕТИКА ТВЕРДЕНИЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫХ ЭФИРОВ

Леешканов Андрей Юрьевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
LeshkanovAI@volgatech.net

Изучено влияние добавок поликарбоксилатного типа на кинетику твердения бетона. Показана высокая эффективность добавок поликарбоксилатного типа вместе с ускорителем твердения. Водоцементное отношение уменьшается на 29 % с помощью добавок Glenium ACE 430 и X-SEED 100. Прочность на сжатие изучаемого бетона увеличилась до 26 % в возрасте одних суток и до 60 % в возрасте 3 суток.

Ключевые слова: бетон, суперпластификатор, поликарбоксилатный эфир, водоцементное отношение, водоредуцирование, прочность на сжатие, долговечность.

Введение. Начиная с середины прошлого века в технологии бетона произошел существенный прогресс. Изменились первоначальные представления об искусственном камне – бетоне, который был и остается наиболее массовым конструкционным материалом в строительстве.

Из многочисленных достижений науки о бетоне наиболее значимыми оказались те, которые углубили наши представления о процессах, происходящих на микроуровне и способствующих улучшению основных характеристик материала – прочности, деформативности, долговечности [1; 7; 8].

В развитии технологии бетона главную роль сыграли разработанные в результате многочисленных исследований научные основы модифицирования бетонов химическими добавками. Особого внимания заслуживает выявленная связь между строением молекул органических материалов, свойствами адсорбционных слоев и поведением цементных систем [2].

Наиболее эффективными в структурообразовании бетонов стали пластификаторы – поверхностно-активные вещества, проявляющие свою активность на границе раздела жидкость/твердое тело [3].

Пластификаторы в зависимости от химического состава подразделяются на следующие группы:

- 1) сульфированные меламинформальдегидные соединения (олигомеры) и комплексы на их основе;
- 2) сульфированные нафталинформальдегидные соединения (олигомеры) и комплексы на их основе;
- 3) модифицированные (рафинированные и практически не содержащие сахаров) лигносульфонаты.

В последние годы появились новые типы пластификаторов – производные полиоксикарбоновых кислот, которые можно выделить условно в четвертую группу суперпластификаторов. Новые добавки получили название «поликарбоксилаты» (в англоязычной литературе polycarboxylates и соответствующую аббревиатуру PCE [2, 3]. Ведущими производителями поликарбоксилатных суперпластификаторов в России в настоящее время являются как отечественные производители (Полипласт,

Глобал Трейд и др.), так и зарубежные (немецкий концерн BASF, итальянская компания Марей, швейцарский концерн Sika и др.) [1].

В отличие от традиционных суперпластификаторов (группы 1-3), действие которых основано на электростатическом отталкивании частиц цемента, суперпластификаторы на основе поликарбоксилатных эфиров (PCE) используют объемную цепь полимеров для создания стерического эффекта. В результате зерна цемента диспергируются и удерживаются на расстоянии.

Адсорбционными свойствами суперпластификаторов типа PCE можно управлять путем изменения количества карбоксилатных групп, что значительно расширяет диапазон их эффективного использования [2; 4].

Определяющим фактором эффективности суперпластификатора типа PCE является его избирательная способность к адсорбции, зависящая как от структуры полимера, так и химических условий в поровом пространстве и минералогического состава поверхности зерна цемента. Большая плотность и количество карбоксилатных групп у главной цепи приводит к быстрой и полной адсорбции полимеров [4].

Лабораторные исследования и практический опыт применения показали, что PCE-суперпластификаторы способны снизить водопотребность бетонной смеси до 30 %, придать способность к самоуплотнению, существенно повысить характеристики проектной прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, а также снизить затраты на укладку и уплотнение [1; 4; 5].

Иными словами, применение химических добавок, в частности суперпластификаторов на основе поликарбоксилатных эфиров позволяет получать высокофункциональные бетоны (ВФБ), соединяющие в себе концепции искусственного камня, показанные на рисунке 1 [8]. При этом эффективность суперпластификаторов рассматривается как отдельно, так и в комплексе с другими добавками. Уточняется также роль этих факторов в процессах гидратации цементов и формировании структуры и свойств получаемых бетонов. Для надежной оценки эффективности поликарбоксилатных добавок обязательно необходимы их испытания по методикам EN 1015 и ГОСТ 30459–2008 [7].

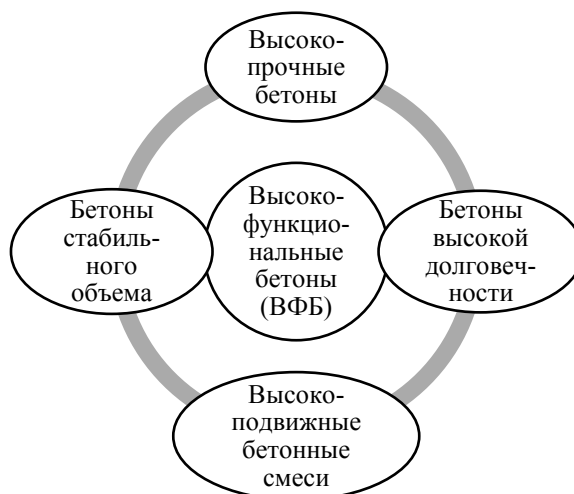


Рис. 1. Концепция высокофункционального бетона

Достоинством суперпластификаторов на основе поликарбоксилатных эфиров является продолжительный эффект пластифицирования, обеспечивающий длитель-

ную сохраняемость удобоукладываемости бетонных смесей. Возможно некоторое снижение кинетики твердения в ранние сроки твердения, а следовательно, и увеличение сроков строительства. Проблема замедления твердения модифицированного бетона в ранние сроки актуальна. Одним из способов решения этой проблемы является умеренный обогрев бетона, активизирующий процесс гидратации цемента [6]. В последнее время многие добавки бетонов производят комплексными, то есть содержащими в своем составе несколько различных химических модификаторов. Можно предположить, что необходимую кинетику твердения обеспечит комплексный модификатор, в котором наряду с суперпластификатором типа РСЕ используется добавка – ускоритель твердения бетона. В данном исследовании для ускорения процесса гидратации цемента на ранних сроках принято решение использовать добавку X-SEED100, разработанную компанией BASF, представляющую собой суспензию активных наночастиц кристаллизаторов [1; 4; 5].

Цель работы – разработка состава комплексного модификатора на основе суперпластификатора поликарбоксилатного типа и ускорителя твердения для интенсификации набора прочности бетона в ранние сроки.

Решаемые задачи: исследование совместного влияния суперпластификатора на основе поликарбоксилатного эфира GleniumACE 430 и ускорителя твердения X-SEED100 на формирование водопотребности бетонной смеси и кинетику роста ранней прочности тяжелого бетона.

Математическое, аналитическое или иное моделирование. Экспериментально исследовано влияние состава комплексного модификатора на основе добавок GleniumACE 430 и X-SEED100 на водопотребность равноподвижных квазисамоуплотняющихся бетонных смесей, а также на кинетику набора ранней прочности модифицированного бетона. Дозировки добавок назначались в пределах, рекомендованных производителями [4]. Испытывались образцы-кубы тяжелого бетона размерами 100×100×100 мм.

Техника эксперимента. Исследования выполнены на базовом составе бетона с расходом материалов на 1 м³: цемент – 400 кг; щебень доломитовый плотный фракции 5/20 мм марки 1100 по дробимости – 1180 кг; песок природный кварцевый с модулем крупности 1,9 – 690 кг. Базовый состав бетона не содержал добавок. В исследованиях использовался портландцемент типа ЦЕМ I класса 42,5 Н производства АО «Ульяновскцемент». Количество добавок в составах приведено в таблице.

Составы исследованных бетонных смесей

Наименования добавок	Содержание добавки в составе, % от массы цемента			
	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4
GleniumACE 430	0	0,6	0,8	0,1
X-CEED100	0	0,5	0,5	0,5

В процессе приготовления бетонных смесей добавки вводились с последней третьей частью воды затворения во избежание потери эффекта от поглощения их поверхностью частиц.

Равноподвижность квазисамоуплотняющихся бетонных смесей обеспечивалась подбором содержания воды, контролировалась по осадке конуса и соответствовала марке П2. Качественное уплотнение бетона при изготовлении бетонных образцов размером 100×100×100 мм достигалось виброуплотнением в течение 5 секунд. Образцы-кубы хранились при нормальных условиях и испытывались на прочность при сжатии в возрасте 1, 3 и 28 суток.

Интерпретация результатов. Исследована водопотребность модифицированных бетонов. Анализ проведенных исследований показал существенную водоредуцирующую способность суперпластификатора GleniumACE 430 в присутствии ускорителя твердения X-SEED100. Водоцементное отношение исследуемых равноподвижных составов приведено на рисунке 2.

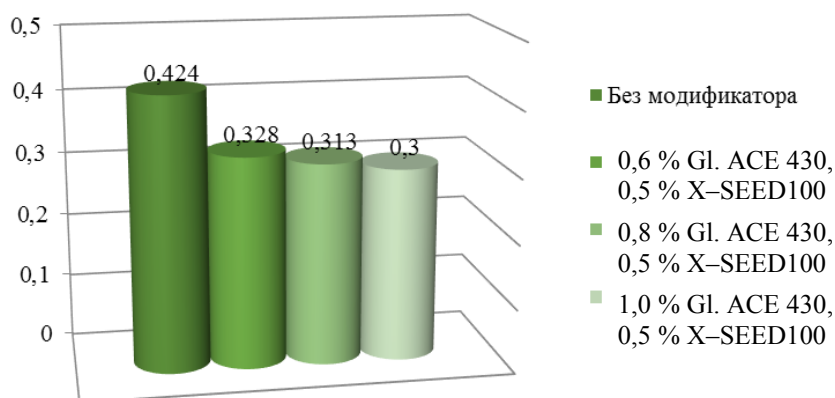


Рис. 2. Влияние содержания суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-SEED100 на водоцементное отношение равноподвижных бетонных смесей

Установлено, что в зависимости от содержания добавок водоцементное отношение снизилось на 22-29 % в сравнении с бетонной смесью без добавок. Ускоритель твердения X-SEED100 в принятом количестве 0,5 % от массы цемента не оказал влияния на изменение водопотребности.

Изучена кинетика роста прочности при сжатии исследуемых составов бетона.

Влияние содержания суперпластификатора GleniumACE 430 в присутствии 0,5 % от массы цемента ускорителя твердения X-SEED100 на прочность при сжатии тяжелого бетона показано на рисунке 3.

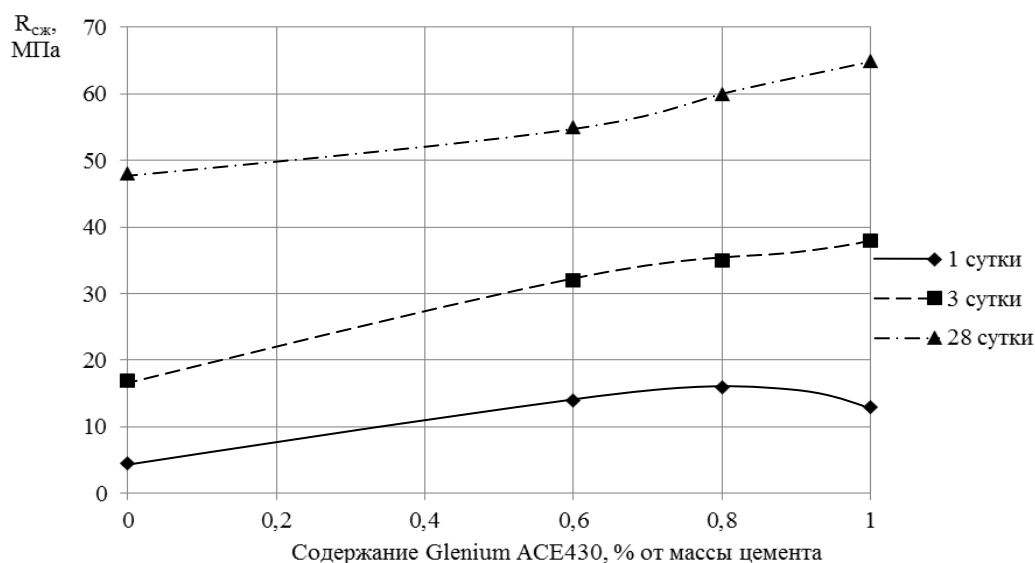


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии модифицированного бетона $R_{сж}$, МПа, от содержания суперпластификатора GleniumACE 430 в присутствии ускорителя твердения X-SEED100

Установлено, что в проектном 28-суточном и 3-суточном возрасте прочность бетона увеличивается с ростом дозировки добавок во всем исследованном диапазоне. При дозировке суперпластификатора GleniumACE 430 свыше 0,8 % в суточном возрасте отмечено понижение ранней прочности при сжатии бетона.

Таким образом, проведенный эксперимент показал, что обеспечить эффективный прирост проектной прочности и рост кинетики ранней прочности бетона возможно при использовании комплексной добавки с содержанием суперпластификатора GleniumACE 430 в пределах 0,8 % и добавки X-SEED100 в количестве 0,5 % от массы цемента. При этом проектная прочность повышается на 27 %. В суточном возрасте этот состав набрал 26 %, а в 3-суточном – около 60 %. В суточном возрасте базовый бездобавочный состав бетона на используемом цементе набрал 9 % проектной 28-суточной прочности, а в трехсуточном возрасте – в пределах 30 %.

Совместное применение суперпластификатора GleniumACE 430 и ускорителя твердения X-SEED100 при дозировке 0,8 % и 0,5 % от массы цемента соответственно позволило получить бетон прочностью 16 МПа на первые сутки, что может способствовать ускоренному снятию опалубки и увеличению темпов строительства железобетонных конструкций.

Выводы

1. Комплексное применение поликарбоксилатного суперпластификатора GleniumACE 430 с ускорителем твердения X-SEED100 позволяет снизить водоцементное отношение на 22-29 % в сравнении с бездобавочным составом бетона при сохранении равноподвижности бетонных смесей.

2. Установлено, что при использовании суперпластификатора GleniumACE 430 в количестве 0,8 % и ускорителя твердения X-SEED100 в количестве 0,5 % цемента можно существенно повысить кинетику твердения бетона в ранние сроки.

3. Оптимизация состава бетона должна учитывать предпочтения потребителя в отношении повышения кинетики ранней прочности с ускорением темпов строительства или повышения конечной прочности бетона.

Список литературы

1. Анисимов, С. Н. Влияние пластифицирующих добавок на сроки схватывания цемента / С. Н. Анисимов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. Вып. 2. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – С. 224-227.
2. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В. Г. Батраков. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
3. Вовк, А. И. Добавки на основе отечественных поликарбоксилатов / А. И. Вовк // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012. – № 9. – С. 31-33.
4. Добавки в бетон. Технический каталог; апрель, 2014. – М.: MasterBuildersSolutions, 2014. – 162 с.
5. Влияние поликарбоксилатных суперпластификаторов на структурообразование цементных паст / Л. М. Добшиц, О. В. Кононова, С. Н. Анисимов, А. Ю. Лешканов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5-5. – С. 945-948. – URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34023> (дата обращения: 31.03.2018).
6. Добшиц, Л. М. Кинетика набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками / Л. М. Добшиц, О. В. Кононова, С. Н. Анисимов // Цемент и его применение. – 2011. – № 4. – С. 104-107.
7. Современные суперпластификаторы для бетонов, особенности их применения и эффективность / Л. Я. Крамар, Б. Я. Трофимов, Т. Н. Черных, А. А. Орлов, К. В. Шуляков // Строительные материалы. – 2016. – № 11. – С. 21-25.

8. Ушеров-Маршак, А. В. Бетоны нового поколения – бетоны с добавками / А. В. Ушеров-Маршак // Бетон и железобетон. – 2011. – № 1. – С. 78-81.

UDC 691.32, 666.972

HEAVY CONCRETE HARDENING KINETICS WITH ADDITIVES BASED ON POLYCARBOXYLATE ETHERS

Leshkanov Andrey Yurievich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The effect of polycarboxylate type additives on the kinetics of concrete hardening is considered. The high efficiency of polycarboxylate type additives is shown together with the hardening accelerator. The water-cement ratio is reduced by 29 % with the additives Glenium ACE 430 and X-SEED 100. The compression strength of the concrete under study increased to 26 % at the age of 1 days and to 60 % at the age of 3 days.

Keywords: concrete, superplasticizer, polycarboxylate ether, water-cement ratio, water reducing, compressive strength, durability.

УДК 621.86 (075. 8)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ МОСТОВОГО КРАНА С ПРИВОДНЫМ ГРЕЙФЕРОМ ПРИ ЗАЧЕРПЫВАНИИ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Никишов Юрий Гаврилович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

Рассмотрены операции, выполняемые мостовым краном, оснащённым лебёдочным грейфером и условия их эксплуатации. Дана краткая техническая характеристика мостового крана и лебёдочного грейфера. Приведены результаты экспериментальных исследований параметров, характеризующих режим работы механизма подъёма крана: рассчитаны коэффициенты годового и суточного использования; определено время цикла работы крана с грейфером на разгрузке глины в бункер и транспортное средство; установлены класс использования и класс нагружения механизма подъёма; определена группа классификации (режима) работы механизма; предложены рекомендации по повышению производительности крана.

Ключевые слова: кран; грейфер; механизм подъёма; бункер; транспортное средство; цикл; коэффициент совмещения операций; коэффициент суточного использования; коэффициент годового использования; класс нагружения; группа классификации.

Введение. Одной из причин низкой долговечности и надёжности крановых механизмов и грейферов является то, что при эксплуатации их в конкретных производственных условиях неправильно определяется режим работы (группа классификации) [7, 8].

Владельцы кранов и грейферов покупают их «вслепую», т.е. без должного анализа их применимости на своих предприятиях [7]. Грузоподъёмные краны и входящие в них механизмы работают в разных режимах эксплуатации, т.е. степень их

нагрузки и интенсивность использования различны. Режим работы является комплексной характеристикой, определяющей выполнение всех расчётов на прочность, усталость и долговечность и влияющий на выбор стандартных изделий и сборочных единиц (канатов, крюков, редукторов, тормозов, двигателей) [7]. Правильно выбранный режим работы крана существенно влияет на его производительность, так как уменьшает время на обслуживание и ремонты.

Эксплуатация грузоподъёмного крана в более тяжёлом режиме работы, чем это предусмотрено его технической характеристикой, приводит к снижению его надёжности, срока службы, увеличению интенсивности отказов и уменьшению коэффициента готовности и запрещена Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов [9].

Цель исследования – определение реального режима работы (группы классификации) мостового крана с приводным грейфером, установленного в глиноприёмнике кирпичного завода ОАО «Стройкерамика» на перегрузке глины, и сравнение с паспортными данными.

Техника эксперимента и методика обработки полученных результатов. Исследование проводилось на мостовом кране КМ–5–А7–22,5–12УЗ грузоподъёмностью 5 тонн, на крюк которого навешивался приводной (лебёточный) грейфер с ёмкостью ковша $1,2 \text{ м}^3$. Достоверность приведённых результатов получена путём обработки экспериментальных данных методом вариационной статистики, в частности способом непосредственного вычисления, позволяющим с достаточной степенью надёжности получить исследуемые величины и охарактеризовать данный вариационный ряд [3, 6]. Режим работы (группа классификации) механизма подъёма груза мостового крана с грейфером исследовался в марте – апреле 2016 года.

1. Операции, выполняемые краном, и условия эксплуатации:

- 1) зачерпывание глины из насыпи и разгрузка в бункер;
- 2) зачерпывание глины из насыпи и разгрузка в транспортное средство;
- 3) зачистка бровок глиноприёмника.

Условия эксплуатации: наличие пыли, цех отапливается 6...7 месяцев в году, средняя температура воздуха 12...15 °С; наличие выхлопных газов от работы бульдозера, используемого для разрыхления грунта, и автотранспорта.

2. Экспериментальное определение параметров, характеризующих группу классификации (режим) работы механизма подъёма крана. Для выявления группы классификации (режима) работы крана с грейфером и его механизма подъёма, регламентированного ГОСТ 25835–83 [4] и Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов [9], необходимо определить класс использования механизма подъёма и режим его нагружения. Мостовой кран с грейфером используется в технологической цепочке производства кирпича. Цикл работы непрерывный, в 2 смены, включая выходные и праздничные дни, за исключением времени на обслуживание и ремонт крана и грейфера. Среднее количество рабочих дней в году 319. Коэффициент годового использования крана K_r (средний) составляет 0,88. Грузоподъёмные краны и входящие в них механизмы работают циклично. Следовательно, для правильного определения режима работы крана и его механизмов нужно знать структуру цикла, наиболее характерного для данного производственного участка, и его длительность в течение рабочей смены.

Рабочий цикл при зачерпывании глины из отвала грейфером и разгрузке в бункер или транспортное средство состоит из следующих операций: опускание грейфера на материал, зачерпывание глины, подъём гружёного грейфера на безопасную высоту, перемещение крановой тележки с грейфером по мосту крана, перемещение

крана с гружёным грейфером к месту разгрузки (бункер, автомобиль), опускание грейфера, поворот и успокоение грейфера над бункером или автомобилем, разгрузка грейфера, подъём порожнего грейфера на безопасную высоту, перемещение крана с порожним грейфером к месту новой загрузки, перемещение тележки с грейфером в точку загрузки, поворот грейфера в нужное положение перед опусканием.

В общем случае цикл работы крана $T_{\text{ц}}$ можно представить в виде формулы [10]

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{м}} + T_{\text{н}},$$

где $T_{\text{м}}$ – длительность операций, составляющих цикл, выполняемый механизмами крана;

$T_{\text{н}}$ – длительность операций, составляющих цикл, выполняемый при неработающих механизмах крана. При составлении расчётного цикла необходимо учитывать возможность совмещения операций. Для крана с приводным грейфером $T_{\text{м}}$ может быть представлена следующим образом:

$$T_{\text{м}} = 2 \frac{H_0}{v_{\text{оп}}} + 2 \frac{H_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} + 2 \frac{L_T}{v_T} + 2 \frac{S_k}{v_k} + t_{\text{зач}} + t_{\text{раз}},$$

где $H_{\text{п}}$ и H_0 – соответственно высота подъёма и опускания грейфера, м;

L_T – путь перемещения тележки по мосту крана, м;

S_k – путь перемещения крана от места зачерпывания глины грейфером до места его разгрузки (бункер, автомобиль), м;

$v_{\text{оп}}, v_{\text{п}}$ – соответственно скорость подъёма и опускания грейфера, м/с;

v_T, v_k – соответственно скорость передвижения тележки и крана, м/с;

$t_{\text{зач}}$ – время зачерпывания, с;

$t_{\text{раз}}$ – время разгрузки грейфера, с.

Таблица 1

График загрузки мостового крана с грейфером

Наименование операций	Полезная нагрузка (средняя), кг	Путь перемещения (средний), м	Натурное время операции (среднее), с
Опускание порожнего грейфера на материалах	2500	2,0	$t_1 = 6,0$
Зачерпывание глины	1660	-	$t_2 = 15$
Подъём гружёного грейфера	4160	2,0	$t_3 = 6,0$
Перемещение тележки с грейфером по мосту крана при разгрузке:			
в бункер	4160	4,0	$t_4 = 6,0$
в автомобиль	4160	8,0	$t_4 = 12,0$
Перемещение крана с грейфером к месту разгрузки:			
в бункер $S_{\text{кр}}$	4160	15,0	$t_5 = 19,0$
	4160	10,0	$t_5 = 12,5$
в автомобиль $S_{\text{кр}}$	4160	16,0	$t_5 = 20,0$
Опускание гружёного грейфера	4160	2,0	$t_6 = 6,0$
Разгрузка грейфера	1660	-	$t_7 = 13,5$
Подъём порожнего грейфера	2500	2,0	$t_8 = 6,0$
Перемещение крана с порожним грейфером к месту загрузки	2500	15,0	$t_9 = 19,0$
		10,0	$t_9 = 12,50$
		16,0	$t_9 = 20,0$
Перемещение тележки с грейфером в точку загрузки	2500	4,0	$t_{10} = 6,0$
		8,0	$t_{10} = 12$
Время на поворот и успокоение грейфера	-	-	$T_{\text{н}} = 3 \dots 8$
Коэффициент совмещения операций, K_c			$K_c = 0,8$

Длительность операций, составляющих цикл T_m , при неработающих механизмах крана, включает поворот грейфера вручную или другим способом, успокоение грейфера от раскачивания и т.д. График загрузки крана с грейфером представлен в таблице 1. Время каждой операции замеряется секундомером.

Общее время цикла работы крана с грейфером при разгрузке в бункер при длине пути перемещения крана 10 метров составляет 80...90 с, 15 метров – 96...101 с; при погрузке в транспортное средство (автомобиль) – 107...112 с, что совпадает с временем цикла, определённым экспериментальным путём (табл. 2).

Таблица 2

Экспериментальное определение среднего времени цикла работы крана с грейфером

Насыпная плотность глины, кг/м ³	Масса зачерпнутой глины (средняя), кг	Место разгрузки	Время цикла (среднее), с	Число наблюдений	Коэффициент вариации, %	Показатель точности, %	Показатель достоверности, %	Вероятность результата
1260	1660	Бункер	85	18	12,9	3,3	1,96	0,95
		Автомобиль	112	15	12,0	3,1	1,96	0,95

Для дальнейших расчётов принято время цикла $T_{\text{ц}}^{\text{cp}}$, указанное в таблице. Для определения режима работы (группа классификации) необходимо найти класс использования механизма подъёма и режим его нагружения.

2.1. *Определение класса использования механизма подъёма.* Общая продолжительность эксплуатации механизма в часах и определяется по формуле [4]

$$N = n_{\Gamma} \cdot t_{\text{сут}} \cdot h_{\text{год}},$$

где n_{Γ} – срок службы механизма, лет;

$t_{\text{сут}}$ – среднесуточное время использования, ч;

$h_{\text{год}}$ – число рабочих дней в году.

Срок службы механизма подъёма крана n_{Γ} составляет 5 лет (2012...2016 гг.).

Число рабочих дней в году (среднее), по данным производственного отдела завода, – $h_{\text{год}} = 319$ дней. Кран теоретически работал в две смены по 7 часов в смену (согласно графику работы) при коэффициенте использования рабочего времени $\kappa_{\text{в}} = 1,0$. Для выявления реального времени работы крана было проверено 100 смен и количество зачерпываний (циклов) глины грейфером с разгрузкой в бункер или транспортное средство. Результаты замеров приведены в таблице 3.

Таблица 3

Эксплуатационные значения коэффициента использования рабочего времени крана

Количество зачерпываний с разгрузкой (циклов)				Время цикла (среднее), с		Коэффициент использования рабочего времени $\kappa_{\text{в}}$ (средний)		
первая смена		вторая смена		разгрузка в бункер	разгрузка в автомобиль	I смена	II смена	за сутки
в бункер	в автомобиль	в бункер	в автомобиль					
4417	1906	4208	1812	85	112	0,48	0,46	0,47

Учитывая, что в летние месяцы кран с грейфером используется более интенсивно, можно без особой погрешности принимать коэффициент κ_v равным 0,5. Подставив полученные данные в вышеприведённую формулу, получим

$$N = 5 \cdot 7 \cdot 319 = 11165 \text{ ч},$$

что соответствует классу использования механизма A_4 и характеризует нерегулярное интенсивное использование при двухсменной работе [4] (см. приложение 4 [9]).

2.2. *Определение класса (режима) нагружения.* Режим нагружения механизма подъёма характеризуется величиной коэффициента распределения нагрузки K (K_p), определяемого по формуле

$$K = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^3 \cdot \frac{t_i}{\sum t_i} \right],$$

где P_i – нагрузка, действующая на механизм подъёма за период времени t_i ;

$P_{\max}$ – наибольшая нагрузка, действующая на механизм в течение времени его работы;

t_i – продолжительность времени действия нагрузки P_i ;

$\sum t_i = t_T$ – суммарное время действия нагрузок на механизм.

Из анализа экспериментальных данных (масса зачерпнутой глины грейфером) выявлено следующее: механизм подъёма при грузоподъёмности 5,0 т эксплуатируется в течение до 5 %, при грузоподъёмности 4,2 т – 45 %, при грузоподъёмности 2,5 т – 50 % суммарного времени. Подставив вышеприведённые значения в формулу (4), получим

$$K = \left(\frac{5}{5} \right)^3 \cdot 0,05 + \left(\frac{4,2}{5} \right)^3 \cdot 0,45 + \left(\frac{2,5}{5,0} \right)^3 \cdot 0,5 = 0,38,$$

что соответствует классу нагружения В3 ГОСТ 25835–83 или L3 ИСО 4301/1-86.

Установив класс использования A_4 (Т6) и класс нагружения В3 (L3), находим группу классификации (режима) работы механизма подъёма в целом. При классе использования A_4 (Т6) равном 11165 часов и классе нагружения В3 (L3) равном 0,38 группа классификации механизма подъёма соответствует 5М по ГОСТ 25835–83 или М7 по ИСО 4301/1–86, что не расходится с данными, приведёнными в паспорте крана [5]. Учитывая, что приводной грейфер является индивидуальным сменным грузо-захватным приспособлением, режим работы его должен соответствовать режиму механизма подъёма крана [2].

Выводы

1. Проведённые исследования позволили определить группу классификации (режим работы) механизма подъёма груза мостового крана, работающего с лебёдочным грейфером. Он соответствует тяжёлому режиму 5М по ГОСТ 25835–83 или М7 по ИСО 4301/1–86.

2. Данная группа классификации (режим работы) не противоречит данным режима работы, указанным в паспорте крана, – М7.

3. Учитывая, что режим механизма подъёма груза – тяжёлый (М7), необходимо обязательно делать проверочный расчёт на усталостную прочность деталей и узлов всех механизмов крана и грейфера, а металлоконструкции крана и грейфера рассчитывать по предельному состоянию.

4. Для сокращения цикла работ и повышения производительности крана необходимо установить на грейфере механизм поворота и сократить продолжительность зачерпывания.

5. Необходимо полученный режим работы учитывать при выборе стандартных изделий (канатов, крюков, редукторов, тормозов, электродвигателей).

Список литературы

1. Александров, М. П. Грузоподъемные машины / М. П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. Вайнсон, А. А. Крановые грузозахватные устройства: справочник / А. А. Вайнсон, А. Ф. Андреев. – М.: Машиностроение, 1982. – 304 с.
3. Лабораторный практикум по резанию грунтов / А. Н. Зеленин и др. – М.: Высшая школа, 1969. – 310 с.
4. Краны грузоподъемные. Классификация механизмов по режимам работы. ГОСТ 25835–83. – М: Издательство стандартов, 1987. – 7 с.
5. Кран мостовой опорный электрический КМ–А7–22,5–12–У3, № 3902. Паспорт М1.067. 00. 00. 00. ПС, ОАО «Набережночелнинский крановый завод», 2011.
6. Леонтьев, Н. Л. Техника статических вычислений / Н. Л. Леонтьев. – М.: Лесная промышленность, 1960. – 250 с.
7. Беглов, Б. В. Мостовые перегружатели / Б. В. Беглов, П. Н. Кох, Д. П. Окулов. – М.: Машиностроение, 1974. – 224 с.
8. Никишов, Ю. Г. Экспериментальное исследование работы электроталевого грейфера в производственных условиях Йошкар-Олинского кирпичного завода / Ю. Г. Никишов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. Вып. 5. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 173-177.
9. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. ПБ 10–382–00. – М.: ПИООБТ, 2000. – 268 с.
10. Таубер, Б. А. Подъемно-транспортные машины / Б. А. Таубер. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Экология, 1991. – 528 с.

UDC 621.86 (075. 8)

INVESTIGATION OF THE MODE OF WORK OF A BRIDGE CRANE WITH A DRIVE GRAPHER WHEN EXHAUSTING CLAY MATERIALS

Nikishov Yuri Gavrilovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The operations performed by a bridge crane equipped with a winch grab and the conditions for their operation are considered. A brief technical description of the crane and winch grab is given. The results of experimental studies of the parameters characterizing the operating mode of the crane lifting mechanism are presented: the annual and daily use factor, the time of the operation cycle of a crane with a grab for unloading clay into a bunker and a vehicle; the class of use and the load class of the lifting mechanism are defined and a group of the mode of operation of the mechanism is established; recommendations for increasing the productivity of the crane.

Keywords: crane, grab, lifting mechanism, bunker, vehicle, cycle, coefficient of overlapping operations, coefficient of daily use, coefficient of annual use, loading class, classification group.

УДК 630.377.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ КАНАТАХ МОСТОВОГО КРАНА ПРИ ПОДЪЁМЕ ГРУЖЁНОГО ПРИВОДНОГО ГРЕЙФЕРА

Никишов Юрий Гаврилович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

Проведён анализ работ, выполненных исследователями, по динамической нагруженности канатов грейферного подъёма разными типами кранов. Исследования динамической нагруженности канатного подъёма приводных грейферов мостовыми кранами не проводились. В приведённой статье впервые рассматривается вопрос о динамических нагрузках, возникающих в подъёмных канатах мостового крана, работающего с электромеханическим грейфером в условиях действующего производства. Детально рассматривается работа поддерживающих канатов крана при работе приводного грейфера. Предложена методика расчёта динамических нагрузок и рассмотрен пример их определения на работающем мостовом кране с приводным грейфером.

Ключевые слова: мостовой кран, приводной грейфер, механизм подъёма, поддерживающие канаты, динамическая нагрузка, коэффициент динамичности.

Введение. Повышение долговечности и надёжности грузоподъёмных машин и их сборочных единиц и деталей, работающих в отрасли строительных материалов, является актуальной задачей и имеет большую практическую значимость. В условиях непрерывного процесса производства мостовые краны, работающие с грейферами, испытывают значительные динамические воздействия, что приводит к появлению усталостных трещин в металлоконструкциях кранов, перегрузке механизмов, поддерживающих и замыкающих канатов, вследствие чего они имеют малый срок службы и требуют постоянного контроля, частой замены и ремонта. На большинстве мостовых кранов, работающих с грейферами, используется электрический привод. Мостовые краны являются машинами циклического действия, в которых механизмы работают в повторно-кратковременном режиме, при котором рабочий орган и груз совершают возвратно-поступательные движения, а механизмы реверсируются. Процесс движения в свою очередь делится на период неустановившегося движения, в течение которого происходит разгон (период пуска) или замедление (период торможения) поступательного движущихся масс груза и механизма, а также период установившегося движения с постоянной скоростью.

При постоянной скорости всех частей механизма проводятся статический и кинематический расчёты. При неустановившемся движении, имеющем место в периоды пуска и торможения, необходимо производить динамический расчёт механизмов, в котором учитываются как непостоянство скорости в процессе движения, так и инерционность масс, принимающих участие в движении. Поэтому совершенствование динамических расчётов механизмов кранов в зависимости от конкретных условий эксплуатации является **актуальной задачей**.

Динамические нагрузки в поддерживающих и замыкающих канатах грейферных кранов при подъёме (опускании) грейфера после зачерпывания материала рассматривались в [1-10] и касались только работы канатных грейферов для сыпучих мате-

риалов. Фактические усилия в подъёмных канатах и скорость их движения при зачерпывании грейфера отличаются от расчётных. В упомянутых работах вопрос об усилиях в поддерживающих канатах при динамическом нагружении механизма подъёма при работе с приводными грейферами не рассматривался.

Вместе с тем процесс работы механизма подъёма крана, работающего с приводным грейфером, отличается от работы кранов с канатными грейферами. Этим и объясняется необходимость специального исследования динамики подъёма приводного грейфера с грузом.

Целью настоящего исследования является определение динамических нагрузок, действующих на подъёмный полиспаст в различных фазах работы грейфера, и коэффициента динамичности, который учитывает динамические воздействия на поддерживающие канаты во время работы механизма подъёма и грейфера. Процесс набора материала приводным грейфером существенно отличается от набора материала канатным грейфером, в котором работают одновременно поддерживающие и замыкающие канаты, динамические нагрузки в которых подробно рассмотрены в работах, указанных выше.

В приводных грейферах участвует в работе при подъёме груза один канат – поддерживающий. Набор материала осуществляется замыкающим канатом, расположенным внутри грейфера. Процесс работы подъёмного каната крана состоит из нескольких операций: опускания порожнего грейфера на материал, набора материала, подъёма гружёного грейфера на безопасную высоту, перемещения его к месту разгрузки, а также разгрузки. При опускании грейфера на материал усилие в подъёмном канате равно весу порожнего грейфера, а скорость канатного полиспаста равна скорости опускания груза. При наборе материала усилие в подъёмном канате непрерывно меняется в зависимости от количества зачерпываемого материала, т.е. равно весу грейфера и весу набираемого материала. Скорость опускания канатного полиспаста при этом уменьшается и равна нулю после заполнения грейфера. Подъёмный канат постоянно натянут этой нагрузкой. При наборе материала головка и грейфер постепенно опускаются вниз на определённую глубину до полного заполнения. Глубину опускания постоянно контролирует крановщик. При большом заглублении грейфера, что ведёт к переполнению ковша, он его приподнимает; при малом заполнении он его опускает, т.е. канат подъёма всё время натянут. После заполнения ковша грейфер сразу поднимается подъёмным канатом, натяжение в котором равно весу наполненного грейфера. Процесс опускания, зачерпывания и подъёма гружёного грейфера идёт непрерывно и контролируется машинистом крана в реверсивном режиме. Наибольшие динамические нагрузки возникают в период подъёма заполненного грейфера, так как в этом случае инерционные силы увеличивают нагрузки на поддерживающие канаты. Такой режим нагружения каната называется подъёмом груза «с веса».

При этом варианте нагружения динамическая деформация конструкции крана мало отличается от статической деформации, поэтому трехмассовую систему (масса груза m_r – масса крана m_k – масса вращающихся частей привода m_p) с двумя упругими связями, одной из которых является жёсткость конструкции самого крана C_k , а второй – жёсткость канатов, на которых подвешен грейфер C_{Π} , можно свести к двухмассовой, заменив жёсткость канатов C_{Π} и крановой конструкции C_k приведённой жёсткостью C , определяемой по формуле

$$C = \frac{C_{\Pi} \cdot C_k}{C_{\Pi} + C_k}. \quad (1)$$

Тогда упрощённо систему можно представить состоящей из двух масс: массы ротора электродвигателя и приведённых к нему масс элементов механизма подъёма m_p и массы груза m_r , связанных между собой упругим элементом с приведённой жёсткостью C (см. рисунок).

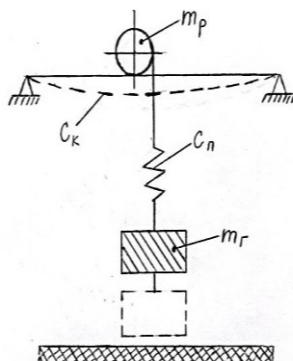


Схема динамического нагружения грейфера при подъёме «с веса»

Для данного случая нагружения максимальное значение усилия в канате $P_{\max}$ определяется по формуле [2]

$$P_{\max} = Q_r + 2\varphi \cdot Q_r \frac{m_r}{m_r + m_p} = Q_r \left(1 + 2\varphi \cdot \frac{m_r}{m_r + m_p} \right), \quad (2)$$

а коэффициент динамичности – по формуле [3]

$$K_d = \frac{P_{\max}}{Q_r}. \quad (3)$$

В этих формулах:

Q_r – вес заполненного грейфера, кГ;

m_p – масса ротора и других вращающихся частей механизма подъёма, приведённая к периферии барабана, кг;

m_r – масса гружёного грейфера, приведённая к периферии барабана, кг;

φ – коэффициент пропорциональности.

Пример. Определить динамические нагрузки при подъёме гружёного грейфера «с веса» мостовым краном КМ5–А7–22,5–12У3. Грейфер с грузом массой 5000 кг весит на четырех канатах сдвоенного двукратного полиспаста. Скорость подъёма 0,32 м/с, высота подъёма 6 метров. Режим работы крана А7, механизма подъёма – М7. Масса порожнего грейфера 2700 кг. Параметры привода механизма подъёма: электродвигатель 4МТКМ с короткозамкнутым ротором мощностью 22 кВт, частотой вращения ротора 735 об/мин., коэффициент перегрузки 3,3, момент инерции ротора 0,75 кг·м², передаточное число механизма 25, диаметр каната 13 мм (ГОСТ 2688–80), диаметр барабана 0,42 м. Натяжение ветви каната, навиваемой на барабан, определяется по формуле

$$S_k = \frac{Q_r}{4 \cdot \eta_{\Pi}} = \frac{5000 \cdot 9,81}{4 \cdot 0,98} = 12,5 \text{ кН.}$$

где Q_r – масса гружёного грейфера, кг; η_{Π} – КПД полиспаста.

Момент инерции ротора электродвигателя и других вращающихся частей механизма подъёма, приведённый к валу барабана,

$$J_m = 1,25 \cdot J_p \cdot u_m^2 = 1,25 \cdot 0,75 \cdot 25^2 = 586 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где J_p – момент инерции ротора, кг·м²;

u_m – передаточное число механизма.

Масса ротора, приведённая к периферии барабана,

$$m_p = \frac{2 \cdot J_m}{D_6^2} = \frac{2 \cdot 586}{0,42^2} = 13286 \text{ кг.}$$

Масса груза, отнесённая к периферии барабана,

$$m_r = \frac{Q_r}{u_n^2} = \frac{5000}{2^2} = 1250 \text{ кг,}$$

где u_n – кратность полиспаста.

Максимальный коэффициент динамичности κ_d определяется по формуле (3):

$$\kappa_d = 1 + 2\varphi \frac{m_r}{m_r + m_p} = 1 + 2 \cdot 2,3 \cdot 0,086 = 1,4,$$

где φ – коэффициент пропорциональности равный 2,3 для установленного электродвигателя с коэффициентом перегрузки равным 2,3.

Динамическое натяжение каната

$$P_{\max} = S_k \cdot \kappa_d = 12,5 \cdot 1,4 = 17,5 \text{ кН.}$$

Зная динамическое натяжение каната, можно определить реальный запас его прочности и провести расчёт металлоконструкции крана на усталостную прочность. В реальных условиях эксплуатации средняя величина коэффициента динамичности κ_d будет несколько меньше, так как максимальная загруженность грейфера составляет менее 5 % общего количества циклов нагружения крана.

Выводы

1. Из анализа публикаций по динамическому нагружению грейферных кранов выявлено, что исследования по динамическому нагружению поддерживающих канатов при подъёме приводных грейферов не проводились.
2. Рассмотрены особенности процесса работы поддерживающих канатов мостового крана, оснащённого приводным грейфером.
3. Предложена формула и определён коэффициент динамичности для расчёта поддерживающих канатов и металлоконструкции мостового крана, работающего с приводным грейфером в реальных производственных условиях.
4. Предложенная методика определения динамических нагрузок пригодна для любых кранов, работающих с приводными грейферами.

Список литературы

1. Вайнсон, А. А. Подъёмно-транспортные машины / А. А. Вайнсон. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
2. Вайнсон, А. А. Крановые грузозахватные устройства: справочник / А. А. Вайнсон, А. Ф. Андреев. – М.: Машиностроение, 1982. – 304 с.
3. Дукельский, А. И. Портовые грузоподъёмные машины / А. И. Дукельский. – М.: Транспорт, 1970. – 440 с.
4. Гохберг, М. Н. Металлические конструкции подъёмно-транспортных машин / М. Н. Гохберг. – Изд. 3. – Л.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
5. Крутиков, И. П. Грейферы двухканатного типа / И. П. Крутиков. – М.: Машгиз, 1949. – 82 с.
6. Медведик, С. И. Динамические нагрузки в канатах грейферных кранов при подъёме после зачерпывания. Динамика крупных машин / С. И. Медведик, Л. И. Степанов; под ред. В. И. Соколовского. – М.: Машиностроение, 1969. – С. 351-356.
7. Соколов, С. А. Металлические конструкции подъёмно-транспортных машин: учебное пособие / С. А. Соколов. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.

8. Соловьёв В. Г. Вопросы теории расчёта и пути повышения производительности перегрузочных грейферных установок: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Г. Соловьёв. – Л.: ЛПИ, 1976. – 17 с.

9. Таубер, Б. А. Подъёмно-транспортные машины / Б. А. Таубер. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Экология, 1991. – 528 с.

10. Таубер, Б. А. Грейферные механизмы / Б. А. Таубер. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.

UDC 630.377.1

DETERMINATION OF DYNAMIC LOADS IN SUPPORTING BRANCHES OF BRIDGE CRANE AT LIFTING DRIVE GRAPHER

Nikishov Yuri Gavrilovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The analysis of the works performed by the researchers on the dynamic loading of the grab hoisting ropes by different types of cranes is carried out. Studies of the dynamic loading of the rope hoisting of the driving grabs with bridge cranes have not been carried out. In this article, for the first time, the question of the dynamic loads arising in the lifting cables of a bridge crane working with an electromechanical grab in the conditions of operating production is considered for the first time. The work of the supporting crane ropes during the operation of the grapple is considered in detail. A technique for calculating dynamic loads is proposed and an example of their determination is given on an operating bridge crane with an on-board grab.

Keywords: bridge crane, drive grab, lifting mechanism, supporting ropes, dynamic load, dynamic factor.

УДК 630.377.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ЗАМЫКАЮЩЕМ КАНАТЕ ПРИВОДНОГО ГРЕЙФЕРА ПРИ ЗАЧЕРПЫВАНИИ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Никишов Юрий Гаврилович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

В данной статье речь идет о попытке усовершенствовать методику расчёта грейферов для сыпучих материалов. Процесс зачерпывания кусковой глины существенно отличается от зачерпывания мелкосыпучих грузов. При зачерпывании кусковых материалов внутри ковша грейфера образуются «балки» и «балочные системы» из контактирующих между собой кусков материала. Для разрушения таких образований необходимо приложить значительные усилия. Процесс создания и разрушения таких «систем» за время зачерпывания происходит многократно, а усилие в замыкающем канате изменяется не плавно, а резко-переменно, что создаёт дополнительные динамические нагрузки, которые в рекомендуемых методиках не учитываются. Теория расчёта грейферов, работающих с крупнокусковыми материалами, в настоящее время не разработана. Создание такой теории является актуальной задачей. Автором разработана теория зачерпывания цилиндрических тел (круглые лесоматериалы), где процесс зачерпывания идёт аналогичным путём. Возникающие динамические нагрузки при зачерпывании кусковых материалов рекомендуется учитывать коэффициентом динамичности.

Ключевые слова: приводной грейфер, замыкающий канат, крупнокусковой материал, «балка», «балочная система», коэффициент динамической нагрузки.

Введение. Совершенствование конструкций приводных грейферов, используемых для зачерпывания кусковых материалов, требует всестороннего рассмотрения механики процесса зачерпывания в ковше грейфера. Существующие методики расчёта грейферов для мелкосыпучих материалов [1-5, 9, 10] мало пригодны для расчёта грейферов, работающих с кусковыми материалами с размерами кусков более 100 мм. Поэтому разработка такой теории является *актуальной задачей*. При зачерпывании мелкосыпучих материалов усилие в замыкающем канате нарастает равномерно и достигает максимального значения в конце цикла зачерпывания, т.е. при полностью заполненном ковше (рис. 1.1). При зачерпывании кусковых материалов усилие в канате изменяется скачкообразно (рис. 1.2).

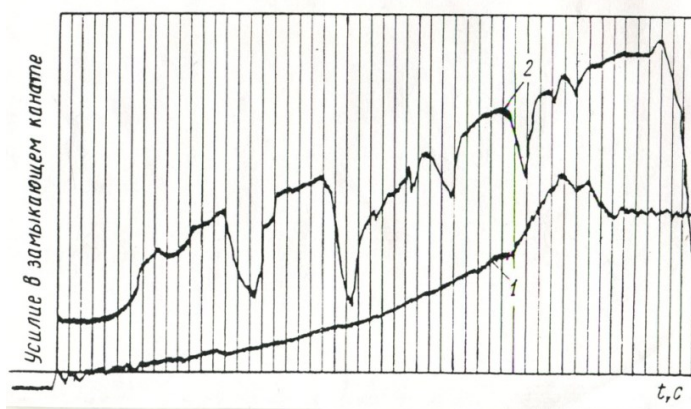


Рис. 1. Характер изменения усилия в замыкающем канате при зачерпывании различных материалов: 1 — мелкосыпучих; 2 — крупнокусковых и брёвен

Теория расчёта двухчелюстных грейферов для работы с кусковыми материалами в настоящее время не разработана из-за множества различных и случайных факторов, не поддающихся прямому учёту. Качественное описание процесса зачерпывания кусковых материалов приведено в работе [10].

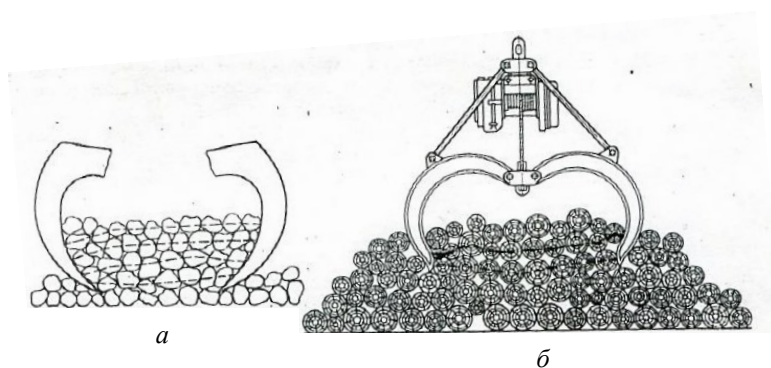


Рис. 2. Схема образования «балки» при зачерпывании различных материалов: а — крупнокусковых; б — цилиндрической формы

При исследованиях выявлены особенности процесса зачерпывания таких материалов, а именно образование и разрушение «балок» и «балочных» систем», возни-

кающих при сжатии перемещающихся навстречу друг другу массивов материала. При этом сначала выбираются зазоры между кусками, а затем при их контактировании возникают жёсткие «балки» различной протяжённости (рис. 2). Возникновение таких «балок» сразу вызывает возрастание сопротивления сжатию массива и росту усилия в замыкающем канате (рис. 2). Таких «балок» по высоте зачерпываемого материала может образоваться одновременно несколько, т.е. возникают «балочные системы» (рис. 2, а).

В результате действия сжимающих сил происходит многократное разрушение кусков материала (глины). Процесс разрушения «балок» и «балочных систем» происходит не плавно, а скачкообразно. При этом усилие в замыкающем канате также изменяется скачкообразно (рис. 1). Данный процесс за время зачерпывания происходит многократно, поэтому нагрузки на канат и элементы грейфера изменяются резкопеременно. Пики нагрузки в канате соответствуют предельной разрушающей силе «балки» или «балочной системы».

Таким образом, за срок службы грейферные механизмы испытывают воздействие динамических нагрузок, которые не учитываются в вышеперечисленных методиках. Поэтому расчёты деталей механизма замыкания, металлоконструкция грейфера должны вестись на усталостную, а не на статическую прочность, которая оценивает работоспособность и надёжность грейфера.

Целью работы является определение коэффициента динамичности нагрузки при зачерпывании кусковых материалов, в частности, кусковой глины. Автором разработана теория определения динамических нагрузок при зачерпывании грузов цилиндрической формы (брёвна) радиальными грейферными механизмами [6, 7]. При зачерпывании таких грузов наблюдается аналогичная картина, что и при зачерпывании кусковых материалов (рис. 2, б). Возникающие динамические воздействия от разрушения «балок» и «балочных систем» при зачерпывании кусковых материалов предлагается также учитывать коэффициентом динамической нагрузки [6]. Величину коэффициента динамической нагрузки K_d можно определить по формуле

$$K_d^{\max} = \frac{S_k^{\max}}{S_k^p}, \quad (1)$$

где S_k^p – максимальное расчётное усилие в замыкающем канате, полученное аналитическим методом для различной насыпной плотности материала, кН [4, 5, 9, 10];

$S_k^{\max}$ – максимальное усилие в замыкающем канате, полученное экспериментальным путём или рассчитанное энергетическим методом, кН [10].

Если известен характер изменения усилия в замыкающем канате в течение времени зачерпывания (например, с осциллограммы), то известна и величина усилия в канате в данный момент времени. Следовательно, коэффициент динамичности в общем случае для любого промежутка времени зачерпывания можно определить по выражению

$$K_{di} = \frac{S_{ki}}{S_{kp}}, \quad (2)$$

Приведённые нами расчёты усилия в замыкающем канате аналитическим и энергетическим методами при зачерпывании глины [7, 9] дали величину коэффициента динамической нагрузки $K_d = 1,6 \dots 1,7$ в зависимости от плотности зачерпываемой глины и её физического состояния и подтверждены экспериментально [8]. Поэтому при расчёте мощности на зачерпывание и выборе замыкающего каната необходимо учитывать коэффициент динамической нагрузки. При зачерпывании других кусковых материалов (уголь, руда, булыжник, крупный гравий и др.) необходимо

экспериментально находить величину коэффициента динамической нагрузки, который может существенно отличаться от коэффициента K_d при зачерпывании глинистых кусковых материалов. Исследование в этом направлении необходимо продолжить.

Выводы

1. В процессе зачерпывания глинистых кусковых материалов образуются «балки» и «балочные системы» из соприкасающихся кусков глины.
2. Процесс разрушения «балок» и «балочных систем» под действием сжимающих сил происходит не плавно, а сопровождается скачкообразными изменениями усилия в замыкающем канате.
3. При создании и разрушении «балок» и «балочных систем» механизмы и элементы грейфера испытывают значительные динамические нагрузки.
4. При проектировании грейферов рекомендуется учитывать динамические нагрузки при зачерпывании коэффициентом динамичности K_d , определяемым по формуле (1); для глинистых кусковых материалов величину K_d принимать в пределах 1,6...1,7 в зависимости от физических свойств глины.
5. Динамические процессы, происходящие в ковше грейфера при зачерпывании кусковых материалов, увеличивают время зачерпывания и расход электроэнергии. Необходимо применить интенсифицирующее устройство.

Список литературы

1. Вайнсон, А. А. Подъёмно-транспортные машины / А. А. Вайнсон. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
2. Вайнсон, А. А. Крановые грузозахватные устройства: справочник / А. А. Вайнсон, А. Ф. Андреев. – М.: Машиностроение, 1982. – 304 с.
3. Дукельский, А. И. Портовые грузоподъёмные машины / А. И. Дукельский. – М.: Транспорт, 1970. – 440 с.
4. Зенков, Р. Л. Методика расчёта грейферов / Р. Л. Зенков // Труды ВНИИПТМАШ. – 1966. – Вып. 8 (72). – С. 3-78.
5. Каракулин, Г. Г. Методика расчёта оптимальных параметров канатных грейферов / Г. Г. Каракулин // Труды Горьковского института инженеров водного транспорта. – Горький, 1980. – Вып. 177, ч. 1. – С. 3-100.
6. Никишов, Ю. Г. Экспериментальное определение коэффициента динамичности в процессе зачерпывания круглых лесоматериалов грейферными механизмами / Ю. Г. Никишов // Труды МЛТИ. – 1980. – Вып. 122: Исследование машин и механизмов лесной и деревообрабатывающей промышленности.
7. Никишов, Ю. Г. Обоснование параметров приводных грейферных механизмов для круглых лесоматериалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю. Г. Никишов. – Йошкар-Ола, 2000. – 24 с.
8. Никишов, Ю. Г. Экспериментальное исследование работы электроталевого грейфера в производственных условиях Йошкар-Олинского кирпичного завода / Ю. Г. Никишов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. Вып. 5. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 248 с.
9. Румянцев, Б. П. Исследование работы моторного грейфера: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Б. П. Румянцев. – Харьков, 1957. – 16 с.
10. Таубер, Б. А. Грейферные механизмы / Б. А. Таубер. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.

UDC 630.377.1

DETERMINATION OF DYNAMIC LOADS IN THE CLOSING ROPE OF THE DRIVE GRAPHER FOR CLAYING CLAY MATERIALS

Nikishov Yuri Gavrilovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

In this article, an attempt is made to improve the methodology for calculating grains for bulk materials. The process of scooping up lumpy clay is significantly different from that of small-bulk cargo. When scooping up the lump materials inside the bucket of grab-fer, "beams" and "beam systems" are formed from the pieces of material in contact with each other. To destroy such formations, it is necessary to make considerable efforts. The process of creation and destruction of such "systems" during the scooping process occurs many times, and the force in the closing rope changes not smoothly, but sharply alternates, which creates additional dynamic loads, which in the recommended techniques are not taken into account. The theory of calculating grapples working with large-lump materials has not been developed at present. The creation of such a theory is an urgent task. The author developed the theory of scooping cylindrical bodies (round timber), where the process of scooping out proceeds in a similar way. The dynamic loads that arise when scooping up lump materials are recommended by the author to take into account the dynamic coefficient, the formula of which is given in the text.

Keywords: drive grab, closing rope, large-sized material, "beam", "beam system", dynamic load factor.

УДК 630.378

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ КАРМАНА ДЛЯ РАСЧЕТА ЛАМИНАРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

Поздеев Анатолий Геннадиевич, Кузнецова Юлия Анатольевна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
PozdeevAG@volgatech.net

Приближенный метод расчета пограничного слоя Т. Кармана основан на осреднении дифференциальных уравнений по толщине пограничного слоя взамен их применения для каждой элементарной струйки жидкости [1]. В результате вывода интегрального уравнения Кармана и его решения по методу К. Польгаузена [5] в прикладной среде Mathcad вычислены толщины вытеснения скорости и потери количества движения для ламинарного пограничного слоя на продольно обтекаемой плоской пластине.

Ключевые слова: пограничный слой, элементарная струйка, интегральное уравнение Кармана, метод К. Польгаузена, продольно обтекаемая плоская пластина, Mathcad.

Введение. Для расчета потоков за водосливными сооружениями необходимо использование представлений о движении пограничного слоя. Наиболее простым способом решения уравнений пограничного слоя является применение уравнения Кармана, решаемого на основе метода разложения в полиномы по К. Польгаузену. При решении уравнения пограничного слоя используется уравнение непрерывности с граничными условиями, определяющими значения продольных и поперечных скоростей в начальном сечении. Решение интегрального уравнения Кармана в настоящей работе ограничено плоской задачей. Согласно представлениям теории погра-

ничного слоя, методика расчета течения в ламинарных пограничных слоях с определенными приближениями может быть распространена на расчет потоков при турбулентном режиме движения. При этом обычно рекомендуется заменить коэффициент молекулярной вязкости фиктивным коэффициентом турбулентной вязкости.

Цель работы: решение задачи расчета ламинарного пограничного слоя на плоской поверхности в двумерной постановке с помощью интегрального уравнения Кармана в прикладной программной среде MathCad.

Решаемые задачи: 1) математическое моделирование потока при обтекании плоской пластины на основе интегрального уравнения Кармана, получаемого из уравнения Л. Прандтля; 2) применение метода разложения в полином продольной скорости потока в нормальном к нему направлении; 3) в условиях безградиентного течения вычисление в прикладной программной среде MathCad коэффициентов полинома К. Польгаузена, построение продольного профиля скорости, интегрирование уравнения Кармана.

Математическое моделирование. При обтекании плоской пластины в продольном направлении несжимаемой жидкостью интегральное уравнение Кармана выводится из уравнения пограничного слоя Л. Прандтля и уравнения непрерывности [3]:

$$v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

с граничными условиями

$$v_x|_{y=0} = 0; \quad v_y|_{y=0} = 0; \quad v_x|_{y=\delta} = v_0, \quad (3)$$

где v_x , v_y – продольная и поперечная скорости в пограничном слое; p – давление; ρ – плотность жидкости; ν – вязкость жидкости; x , y – абсцисса и ордината декартовой прямоугольной системы координат; v_0 – продольная скорость внешнего потока.

При постоянстве скорости внешнего потока $v_0 = \text{const}$ с учетом равенства для продольного градиента $\frac{\partial v_0}{\partial x} = 0$ интегрирование уравнения Л. Прандтля и уравнения непрерывности по толщине пограничного слоя от 0 до δ позволяет записать интегральное уравнение Кармана для безградиентного потока [3]:

$$\int_0^\delta \frac{\partial}{\partial x} [v_x (v_0 - v_x)] dy = \frac{\tau_w}{\rho}. \quad (4)$$

Интегральное уравнение Кармана является общим для ламинарного и турбулентного потоков. Рассмотрим решение интегрального уравнения Кармана для ламинарного потока [3].

При заданном распределении скорости v_x по толщине пограничного слоя неизвестной величиной в уравнении (4) является толщина пограничного слоя δ . По К. Польгаузену [5], распределение скорости $v_x = v_x(y)$ определяется полиномом с постоянными коэффициентами

$$v_x = a + b \cdot y + c \cdot y^2 + d \cdot y^3. \quad (5)$$

Граничные условия (3) на поверхности пластины при $y = 0$ и на внешней границе пограничного слоя $y = \delta$ позволяют определить коэффициенты в уравнении (5).

Из уравнения (1) для безградиентного потока при $\frac{\partial p}{\partial x} = 0$, $y = 0$ и $v_x = 0$ следует:

$$\frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} = 0. \quad (6)$$

В случае верхней границы пограничного слоя при $y = \delta$

$$v_x = v_\infty = \text{const},$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial y} = 0. \quad (7)$$

Из условий (6), (7) вычисляются коэффициенты уравнения (5) и профиль продольной скорости в зависимости от толщины пограничного слоя. Дальнейшие выкладки по методу К. Польгаузена произведены в прикладной среде Mathcad.

Задан полином $v_x(y) := a + b \cdot y + c \cdot y^2 + d \cdot y^3$, определяющий продольную скорость потока на поверхности пластины при $y := 0$.

Коэффициенты полинома вычислены в результате двухкратного применения процедуры Given-Find:

Given

$$v_x(y) = 0,$$

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} v_x(y) = 0,$$

$$\begin{pmatrix} a \\ c \end{pmatrix} := \text{Find}(a, c) \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$y := \delta,$$

$$v_x(y) := a + b \cdot y + c \cdot y^2 + d \cdot y^3.$$

Given

$$v_x(y) = v_0,$$

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} v_x(y) = 0,$$

$$\begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix} := \text{Find}(b, d) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{3 \cdot v_0}{2 \cdot \delta} \\ \frac{v_0}{2 \cdot \delta^3} \end{pmatrix},$$

$$y := y,$$

$$v_x := a + b \cdot y + c \cdot y^2 + d \cdot y^3,$$

$$v_x \rightarrow \frac{3 \cdot v_0 \cdot y}{2 \cdot \delta} - \frac{v_0 \cdot y^3}{2 \cdot \delta^3}.$$

В результате зависимость продольного профиля скорости от поперечной координаты приобретает вид

$$v_x := \frac{3 \cdot v_0 \cdot y}{2 \cdot \delta} - \frac{v_0 \cdot y^3}{2 \cdot \delta^3}$$

или

$$\frac{v_x}{v_0} := \frac{3 \cdot y}{2 \cdot \delta} - \frac{y^3}{2 \cdot \delta^3} \quad (8)$$

Интегрирование дефекта скорости внешнего потока по толщине пограничного слоя с учетом продольного профиля скорости позволяет вычислить толщину вытеснения скорости, м:

$$\delta_1 := \frac{1}{v_0} \int_0^\delta (v_0 - v_x) dy,$$

$$\delta_1 \rightarrow \frac{3 \cdot \delta}{8},$$

а также толщину потери импульса ламинарного пограничного слоя, м:

$$\delta_2 := \frac{1}{v_0^2} \int_0^\delta (v_0 - v_x) \cdot v_x dy,$$

$$\delta_2 \rightarrow \frac{39 \cdot \delta}{280}.$$

Касательное напряжение, Па,

$$\tau_w := \nu \cdot \rho \cdot \frac{d}{dy} v_x \rightarrow \rho \cdot \nu \cdot \left(\frac{3 \cdot v_0}{2 \cdot \delta} - \frac{3 \cdot v_0 \cdot y^2}{2 \cdot \delta^3} \right).$$

В результате подстановки вычисляется касательное напряжение, Па:

$$\tau_w \text{ substitute, } y = 0 \rightarrow \frac{3 \cdot \rho \cdot \nu \cdot v_0}{2 \cdot \delta},$$

$$\tau_w := \frac{3 \cdot \rho \cdot \nu \cdot v_0}{2 \cdot \delta}.$$

С учетом введенных определений толщины вытеснения и толщины потери количества движения уравнение Кармана (4) может быть записано в виде [3]

$$\frac{\partial}{\partial x} (v_0^2 \cdot \delta_2) + \delta_1 \cdot v_0 \cdot \frac{\partial}{\partial x} v_0 = \frac{\tau_w}{\rho} \quad (9)$$

Размещая начало координат на передней кромке пластины, получим граничное условие $\delta|_{x=0} = 0$.

Интегрирование правой и левой частей уравнения Кармана (9) в среде Mathcad с граничным условием запишем следующим образом:

$$\int_0^\delta [v_x \cdot (v_0 - v_x)] dy \rightarrow \frac{39 \cdot \delta \cdot v_0^2}{280}$$

или

$$\int_0^x \int_0^\delta [v_x \cdot (v_0 - v_x)] dy dx \rightarrow \frac{39 \cdot \delta \cdot v_0^2 \cdot x}{280}$$

и

$$\int_0^x \frac{\tau_w}{\rho} dx \rightarrow \frac{3 \cdot v_0 \cdot \nu \cdot x}{2 \cdot \delta}.$$

Произведем вычисление толщины ламинарного пограничного слоя [4], м,

Given

$$\frac{1}{\delta} \int_0^\delta \int_0^\delta [v_x \cdot (v_0 - v_x)] dy d\delta = \int_0^x \frac{\tau_w}{\rho} dx$$

$$\delta := \text{Find}(\delta, x, v_0) \text{float}, 4 \rightarrow \left(0 \quad 4.641 \cdot \sqrt{\frac{v \cdot x}{v_0}} \quad -4.641 \cdot \sqrt{\frac{v \cdot x}{v_0}} \right).$$

Толщина ламинарного пограничного слоя и его значение, отнесенное к длине потока,

$$\begin{aligned} \delta &:= 4.641 \cdot \sqrt{\frac{v \cdot x}{v_0}}, \\ \frac{\delta}{x} &\rightarrow \frac{4.641 \cdot \sqrt{\frac{v \cdot x}{v_0}}}{x}. \end{aligned} \quad (10)$$

Найдем касательное напряжение на поверхности пластины при исключении толщины пограничного слоя, Па:

$$\tau_w \Big|_{\text{float}, 3}^{\text{substitute } \tau_w = \frac{3 \cdot \rho \cdot v_0 \cdot v}{2 \cdot \delta}} \rightarrow \frac{0.323 \cdot \rho \cdot v_0 \cdot v}{\sqrt{\frac{v \cdot x}{v_0}}}. \quad (11)$$

Локальный коэффициент трения

$$r := \frac{2 \cdot \tau_w}{\rho \cdot v_0^2} \text{float}, 3 \rightarrow \frac{3.0 \cdot v}{\delta \cdot v_0} \text{ или } r := \frac{0.646}{\sqrt{\frac{v_0 \cdot x}{v}}}. \quad (12)$$

Локальный коэффициент трения, выраженный через число Рейнольдса,

$$\begin{aligned} \text{Re}_x &= \frac{v_0 \cdot x}{v}, \\ r &:= \frac{0.646}{\sqrt{\text{Re}_x}}. \end{aligned}$$

Среднее значение коэффициента трения для пластины единичной длины и ширины

$$\int_0^l \frac{1}{\sqrt{x}} dx \rightarrow 2 \cdot \sqrt{l},$$

поэтому $R := 2 \cdot r$ и, следовательно,

$$R := \frac{2}{l} \int_0^l \frac{0.646}{\sqrt{\text{Re}_l}} dx \rightarrow \frac{1.292}{\sqrt{\text{Re}_l}}. \quad (13)$$

При непосредственном вычислении

$$\begin{aligned} R &:= \frac{1}{l} \int_0^l \frac{0.646}{\sqrt{v_0 \cdot x / v}} dx \rightarrow \frac{1.292 \cdot v \cdot \sqrt{l \cdot v_0 / v}}{l \cdot v_0}, \\ \frac{1.292 \cdot v \cdot \sqrt{l \cdot v_0 / v}}{l \cdot v_0} &= \frac{1.292}{\sqrt{l \cdot v_0 / v}}. \end{aligned}$$

Выражение (13) составляет содержание закона Блаузиуса для сопротивления продольно обтекаемой пластины при ламинарном течении. Этот закон справедлив для чисел Рейнольдса в диапазоне $\text{Re}_l = v_0 \cdot l / v \in 5 \cdot 10^5 \div 10^6$.

Выводы

1. В результате вывода интегрального уравнения Кармана и его решения по методу К. Польгаузена вычислена толщина ламинарного пограничного слоя путем применения встроенной структуры интегрирования в среде MathCad.

2. Автоматизированный расчет позволил найти удельную толщину пограничного слоя, отнесенную к длине потока; вычислить касательное напряжение на поверхности пластины; определить локальные коэффициенты трения на пластине в зависимости от геометрических, кинематических и физических свойств потока; найти локальный коэффициент трения, выраженный посредством числа Рейнольдса; установить среднее значение коэффициента трения для пластины единичной длины и ширины.

3. Практическая значимость состоит в использовании результатов работы для последующего расчета турбулентного пограничного слоя на плоской поверхности для оценки динамического воздействия потока за водосбросными сооружениями гидроузлов и определения предельно размывающих скоростей в водоотводящем русле.

4. Численные значения полученных результатов расчета параметров пограничного слоя позволяя также уточнить эколого-экономические характеристики эксплуатации гидроузлов [2].

Список литературы

1. Дульнев, Г. Н. Механика жидкостей и газов: электронный учебник по дисциплине «Механика жидкостей и газов. Версия 1» / Г. Н. Дульнев. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. – 72 с.
2. Кузнецова, Ю. А. Методика расчёта эколого-экономического риска эксплуатации гидротехнических сооружений / Ю. А. Кузнецова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. – 2014. – № 1. – С. 75-85.
3. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов / Л. Г. Лойцянский. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
4. Поздеев, А. Г. Вихревая модель плоской гидравлической струи, формируемой при сопряжении бьефов / А. Г. Поздеев, Ю. А. Кузнецова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. Вып. 5. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – С. 183-189.
5. Чжен, П. Отрывные течения / П. Чжен. – М.: Мир, 1972. – Т. 1. – 300 с.

UDC 630.378

AUTOMATION OF KARMAN'S INTEGRAL EQUATION APPLICATION FOR CALCULATION OF LAMINAR BOUNDARY LAYER

Pozdeev Anatoly Gennadievich, Kuznetsova Yulia Anatolievna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

Approximate calculation of a boundary layer by Karman's method is based on the averaging of differential equations in respect of a boundary layer thickness instead of using them for each of liquid filaments [1]. As a result of the derivation of a Karman's integral equation and its solution by the method of K. Pohlhausen [5], a displacement thickness and a momentum thickness of the turbulent boundary layer on a longitudinally streamlined flat plate are determined in Mathcad application environment.

Keywords: *boundary layer, liquid filament, Karman's integral equation, method of K. Pohlhausen, longitudinally streamlined flat plate, Mathcad.*

РАСЧЕТ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ МЕТОДОМ КАРМАНА В СРЕДЕ MATHCAD

Поздеев Анатолий Геннадиевич, Кузнецова Юлия Анатольевна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
PozdeevAG@volgatech.net

Решение интегрального уравнения Кармана по методу К. Польгаузена [5] производится заданием полинома третьей степени, определяющего продольную скорость потока на поверхности пластины при $y := 0$. Коэффициенты полинома вычислены в прикладной среде Mathcad в результате двухкратного применения процедуры Given-Find. На этой основе определены толщина вытеснения скорости и потери количества движения для турбулентного пограничного слоя на продольно обтекаемой плоской пластине.

Ключевые слова: уравнение Кармана, метод К. Польгаузена, продольно обтекаемая плоская пластина, турбулентный пограничный слой, толщина вытеснения скорости, потери количества движения, Mathcad.

Введение. Расчет параметров воронки размыва, формируемой в незащищенной части русла за концевыми сооружениями гидроузлов [4], вызывает необходимость анализа турбулентных пограничных слоев, развивающихся на плоских поверхностях. Наиболее простым случаем формирования подобного рода структур является решение задачи распространения турбулентного пограничного слоя в двумерной постановке.

Цель работы: математическое моделирование пограничного турбулентного слоя с помощью уравнения Кармана на основе автоматизированных методов расчета.

Решаемые задачи: 1) выполнение расчета параметров пограничного слоя при турбулентном обтекании плоской поверхности на основе уравнения Кармана, выраженного через толщины вытеснения скорости и потери импульса; 2) автоматизация расчета касательного напряжения и сопротивления турбулентного трения; 3) осуществление проверки полученных соотношений в условиях нижнего бьефа гидроузла.

Математическое моделирование. Ниже представлен расчет в среде MathCad. Для упрощения расчетов логарифмический закон распределения продольной скорости, обычно применяемый для аналогичных задач [1], заменен более простой зависимостью – законом Блаузиуса [2]

$$v_{xm} := v_0 \cdot \left(\frac{y_m}{\delta_m} \right)^{1/7} \quad (1)$$

Толщина вытеснения скорости, м,

$$\delta_{1m} := \frac{1}{v_0} \cdot \int_0^{\delta_m} (v_0 - v_{xm}) dy_m$$

или

$$\delta_{1m} \rightarrow \frac{\delta_m}{8} \quad (2)$$

Толщина потери количества движения, м,

$$\delta_{2m} := \frac{1}{v_0^2} \int_0^{\delta_m} (v_0 - v_{xm}) \cdot v_{xm} dy_m \text{ substitute } y_m = \frac{\rho \cdot v \cdot v_0}{\tau_{wm}} \rightarrow \frac{7 \cdot \delta_m}{72}$$

или

$$\delta_{2m} \rightarrow \frac{7 \cdot \delta_m}{72}. \quad (3)$$

Уравнение Кармана, выраженное через толщины вытеснения скорости и потери импульса [3],

$$\frac{\partial}{\partial x} (v_0^2 \cdot \delta_{2m}) + \delta_{1m} \cdot v_0 \cdot \frac{\partial}{\partial x} v_0 = \frac{\tau_{wm}}{\rho}. \quad (4)$$

При постоянной продольной скорости внешнего потока $v_0 = \text{const}$ и $\frac{\partial}{\partial y} v_0 = 0$ уравнение Кармана примет вид

$$\frac{\partial}{\partial x} (v_0^2 \cdot \delta_{2m}) = \frac{\tau_{wm}}{\rho}$$

или

$$\frac{d}{dx} \int_0^{\delta_m} [v_{xm} \cdot (v_0 - v_{xm})] dy_m = \frac{\tau_{wm}}{\rho}, \quad (5)$$

где $\int_0^{\delta_m} [v_{xm} \cdot (v_0 - v_{xm})] dy_m \rightarrow \frac{7 \cdot v_0^2 \cdot \delta_m}{72}.$

Тогда

$$\frac{d}{dx} \int_0^{\delta_m} [v_{xm} \cdot (v_0 - v_{xm})] dy_m = \frac{d}{dx} \frac{7 \cdot v_0^2 \cdot \delta_m}{72},$$

поэтому

$$\frac{d}{dx} \frac{7 \cdot v_0^2 \cdot \delta_m}{72} = \frac{\tau_{wm}}{\rho}. \quad (6)$$

Для касательного напряжения также воспользуемся эмпирической формулой Блаузиуса при $Re < 10^7$

$$\tau_{wm} := 0.022 \cdot \rho \cdot v_0^2 \cdot \left(\frac{v}{v_0 \cdot \delta_m} \right)^{\frac{1}{4}}. \quad (7)$$

После подстановки выражения (7) в уравнение (6) получим

$$\frac{d}{dx} \frac{7 \cdot v_0^2 \cdot \delta_m}{72} = 0.022 \cdot v_0^2 \cdot \left(\frac{v}{v_0 \cdot \delta_m} \right)^{\frac{1}{4}}.$$

После разделения переменных и интегрирования найдем

$$\int \delta_m^{\frac{1}{4}} d\delta_m = 0.2263 \cdot \int \left(\frac{v}{v_0 \cdot \delta_m} \right)^{\frac{1}{4}} dx \Big|_{\text{float},3} \xrightarrow{\text{simplify}} \frac{4 \cdot \delta_m^{\frac{5}{4}}}{5} = 0.226 \cdot x \cdot \left(\frac{v}{v_0 \cdot \delta_m} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (8)$$

в предположении, что при $x = 0$ образуется турбулентный слой, постоянная интегрирования $C = 0$.

Определим физическую толщину пограничного слоя из неявного выражения (8), выполнив необходимые преобразования:

Given

$$\delta_m = \left[\frac{5}{4} \cdot 0.226 \cdot x \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0 \cdot \delta_m} \right)^{\frac{1}{4}} \right]$$

$$\delta_m := \text{Find}(\delta_m) \Big|_{\text{simplify}}^{\text{float}, 3} \rightarrow \left[0.364 \cdot \left(\frac{\nu \cdot x^4}{\nu_0} \right)^{\frac{1}{5}} \dots \right]$$

Выбирая из физических соображений действительное значение толщины пограничного слоя, найдем

$$\frac{\delta_m}{x} = 0.364 \cdot \left(\frac{\nu \cdot x^4}{\nu_0 \cdot x^{\frac{25}{5}}} \right)^{\frac{1}{5}},$$

где $\frac{\nu \cdot x^4}{\nu_0 \cdot x^{\frac{25}{5}}} \text{simplify} \rightarrow \frac{\nu}{\nu_0 \cdot x}.$

Поскольку $\text{Re}_x = \frac{\nu_0 \cdot x}{\nu}$, то $\frac{\delta_m}{x} = \frac{0.364}{\text{Re}_x^{\frac{1}{5}}}.$

Толщина пограничного слоя, м,

$$\delta_m := 0.364 \cdot x \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0 \cdot x} \right)^{\frac{1}{5}}. \quad (9)$$

Касательное напряжение, Па,

$$\tau_{wm} := 0.022 \cdot \rho \cdot \nu_0^2 \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0 \cdot \delta_m} \right)^{\frac{1}{4}}.$$

Сила сопротивления турбулентного трения, Н, составит

$$T_m := b_m \cdot \int_0^{l_m} \tau_{wm} dx \text{ float}, 4 \rightarrow 0.0354 \cdot \rho \cdot \nu_0^2 \cdot b_m \cdot l_m \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0 \cdot l_m} \right)^{\frac{1}{5}},$$

а удельное сопротивление трения

$$R := \frac{T_m}{0.5 \cdot \rho \cdot \nu_0^2 \cdot b_m \cdot l_m} \text{ substitute } \text{Re}_{lm} = \frac{\nu_0 \cdot l_m}{\nu} \rightarrow 0.0708 \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0 \cdot l_m} \right)^{\frac{1}{5}}.$$

Расчет кинематических характеристик отводящего русла при ламинарном режиме не имеет смысла, поскольку число Рейнольдса в условиях реального потока уже на малых расстояниях от начала обтекаемой поверхности достигает значений порядка 10^7 . Для доказательства произведем расчет в автоматизированной среде MathCad для условий нижнего бьефа водосливной плотины.

Температура воды $t := 14^\circ\text{C}$.

Зависимость плотности воды от температуры

$$\rho(t) := (1000 - 0.062 \cdot t - 0.00355 \cdot t^2) = 998.436 \text{ кг/м}^3.$$

Зависимость коэффициента динамической вязкости воды от температуры

$$\mu(t) := 0.59849 \cdot (43.252 + t)^{-1.5423} = 1.164 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Зависимость коэффициента кинематической вязкости воды от температуры

$$\nu(t) := \mu(t) / \rho(t) = 1.166 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Введем исходные данные для расчета продольного профиля скорости в потоке.

Средний диаметр донных частиц $d := 0.007 \text{ м}$.

Глубина потока $h := 10 \text{ м}$.

Высота выступов шероховатости, м, $\Delta := \frac{2}{3} \cdot d = 4.667 \cdot 10^{-3}$.

Диапазон изменения ординаты точки потока $y = \Delta, \Delta + 0.001 \cdot h$.

Постоянная Кармана $\kappa := 0.46$.

Диапазон измерения высоты выступов шероховатости $z = 0, \Delta \text{ м}$.

Локальная скорость по Н. Б. Барышникову, м/с,

$$v_x(y, z) := \frac{1}{\kappa} \cdot \left(\ln \left(\frac{y}{z} \right) - 1 \right).$$

Максимальная скорость на поверхности потока, м/с,

$$v_{x\max} := \frac{1}{\kappa} \cdot \left(\ln \left(\frac{h}{\Delta} \right) - 1 \right) = 14.5.$$

Средняя скорость на вертикали, м/с,

$$v_{cp} := \frac{1}{h} \cdot \int_0^h v_x(y, \Delta) dy = 12.326.$$

Примем величину скорости потока, набегающего на поверхность, равной средней скорости на вертикали, м/с: $v_0 := v_{cp}$.

Текущая координата пластины, м, $x := 0, 0.1 \dots 10$.

Зависимость числа Рейнольдса пограничного слоя от длины потока

$$\text{Re}_x(x) := \frac{v_{cp} \cdot x}{\nu}.$$

Выполним расчет кинематических характеристик отводящего русла при турбулентном режиме.

Толщина турбулентного пограничного слоя, выраженная через число Рейнольдса, м,

$$\delta_m(x) := \frac{0.364}{(\text{Re}_x(x))^{\frac{1}{5}}} \cdot x.$$

Толщина вытеснения скорости, м,

$$\delta_{1m}(x) := \frac{\delta_m(x)}{8}.$$

Толщина потери количества движения, м,

$$\delta_{2m}(x) := \frac{7 \cdot \delta_m(x)}{72}.$$

По результатам расчета построены графические зависимости числа Рейнольдса пограничного слоя (рис. 1) и толщины турбулентного пограничного слоя (рис. 2) от длины потока.

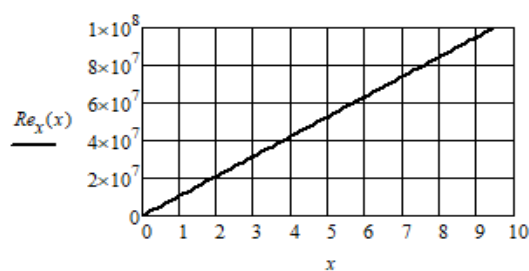


Рис. 1. Зависимость числа Рейнольдса пограничного слоя от длины потока

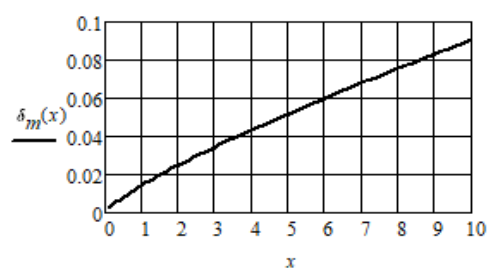


Рис. 2. Толщина турбулентного пограничного слоя

Рисунок 3 показывает графическую зависимость толщины вытеснения скорости по длине потока. Для иллюстрации толщины потери количества движения на плоской поверхности построен график (рис. 4).

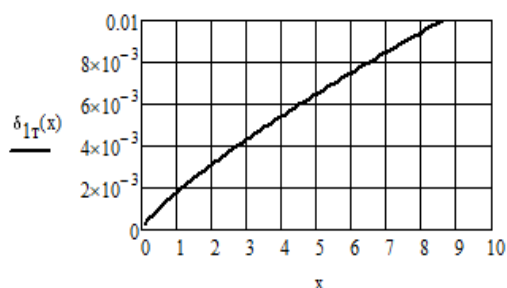


Рис. 3. Толщина вытеснения скорости, м

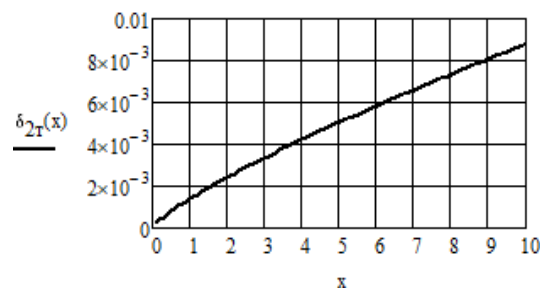


Рис. 4. Толщина потери количества движения, м

Выводы

1. Из формулы (9) для толщины турбулентного пограничного слоя видно, что $\delta_{тб}$ растет как $x^{1/5}$, в то время как толщина ламинарного слоя δ_l растет как $x^{1/2}$, поэтому сопротивление обтекаемого тела уменьшается при сохранении режима движения в пограничном слое до более высоких значений Рейнольдса [2]. В русловом потоке подобная логика является неудовлетворительной, поскольку число Рейнольдса достигает значений $Re = 10^7$ уже на первых метрах формирования пограничного слоя.

2. Из сравнения величин сопротивлений, полученных из решения интегрального уравнения Кармана, следует, что турбулизация при малых значениях числа Рейнольдса приводит к эффекту снижения размывающей скорости в придонном слое потока. Однако этот эффект не реализуется на размываемых поверхностях, поскольку в этих случаях формирование воронки размыва нарушает условия плоского течения, а на деформируемом дне русла возникают отрывные течения или области возвратных вихрей.

3. Таким образом, направления предотвращения донного размыва связаны с созданием искусственной шероховатости при сходе струи с концевых сооружений в отводящее русло или отклонение струйного течения от дна с помощью струнаправляющих профилей [6].

Список литературы

1. Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика: в 2 ч. Ч. 1: Учебное руководство: для втузов / Г. Н. Абрамович. – М.: Наука, 1991. – 600 с.

2. Дульнев, Г. Н. Механика жидкостей и газов: электронный учебник по дисциплине «Механика жидкостей и газов. Версия 1» / Г. Н. Дульнев. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. – 72 с.
3. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов / Л. Г. Лойцянский. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
4. Совершенствование средств инженерно-экологического обустройства водохранилищ ГЭС / А. Г. Поздеев, И. А. Полянин, Е. М. Царев, Ю. А. Кузнецова // Вестник МарГТУ. Серия: Лес. Экология. Человек. – 2011. – № 1. – С. 83-98.
5. Чжен, П. Отрывные течения / П. Чжен. – М.: Мир, 1972. – Т. 1. – 300 с.
6. Kuznetsova, Y. A. Application of vortex jet boundary model for determination of flow parameters in hydrosystem tailrace / Y. A. Kuznetsova, A. G. Pozdeev // Water, resources, forest, marine and ocean ecosystems: 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM). – 2017. – Vol. 17. – Pp. 33-41.

UDC 630.378

CALCULATION OF TURBULENT BOUNDARY LAYER BY KARMAN'S METHOD IN MATHCAD

Pozdeev Anatoly Gennadievich, Kuznetsova Yulia Anatolievna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

According to the method of K. Pohlhausen [5], a Karman's integral equation is solved by assigning a third-degree polynomial that defines a longitudinal flow velocity at the surface of a plate, when $y := 0$. Polynomial coefficients are calculated in Mathcad application environment as a result of a double implementation of Given-Find procedure. On this basis, a displacement thickness and a momentum thickness of the turbulent boundary layer on a longitudinally streamlined flat plate are determined.

Keywords: Karman's integral equation, method of K. Pohlhausen, longitudinally streamlined flat plate, turbulent boundary layer, displacement thickness, momentum thickness, Mathcad.

УДК 625.8

ИЗУЧЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И СДВИГОУСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ В ПРОЦЕССЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАРЕНИЯ

*Салихов Мухаммет Габдулхаевич¹, Малянова Лидия Ивановна²,
Веюков Евгений Валерианович¹*

¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

²ВФ ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет (МАДИ)», г. Чебоксары

Экспериментально исследована в лабораторных условиях динамика изменения значений коэффициента внутреннего трения, сцепления при сдвиге и трещиностойкости образцов, модифицированных кубовыми остатками при производстве анилина (АсД) и немодифицированных асфальтобетонов с отходами дробления известняков после прогревания смесей при высокой температуре (+150 °С) в течение 1...7 часов. Результаты исследований могут быть использованы для прогнозирования эксплуатационного состояния покрытий из этих материалов.

Ключевые слова: асфальтобетонные смеси, асфальтобетоны, отходы дробления известняков, кубовые остатки при производстве анилина, температурное старение, сдвигоустойчивость, трещиностойкость.

Введение. В разработанных на кафедре строительных технологий и автомобильных дорог асфальтобетонах (АБ) типа Б известняковый минеральный порошок и часть дробленого песка были заменены отходами дробления известняков фр. 0...5 мм [1, 2]. Составы исследованных образцов асфальтобетонов выглядят следующим образом, % от массы: а) состав № 1: щебень М 1200 фр. 5...20 мм – 47,0; дробленый песок (отсевы дробления прочных пород) – 43,0; отходы дробления известняков (ОДИ) фр. 0...5 мм – 10,0; битум нефтяной дорожный БНД 90/130 – 5,0 (сверх 100 % от массы минеральной части); б) составы № 2-5: минеральная часть – аналогичны составу № 1; вяжущее – смесь битума БНД 90/130 с добавками кубовых остатков при производстве анилина (АсД) в количестве 0,5; 1,0; 1,5; и 2,0 % соответственно.

Постановка задачи. Разработанные составы асфальтобетонов позволяют снизить их себестоимость и требуемый расход битума. Они пригодны для использования в качестве конструкционного материала для покрытий автомобильных 3-й и ниже категорий и промышленных дорог, в том числе и лесовозных. Однако до настоящего времени не было исследовано изменение их сдвигоустойчивости и трещиностойкости в ходе температурного старения.

Цель исследования – выполнить лабораторные исследования показателей сдвигоустойчивости при сдвиге и трещиностойкости АБ с ОДИ при повышенных и пониженных температурах.

Методика проведения экспериментов. Испытываются стандартные цилиндрические образцы диаметром и высотой 71,4 мм по стандартным методикам ГОСТ 12801-98. Формование образцов асфальтобетонов проводилось при давлении 40 МПа в течение 3 минут при температурах +110...+120 °С. При этом асфальтобетонные смеси предварительно выдерживались при температуре +150 °С в течение 0, 1, 3, 5, 7 часов соответственно и охлаждались до комнатных температур. Изготовленные образцы АБ испытывались после выдерживания в течение одних суток и перед испытаниями выдерживались 1 час в воде, имеющей заданную температуру испытаний образцов.

Проведение опытов и анализ их результатов. Подготовленные образцы испытывались по вышеописанным методикам, результаты которых представлены в таблице.

Некоторые результаты лабораторных испытаний АБ с ОДИ

№ п/п	Содержание $Q_{\text{АсД}}$, % от массы битума	Продолжительность прогрева смеси при температуре $t_{\text{пр}} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ч	Предел прочности при сжатии, МПа			Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость, $T_{\text{р.ст.}}$, МПа
			$R_{\pm 0 \text{ }^{\circ}\text{C}}$	$R_{+20 \text{ }^{\circ}\text{C}}$	$R_{+50 \text{ }^{\circ}\text{C}}$	коэффициент внутреннего трения, $\text{tg } \varphi$	сцепление при сдвиге C , МПа	
1	0	0	8,6	4,7	2,3	0,91	0,53	4,50
2	0	1	7,8	4,0	1,8	0,90	0,51	4,16
3	0	3	7,6	3,7	1,5	0,87	0,44	4,13
4	0	5	7,3	3,6	1,3	0,86	0,40	4,01
5	0	7	6,6	3,1	1,2	0,82	0,37	3,61
6	0,5	0	8,5	4,5	2,6	0,92	0,53	4,71
7	0,5	1	7,5	4,4	2,0	0,91	0,52	4,20
8	0,5	3	7,4	4,2	1,8	0,89	0,45	4,15
9	0,5	5	7,0	3,7	1,5	0,87	0,42	4,01
10	0,5	7	6,8	3,1	1,3	0,86	0,40	3,82

Окончание таблицы

№ п/п	Содержание $Q_{\text{АсД}}$, % от массы битума	Продолжительность прогрева смеси при температуре $t_{\text{пр}} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, ч	Предел прочности при сжатии, МПа			Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость, $T_{\text{р.ст.}}$, МПа
			$R_{\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$R_{+20\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$R_{+50\text{ }^{\circ}\text{C}}$	коэффициент внутреннего трения, $\text{tg } \varphi$	сцепление при сдвиге C , МПа	
11	1,0	0	8,3	5,2	2,7	0,95	0,54	5,40
12	1,0	1	7,0	4,0	2,2	0,93	0,53	4,28
13	1,0	3	6,5	4,6	1,9	0,92	0,45	4,21
14	1,0	5	6,2	4,3	1,7	0,89	0,42	4,18
15	1,0	7	5,5	3,9	1,4	0,86	0,41	4,10
16	1,5	0	8,3	5,1	2,3	0,92	0,54	5,00
17	1,5	1	7,4	4,2	2,1	0,91	0,52	4,19
18	1,5	3	7,1	3,8	1,8	0,88	0,44	4,17
19	1,5	5	6,8	3,0	1,4	0,85	0,42	4,07
20	1,5	7	6,0	2,3	1,3	0,84	0,40	4,00
21	2,0	0	8,8	4,2	1,9	0,86	0,50	4,60
22	2,0	1	7,9	3,9	1,8	0,86	0,48	4,10
23	2,0	3	7,5	3,5	1,6	0,83	0,41	3,85
24	2,0	5	6,8	2,4	1,3	0,80	0,35	3,19
25	2,0	7	6,1	2,0	1,1	0,79	0,31	3,00

Как видно из таблицы, по мере увеличения продолжительности прогрева асфальтобетонных смесей с отходами дробления известняков (температурного старения) значения пределов прочности при сжатии при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, коэффициента внутреннего трения, сцепления при сдвиге и трещиностойкости как у немодифицированных, так и модифицированных асфальтобетонов снижаются при одновременном повышении значений пределов прочности при сжатии при $\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом наибольшему изменению подвергаются значения предела прочности при сжатии при $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. он является наиболее чувствительным показателем. Это говорит о том, что в процессе старения у покрытий из асфальтобетонов сопротивляемость сдвиговым напряжениям (колееобразованию) и трещинообразованию при повышенных и пониженных температурах снижается. Кроме того, из таблицы видно, что введение в состав асфальтобетонов небольшого количества добавок АсД (в пределах $0,5 \dots 1,0\%$ от массы битума), во-первых, позволяет несколько увеличить значения изученных механических показателей свойств, во-вторых, повысить их сопротивляемость термостарению.

Дальнейший анализ результатов лабораторных испытаний и их обработка с использованием программной среды CurveExpert [3] позволили получить следующие закономерности:

1) для немодифицированного АБ с ОДИ:

$$\text{tg } \varphi = 0,912e^{-0,014t_{\text{пр}}} \quad (1)$$

$$S = 0,0074; R = 0,9838;$$

2) для модифицированного АБ, $Q_{\text{АсД}} = 0,5\%$:

$$\text{tg } \varphi = 0,919e^{-0,010t_{\text{пр}}} \quad (2)$$

$$S = 0,0032; R = 0,9940;$$

3) для АБ модифицированного, $Q_{\text{АсД}} = 1,0\%$:

$$\text{tg } \varphi = 0,949e^{-0,013t_{\text{пр}}} \quad (3)$$

$$S = 0,00678; R = 0,9865;$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 1,5 \%: \\ \text{tg}\varphi = 0,920e^{-0,014t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (4)$$

$$S = 0,00508; R = 0,9892;$$

$$\begin{aligned} 5) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 2,0 \%: \\ \text{tg}\varphi = 0,864e^{-0,014t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$S = 0,0070; R = 0,9827;$$

$$\begin{aligned} 6) \text{ для немодифицированного АБ с ОДИ:} \\ C = 0,530e^{-0,054t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (6)$$

$$S = 0,0902; R = 0,9936;$$

$$\begin{aligned} 7) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 0,5 \%: \\ C = 0,531e^{-0,044t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (7)$$

$$S = 0,0130; R = 0,9826;$$

$$\begin{aligned} 8) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 1,0 \%: \\ C = 0,539e^{-0,049t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (8)$$

$$S = 0,0186; R = 0,9647;$$

$$\begin{aligned} 9) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 1,5 \%: \\ C = 0,535e^{-0,047t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (9)$$

$$S = 0,0178; R = 0,9687;$$

$$\begin{aligned} 10) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 2,0 \%: \\ C = 0,506e^{-0,071t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (10)$$

$$S = 0,0068; R = 0,99974;$$

$$\begin{aligned} 11) \text{ для немодифицированного АБ с ОДИ:} \\ T_{\text{р.ст.}} = 4,423e^{-0,026t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (11)$$

$$S = 0,1311; R = 0,9352;$$

$$\begin{aligned} 12) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 0,5 \%: \\ T_{\text{р.ст.}} = 4,521e^{-0,025t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (12)$$

$$S = 0,1657; R = 0,9017;$$

$$\begin{aligned} 13) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 1,0 \%: \\ T_{\text{р.ст.}} = 4,896e^{-0,032t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (13)$$

$$S = 0,4316; R = 0,7265;$$

$$\begin{aligned} 14) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 1,5 \%: \\ T_{\text{р.ст.}} = 4,647e^{-0,026t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (14)$$

$$S = 0,3007; R = 0,7679;$$

$$\begin{aligned} 15) \text{ для АБ модифицированного, } Q_{\text{АсД}} = 2,0 \%: \\ T_{\text{р.ст.}} = 4,510e^{-0,062t_{\text{пр}}} \end{aligned} \quad (15)$$

$$S = 0,1395; R = 0,9830.$$

Полученные зависимости показывают, что у асфальтобетонов с ОДИ, сформированных из предварительно прогретых при температуре +150 °С асфальтобетонных смесей, уменьшение значений показателей свойств – коэффициента внутреннего трения и сцепления при сдвиге и трещиностойкости – по мере увеличения продолжительности прогрева происходит также по закону гибели. Соответственно, в процессе старения сопротивляемость асфальтобетонов трещинообразованию, сдвиговым (пластическим) напряжениям во время старения также снижается по этому закону, т.е. по экспоненциальной зависимости.

Выводы. В результате выполнения экспериментальных исследований модифицированных кубовыми остатками при производстве анилина и немодифицированных асфальтобетонов получены зависимости значений показателей сдвигоустойчивости

при повышенных температурах и трещиностойкости при пониженных температурах от времени предварительного прогревания смесей при температуре +150 °С (продолжительности старения), которые могут быть использованы для прогнозирования эксплуатационного состояния покрытий из этих материалов.

Список литературы

1. Салихов М. Г., Вайнштейн Е. В., Вайнштейн В. М. Способ получения горячей щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси с добавками отсевов дробления известняков марки 400: патент РФ на изобретение № 2426704; заявитель и патентообладатель Марийский гос. техн. ун-т. 2009, Бюл. № 23.
2. Салихов М. Г., Иливанов В. Ю., Малянова Л. И. Способ получения горячей щебеночно-асфальтобетонной смеси с отсевами дробления известняков марки 400: патент РФ на изобретение № 2503633; заявитель и патентообладатель Марийский гос. техн. ун-т. 2014, Бюл. № 1.
3. Мазуркин, П. М. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учеб. пособие / П. М. Мазуркин, А. С. Фадеев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 292 с.

UDC 625.8

**STUDY OF CRACK RESISTANCE AND SHEAR RESISTANCE
OF ASPHALT CONCRETE AS TEMPERATURE AGING**

Salikhov Muhamet Gabdulchaevich¹, Malyanova Lidia Ivanovna², Veyukov Evgenij Valerianovich¹

¹Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola,

²Volga Branch of Moscow Automobile and Road Construction State Technical, Cheboksary

The dynamics of changes in the coefficient of internal friction, shear coupling and crack resistance of samples not modified and modified by the bottoms in the production of anline asphalt concrete with limestone crishing waste during temperature aging at +150 degrees Celsius was experimentally Student the laboratory.

Keywords: asphalt concrete mixes, asphalt concrete, waste of crushing of limestones, modification, temperature aging, shear resistance, crack resistance.

УДК 691

О БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Филина Наталья Александровна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
FilinaNA@volgatech.net

Приведены испытания строительных материалов (флизелиновые обои, гипсокартон, сайдинг, утеплитель, монтажная пена) по параметру пожаробезопасность при температурах 700 и 1000 °С. Сделано заключение о группе горючести стройматериалов. Система тестирования предназначена для облегчения выбора материалов потребителями.

Ключевые слова: строительные материалы, пожаробезопасность, негорючие материалы.

Введение. Многие знают, что строительные материалы должны проходить проверку. Только после экспертизы они могут получить сертификаты качества и попасть в магазины. Но мало кто знает, какие именно параметры и характеристики говорят об их безопасности.

Образцы подвергают испытаниям по таким параметрам, как пожарная и экологическая безопасность, прочность, долговечность и ряд других параметров, определяющие высокое качество материала. Для различных групп материалов существуют свои стандарты, нормативные документы, а также испытания, различающиеся по количеству и параметрам образцов и способам исследований и аппаратуры.

Цель работы – проведение испытаний строительных материалов на пожаробезопасность.

Моделирование. Проведены испытания строительных материалов по параметру «пожаробезопасность».

Испытание – это своеобразная имитация пожара. Благодаря этому тесту можно выбрать материалы, которые покажут себя наилучшим образом. Строительные нормы делят все строительные материалы на две группы: горючие и негорючие. Чтобы определить горючесть, образцы материала помещают в специальную печь – трубу из огнеупорного материала. Температура в этой печи достигает 750 °С. Важно не только, загорится ли образец. Учитывают и другие показатели: насколько увеличивается температура в печи, как меняется масса образца и т.д.

Испытывались строительные материалы, такие как флизелиновые обои, гипсокартон, сайдинг, утеплитель и монтажная пена, при температуре 700 °С и 1000 °С. Результаты испытаний приведены в таблице.

Испытание строительных материалов по параметру пожаробезопасность

Материал	Время возгорания и поведение материала при температуре, мин.	
	700 °С	1000 °С
Флизелиновые обои	Тормозит процесс горения в течение 5 мин.	Мгновенное возгорание
Гипсокартон	Не возгорается	Не возгорается
Сайдинг	2 мин. тлеет, затем вспыхивает	Вспыхивает
Утеплитель	Не горит, скукоживается	Не горит, материал уплотняется
Монтажная пена	Загорается моментально, коптит	Загорается моментально, коптит

Испытания показали, что из представленных материалов безопасными, негорючими являются гипсокартон и утеплитель.

Негорючих материалов (группа КМ₀) немного. К ним относятся каменная вата, граниты, цементы, штукатурки на основе цемента, бетоны, кирпич. Применение таких материалов обеспечит дому наибольшую безопасность.

Теплоизоляция на основе каменной ваты (данные представлены в таблице), например, используется и в качестве огнезащиты, так как волокна каменной ваты способны выдерживать температуру до 1000 °С. Если установлено, что материал относится к группе негорючих, дальнейших испытаний для него не проводят.

Остальные материалы, которые используют для отделочных и облицовочных работ внутри и снаружи здания, относятся к группе горючих. Для горючих материалов определяют их воспламеняемость, способность к распространению пламени, оценивают дымообразование и токсичность продуктов горения. В нашем случае к таким материалам относятся флизелиновые обои и монтажная пена.

Сумма критериев позволяет разделить все горючие материалы на классы пожарной опасности: от КМ₁ до КМ₅. Этот класс необходимо учитывать при строительстве. Например, для отделки стен и потолков в вестибюлях, лифтовых холлах и на лестничных клетках можно использовать только материалы с классом пожарной опасности КМ₀ и КМ₁. Только материалы класса КМ₀ ограничений в применении по пожарной безопасности не имеют.

Во многих пожарах отравление продуктами горения во время пожара является основным опасным фактором, поэтому важно знать дымообразующую способность материала. Горючие материалы относятся к трем группам, отличающимся:

- малой,
- средней;
- высокой дымообразующей способностью.

В наших испытаниях монтажная пена практически мгновенно начала коптить и при температурах 700 и 1000 °С.

Еще одна важная характеристика – токсичность продуктов горения. По этому параметру материалы подразделяют на 4 группы: от Т1 (малоопасные) до Т4 (чрезвычайно опасные). Например, обои из стекловолокна относятся к группе Т1, а стеновые панели из ПВХ, как правило, составляют группу Т3.

Существует ещё немало тестов, которым подвергают стройматериалы. Это тесты на химическую устойчивость, воздухопроницаемость и др. Однако необходимо помнить: результаты проверок важны не сами по себе, их используют для сравнения с действующими нормативными документами.

Выводы. Сегодня на рынке представлен большой ассортимент строительных материалов. Система тестирования и сертификации предназначена для облегчения выбора материалов потребителями. Только вооружившись необходимыми знаниями, мы сможем подобрать самые безопасные и качественные материалы для дома.

Список литературы

1. Приказ МЧС РФ от 18-06-2003 313 «Об утверждении правил пожарной безопасности в Российской Федерации» (2018).
2. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме».
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

UDC 691

SAFETY OF CONSTRUCTION MATERIALS

Filina Natalia Alexandrovna

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

Tests of building materials on the parameter of fire safety are given. The conclusion is made about a group of combustibility.

Keywords: *building materials, fire safety, non-combustible materials.*

УДК 614.8:631

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

Филина Наталья Александровна, Ширнин Александр Юрьевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
ShirninAU@volgatech.net

Приведен анализ производственного травматизма в птицеводческой организации ООО «Птицефабрика Акашевская» по районам Республики Марий Эл и Чувашской Республики. Рассчитаны коэффициенты частоты и тяжести несчастных случаев по районам. Сделано заключение о видах травм.

Ключевые слова: производственный травматизм, виды травм, коэффициент частоты, коэффициент тяжести.

Введение. Состояние условий труда на предприятиях агропромышленного комплекса, сохранение здоровья и жизни работников – актуальная проблема, влияющая как на работу на предприятии, так и на экономическую стабильность организаций агропромышленного комплекса и благополучие, спокойствие работников и их семей. Анализ статистических данных показывает, что агропромышленный комплекс (АПК) Российской Федерации демонстрирует неблагоприятные тенденции по показателям травматизма. Одними из самых сложных отраслей на сегодняшний день в АПК являются животноводство, растениеводство, сфера ведения ремонтных работ, сфера обслуживания техники. Однако в отличие от других отраслей травматизм в АПК носит сезонный характер. Пик приходится на осень, на втором месте – весна и лето. Зимой несчастные случаи, связанные с сельхозпроизводством, практически не фиксируются.

По доле несчастных случаев с тяжелыми последствиями сельское хозяйство также является травмоопасным видом экономической деятельности наравне с обрабатывающими производствами, строительством и транспортом.

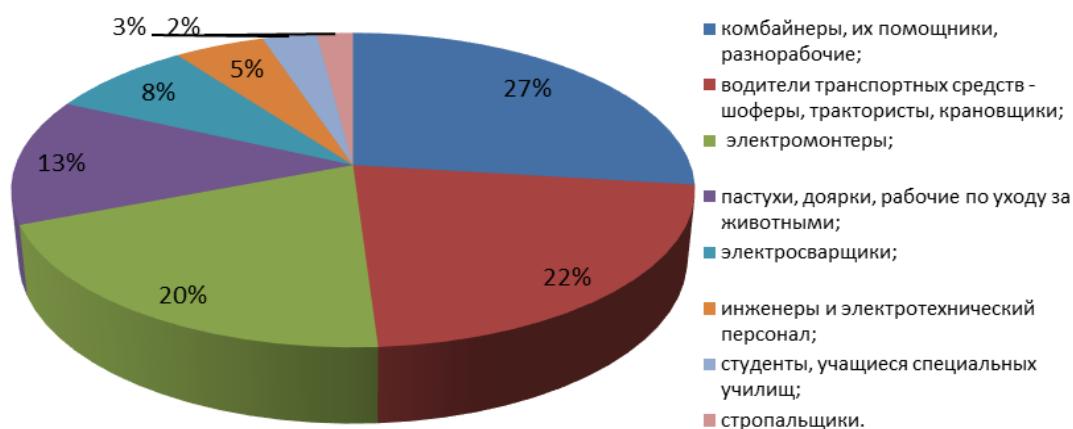


Рис. 1. Производственный травматизм от действия электрического тока на человека по различным видам профессий

Одним из опасных производственных факторов, которым часто пренебрегают, является электрический ток, так как электричество широко используется не только для освещения, но и для комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, способствует повышению производительности труда в несколько раз. На рисунке 1 представлены статистические данные при рассмотрении характера травматизма от действия электрического тока на человека по различным видам профессий. Следует обратить внимание на то, что около 50 % электротравм происходит при выполнении полевых работ.

Цель работы – проведение топографического анализа производственного травматизма в птицеводческой организации ООО «Птицефабрика Акашевская».

Моделирование. Рассмотрен производственный травматизм на примере птицеводческой организации ООО «Птицефабрика Акашевская». Данные взяты с сайта Государственной инспекции труда по Республике Марий Эл. Анализ проводился за период с 2014 по 2017 год в отрасли птицеводства. Результаты анализа представлены на рисунках 2-5.

Большинство произошедших несчастных случаев закончились лёгкими или средними повреждениями здоровья (ранения, ушибы, ожоги, переломы и др.). Анализ несчастных случаев показывает, что чаще всего встречаются повреждения верхних конечностей и особенно кистей и пальцев (около 40 % всех случаев). Значительное количество несчастных случаев приходится на погрузочно-разгрузочные работы, дорожно-транспортные работы, приготовление кормов, уход за птицей, раздача кормов, уборка помета и прочие виды работ.

Основной причиной возникновения несчастных случаев с тяжелым исходом является нарушение организации трудового процесса. В большинстве случаев это связано с отсутствием контроля со стороны руководителей, ответственных за безопасное выполнение технологических процессов, а также с несоблюдением производственной дисциплины.

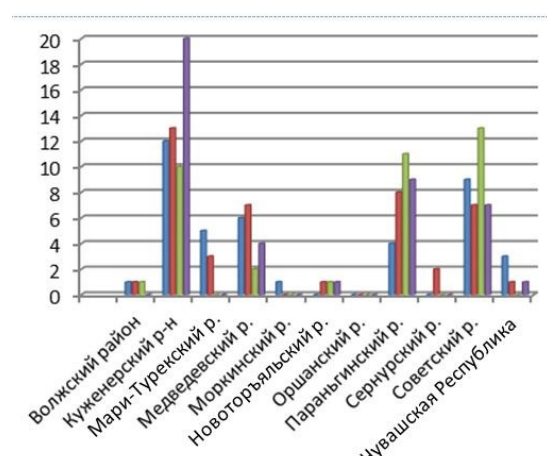


Рис. 2. Анализ производственного травматизма в ООО «Птицефабрика Акашевская» по районам:

■ 2014 год
■ 2015 год
■ 2016 год
■ 2017 год

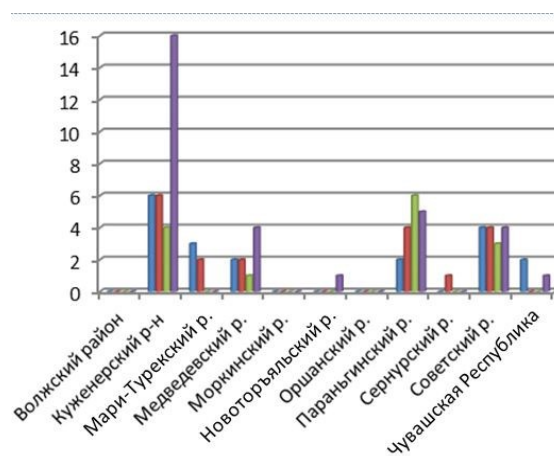


Рис. 3. Анализ травмирования женщин в ООО «Птицефабрика Акашевская» по районам:

■ 2014 год
■ 2015 год
■ 2016 год
■ 2017 год

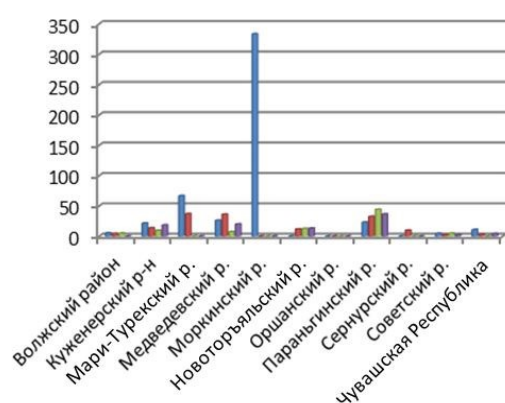


Рис. 4. Коэффициент частоты несчастных случаев по районам

■ 2014 год
■ 2015 год
■ 2016 год
■ 2017 год

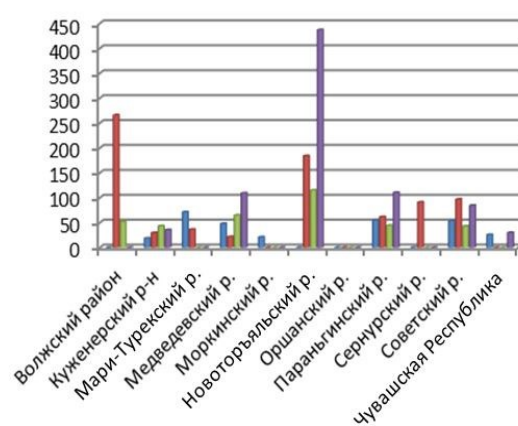


Рис. 5. Коэффициент тяжести несчастных случаев по районам

■ 2014 год
■ 2015 год
■ 2016 год
■ 2017 год

Также в 2017 году были зарегистрированы несчастные случаи, связанные с опасными действиями пострадавших или других лиц, послужившими причиной травмирования 12 работников.

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается сложное положение с безопасностью труда на сельхозпредприятиях.

В целях снижения уровня производственного травматизма и улучшения условий труда работающих в ООО «Птицефабрика Акашевская» необходимо подобрать точную методику прогнозирования возможного числа несчастных случаев.

К основным методам прогнозирования несчастных случаев относят:

- статистические методы;
- экспертные оценки;
- методы моделирования;
- интуитивные.

Анализ несчастных случаев, результаты которого приведены выше, проведен с использованием статистического метода.

Метод прогнозирования риска травматизма на основе статистических данных показал, что в ООО «Птицефабрика Акашевская» управление риском неэффективно и планирование деятельности нерационально [1, 2]. Для улучшения ситуации требуется создание целого комплекса методик для выбора общей стратегии деятельности и разработки конкретных мероприятий по управлению охраной труда.

Для прогнозирования риска травматизма использован корреляционный анализ. Найдено уравнение регрессии для контингента работников. Построены прогнозируемые на перспективу верхняя и нижняя границы интервала возможных значений контингента, а также диаграммы зависимостей контингента по годам.

Данный метод с вероятностью прогноза 0,95 показывает, что общий травматизм имеет тенденцию к снижению. Однако необходимы профилактические мероприятия. В результате вполне вероятным является получение достоверного прогноза, который позволит разработать эффективные профилактические мероприятия по снижению уровня производственного травматизма [2, 3].

Однако необходимо отметить, что на фоне экономического кризиса в стране нельзя уменьшать расходы на приобретение средств индивидуальной защиты и проведение мероприятий по предупреждению производственного травматизма. Такой подход позволит надеяться, что доля смертельных и тяжелых травм будет сведена к минимуму.

Выводы. Данный анализ позволяет увидеть полную картину травматизма на предприятии, то есть необходимость проведения профилактических работ и приобретения средств индивидуальной защиты. Рисунки 4 и 5 показывают социальный эффект от вкладывания денежных средств в охрану труда.

Список литературы

1. Сафонов, Я. С. Оптимизация выбора организационно-технических мероприятий по охране труда в АПК на примере Самарской области: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Я. С. Сафонов. – Самара, 2006. – 13 с.
2. Юсупов, Р. Х. Прогнозирование состояния производственного травматизма и производственно-обусловленной заболеваемости рабочих коллективов на основе теории информационных цепей / Р. Х. Юсупов, Ю. Г. Горшков, А. В. Зайнишев // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. – 2007. – № 20 (92). – С. 54-60.
3. Щекина, Е. В. Использование метода математического моделирования для прогнозирования уровня производственного травматизма в ООО «ПК «НЭВЗ» / Е. В. Щекина, Р. Р. Лазуренко // Инновационные технологии в машиностроении и металлургии: сб. статей VII науч.-практ. конференции. – Ростов-на-Дону, 2015. – С. 384–398.

UDC 614.8:631

MODELING OF PRODUCTION TRAUMATISM IN THE AGRICULTURAL INDUSTRY

Filina Natalia Alexandrovna, Shirnin Alexander Yurievich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

An analysis of occupational traumatism in the poultry-farming organization of Poultry Factory Akashevskaya LLC by regions is given. The coefficients of frequency and severity by regions are calculated. A conclusion was drawn on the types of injuries.

Keywords: *occupational traumatism, types of injuries, frequency coefficient, coefficient of gravity.*

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. ИНЖЕНЕРИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 532.525.2 + 626.88

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОТОКА, ОБРАЗОВАННОГО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ СТРУЯМИ, В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATHCAD

Введенский Олег Германович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
VvedenskyOG@volgatech.net

Рассмотрена проблема формирования и распространения водных потоков, образованных параллельными гидравлическими струями. Предложена новая математическая модель формирования потока, образованного одним и двумя рядами параллельных гидравлических струй. Приведены краткие фрагменты предлагаемой модели в прикладной программной среде MathCAD.

Ключевые слова: гидравлическая струя, параллельные гидравлические струи, искусственные водные потоки, прикладная программная среда MathCAD.

Введение. В современных системах рыбопропуска и рыбозащиты очень широко используются потоки, образованные параллельными гидравлическими струями [1-4]. Данные потоки применяют с целью организации в водоемах искусственных водных течений транспортирующего [1, 2] или направляющего для рыб значения [3, 4]. Поэтому при разработке и проектировании подобных систем неизбежно возникают задачи, связанные с расчетом струйных течений, сформированных параллельными гидравлическими струями. Качественно решать данные задачи невозможно без наличия соответствующих математических моделей распространения водных потоков, образованных параллельными гидравлическими струями.

Цель работы – обоснование математической модели распространения водных потоков, образованных параллельными гидравлическими струями.

Решаемая задача – составить теоретическую и математическую модель потока, образованного двумя рядами параллельных гидравлических струй, в программной среде MathCAD.

Теоретическое и математическое моделирование. Теоретическое обоснование закономерностей распространения гидравлических струй и образованных ими потоков в основном базируется на пользующейся наибольшим признанием теории Прандтля–Толмина, в основу которой положено учение о турбулентных напряжениях в турбулентных потоках.

Первые достаточно широкие как теоретические, так и экспериментальные исследования провел А. Я. Милович [2, 4] в 1918 г. в гидравлической лаборатории Алексеевского политехнического института в Новочеркасске. Изучая распространение струй газовой жидкости в однородной окружающей среде, он дал схему строения струи (рис. 1), впервые установил, что осевая скорость на основном участке осесимметричной струи изменяется вдоль струи по следующей зависимости:

$$V_z = \varphi \frac{V_0 d_0}{z}, \quad (1)$$

где V_z – осевая скорость на расстоянии z от насадка; $\varphi = 6$ – опытная константа (коэффициент пропорциональности); V_0 – скорость в выходном сечении насадка; d_0 – диаметр выходного отверстия насадка.

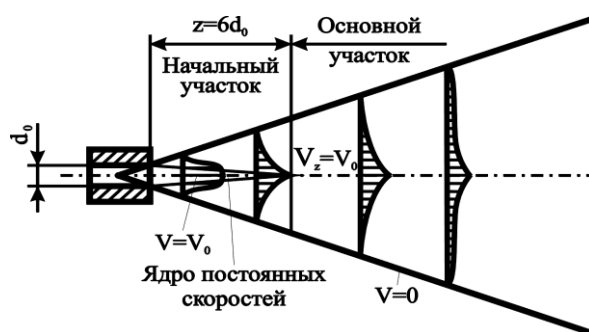


Рис. 1. Схема распространения гидравлической струи (по А. Я. Миловичу)

А. Я. Милович экспериментально и теоретически установил, что на расстоянии $z = 6d_0$ осевая скорость в сечении еще равна выходной скорости V_0 . Таким образом, по А. Я. Миловичу, длина начального участка струи $z = 6d_0$. При изучении формы струи им принята связь между радиусом сечения струи r и его расстоянием z от выходного отверстия насадка в виде выражения

$$z^{\frac{3}{2}} = \alpha r, \quad (2)$$

где $\alpha = 29,4\sqrt{d_0}$ – постоянная величина.

Проф. Г. Н. Абрамович [2, 4], сделавший глубокие теоретические исследования затопленных свободных струй, пришел также к выводу об аналогичном характере изменения осевой скорости на основном участке струи и получил зависимость для осевой скорости в виде

$$V_z = \varphi \frac{V_0 d_0}{z}, \quad (3)$$

где $\varphi = \frac{0,48}{\alpha + 0,145 \frac{d_0}{z}}$; α – экспериментальная константа, зависящая от структуры

струи, в начальном сечении; для воздуха $\alpha = 0,07 \div 0,08$.

При истечении гидравлических струй из струеобразующих насадков, отстоящих друг от друга на расстоянии b_3 , струи воды сначала развиваются самостоятельно, как единичные. Их боковые поверхности (границы струй) не смыкаются до определенного сечения, а затем происходит их слияние. Поэтому на основе анализа известных исследований турбулентных потоков [5] и теории Прандтля–Толмина нами раз-

работана определенная модель формирования суммарной струи, образованной параллельными струями.

В процессе разработки данной модели нами были приняты следующие условные обозначения (рис. 2):

$ABCC'B'A'$ – плоскость, проходящая через оси симметрии струй;

$d_{01}, d_{02}, \dots, d_{0n}$ – диаметры струеобразующих насадков;

z_p – длина участка раздельного движения струй;

z_B – длина участка взаимодействия струй;

$z_1, z_2, \dots, z_n$ – оси симметрии струй;

$V_{01}, V_{02}, \dots, V_{0n}$ – средние скорости истечения струй из первого, второго и т.д., n -го струеобразующего насадка;

$V_{z1}, V_{z2}, \dots, V_{zn}$ – осевые скорости потоков на расстоянии z от среза струеобразующих насадков;

V_{s0} – осевая скорость суммарной струи в сечении CC' ;

S – ось симметрии суммарной струи;

b_3 – расстояние между осями струй (насадков).

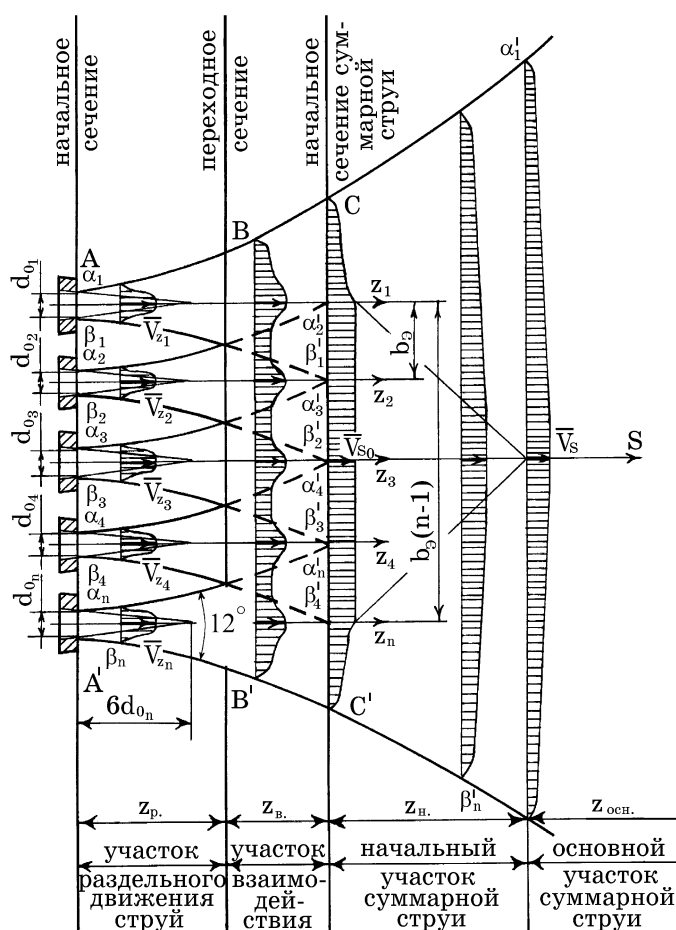


Рис. 2. Теоретическая модель взаимодействия n осесимметричных параллельных затопленных гидравлических струй

Формула для определения начальной осевой скорости суммарной струи записывается в следующем виде:

$$V_{S0} = \varphi' V_{0n} \left(\frac{d_{0n}}{b_{\Sigma}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (4)$$

а закон изменения осевых скоростей суммарного потока, как свидетельствует опыт [5], может быть представлен с достаточной точностью для практических целей зависимостью

$$V_S = \frac{\text{const}}{S} = \varphi'' \frac{V_{S0} b_{\Sigma} n}{S}, \quad (5)$$

где V_{S0} – начальная осевая скорость суммарной струи; S – расстояние от начального сечения суммарной струи, т.е. сечения CC' , до рассматриваемого сечения потока; φ' и φ'' – коэффициенты пропорциональности, определяемые опытным путем.

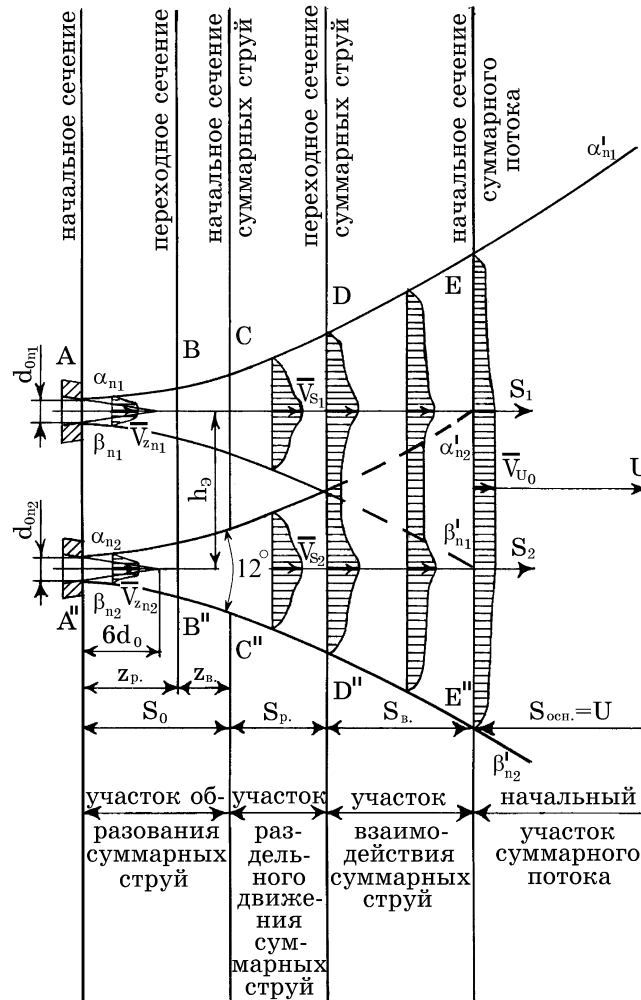


Рис. 3. Теоретическая модель взаимодействия двух рядов n осесимметричных параллельных гидравлических струй (сечение вертикальной плоскостью)

Рассматривая взаимодействие двух суммарных струй, образованных n осесимметричными параллельными гидравлическими струями (расстояния между их осями

симметрии равны друг другу и составляют b_{Σ}), отстоящих друг от друга на расстоянии h_{Σ} [4, 5], нами разработана теоретическая модель (рис. 3). Расстояние h_{Σ} определяет способность суммарной струи к эжектированию. При условии $h_{\Sigma} > b_{\Sigma}$ суммарные струи развиваются самостоятельно. Их боковые поверхности (границы струй) не смыкаются до определенного сечения, а затем происходит их слияние. Таким образом, данный случай можно рассматривать как частный случай взаимодействия n параллельных гидравлических осесимметричных струй (рис. 2).

При описании теоретической модели взаимодействия двух рядов n осесимметричных параллельных гидравлических струй нами приняты следующие условные обозначения:

- $ABCDEE''D''C''B''A''$ – плоскость, перпендикулярная плоскостям распространения суммарных струй;
- d_{0n1} и d_{0n2} – диаметры струеобразующих насадков первого и второго рядов струй;
- S_1 и S_2 – оси симметрии суммарных струй;
- S_0 – расстояние от выходных отверстий струеобразующих насадков AA'' до начального сечения суммарных струй CC'' ;
- S_p – длина участка раздельного движения суммарных струй;
- S_B – длина участка взаимодействия суммарных струй;
- V_{s01} и V_{s02} – начальные скорости суммарных струй;
- V_{s1} и V_{s2} – осевые скорости суммарных струй на расстоянии S от начального сечения суммарных струй CC'' ;
- U – ось симметрии суммарного потока, являющегося результатом взаимодействия двух суммарных струй;
- V_{U0} – осевая скорость результирующего (суммарного) потока в сечении EE'' ;
- h_{Σ} – расстояние между плоскостями распространения суммарных струй.

Скорость суммарного потока в этом случае мы можем определить из выражения

$$V_{U0} = \varphi'_U \frac{V_{0n} d_{0n}^{\frac{2}{3}} b_{\Sigma}^{\frac{1}{3}} n}{9,514(h_{\Sigma} - b_{\Sigma})}, \quad (6)$$

а закон изменения осевой скорости данной плоскопараллельной струи [4, 5] может быть представлен следующей зависимостью:

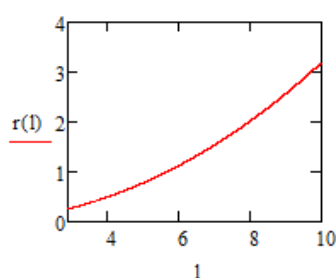
$$V_U = \frac{\text{const}}{\sqrt{U}} = \varphi''_U \frac{V_{U0} b_{\Sigma} n}{\sqrt{U}}, \quad (7)$$

где U – расстояние от начального сечения суммарного потока EE'' до рассматриваемого участка потока; φ''_U – коэффициент пропорциональности, определяемый опытным путем.

Разработанные нами теоретические модели распространения одиночной гидравлической струи, ряда параллельных гидравлических струй и двух рядов параллельных гидравлических струй мы реализовали в прикладной программной среде MathCAD (рис. 4). Такой подход позволит моделировать струйные течения, исходя из требуемых параметров искусственных водных течений.

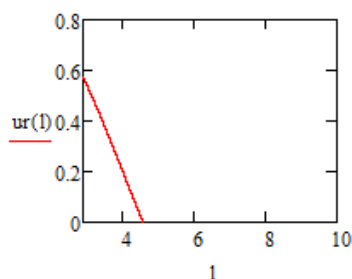
Кинематические характеристики струи

- секундный импульс в начальном сечении, кг·м/с² $J_0 := \rho \cdot \pi \cdot h_0 \cdot u_0^2$ $J_0 = 1.136 \times 10^5$
- кинематический импульс струи, м⁴/с² $K := \frac{J_0}{\rho}$
- кинематический коэффициент турбулентной вязкости, м/с² $\varepsilon_T := \sigma^2 \cdot K$ $\varepsilon_T = 6.701 \times 10^3$
- число Рейнольдса $Re_1 := \frac{u_0 \cdot l_0}{\nu}$ $Re_1 = 2.235 \times 10^7$
- толщина пограничного слоя, м $\delta := 0.38 \cdot l_0 \cdot Re_1^{-0.2}$ $\delta = 0.037$
- параметр цепной линии $a := \frac{h_0}{\delta}$ $a = 16.174$
- текущий радиус струи, м $r(l) := a \cdot \cosh\left(\frac{l}{a}\right) - a$



Зависимость текущего радиуса от длины струи

- масштабная переменная $\eta(l) := \sigma \cdot \frac{r(l)}{l}$
 - радиальная скорость, м/с
- $$ur(l) := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{K}{\sigma \cdot l}} \cdot \left[2 \cdot \eta(l) \cdot (1 - \tanh(\eta(l)))^2 - \tanh(\eta(l)) \right]$$



Зависимость радиальной скорости от длины струи

Рис. 4. Фрагмент листинга математической модели распространения струйных течений в среде MathCAD

Заключение. Предлагаемая нами математическая модель распространения водных потоков, образованных параллельными гидравлическими струями, с использованием прикладной программной среды MathCAD позволит:

- существенным образом упростить задачу моделирования эффективных транзитных водных течений рыбоотводящего и рыбопривлекающего назначения;
- простым способом рассчитывать дальность и скорость транзитных водных течений различного назначения;

- подбирать требуемую конфигурацию струеобразующих насадков в зависимости от требующих решения задач.

Предлагаемая математическая модель распространения водных потоков, образованных параллельными гидравлическими струями, по нашему мнению, должна найти достаточно широкое применение при проектировании различных систем защиты рыб и ее молоди на водозаборах и от других источников опасностей. Данную модель можно с большим успехом использовать при расчетах технических средств для перенаправления молоди рыб от мест нереста к рыбопропускным сооружениям при покатных миграциях, а также устройств для привлечения производителей рыб в рыбопропускные сооружения.

Список литературы

1. Введенский, О. Г. Рыбозащитное сооружение рыбнонаправляющего действия / О. Г. Введенский, Д. Е. Кириллов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – Вып. 4. – С. 142-147.
2. Введенский, О. Г. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения на гидравлических струях: монография / О. Г. Введенский. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 264 с.
3. Пат. 2406801 РФ, МПК⁸ E02B 8/08. Способ пропуска молоди рыб через гидроузел при покатной миграции / О. Г. Введенский (РФ). – № 2009117031/21; заявл. 04.05.2009; опубл. 20.12.2010, Бюл. № 35. – 12 с.
4. Введенский, О. Г. Разработка экологически щадящей технологии использования водных потоков для пропуска рыб на нерест через ГТС: дис. ... канд. техн. наук: 03.02.08 / О. Г. Введенский. – Йошкар-Ола, 2001. – 297 с.
5. Введенский, О. Г. Эксперименты по исследованию параллельно-струйных течений во встречном потоке тех же физических свойств / О. Г. Введенский; Марийск. гос. пед. ин-т, – М., 2004. – 38 с. – Деп. в ВИНТИ 01.03.04; № 356.

UDC 532.525.2 + 626.88

MATHEMATICAL MODEL OF THE STREAM FORMED BY PARALLEL WATER STREAMS TO THE PROGRAM ENVIRONMENT MATHCAD

Vvedensky Oleg Germanovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The problem of formation and distribution of the water streams formed by parallel hydraulic streams is considered. The new mathematical model of formation of the stream formed by one and two rows of parallel hydraulic streams is offered. Short fragments of the offered model are given in the applied program MathCAD environment.

Keywords: *hydraulic stream, parallel hydraulic streams, artificial water streams, applied program MathCAD environment.*

УДК 627.882 + 532.522

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА РЫБЫ В УСЛОВИЯХ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*Введенский Олег Германович, Обухов Александр Геннадьевич,
Фарафонова Елена Семеновна*

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
VvedenskyOG@volgatech.net

Рассмотрена проблема обеспечения нерестовых и покатных миграций рыб на зарегулированных реках. Разработан комплекс организационных и технических мероприятий по обеспечению естественного воспроизводства рыб в условиях гидротехнического строительства на реках. Предложена новая организация работы рыбоходно-нерестового канала для условий Чебоксарского гидроузла. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: гидроузел, водохранилище, нерестовая миграция рыб, покатная миграция рыбы, естественное воспроизводство рыбы, природоохранные мероприятия

Введение. Анадромные и покатные миграции являются важнейшими циклами в жизни многих видов рыб [1]. Анадромная миграция характерна для рыб, живущих в северном полушарии. Данный вид миграции заключается в движении рыб от мест нагула к местам нереста. Покатная миграция проявляется в движении рыб вниз по течению, в так называемом скате молоди от мест рождения к местам нагула. Адаптивное значение таких миграций заключается в том, что они необходимы для воспроизводства вида, поддержания ареала обитания, использования его трофической части. Данные миграции как биологическое явление характерны не только для проходных и полупроходных рыб, но и для туводных видов рыб.

В результате гидротехнического строительства анадромные или нерестовые миграции против течения преграждаются плотинами, что ведет к прекращению естественного воспроизводства. В свою очередь, покатные миграции заканчиваются гибелью рыб при скате через турбины ГЭС из-за баротравм вследствие перепада гидростатического давления. Кроме того, образование водохранилищ ведет к утрате естественных нерестилищ. Поэтому решение задач по обеспечению естественного воспроизводства в условиях водохранилищ имеет высокую практическую значимость. Сегодня организация естественного воспроизводства рыб в условиях гидротехнического строительства на реках не имеет приемлемых и эффективных технических решений, что также подчеркивает актуальность данной проблемы [2, 3].

Цель работы – разработка комплекса организационных и технических мероприятий по обеспечению естественного воспроизводства рыб в условиях гидротехнического строительства на реках.

Решаемая задача – обоснование новых технических средств и способов их работы по обеспечению естественного воспроизводства рыб на примере Чебоксарского гидроузла.

Техническое моделирование. Рассматривая негативные экологические последствия рыбному хозяйству вследствие строительства водохранилищ, следует иметь в

виду, что большинство видов наносимого ущерба можно предотвратить предупредительными мерами. Данные меры должны состоять из комплекса технологий и сооружений, направленных на обеспечение естественного воспроизводства рыб в условиях гидротехнического строительства на реках [1]: во-первых, технологий по обеспечению пропуска производителей рыб, идущих на нерест; во-вторых, технических средств и мероприятий по обеспечению покатных миграций через плотины гидроузлов; в-третьих, системы искусственных нерестовых полей для компенсации доли утраченных нерестилищ, позволяющей обеспечить нерест всего видового состава производителей рыб.

Все рыбопропускные сооружения, как известно, делят на рыбоходы и рыбоподъемники [3]. В рыбоходах рыбы перемещаются благодаря их активному движению на всём протяжении рыбопропускного устройства, а в рыбоподъемниках – за счёт работы самого сооружения, где рыбы не затрачивают собственной энергии на преодоление водного напора.

Действующие рыбоподъемные сооружения обладают рядом существенных недостатков: цикличностью действия; несоответствием биологическим особенностям рыб; небезопасными условиями для преодоления рыбами перепада уровней на сооружении; отличием условий пропуска рыб в верхний бьеф от естественных условий; сложностью в эксплуатации и др. [3, 4]. Рыбоподъемники применяют в основном на средне- и высоконапорных гидроузлах.

Рыбоходы являются наиболее распространенным, исследованным и широко используемым на практике видом рыбопропускных сооружений. Они представляют собой открытые каналы, выполненные с постоянным или переменным уклоном по длине [3, 4]. В своей работе рыбоходы используют естественное стремление рыб идти на нерест против течения. Поэтому условия пропуска рыб в рыбоходах близки к естественным условиям. В основе работы действующих конструкций рыбоходов лежит технология создания транзитных расходов. Транзитные расходы используют для ориентации рыб по камерам или бассейнам рыбохода, а также с целью создания условий для отдыха рыб с помощью водоворотных зон в лотковых конструкциях рыбоходов или при помощи бассейнов в лестничных и прудковых конструкциях рыбоходов.

Несмотря на очевидные достоинства перед рыбоподъемными сооружениями, рыбоходы имеют очень существенный недостаток, значительно, а в отдельных случаях и полностью снижающий эффективность рыбопропуска. Данный недостаток заключается в следующем. Известно, что для гидроузлов характерно суточное и недельное колебание бьефов гидроузла, проявляющееся в изменении действительного напора, приходящегося на плотину гидроузла. В свою очередь, скорость транзитного потока по длине рыбоходного тракта напрямую зависит от разницы уровней бьефов гидроузла. Поэтому скорость транзитного потока также подвержена суточным и недельным колебаниям, что недопустимо. Большая разница уровней бьефов гидроузла чревата непреодолимыми высокими скоростями транзитного потока в рыбоходе для рыб, достаточно малый напор повлечёт за собой слабое выделение привлекающего шлейфа. Кроме того, действующие конструкции рыбоходных сооружений непригодны для обеспечения покатных миграций [3].

Для решения противоречий в сложившейся ситуации мы предлагаем совместить возможность перевода рыб из нижнего бьефа гидроузла с организацией мест для нереста. В частности, мы предлагаем вариант рыбоходно-нерестового канала для Чебоксарского водохранилища (рис. 1). Рыбоходно-нерестовый канал представляет

собой искусственный водопроводящий тракт, имитирующий рельеф речного русла: плесы и перекаты, поймы и русла. На участках канала с определенными гидравлическими условиями укладывают соответствующие виды субстрата для кладки икры.



Рис. 1. Рыбоходно-нерестовый канал в створе Чебоксарского гидроузла:

- 1 – привлекающий рыбу поток воды; 2 – шлюз-регулятор; 3 – регулятор расхода воды;
4 – нерестилище для литофильных видов рыб; 5 – рыбоходно-нерестовый канал;
6 – нерестилище для фитофильных рыб; 7 – переливная плотина

Для организации транзитного течения по длине рыбоходно-нерестового канала, оптимального для привлечения и пропуска производителей рыб (см. таблицу), мы предлагаем использовать каскад переливных плотин. В результате проведенного математического моделирования в среде MatCAD вычислено, что при глубине водотока около 4 м создание переливной плотины высотой 0,40 м поднимает уровень воды до 0,15 м без образования буруна на поверхности воды. В этом случае для преодоления напора Чебоксарской ГЭС (максимальный статистический напор при НПУ = 63 м составляет 13,9 м) потребуется порядка 90 плотин.

Значения характерных для рыб скоростей потока [3, 4]

Вид рыб	Характерные для рыб скорости потока, м/с			
	пороговая	привлекающая	сносящая	бросковая
Проходные				
Осетровые	0,15–0,2	0,7–1,2	0,9–1,4	–
Лососевые	0,2–0,25	0,9–1,4	1,1–1,6	1,5–2
Полупроходные				
Лещ, судак, сазан, вобла и др.	0,15–0,2	0,5–0,8	0,9–1,2	–

Таким образом, каскадный способ возведения переливных плотин позволяет:

- исключить наличие препятствий для миграции рыбы и малотоннажному судостроительству;

- избежать аварийных сбросов воды из-за разрушения ряда переливных плотин каскада, так как дополнительный сброс воды будет небольшим, что не приведет к переполнению русла канала.

Для устранения главного недостатка, присущего всем существующим конструкциям рыбоходных сооружений, т.е. зависимости транзитного течения по рыбоходно-нерестовому каналу от колебаний уровней бьефов гидроузла, предлагаем технологию использования гидравлических струй для регулирования транзитного течения [3, 5]. При истечении гидравлических струй из струеобразующих насадков (рис. 2), установленных по периметру рыбопропускного отверстия, формируется суммарный поток с осевой скоростью V_{U0} , которую можно определить из следующего выражения:

$$V_{U0} = \varphi \frac{V_{0n} d_{0n}^{\frac{2}{3}} b_{\Sigma}^{\frac{1}{3}} n}{(h_{\Sigma} - b_{\Sigma})}, \quad (1)$$

где V_{0n} – скорость истечения струй из насадков; n – количество струй в ряду; b_{Σ} – расстояние между осями струй (насадков) в ряду; h_{Σ} – расстояние между плоскостями распространения (рядами) струй; d_{0n} – диаметр струеобразующих насадков, φ – скоростной коэффициент, определяемый опытным путем.

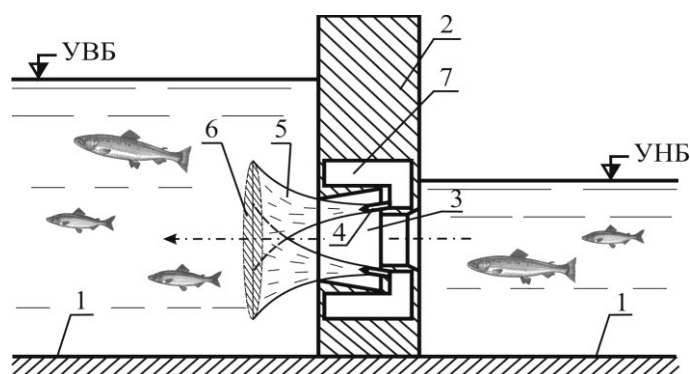


Рис. 2. Схема работы регулятора расхода воды с использованием гидравлических струй:

УВБ – уровень верхнего бьефа; УНБ – уровень нижнего бьефа; 1 – рыбопропускной тракт; 2 – поперечная разделительная стенка; 3 – рыбопропускное отверстие; 4 – струеобразующие насадки; 5 – ряд параллельных гидравлических струй; 6 – суммарный поток; 7 – питающие насадки коллекторы

Данный суммарный поток можно рассматривать как плоскопараллельную струю с начальной скоростью V_{U0} . Закон изменения осевой скорости данной плоскопараллельной струи [6] может быть представлен зависимостью

$$V_U = \frac{\text{const}}{\sqrt{U}} = \varphi''_U \frac{V_{U0} b_{\Sigma} n}{\sqrt{U}}, \quad (2)$$

где U – расстояние от начального сечения суммарного потока EE'' до рассматриваемого участка потока; φ''_U – коэффициент пропорциональности, определяемый опытным путем.

Тогда дальность распространения транзитного водного течения U , используя выражения (1) и (2), можно оценить следующей зависимостью:

$$U = \left(\varphi''_U \frac{V_{U0} b_{\Sigma} n}{V_U} \right)^2, \quad (3)$$

где U – расстояние от водонепроницаемой стенки до рассматриваемого участка транзитного потока; V_{U0} – начальная скорость суммарного потока; V_U – минимальная требуемая величина транзитного потока; φ''_U – коэффициент пропорциональности, определяемый опытным путем.

Суммарный поток, создавая противоток основному транзитному потоку, позволяет назначать требуемую скорость транзитного течения по рыбоходно-нерестовому каналу (см. таблицу). Кроме того, использование регуляторов расхода воды позволит избежать аварийных ситуаций в случае сбросов несанкционированных объемов, а также поддерживать необходимые уровни воды в канале в период межени. В этом случае регулятор расхода воды будет работать в режиме насосно-эжекторной установки, подавая дополнительные объемы воды из нижнего бьефа гидроузла [6].

Помимо этого, предлагаемые конструкции регуляторов расхода воды могут быть успешно использованы как при организации покатных миграций на акватории верхнего бьефа гидроузла [7], так и по рыбоходно-нерестовому каналу путем создания транзитных (рыбоотводящих) течений со сносящими скоростями для рыб (см. таблицу) [8]. Рыбоотводящие течения, с одной стороны, призваны защитить мигрантов от попадания в водозаборные сооружения. С другой стороны, они позволяют перенаправлять покатников от источников опасности в места водохранилища, благоприятные для обитания рыб, или к специальным устройствам, обеспечивающим безопасный пропуск мигрирующей рыбы через плотину в нижний бьеф гидроузла. Кроме того, в период нерестовых миграций такого рода течения позволят мигрирующей рыбе отыскивать ходы в рыбоходные сооружения, направлять производителей рыб на специально подготовленные нерестилища, а также отводить прошедшую в верхний бьеф рыбу от плотины гидроузла на участки и притоки водохранилища с ярко выраженными естественными течениями.

Результаты экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования распространения двух рядов n параллельных гидравлических струй во встречном потоке были проведены в опытном бассейне [9]. Они включали измерение величины максимально возможного напора H со стороны верхнего бьефа, удерживаемого суммарным потоком воды; исследование зоны частично равных давлений; изучение условий и факторов, влияющих на создание привлекающего потока; изучение возможности использования гидравлических струй для пропуска рыб, идущих на нерест через ГТС. При проведении лабораторных исследований за основной критерий гидродинамического подобия был принят критерий подобия Фруда.

Эксперименты с применением модельных рыб основывались на методе биогидравлического моделирования. В качестве модели объекта использовалась мелкая взрослая рыба или молодь. Подбор ее осуществлялся из условия подобия реакции модельной и натурной рыбы на привлекающий поток. Полученные результаты экспериментов подтвердили теоретическое обоснование рассматриваемого явления и засвидетельствовали возможность применения предлагаемого способа – использования гидравлических струй для пропуска рыб из нижнего бьефа гидротехнического сооружения в верхний бьеф.

Кроме того, экспериментальные исследования позволили установить значения коэффициентов, необходимых для определения технико-экономических показателей предлагаемой технологии. Так, например, для рыбопропускного отверстия размерами 1600×650 мм со следующей конфигурацией расположения струеобразующих насадков по его периметру: диаметр струеобразующих насадков $d_{0n} = 100$ мм; количество насадков в ряду $n = 4$ шт.; расстояние между насадками $b_{\Sigma} = 480$ мм для пол-

ной нейтрализации напора со стороны верхнего бьефа на поперечную перегородку величиной 1 м потребуется обеспечить расход воды через насадки $0,63 \text{ м}^3/\text{с}$, при этом начальная скорость истечения струй из насадков составит около 10 м/с, что допустимо для пропуска рыб. В этом случае затраты электроэнергии составят $50\div 60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Значения 1 м величины полной нейтрализации напора со стороны верхнего бьефа вполне достаточно для компенсации колебания уровня бьефа. При необходимости данное значение можно увеличить, но тогда потребуется увеличить и начальную скорость истечения гидравлических струй из насадков, что нежелательно.

Выводы. Предлагаемые нами мероприятия по обеспечению естественного воспроизводства рыбы в условиях Чебоксарского водохранилища следующие:

- существенным образом упростить задачу по обеспечению пропуска производителей рыб, идущих на нерест;
- простым способом регулировать дальность и скорость транзитного водного течения, придавая ему рыбоотводящий или рыбопривлекающий характер;
- обеспечить покатные миграции через плотины гидроузлов;
- обеспечивать формирование транзитных течений на заданной площади водотока;
- компенсировать долю утраченных нерестилищ за счет создания системы искусственных нерестовых полей для всего видового состава производителей рыб;
- соблюдать все экологические требования охраны природы.

Перечисленные выше мероприятия могут быть реализованы в составе рыбоходно-нерестового канала, предложенного для условий Чебоксарского гидроузла. Такой подход в решении проблемы восстановления естественного воспроизводства рыбы, по нашему мнению, должен найти достаточно широкое применение на реках с каскадным расположением гидроузлов.

Список литературы

1. Введенский, О. Г. Рыбоохранный комплекс гидроузла / О. Г. Введенский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2013. – № 4. – С. 67-81.
2. Введенский, О. Г. Пути повышения эффективности работы рыбоходных сооружений в условиях циклического изменения уровней бьефов гидроузла / О. Г. Введенский // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 1. – С. 59-68.
3. Введенский, О. Г. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения на гидравлических струях: монография / О. Г. Введенский. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 264 с.
4. Введенский, О. Г. Разработка экологически щадящей технологии использования водных потоков для пропуска рыб на нерест через ГТС: дис. ... канд. техн. наук: 03.02.08 / О. Г. Введенский. – Йошкар-Ола, 2001. – 297 с.
5. Введенский, О. Г. Использование гидравлических струй в лестничных рыбоходах / О. Г. Введенский, А. Ю. Зарницын // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – Вып. 2. – С. 289-294.
6. Пат. 2179265 РФ, МПК⁷ F04F 5/02. Способ транспортировки жидкости с первого участка на второй, вышерасположенный участок / О.Г. Введенский (РФ). – № 2000110254/06; заявл. 20.04.2000; опубл. 10.02.2002, Бюл. № 4. – 3 с.
7. Введенский, О. Г. Обеспечение покатных миграций на зарегулированных реках / О. Г. Введенский, С. Е. Лисков // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – Вып. 2. – С. 295-300.

8. Пат. 2406801 РФ, МПК⁸ E02B 8/08. Способ пропуска молоди рыб через гидроузел при покатной миграции / О. Г. Введенский (РФ). – № 2009117031/21; заявл. 04.05.2009; опубл. 20.12.2010, Бюл. № 35. – 12 с.

9. Введенский, О. Г. Эксперименты по исследованию параллельно-струйных течений во встречном потоке тех же физических свойств / О. Г. Введенский; Марийск. гос. пед. ин-т. – М., 2004. – 38 с. – Деп. в ВИНТИ 01.03.04; № 356.

UDC 627.882 + 532.522

COMPLEX OF ACTIONS FOR ENSURING NATURAL REPRODUCTION OFFISH IN THE CONDITIONS OF THE CHEBOKSARY RESERVOIR

*Vvedensky Oleg Germanovich, Obuhov Aleksandr Gennadeevich,
Farafonova Elena Semenovna*

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The providing problem the downstream of spawning and pokatny migrations of fishes on the overregulated rivers is considered. The new organization of operation of the fish passing and spawning channel is offered. Short results of pilot studies are given.

Keywords: *water-engineering system, storage pool, spawning migration of fishes, downstream migration fish, natural reproduction fish, nature-conservative measures.*

УДК 663.1:539.143.43+544.723.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Гогелашвили Гоча Шотаевич, Ладычук Дмитрий Владимирович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
GogelashviliGS@volgatech.net

Методы физико-химического анализа (адсорбционный и импульсный ЯМР) использованы для изучения системы керамические материалы – вода. По данным метода ЯМР установлена взаимосвязь между временами спин-спиновой и спин-решеточной релаксации и состоянием адсорбированных молекул воды. Сорбционным методом определены структурные и адсорбционные параметры изученных материалов.

Ключевые слова: *адсорбция, поры, керамика, ядерный магнитный резонанс, магнитная релаксация.*

Введение. Распространенность глин в природе, а также большая прочность, значительная долговечность, красивый внешний вид многих видов керамики позволяют применять керамические материалы почти во всех конструктивных элементах зданий и сооружений. Большой ассортимент керамических изделий, выпускаемых промышленностью для использования в строительстве, можно классифицировать по группам и видам в зависимости от их назначения. Различные методы физико-химического анализа позволяют установить взаимосвязь между рядом эксплуатационных свойств материалов и их химическим составом. Одними из методов широкой

информативности и экспрессности, не приводящих к негативному воздействию на образец, являются адсорбционный метод и метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР), в частности, в его импульсной модификации. С их помощью можно исследовать структуру и свойства адсорбента и адсорбата, а также определять их физико-химические характеристики.

Цель работы – установление взаимосвязи между характеристиками структуры керамических материалов и физико-химическими свойствами сорбированной воды.

Решаемые задачи: 1) установление взаимосвязи между параметрами ЯМР-релаксации сорбированной воды и структурными и сорбционными характеристиками керамических материалов; 2) анализ системы керамика – адсорбированная вода.

Техника эксперимента и методика обработки результатов. Изучены два образца композитных керамических материалов (КМ), полученные на основе оксидов алюминия (Al_2O_3) и железа (Fe_2O_3). Структурные параметры образцов определялись на основании анализа экспериментальных изотерм адсорбции (ИА) паров воды при 293 К. Для ЯМР-исследований образцы объемом около $0,8 \text{ см}^3$ в измерительных ампулах насыщались влагой в течение двух недель изопиестическим методом до достижения равновесия. Заполнение всех пор водой достигалось при выдерживании образцов в насыщенных парах воды. Измерения параметров ЯМР-релаксации протонов сорбированной воды проводились на спектрометре с рабочей частотой 20 МГц, длительность 90° -импульса – 0,6 мкс. Измерение времен спин-решеточной (T_1) и спин-спиновой (T_2) релаксации осуществлялось по так называемому «нуль-методу» (импульсная последовательность 180° - τ - 90°) и методу Карра-Парселла-Мейбума-Гилла (импульсная последовательность 90° - τ - 180° - 2τ - 180°) соответственно [1]. Для анализа экспериментальных данных применялась компьютерная математическая программа Origin 6.1.

Интерпретация результатов. Адсорбцию паров веществ на поверхности материалов описывают различные теории [2]. В частности, теория Ленгмюра основана на представлениях об образовании одного сплошного адсорбционного слоя на поверхности адсорбента. В теории Брунауэра-Эммета-Теллера ленгмюровские представления расширены и перенесены на образование нескольких слоев адсорбата и дополнены процессом капиллярной конденсации. Сравнительный метод используется для определения параметров пористой структуры и основан на сравнении процессов адсорбции на объектах с развитой системой пор и непористых материалах (например, ацетиленовых сажах) [3]. В рамках теоретических моделей из линеаризованных форм уравнений, связывающих величины сорбции (a) и относительные давления паров адсорбтива (p/p_s), можно определить сорбционные (a_m , b , C) и структурные ($S_{уд}$, $S_{ме}$, x_0) параметры адсорбента и адсорбата.

Изотермы адсорбции паров воды на керамических материалах, измеренные в данном эксперименте (рис. 1), относятся к II типу по классификации Брунауэра, характерному для пористых материалов [2]. В области низких относительных давлений ($p/p_s = 0 \dots 0,25$) на ИА имеется небольшой подъем, характеризующий адсорбцию паров воды на первичных центрах сорбции (ПАЦ), представляющих собой активные функциональные группы и дефекты кристаллической структуры. На данном участке на поверхности образцов происходит образование кластеров из молекул сорбированной воды, имеющих форму полусферы. При дальнейшем увеличении p/p_s на изотермах наблюдается протяженный участок, на котором величина сорбции меняется незначительно ($p/p_s = 0,30 \dots 0,90$). На данном этапе происходит слияние кластеров с образованием сплошного монослоя из адсорбированных молекул воды. Резкий рост

величин адсорбции на последнем участке изотермы ($p/p_s > 0,90 \dots 0,95$) связан с образованием нескольких полислоев и процессом капиллярной конденсации, при котором водяной пар переходит в жидкость.

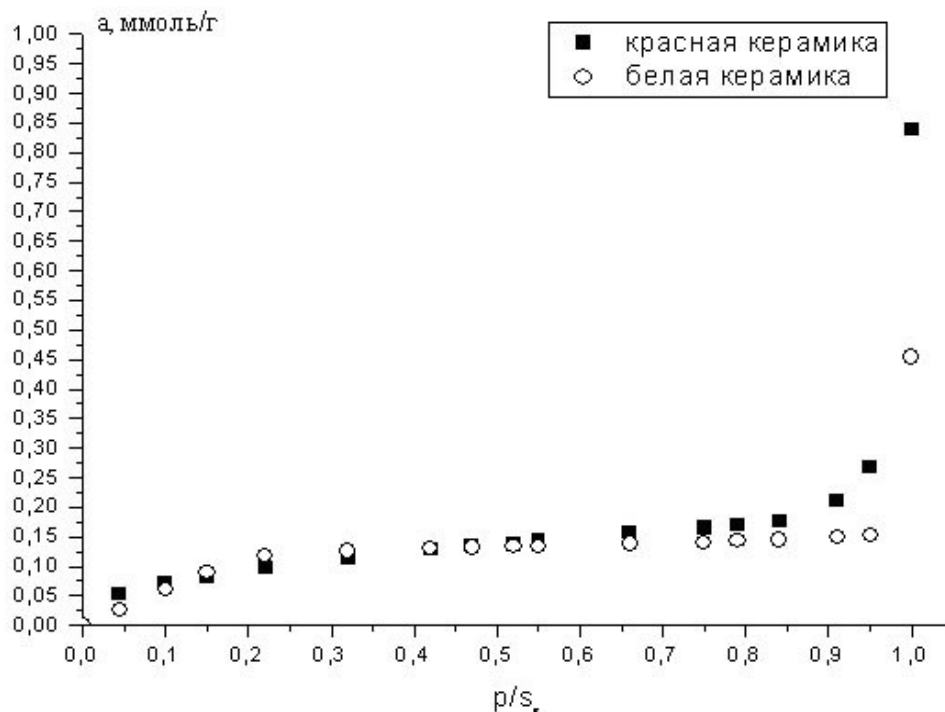


Рис. 1. Изотермы адсорбции паров воды на керамических материалах при 293 К

Параметры пористой структуры изученных керамических материалов, рассчитанные из ИА при использовании линейаризованных форм уравнений адсорбционных теорий, приведены в таблице. Лучшая корреляция наблюдается для расчетов по уравнениям в рамках теории БЭТ и сравнительного метода. Численные значения параметров для исследуемых материалов мало отличаются друг от друга, небольшая разница обусловлена различным химическим составом.

Параметры пористой структуры керамических материалов, рассчитанные по изотермам адсорбции паров воды при 293 К

Образец	Уравнение Ленгмюра			Уравнение БЭТ			Сравнительный метод		
	a_m , ммоль/г	b	$S_{уд}$, м ² /г	a_m , ммоль/г	C	$S_{уд}$, м ² /г	a_m , ммоль/г	$S_{ме}$, м ² /г	x_0 , нм
Красная керамика	0,12	15,4	7,6	0,08	35,6	6,1	0,07	5,7	0,49
Белая керамика	0,45	1,6	28,0	0,12	7,4	7,6	0,08	7,0	0,42

a_m – емкость монослоя; b и C – энергетические константы; $S_{уд}$ – удельная поверхность; $S_{ме}$ – поверхность мезопор; x_0 – полуширина микропор для щелевидной модели

Почти вся удельная поверхность ($S_{уд}$) образцов представлена мезопорами ($S_{ме}$), а значения полуширины микропор (x_0) соответствуют типичным микропорам. В целом, величина адсорбции для обоих образцов невелика по сравнению с другими ми-

неральными и природными адсорбентами (цеолиты, активные угли, целлюлоза). Это может быть связано с жесткой структурой кристаллической решетки веществ, являющихся основой КМ, а также малыми объемом пористого пространства и площадью удельной поверхности. При данных условиях молекулы воды в кластерах имеют большую подвижность, что обуславливает их легкий переход из связанного состояния в паровую фазу. Низкая пористость и малая удельная поверхность образцов обусловлены процессами синтеза КМ. При высоких температурах ($T = 1500 \dots 2000$ К) происходит процесс спекания сырья с образованием однородной слоистой структуры [4]. В результате малые и средние поры закрываются, и величина $S_{уд}$ принимает наименьшее значение. Низкие величины сорбции характеризуют гидрофобность образцов, что является одним из важных свойств КМ, определяющих области их эксплуатации [5]. Разрыхление поверхности исследуемых образцов возможно лишь при высоких температурах, что связано с изменением энергии связи в кристаллической решетке, а также в кислых и щелочных средах, когда изменяется химический состав.

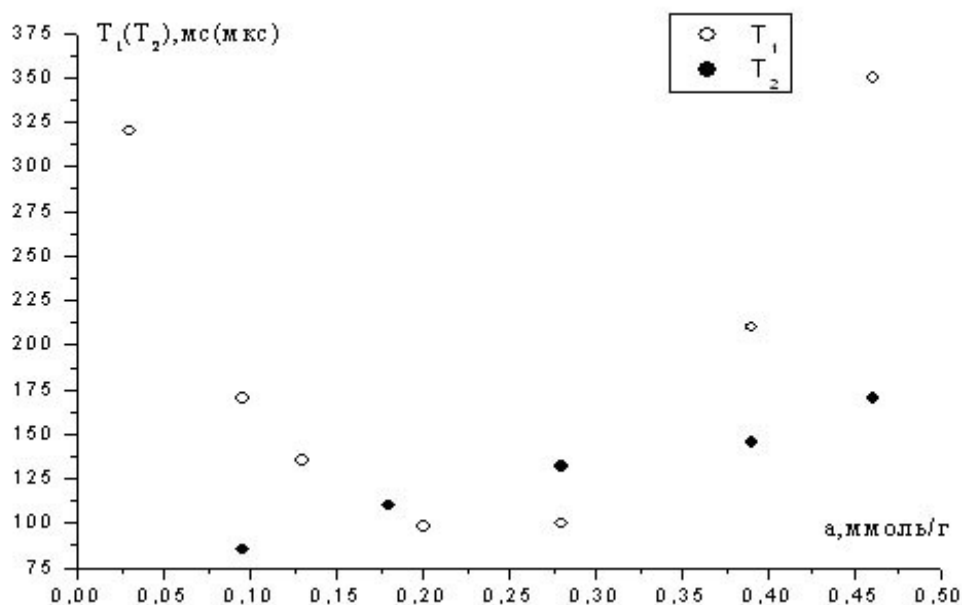


Рис. 2. Зависимости времен спин-решеточной (T_1) и спин-спиновой (T_2) релаксации молекул адсорбированной воды от величины сорбции для образца белой керамики

Метод ЯМР применен для оценки подвижности молекул воды, связанных с поверхностью адсорбента, и молекул воды, находящихся в последующих слоях [6, 7]. Нужно отметить, что в условиях эксперимента определить зависимости T_1 , $T_2 = f(a)$ для образца красной керамики не представляется возможным из-за наличия в ее составе ферромагнитных элементов (ионов железа (Fe^{3+})), что приводит к искажению сигнала спада свободной индукции (ССИ) и значительному снижению значений времен релаксации. На рисунке 2 приведены зависимости времен спин-решеточной (T_1) и спин-спиновой (T_2) релаксации молекул сорбированной воды от величины адсорбции для образца белой керамики. Зависимость $T_1 = f(a)$ имеет V-образный характер с минимумом при величине сорбции приблизительно 0,24 ммоль/г, что соответствует трем слоям воды (при емкости монослоя 0,08 ммоль/г по БЭТ). Эти три слоя сорбированной воды, называемой связанной водой, имеют особую, отличную от свободной воды, структуру из-за действия поверхностных некомпенсированных

энергетических сил адсорбента. Дальнейший рост T_1 после минимума связан с тем, что после образования полислоев из молекул воды при $p/p_s = 0,95$ начинается процесс капиллярной конденсации. В результате появляется фракция свободной воды, имеющей существенно большие величины времен релаксации, чем у связанной воды, что приводит к увеличению среднего времени спин-решеточной релаксации. На графике зависимости $T_2 = f(a)$ (рис. 2) наблюдается практически монотонный, без значимых изгибов, рост времени спин-спиновой релаксации молекул воды. Это можно объяснить, во-первых, наличием небольшого количества сорбированной воды в образце, пригодного для измерения времени T_2 , и, во-вторых, меньшей чувствительностью времени T_2 к изменению молекулярной подвижности молекул воды в сравнении со временем T_1 .

Выводы

1. При использовании адсорбционного метода найдено, что структурные и сорбционные параметры изученных материалов мало отличаются друг от друга, небольшая разница в значениях обусловлена их химическим составом.

2. Методом импульсного ЯМР установлено наличие двух фракций сорбированной воды в образце белой керамики, отличающихся молекулярной подвижностью, – первых трех слоев связанной воды и слоя свободной капиллярно конденсированной воды.

Список литературы

1. Вашман, А. А. Ядерная магнитная релаксационная спектроскопия / А. А. Вашман, И. С. Пронин. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1984.
3. Вартапетян, Р. Ш. Механизм адсорбции молекул воды на углеродных адсорбентах / Р. Ш. Вартапетян, А. М. Волощук // Успехи химии. – 1995. – № 11. – С. 1055-1072.
4. Сенина, М. О. Пористый керамический материал со слоистой структурой / М. О. Сенина, А. И. Захаров // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. XXVIII, № 8. – С. 80-82.
5. Михайлов, В. И. Получение и физико-химические свойства материалов на основе нанодисперсных оксидов алюминия и железа (III): дис. ...канд. техн. наук / В. И. Михайлов. – Сыктывкар, 2016. – 129 с.
6. Особенности адсорбции и ядерной магнитной релаксации молекул воды в активных углях. I. Связь спин-спиновой релаксации адсорбированных молекул воды со структурными параметрами микропористых активных углей / Г. Ш. Гогелашвили, Р. Ш. Вартапетян, Д. В. Ладычук, Ю. Б. Грунин, Е. В. Хозина // Коллоидный журнал. – 2003. – Т. 65, № 5. – С. 595-602.
7. Energy characteristics of adsorbed water in active carbons according to the NMR relaxation data / G. Sh. Gogelashvili, R. Sh. Vartapetyan, D. V. Ladychuk, E. V. Khozina, Yu. B. Grunin // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2010. – Vol. 84, No. 2. – Pp. 272-276.

UDC 663.1:539.143.43+544.723.2

THE STUDY OF THE STRUCTURE AND SORPTION PROPERTIES OF CERAMIC MATERIALS BY METHODS OF PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS

Gogelashvili Gocha Shotaevich, Ladychuk Dmitry Vladimirovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

Methods of physico-chemical analysis (adsorption and pulsed NMR) are used to study ceramic materials – water systems. According to the NMR method, the relationship between the spin-spin and spin-

lattice relaxation times and the state of adsorbed water molecules is established. The structural and adsorption parameters of the studied materials are determined by the sorption method.

Keywords: *adsorption, pores, ceramics, active coals, nuclear magnetic resonance, magnetic relaxation.*

УДК 519.71

ВЕРОЯТНОСТЬ ПЕРВОГО ВОЗВРАЩЕНИЯ ЧАСТИЦЫ, БЛУЖДАЮЩЕЙ В ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДЕ ПО ЦЕЛОЧИСЛЕННЫМ ТОЧКАМ n -МЕРНОЙ РЕШЕТКИ

Костромин Геннадий Яковлевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
KostrominGY@volgatech.net

Рассмотрено осенесимметричное случайное блуждание в параллелепипеде по целочисленным точкам n -мерной решетки. Получена формула вероятности первого возвращения блуждающей частицы.

Ключевые слова: *случайное блуждание, частица, шаг.*

Введение. Для случайного блуждания частицы по целочисленным точкам отрезка прямой с поглощающими экранами получены [1] формулы вероятностей перехода за N шагов. Зная вероятности перехода за N шагов, можно найти вероятность первого возвращения частицы.

При случайном блуждании в параллелепипеде по целочисленным точкам n -мерной решетки ($n \geq 2$) частица на каждом шаге остается в точке или блуждает по целочисленным точкам отрезка одной из координатных осей. Возникает задача нахождения для осенесимметричного случайного блуждания в параллелепипеде вероятности первого возвращения частицы, используя вероятность первого возвращения частицы на отрезке прямой.

Цель работы – для осенесимметричного случайного блуждания в параллелепипеде по целочисленным точкам n -мерной решетки получение формулы вероятности первого возвращения частицы.

Решаемые задачи: 1) нахождение вероятности первого возвращения блуждающей частицы на отрезке прямой; 2) получение формулы вероятности первого возвращения частицы, блуждающей в параллелепипеде.

Математическое моделирование. Рассмотрено случайное блуждание частицы по целочисленным точкам n -мерной решетки. На каждом шаге блуждания частица из точки $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ с вероятностью p_j переходит в точку $(x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, x_j + 1, x_{j+1}, \dots, x_n)$, с вероятностью q_j – в точку $(x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, x_j - 1, x_{j+1}, \dots, x_n)$ и с вероятностью r остается в точке X . Выполняются условия $p_j > 0, q_j > 0, j = 1, 2, \dots, n, \sum_{j=1}^n (p_j + q_j) + r = 1$, и, по крайней мере, для одного j имеем $p_j \neq q_j$. Областью блуждания является параллелепипед $0 \leq x_1 \leq R_1,$

$0 \leq x_2 \leq R_2, \dots, 0 \leq x_n \leq R_n$, где $R_1, R_2, \dots, R_n$ – целые положительные числа. Рассмотрено случайное блуждание с поглощающими экранами в граничных точках параллелепипеда.

Пусть $U^{(N)}(M)$ – вероятность первого возвращения за N шагов блуждающей частицы во внутреннюю точку $M(m_1, m_2, \dots, m_n)$ при старте из этой точки. В процессе блуждания частица остается в точке с вероятностью r , а с вероятностью $(p_j + q_j)$ блуждает на отрезке $[0, R_j]$ оси x_j . Поэтому вероятность $U^{(N)}(M)$ есть вероятность того, что за N шагов частица на всех осях возвратилась в исходную точку, может на каких-то осях не в первый раз, кроме одной, на которой частица впервые возвратилась в исходную точку. Пусть такой осью будет ось x_i .

Рассмотрим блуждание частицы по целочисленным точкам отрезка $[0, R_i]$ с переходными вероятностями $\frac{p_i}{p_i + q_i}$ и $\frac{q_i}{p_i + q_i}$ с поглощением в точках 0 и R_i .

Обозначим $u^{(k)}(m_i)$ – вероятность первого возвращения за k шагов частицы в точку m_i при старте из внутренней точки m_i отрезка $[0, R_i]$; $p_{m_i}^{(k)}(d)$ – вероятность перехода за k шагов частицы из точки m_i во внутреннюю точку d отрезка $[0, R_i]$.

Используя результаты работы [1], имеем

$$p_{m_i}^{(k)}(d) = \frac{2}{R_i} \left(\frac{p_i}{q_i} \right)^{\frac{d-m_i}{2}} (p_i + q_i)^{-k} \sum_{j=1}^{R_i-1} \left(2\sqrt{p_i q_i} \cos \frac{\pi j}{R_i} \right)^k \cdot \sin \frac{m_i \cdot \pi j}{R_i} \cdot \sin \frac{d \pi j}{R_i}. \quad (1)$$

Для нахождения вероятности $u^{(k)}(m_i)$ необходимо рассмотреть два случая.

1. В результате первого шага частица с вероятностью $\frac{q_i}{p_i + q_i}$ переходит в точку $(m_i - 1)$. Рассматривая блуждание частицы на отрезке $[0, m_i]$ с поглощением в точках 0 и m_i , получаем

$$u_1^{(k)}(m_i) = \frac{q_i}{p_i + q_i} p_{m_i-1}^{(k-2)}(m_i - 1) \cdot \frac{p_i}{p_i + q_i}. \quad (2)$$

Используя формулу (1), из выражения (2) получаем

$$u_1^{(k)}(m_i) = \frac{2p_i q_i}{m_i (p_i + q_i)^k} \sum_{j=1}^{m_i-1} \left(2\sqrt{p_i q_i} \cos \frac{\pi j}{m_i} \right)^{k-2} \cdot \sin^2 \frac{\pi j}{m_i}. \quad (3)$$

2. В результате первого шага частица с вероятностью $\frac{p_i}{p_i + q_i}$ переходит в точку $(m_i + 1)$. Рассматривая блуждание частицы на отрезке $[m_i, R_i]$ с поглощением в точках m_i и R_i , получаем

$$u_2^{(k)}(m_i) = \frac{p_i}{p_i + q_i} p_{m_i+1}^{(k-2)}(m_i + 1) \cdot \frac{q_i}{p_i + q_i}. \quad (4)$$

Используя формулу (1), из выражения (4) получаем

$$u_2^{(k)}(m_i) = \frac{2p_i q_i}{(R_i - m_i)(p_i + q_i)^k} \sum_{j=1}^{R_i - m_i - 1} \left(2\sqrt{p_i q_i} \cos \frac{\pi j}{R_i - m_i} \right)^{k-2} \cdot \sin^2 \frac{\pi j}{R_i - m_i}. \quad (5)$$

Используя формулы (3) и (5), найдем вероятность первого возвращения за k шагов частицы в точку m_i отрезка $[0, R_i]$:

$$u^{(k)}(m_i) = \frac{2p_i q_i}{(p_i + q_i)^k} \left[\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i - 1} \left(2\sqrt{p_i q_i} \cos \frac{\pi j}{m_i} \right)^{k-2} \cdot \sin^2 \frac{\pi j}{m_i} + \right. \\ \left. + \frac{1}{R_i - m_i} \sum_{j=1}^{R_i - m_i - 1} \left(2\sqrt{p_i q_i} \cos \frac{\pi j}{R_i - m_i} \right)^{k-2} \cdot \sin^2 \frac{\pi j}{R_i - m_i} \right]. \quad (6)$$

Вероятность того, что частица будет блуждать по целочисленным точкам отрезка $[0, R_j]$ оси x_j ($j \neq i$) равна $\frac{p_j + q_j}{1 - (p_i + q_i)}$. Поэтому переходные вероятности блуждания равны $\frac{p_j}{p_j + q_j}$ и $\frac{q_j}{p_j + q_j}$. На основании формулы (1) вероятность возвращения частицы за s_j шагов из внутренней точки m_j отрезка $[0, R_j]$ в точку m_j равна

$$p_{m_j}^{(s_j)}(m_j) = \frac{2}{R_j(p_j + q_j)^{s_j}} \sum_{l_j=1}^{R_j-1} \left(2\sqrt{p_j q_j} \cos \frac{\pi l_j}{R_j} \right)^{s_j} \cdot \sin^2 \frac{m_j \pi l_j}{R_j}. \quad (7)$$

Пусть $P(R_1, \dots, R_{i-1}, R_{i+1}, \dots, R_n)$ – вероятность того, что за $(N - k)$ шагов частица на всех осях, кроме x_i , возвратится в исходную точку, может, на каких-то осях не в первый раз. Используя полиномиальное распределение [2], можно записать

$$P(R_1, \dots, R_{i-1}, R_{i+1}, \dots, R_n) = \sum_{s_1, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_{n+1}} \frac{(N - k)!}{s_1! \dots s_{i-1}! s_{i+1}! \dots s_{n+1}!} \times \\ \times \left(\frac{r}{1 - (p_i + q_i)} \right)^{s_{n+1}} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \left(\frac{p_j + q_j}{1 - (p_i + q_i)} \right)^{s_j} p_{m_j}^{(s_j)}(m_j), \quad (8)$$

где суммирование производится по всевозможным наборам целых неотрицательных чисел $s_1, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n, s_{n+1}$, таких, что $\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n+1} s_j = N - k$.

Используя формулу(7), получаем

$$\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n p_{m_j}^{(s_j)}(m_j) = \frac{2^{n-1}}{\prod_{\substack{t=1 \\ t \neq i}}^n R_t (p_t + q_t)^{s_t}} \sum_{l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sin^2 \frac{m_j \pi l_j}{R_j} \left(2\sqrt{p_j q_j} \cos \frac{\pi l_j}{R_j} \right)^{s_j}, \quad (9)$$

где суммирование производится по всевозможным наборам целых чисел $l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n$, таких, что $l_j = 1, 2, \dots, R_j - 1$; $j = 1, 2, \dots, n$; $j \neq i$.

Тогда из выражений (8) и (9) имеем

$$P(R_1, \dots, R_{i-1}, R_{i+1}, \dots, R_n) = \frac{2^{n-1}}{[1 - (p_i + q_i)]^{N-k} \prod_{\substack{t=1 \\ t \neq i}}^n R_t} \times \sum_{l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sin^2 \frac{m_j \pi l_j}{R_j} \times \\ \times \sum_{s_1, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_{n+1}} \frac{(N-k)! r^{s_{n+1}}}{s_1! \dots s_{i-1}! s_{i+1}! \dots s_{n+1}!} \prod_{\substack{t=1 \\ t \neq i}}^n \left(2\sqrt{p_t q_t} \cos \frac{\pi l_t}{R_t} \right)^{s_t}. \quad (10)$$

Известная полиномиальная формула [3]

$$(c_1 + c_2 + \dots + c_n)^N = \sum_{\substack{k_1, \dots, k_n \\ k_1 + k_2 + \dots + k_n = N}} \frac{N!}{k_1! \dots k_n!} \prod_{j=1}^n c_j^{k_j},$$

где $k_1, k_2, \dots, k_n$ – целые неотрицательные числа.

Поэтому из формулы (10) следует

$$P(R_1, \dots, R_{i-1}, R_{i+1}, \dots, R_n) = \frac{2^{n-1}}{[1 - (p_i + q_i)]^{N-k} \prod_{\substack{t=1 \\ t \neq i}}^n R_t} \times \\ \times \sum_{l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n} d^{N-k}(l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n) \times \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sin^2 \frac{m_j \pi l_j}{R_j}, \quad (11)$$

где

$$d(l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n) = r + 2 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sqrt{p_j q_j} \cos \frac{\pi l_j}{R_j}. \quad (12)$$

Вероятность первого возвращения за N шагов блуждающей частицы в точку $M(m_1, \dots, m_n)$ при старте из этой точки составляет

$$U^{(N)}(M) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^N C_N^k (p_i + q_i)^k [1 - (p_i + q_i)]^{N-k} \cdot u^{(k)}(m_i) \cdot P(R_1, \dots, R_{i-1}, R_{i+1}, \dots, R_n).$$

Используя формулы (6) и (11), окончательно получаем

$$U^{(N)}(M) = \sum_{i=1}^n \frac{2^n}{\prod_{\substack{t=1 \\ t \neq i}}^n R_t} \sum_{k=2}^N C_N^k A^{(k)}(m_i) \times \\ \times \sum_{l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n} d^{N-k}(l_1, \dots, l_{i-1}, l_{i+1}, \dots, l_n) \cdot \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sin^2 \frac{m_j \pi l_j}{R_j}, \quad (13)$$

где

$$A^{(k)}(m_i) = p_i q_i \left[\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i-1} \left(2\sqrt{p_i q_i} \cos \frac{\pi j}{m_i} \right)^{k-2} \sin^2 \frac{\pi j}{m_i} + \right.$$

$$+ \frac{1}{R_i - m_i} \sum_{t=1}^{R_i - m_i - 1} \left(2\sqrt{p_i q_i} \cos \frac{\pi t}{R_i - m_i} \right)^{k-2} \sin^2 \frac{\pi t}{R_i - m_i} \Bigg]. \quad (14)$$

Пример. Рассмотрим случайное блуждание при $n = 2$, $R_1 = 4$, $R_2 = 4$, $m_1 = 2$, $m_2 = 1$ и найдем вероятность первого возвращения за N шагов блуждающей частицы в точку $M(2,1)$ при старте из этой точки.

На основании формулы (13) можно записать

$$U^{(N)}(M) = \sum_{k=2}^N C_N^k A^{(k)}(m_1) \sum_{l_2=1}^3 d^{N-k}(l_2) \cdot \sin^2 \frac{\pi l_2}{4} + \\ + \sum_{k=2}^N C_N^k A^{(k)}(m_2) \sum_{l_1=1}^3 d^{N-k}(l_1) \cdot \sin^2 \frac{\pi l_1}{4}. \quad (15)$$

Используя формулы (12) и (14), по уравнению (15) находим

$$U^{(N)}(M) = \frac{1}{2} C_N^2 \cdot p_1 \cdot q_1 \left[\left(r + \sqrt{2p_2 q_2} \right)^{N-2} + 2r^{N-2} + \left(r - \sqrt{2p_2 q_2} \right)^{N-2} \right] + \\ + \frac{1}{4} \sum_{k=2}^N C_N^k (p_2 q_2)^{\frac{k}{2}} \left[1 + (-1)^{k-2} \right] \left[\left(r + \sqrt{2p_1 q_1} \right)^{N-k} + \left(r - \sqrt{2p_1 q_1} \right)^{N-k} \right]. \quad (16)$$

В частности, при $N = 2, 3, 4$ по формуле (16) получаем

$$U^{(2)}(M) = 2p_1 q_1 + p_2 q_2, \quad U^{(3)}(M) = 6p_1 q_1 r + 3p_2 q_2 r, \\ U^{(4)}(M) = 24p_1 q_1 p_2 q_2 + 12p_1 q_1 r^2 + 6p_2 q_2 r^2 + p_2^2 q_2^2.$$

Вывод. Для осесимметричного случайного блуждания в параллелепипеде по целочисленным точкам n -мерной решетки получена формула вероятности первого возвращения блуждающей частицы.

Список литературы

1. Костромин, Г. Я. Явные формулы вероятностей перехода за n шагов случайного блуждания на прямой / Г. Я. Костромин // Исследования, технологии, инновации: сб. науч. тр. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – С. 31-34.
2. Севастьянов, Б. А. Курс теории вероятностей и математической статистики / Б. А. Севастьянов. – М.: Наука, 1982. – 255 с.
3. Солодовников, А. С. Теория вероятностей / А. С. Солодовников. – М.: Просвещение, 1983. – 207 с.

UDC 519.71

PROBABILITY OF THE FIRST RETURN OF A PARTICLE THAT LISTED IN A PARALLELEPIPED ON THE INTEGRAL POINTS n -DIMENSIONAL LATTICE

Kostromin Gennadiy Yakovlevich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

Axially symmetric random movement in a parallelepiped on integer points of n -dimensional lattice is considered. The formula of probability of the first return of a vagabonding particle is received.

Keywords: random walk, particle, step.

УДК 621.3035.221.730035.41

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ ЦЕЛЛЮЛОЗА – ВОДА ПО ДАННЫМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МЕТОДА

Красильникова Светлана Викторовна, Грунин Юрий Борисович

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола
KrasilnikovaSV@volgatech.net

Работа посвящена анализу взаимодействия целлюлозы с водой в ходе изотермического процесса с использованием диэлектрического метода. Представлены результаты расчета сорбционных характеристик системы целлюлоза – вода. Сняты температурные зависимости макроскопических характеристик поляризации.

Ключевые слова: целлюлоза, сорбция, диэлектрический метод.

Введение. Исследование высокомолекулярных соединений диэлектрическим методом [1] возможно благодаря наличию связи между наблюдаемыми в опыте диэлектрическими свойствами и молекулярным строением вещества. В прикладном аспекте знание зависимости между строением и диэлектрическими свойствами полимера является необходимым для научного прогнозирования долговременной работоспособности полимерного диэлектрика или диэлектрической изоляции. Большой практический интерес представляют вопросы, связанные с проблемой старения и стабилизации электроизоляционных материалов на основе целлюлозы, таких как картон, бумага, текстолит, гетинакс, волокнит и другие. Как известно, о пригодности материала для электроизоляционных целей судят, в частности, по тому, какое действие на него оказывает вода, представляющая особую опасность для диэлектрика при образовании непрерывной пленки, когда создается путь для электрического тока. Количество и скорость поглощения влаги материалом зависит не только от его химического состава, но также от его структуры и вида пористости. Чувствительность целлюлозы к воде объясняется притяжением диполей воды полярными гидроксильными группами глюкопиранозного кольца, а также сильно развитой поверхностью с большим количеством пор и капилляров.

В переменном электрическом поле поляризация диэлектрика характеризуется комплексной диэлектрической проницаемостью [2, 3]:

$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon'',$$

где ϵ' – действительная часть, пропорциональная электроемкости конденсатора с исследуемым диэлектриком: $\epsilon' = \epsilon$; ϵ'' – мнимая часть (коэффициент диэлектрических потерь), пропорциональная изотермическим потерям энергии при поляризации вещества: $\epsilon'' = \epsilon \cdot \operatorname{tg} \delta$.

Установление связи между экспериментально определяемыми характеристиками ϵ' и ϵ'' и молекулярными параметрами диэлектрика является основной задачей теории диэлектрической поляризации. Особую сложность эта задача представляет при исследовании смесей *сорбент – сорбат*. Отсутствие для этих систем соотношений, связывающих диэлектрические характеристики с молекулярными параметрами сорбата и сорбента, существенно затрудняют анализ и интерпретацию экспериментальных данных.

Цель работы – исследование диэлектрических свойств увлажненного биополимера и сорбированной воды в системе *целлюлоза–вода*.

Решаемые задачи: 1) проведение сравнительного анализа диэлектрических и сорбционных изотерм паров воды древесной целлюлозой; 2) расчет сорбционных характеристик системы *целлюлоза – вода*; 3) снятие частотно-температурных зависимостей диэлектрических характеристик ϵ' и $\text{tg}\delta$.

Техника эксперимента. Объектами исследования явились образцы беленой сульфатной целлюлозы из хвойной (ГОСТ 9571-89) и из смеси лиственных (ГОСТ 28172-89) пород древесины. Для снятия изотерм сорбции использовался метод изопиестических серий. Предварительно высушенные одинаковые навески образцов при температуре 105 °С в течение 4 часов (ГОСТ 6839-54) увлажнялись до определенной степени влажности в эксикаторах при различных фиксированных p/p_s в течение 28 дней. Влагосодержание определялось весовым способом. Для снятия частотно-температурных характеристик использовался диэлектрический метод, сущность которого заключается в измерении макроскопических характеристик поляризации диэлектрика во внешнем электрическом поле. Метод расчета ϵ' и $\text{tg}\delta$ основан на измерении добротности контура, ёмкости конденсатора, входящего в контур при введении в конденсатор диэлектрика. Измерения проводились на измерителе добротности Е4-7 на частотах от 100 кГц до 1 МГц и приборе Е7-22 на частотах 120 Гц и 1000 Гц. Основная погрешность шкалы по частоте составляла не более $\pm 1 \%$.

Интерпретация результатов. В результате экспериментальных исследований получены диэлектрические изотермы сорбции паров воды древесной целлюлозой при различных частотах, которые представлены на рисунке 1. Диэлектрическую изотерму можно разделить на несколько участков, каждому из которых соответствует определенный, характерный для данного интервала влажности процесс поляризации. Очевидно, что величины поляризации и диэлектрической проницаемости системы, их изменение по мере увлажнения материала связаны с различным механизмом сорбции воды. Экспериментальные изотермы сорбции паров воды древесной целлюлозой, полученные методом изопиестических серий, изображены на рисунке 2 и имеют S-образную форму, что характерно для частично кристаллических, дисперсных и пористых полимеров [4-6]. Анализ диэлектрических $\epsilon' = f(a)$ и адсорбционных $a = \varphi(p/p_s)$ изотерм показал, что на участке, соответствующем малому влагосодержанию до 6 % ($p/p_s = 0,32$), диэлектрическая проницаемость увеличивается незначительно, что свидетельствует о слабой подвижности молекул воды. Обработка обычных изотерм по методу БЭТ [7, 8] показывает, что этому участку диэлектрической изотермы соответствует формирование первого адсорбированного слоя – мономолекулярного. В этом случае молекулы воды образуют по две водородные связи с гидроксильными группами сорбента. Образцы с влагосодержанием, превышающим значение 6 %, характеризуются увеличением ϵ' и её зависимостью от частоты внешнего поля (рис. 1). Это объясняется увеличением подвижности молекул воды, поскольку диэлектрическая проницаемость системы *целлюлоза – вода* становится более зависимой от ориентационной поляризации молекул адсорбата. Последнее может свидетельствовать об определенной связи молекул воды с активной поверхностью целлюлозы. Этому участку диэлектрической изотермы соответствует формирование второго слоя – полимолекулярного, при этом водородные связи образуются между молекулами первого и второго слоев. При дальнейшей сорбции с развитием сети водородных связей структура воды становится более жесткой, и величина ϵ' системы *сорбент – сорбат* возрастает незначительно и постепенно стабилизируется.

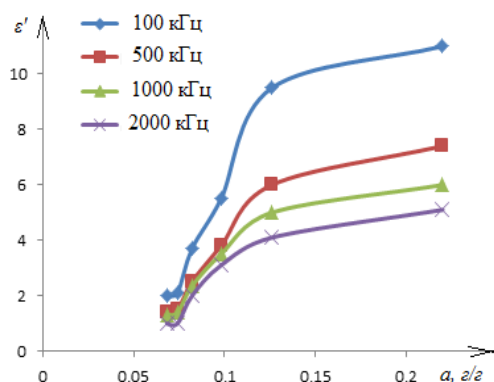


Рис. 1. Диэлектрические изотермы сорбции паров воды хвойной целлюлозой

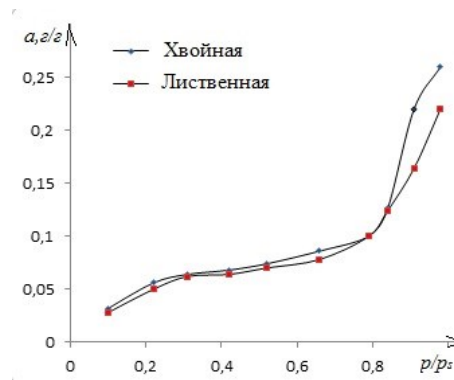


Рис. 2. Изотермы сорбции паров воды сульфатной целлюлозой

Также по методу БЭТ были рассчитаны значения мономолекулярного слоя a_m и константы равновесия C . Значения удельной поверхности $S_{уд}$ найдены по ёмкости монослоя [9], а сорбционного объема микропор V – по изотермам сорбции при $p/p_s = 0,98$ у исследованных образцов (данные приведены в таблице).

Сорбционные характеристики системы целлюлоза – вода

Образец	$a_m \cdot 10^{-2}$, г/г	C	$S_{уд}$, м ² /г	V , см ³ /г
Сульфатная хвойная	3,94	63,50	137,90	0,216
Сульфатная лиственная	3,70	54,00	129,50	0,199

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что образцы хвойной целлюлозы обладают большей гидрофильностью, что обеспечивает их более развитую удельную поверхность и больший сорбционный объем микропор. Значения константы равновесия C , имеющей энергетический смысл, определяют более прочные связи молекул адсорбированной воды с поверхностью хвойной целлюлозы. Величины диэлектрической проницаемости хвойной целлюлозы также оказались выше, чем у лиственной. Это можно объяснить различным фибриллярным строением данных биополимеров.

Практический интерес представляет, на наш взгляд, снятие температурных зависимостей макроскопических характеристик поляризации. На рисунке 3 представлены зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь от температуры на частотах 120 Гц и 1000 Гц для воздушно-сухих образцов лиственной целлюлозы.

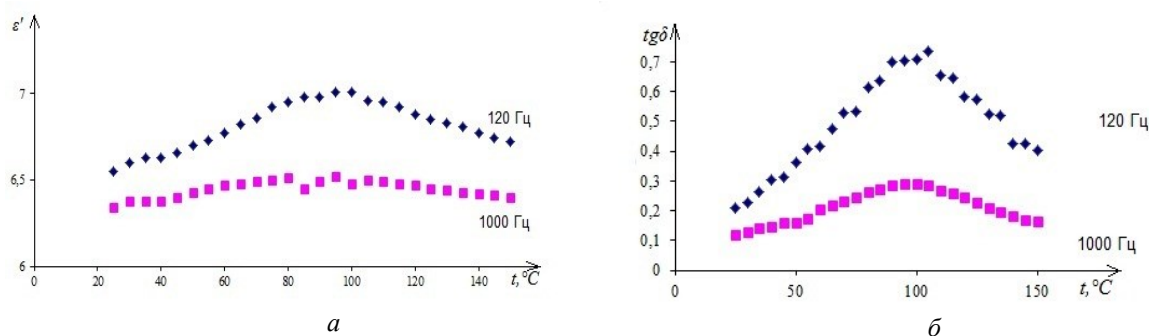


Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) лиственной целлюлозы от температуры на частотах 120 Гц и 1000 Гц

Из рисунков видно, что с повышением температуры увеличиваются диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь, что объясняется уменьшением времени релаксации. Однако при дальнейшем росте температуры начинает влиять усиление хаотических тепловых колебаний молекул и, соответственно, уменьшается вероятность упорядоченности их ориентации. Это приводит к тому, что в зависимости $\epsilon'(t)$ появляется типичный «дипольный» максимум при температуре 100 °С. Диэлектрические потери на поляризацию максимальны, когда период изменения электрического поля сравним со временем установления поляризации τ . Максимум релаксационных потерь – тангенса угла потерь наблюдается также при температуре 100 °С на частотах 120 Гц и 1000 Гц. Высокие значения ϵ' и $\tan\delta$ можно объяснить сильно выраженными полярными свойствами целлюлозы и ее большой гигроскопичностью: в каждом звене цепочки полимера имеются три гидроксильные группы.

Выводы

1. На основании сравнительного анализа диэлектрических и адсорбционных изотерм дана характеристика процессов, протекающих на разных стадиях увлажнения целлюлозы.

2. Произведен расчет термодинамических параметров системы *целлюлоза – вода*, отражающий причины различия сорбционных свойств исследованных образцов целлюлозы.

3. Диэлектрическим методом установлено наличие релаксационного максимума при температуре 100 °С, который указывает на природу диэлектрических потерь в полярном диэлектрике.

Список литературы

1. Карливан, В. П. Методы исследования целлюлозы / В. П. Карливан. – Рига: Зинатне, 1981. – 256 с.
2. Тареев, Б. М. Электрорадиоматериалы / Б. М. Тареев. – М.: Высшая школа, 1978. – 336 с.
3. Гамаюнов, Н. И. Сорбция в гидрофильных материалах / Н. И. Гамаюнов, С. Н. Гамаюнов // Сб. науч. тр. – Тверь: Тверской гос. техн. ун-т, 1997. – 160 с.
4. Гребенников, С. Ф. Сорбция низкомолекулярных веществ полимерами / С. Ф. Гребенников // Современные теории адсорбции. – 1995. – Т. 2. – С. 204-211.
5. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1984. – 306 с.
6. Тагер, А. А. Физикохимия полимеров / А. А. Танер. – М.: Госкомиздат, 1963. – 544 с.
7. Анализ и сравнительная характеристика изотерм сорбции различных целлюлоз / Т. Ю. Грунина, Л. Ю. Грунин, Н. Н. Шевелева, Д. С. Масас // Бутлеровские сообщения. – 2015. – Т. 44, № 12. – С. 43-47.
8. Грунина, Н. Г. Особенности сорбционных процессов в системе целлюлоза – водный раствор электролита / Н. Г. Грунина, Р. И. Винокурова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2007. – № 1. – С. 50-51.
9. Возможности протонной магнитной релаксации при анализе гиббсовской адсорбции воды на растительных полимерах / Ю. Б. Грунин, Л. Ю. Грунин, Е. А. Никольская, Д. С. Масас // Бутлеровские сообщения. – 2014. – Т. 39, № 9. – С. 39-45.

UDC 519.71

FEATURES OF SORPTION PROPERTIES OF THE CELLULOSE – WATER SYSTEM ACCORDING TO THE DIELECTRIC METHOD

Krasilnikova Svetlana Viktorovna, Grunin Yury Borisovich

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

The work is devoted to the analysis of the interaction of cellulose with water during the isothermal process using the dielectric method.

Keywords: *cellulose, sorption, dielectric method.*

Сведения об авторах

АБДУЛЛИНА Илюзя Айнуровна – студент ПГТУ

АЛИ Махер – аспирант ПГТУ

АНДРИАНОВ Денис Юрьевич – студент ПГТУ

АТАХАНОВА Нилуфар Мухиддиновна – студент ПГТУ

БАБАЙКИНА Елена Вячеславовна – студент ПГТУ

БАШИРОВА Мария Сергеевна – студент ПГТУ

ВАСЕНЁВ Михаил Юрьевич – аспирант ПГТУ

ВВЕДЕНСКИЙ Олег Германович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения

ВЕЮКОВ Евгений Валерианович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

ГЛАЗЫРИН Алексей Михайлович – аспирант ПГТУ

ГОГЕЛАШВИЛИ Гоча Шотаевич – кандидат химических наук, доцент кафедры физики

ГОРИНОВ Юрий Аркадьевич – доцент кафедры энергообеспечения предприятий

ГОРОХОВ Андрей Витальевич – доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий

ГРУНИН Юрий Борисович – доктор химических наук, профессор кафедры физики

ЕДЫЛЕТОВ Артем Олегович – студент ПГТУ

КИСЛИЦЫН Алексей Александрович – старший преподаватель кафедры радиотехники и связи

КОНОНОВА Ольга Витальевна – кандидат технических наук, зав. кафедрой строительных технологий и автомобильных дорог

КОСТРОМИН Геннадий Яковлевич – доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий

КРАСИЛЬНИКОВА Светлана Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики

КРЕВЕЦКИЙ Александр Владимирович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики

КУДРЯВЦЕВ Игорь Аркадьевич – начальник СКБ, ведущий инженер УНИД

КУЗНЕЦОВА Юлия Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и водоснабжения

ЛАВРЕНТЬЕВ Борис Федорович – кандидат технических наук, профессор-консультант кафедры проектирования и производства ЭВС

ЛАДЫЧУК Дмитрий Владимирович – кандидат химических наук, доцент кафедры физики

ЛЕШКАНОВ Андрей Юрьевич – аспирант ПГТУ

МАЛЯНОВА Лидия Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные дороги и инженерная экология» Волжского филиала Московского государственного технического университета (МАДИ)

МОИСЕЕВ Николай Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-вычислительных систем

МОСКВИНА Анна Евгеньевна – студент ПГТУ

МЯСНИКОВ Владимир Иванович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой информационно-вычислительных систем

НИКИШОВ Юрий Гаврилович – кандидат технических наук

ОБУХОВ Александр Геннадьевич – студент ПГТУ

ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и водоснабжения

РЯБИНИН Денис Евгеньевич – старший преподаватель кафедры эксплуатации машин и оборудования

САЛИХОВ Мухаммет Габдулхаевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных технологий и автомобильных дорог

САФИН Фарух Исмаилович – студент ПГТУ

СЕМЁНОВА Алина Владимировна – студент ПГТУ

СИДОРОВА Елена Николаевна – старший преподаватель кафедры энергообеспечения предприятий

СЕРЕБРЯКОВА Наталья Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии

ТАНЫГИН Константин Дмитриевич – студент ПГТУ

ТАРАСОВ Роман Сергеевич – студент ПГТУ

УРЖУМОВ Даниил Владимирович – старший преподаватель кафедры информатики

ФАРАФОНОВА Елена Семеновна – студент ПГТУ

ФИЛИНА Наталья Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности

ФИЩЕНКО Петр Алексеевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики

ЧЕСНОКОВ Сергей Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики

ШИРНИН Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности

ШЕСТАКОВ Яков Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования

ШИРОКОВА Ксения Николаевна – студент ПГТУ

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-------------------	---

ЛЕС, ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Али Махер

Оценка растительного покрова Сирии по спутниковым данным	5
--	---

Серебрякова Н. Е., Абдуллина И. А.

Концептуальный подход к проекту реконструкции дендрария Мариинско-Посадского филиала Поволжского государственного технологического университета	10
---	----

Серебрякова Н. Е., Атаханова Н. М.

Морфометрические показатели плодов, семян и листьев ценных представителей семейства лоховые в Ботаническом саду-институте ПГТУ	17
---	----

Серебрякова Н. Е., Баширова М. С.

Диагностика устойчивости древесных растений г. Йошкар-Олы по величине импеданса прикамбиального комплекса тканей ствола	22
--	----

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Кислицын А. А.

Исследование энергетических потерь в транссионсферном радиоканале связи	27
---	----

Лаврентьев Б. Ф.

Плавающий динамический цветомузыкальный фонтан в городе Йошкар-Оле	33
--	----

Лаврентьев Б. Ф., Москвина А. Е., Широкова К. Н.

Город будущего	37
----------------------	----

Семёнова А. В., Лаврентьев Б. Ф.

Музей детства в городе Йошкар-Оле	43
---	----

Лаврентьев Б. Ф.

Высоковольтный маломощный программируемый источник питания для переносных приборов	47
---	----

ТРАНСПОРТ, ЭНЕРГЕТИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ

Андреанов Д. Ю., Кудрявцев И. А., Фищенко П. А.

Расчёт координат центра тяжести элемента поворотного механизма	52
--	----

Горинов Ю. А., Таныгин К. Д.

Организация поквартирного учета тепловой энергии с помощью специального измерительного комплекса	57
---	----

Горинов Ю. А.

Подводная прокладка теплопроводов	61
---	----

Рябинин Д. Е., Шестаков Я. И.

Система автоматического функционирования устройства, применяемого при транспортировке лесоматериалов.....64

Рябинин Д. Е., Шестаков Я. И.

Модернизация технологического оборудования транспортно-технологических машин.....68

Сидорова Е. Н.

Устройство для производства топливных пеллет из древесного сырья с высокой степенью поражения гнилью70

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Васенёв М. Ю., Мясников В. И.

Виды датчиков и их применение в современной лесозаготовительной технике.....73

Глазырин А. М.

Интеграция информационных ресурсов промышленного предприятия на основе концептуального моделирования78

Горохов А. В., Бабайкина Е. В.

Применение симуляторов виртуальной реальности для обучения операторов подвижных объектов.....83

Кревецкий А. В., Чесноков С. Е.

Идентификация элементов частично маскированных изображений нестационарных групп точечных объектов на основе полевых подходов86

Моисеев Н. Г., Сафин Ф. И.

Система отслеживания статуса рейса и отчет о наземном обслуживании самолета ..93

Уржумов Д. В., Кревецкий А. В.

Сравнительный анализ алгоритмов первичной классификации частично маскированных локационных изображений групповых точечных объектов со структурами цепочка/скопление.....98

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Веюков Е. В., Салихов М. Г., Ендылетов А. О., Тарасов Р. С.

Методика определения концентрации противогололедных добавок в асфальтобетонах104

Кононова О. В.

Формирование свойств конструкционного керамзитобетона на основе смешанного цемента.....109

Лешиканов А. Ю.

Кинетика твердения тяжелого бетона с добавками на основе поликарбоксилатных эфиров115

Никишов Ю. Г.

Исследование режима работы мостового крана с приводным грейфером при зачерпывании глинистых материалов120

Никишов Ю. Г.

Определение динамических нагрузок в поддерживающих канатах
мостового крана при подъёме гружёного приводного грейфера 126

Никишов Ю. Г.

Определение динамических нагрузок в замыкающем канате
приводного грейфера при зачерпывании глинистых материалов 130

Поздеев А. Г., Кузнецова Ю. А.

Автоматизация применения интегрального уравнения кармана
для расчета ламинарного пограничного слоя 134

Поздеев А. Г., Кузнецова Ю. А.

Расчет турбулентного пограничного слоя методом Кармана в среде MathCAD 140

Салихов М. Г., Малянова Л. И., Веюков Е. В.

Изучение трещиностойкости и сдвигоустойчивости асфальтобетонов
в процессе температурного старения 145

Филина Н. А.

О безопасности строительных материалов 149

Филина Н. А., Ширнин А. Ю.

Моделирование производственного травматизма
в сельскохозяйственной отрасли 152

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ. ИНЖЕНЕРИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Введенский О. Г.

Математическая модель потока, образованного параллельными
гидравлическими струями, в программной среде MathCAD 156

Введенский О. Г., Обухов А. Г., Фарафонова Е. С.

Комплекс мероприятий по обеспечению естественного воспроизводства рыбы
в условиях Чебоксарского водохранилища 163

Гогелашвили Г. Ш., Ладычук Д. В.

Исследование структуры и сорбционных свойств керамических материалов
методами физико-химического анализа 169

Костромин Г. Я.

Вероятность первого возвращения частицы, блуждающей
в параллелепипеде по целочисленным точкам n -мерной решетки 174

Красильникова С. В., Грунин Ю. Б.

Особенности сорбционных свойств системы *целлюлоза-вода*
по данным диэлектрического метода 179

Сведения об авторах 183

Научное издание

ТРУДЫ Поволжского государственного технологического университета



ВЫПУСК 6

Серия Технологическая

Ответственный за выпуск

Е. С. Шарапов

Редакторы

Л. С. Емельянова, П. Г. Павловская

Компьютерная верстка

С. Н. Эштыкова

Дизайн обложки

С. В. Ковалева

Переводы на английский язык предоставлены
авторами статей

Подписано в печать 20.08.2018. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,09. Тираж 500 экз. Заказ № 4190

Поволжский государственный технологический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано в ООО Типография «Вертикаль»
424030 Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Мира, 21

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» приглашает Вас опубликовать свои статьи в сборнике «Труды ПГТУ». Сборнику присвоен Международный стандартный номер сериального издания (ISSN). Материалы сборника постатейно отражаются в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

В сборнике публикуются 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:

- Заголовок (наименование публикации).
- Ф.И.О. авторов (с указанием места работы, должности, ученой степени, звания).
- 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 – 2 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; 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. 423а(І), т. 68-60-09,
e-mail: ois@volgatech.net*