

# ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Научно-технический журнал

№2 2018



УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ  
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА  
МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ  
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ  
ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

## Научно-технический журнал

### ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

ISSN 2618-9054

Журнал издается с 2010 года

Учредитель и издатель: Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)

Территория распространения – Российская Федерация

Тип издания – **Online** – [www.ttmko.ru](http://www.ttmko.ru)

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

- **УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ**
- **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**
- **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**
- **АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО**
- **ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**
- **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА**
- **МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ**
- **СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**
- **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ**
- **ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ**

Материалы журнала публикуются в авторской редакции и регистрируются в Российском индексе научного цитирования

Ответственность за достоверность опубликованных в статьях сведений несут авторы

Перепечатка материалов журнала допускается только с разрешения редакции

Научно-технический журнал «Высокие технологии в строительном комплексе» выходит 2 раза в год (май, декабрь)

Научно-технический журнал. Высокие технологии в строительном комплексе, все права защищены

# **Scientific-and-Technical Journal**

## **HIGH TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION COMPLEX**

**ISSN 2618-9054**

The Journal has been published since 2010

Founder and publisher: Voronezh State Technical University (VSTU)

Territory of distribution - the Russian Federation

Type of publication – **Online** – [www.ttmko.ru](http://www.ttmko.ru)

The journal publishes materials on the followingsubjects:

- **PRODUCTION MANAGEMENT**
- **ENERGY SAVING TECHNOLOGIES**
- **BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS**
- **ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND URBAN PLANNING**
- **WATER SUPPLY, WATER DRAINING, HEAT SUPPLY AND VENTILATION**
- **ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE CONSTRUCTION AND ROAD COMPLEX**
- **MECHANIZATION OF CONSTRUCTION, BUILDING MACHINES AND MECHANISMS**
- **BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES, BASISES AND FOUNDATIONS**
- **LIFE SAFETY IN ENVIRONMENTALLY ADVERSE CONDITIONS**
- **PHISICALAND CHEMICAL PROCESSESIN ENVIROMENTS, MATERIALS AND PRODUCTS**

The Journal materials are published in the author's edition and registered  
in the Russian scientific citation index

Responsibility for the reliability of the information published in the papers is on the authors

Reprinting of Journal materials is allowed only with the permission of the editorial staff

Scientific-and-Technical Journal «High Technologies in Construction Complex» is published twice a year (May, December)

Scientific-and-Technical Journal. High Technologies in Construction complex. All rights reserved

## **Научно-технический журнал**

### **ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. В.А. Жулай  
Зам. главного редактора – д-р техн. наук, проф. Ю.Ф. Устинов  
Ответственный секретарь – канд. техн. наук., доц. А.Н. Щиенко

#### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Д-р техн. наук, проф. Вл.П. Подольский (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, проф. Т.В. Самодурова (г. Воронеж, ВГТУ); канд. техн. наук., доц. Н.М. Волков (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, проф. О.И. Поливаев (г. Воронеж, ВГАУ); д-р техн. наук, проф. С.И. Сушков (г. Воронеж, ВГЛТУ); канд. техн. наук., проф. Ю.М. Пурусов (г. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»); д-р техн. наук, проф. В.А. Зорин (г. Москва, МАДИ); д-р техн. наук, проф. А.А. Романович (г. Белгород, БГТУ); д-р техн. наук, проф. Б.А. Бондарев (г. Липецк, ЛГТУ)

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.  
Тел.: +7(473) 277-01-29, E-mail: [stim@vgasu.vrn.ru](mailto:stim@vgasu.vrn.ru)

© Воронежский  
государственный  
технический  
университет, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

<b>Васильчикова Е.В., Потехин И.А.</b> Разработка имитационной модели оценки конкурентоспособности девелопера .....	7
<b>Дегтев Д.Н., Осипов А.А., Журавлёв А.В., Аристов В.Г.</b> Организация и планирование технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) с применением современных технологий .....	14
<b>Круглякова В.М., Вириутина Т.А.</b> Проблемы возникновения земельных споров и их законодательное разрешение .....	17
<b>Матренинский С.И., Старова К.К., Попова К.А., Черкашина В.В.</b> Особенности классификации жилых зданий для принятия решений по их реновации .....	21

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Салогуб Л.П., Яцук А.Ю.</b> Энергоэффективные технологии в строительстве зданий .....	32
<b>Сотникова О.А., Донцов А.В.</b> Достоинства блочно-модульных котельных .....	36

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

<b>Воротынцев И.В., Антипов И.С., Воротынцева А.В., Тюнин В.Л., Будасов С.Б., Беляев С.В.</b> Эффективность применения бетонного покрытия при устройстве дорог общего пользования .....	41
<b>Семенова Э.Е., Логвинова Е.О.</b> Анализ применения современных светопрозрачных кровельных материалов .....	49
<b>Степанова М.П., Кращенко Т.А.</b> Бесклинкерные портландито-алюмосиликатные композиты контактно-конденсационного твердения: развитие исследований .....	55
<b>Строкин А.С., Поляков Р.С.</b> Влияние полимерно адгезионной добавки на накопления остаточных деформаций в щебёночно-мастичном асфальтобетоне .....	59
<b>Турченко А.Е., Курило И.А.</b> Оценка влияния газообразующих минеральных добавок на свойства керамических пористых изделий .....	66

### АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Бортникова А.В., Боголепова А.И., Рябова А.В.</b> Использование рельефа городской среды в создании комфортных зон паркингов и перехватывающих парковок на примере города Воронежа .....	68
<b>Макарова Т.В., Нужная А.С.</b> Сравнение эскизных вариантных решений детских дошкольных учреждений по критериям оптимизации .....	74
<b>Салогуб Л.П., Черкашина Д.Г.</b> К вопросу проектирования зрительных залов кинотеатров .....	79

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА**

<b>Волокитин В.П., Ерёмин А.В., Волокитина О.А.</b> Оценка качества устройства конструкции нежесткой дорожной одежды путем получения расчетных характеристик методом вдавливания сферического штампа .....	85
<b>Кручинин И.Н.</b> Комплексная оценка щебеночно-мастичных асфальтобетонов с минеральной структурирующей добавкой .....	92
<b>Пыльнев В.Г., Ермакова О.В., Иванова А.В.</b> Уплотнение бетонной смеси с контролем качества .....	97
<b>Чудайкин А.Д., Строкин А.С., Поляков Р.С.</b> Каркасный асфальтобетон с повышенными деформативно-прочностными характеристиками .....	100

## **МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ**

<b>Василенко А.В., Колтаков А.А., Васильев А.С.</b> Особенности взаимодействия крупногабаритной пневматической шины с грунтовой поверхностью.....	107
<b>Жилин Р.А., Рукин Ю.Б.</b> Рационализация конфигурации двухэксцентриковых валов.....	115
<b>Жилин Р.А., Щиенко А.Н., Раджабова Г.А., Перетрухин Д.С., Феденев А.А.</b> Анализ кинематических схем шагающего ходового оборудования экскаваторов .....	121
<b>Жулай В.А., Кожакин Е.В.</b> Аппаратура цифровой измерительной системы для экспериментальных исследований землеройно-транспортных машин .....	126
<b>Жулай В.А., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н., Щетилов К.С., Широков В.М.</b> Расчёт параметров контакта крупногабаритной пневматической шины с грунтом.....	129
<b>Колтаков А.А., Иванов В.П., Василенко А.В., Дрозд А.В.</b> Математическая модель вибрации транспортно-технологических машин кондиционирования воздуха типа АК-1,0.....	136
<b>Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н.</b> Проверка адекватности математической модели при проведении численных исследований.....	142
<b>Перетрухин Д.С., Феденёв А.А., Раджабова Г.А., Жилин Р.А.</b> Наземные транспортно-технологические средства .....	147

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**

<b>Волокитина О.А., Волокитин В.П., Ерёмин А.В.</b> Теоретические аспекты методики определения деформационно-прочностных характеристик асфальтобетонных покрытий на искусственных сооружениях.....	150
<b>Салогуб Л.П., Быковская В.В.</b> Современные принципы построения промышленных зданий.....	155

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ**

<b>Волков Н.М., Прохоров А.А., Трунов А.В., Мишенин А.А.</b> Результаты анализа возможности применения перспективных звукопоглощающих материалов для шумозащиты транспортно технологических машин .....	160
---	-----

<b>Нилов В.А., Незовибатько А.А.</b> Обоснование применения моторного катка с протектором направленного действия .....	166
<b>Федорова Ю.В., Салогуб Л.П., Букша С.Н.</b> Прогнозирование экологического загрязнения придорожных территорий при моделировании скорости автомобильного транспорта .....	171

### **ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ**

<b>Кочетова Ж.Ю., Кравченко А.А., Чалый А.В.</b> Датчики для определения легколетучих органических соединений в воздухе .....	176
<b>Перетрухин Д.С., Раджабова Г.А., Феденёв А.А., Калинин Ю.И.</b> Исследование действия ветрового потока на конфигурацию элементов конструкций.....	184

## **УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ**

УДК 338.23

*Воронежский государственный технический университет, ассистент кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии*

*Е.В. Васильчикова,  
evasilchikova@vgasu.vrn.ru*

*старший преподаватель кафедры технологии, организации, экспертизы и управления недвижимостью, кандидат экономических наук*

*И.А. Потехин*

*+7-919-241-96*

*Email: ipotehin@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University  
assistant of cadastre, real estate,  
land management and geodesy Department  
E.V. Vasylychikova*

*evasilchikova@vgasu.vrn.ru*

*tutor of technology, organization, expertise  
and property management Department,  
candidate of economical sciences*

*I.A. Potekhin*

*+7-919-241-96*

*Email: ipotehin@vgasu.vrn.ru*

Е.В. Васильчикова, И.А. Потехин

### **РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ДЕВЕЛОПЕРА**

Строительными компаниями (девелоперами) для оценки собственной конкурентоспособности используются общеизвестные подходы, применяемые во всех отраслях экономики. Но эти подходы не учитывают особенностей отрасли индустриального строительства, и поэтому не могут дать точной оценки. Авторами разрабатывается имитационная модель, позволяющая оценить конкурентоспособность девелопера с учетом отраслевых рисков.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность девелопера, имитационная модель, риск, индустриальное строительство, оценка, инвестиции, потребительские предпочтения

E.V. Vasylychikova, I.A. Potekhin

### **THE DESIGN OF IMITATION MODEL OF DEVELOPER'S COMPETITIVENESS EVALUATION**

Companies – developers in their business for the own competitiveness evaluation use common well known approaches, also used in all branches of economy. But these approaches don't consider specificity of the industrial construction branch and can't give accurate evaluation. The design of these model is made by authors. This model consider all special kinds of risks of the branch.

**Keywords:** developer's competitiveness, imitation model, risk, industrial construction, evaluation, investments, consumer's preferences

Оценка строительной компанией (далее, девелопером) собственной конкурентоспособности позволит реализовать верные стратегические шаги по выживанию и развитию на рынке. На данный момент, топ-менеджмент крупных строительных организаций для оценки собственного положения на рынке использует общеизвестные методы, которые не адаптированы под особенности отраслей. Это может привести к стратегии, ведущей к потере доли рынка.

Отечественные ученые в отношении оценки конкурентоспособности предлагают использовать такие способы как: сравнение по финансовым результатам, сравнение по зани-

маемой доле рынка, сравнение по финансовой устойчивости, сравнение по размеру основного капитала. Общим для представленных подходов является то, что оценивается текущее состояние, которое принимается как итог. При этом, учеными в большинстве случаев рассматриваются предприятия без относительно отрасли. Рекомендации даются для предприятий любых отраслей. Немалая часть российских систем оценки конкурентоспособности предприятия, разработана на основе подхода, предложенного зарубежными классиками менеджмента, в особенности Майклом Портером [1, 2].

Зарубежные ученые для анализа конкурентоспособности предприятия также в первую очередь предлагают классические методики Майкла Портера, Бостонской Консалтинговой Группы, Маккинзи, и множество новых методик, построенных на их основе. Структура современных знаний по менеджменту в вопросе конкурентоспособности также представляет собой несколько всемирно известных общепромышленных методик, и множество разрозненных, малоизвестных широкому кругу менеджеров, методик, содержащихся в научных статьях малораспространенных научных журналов и конференций. Анализируя данное множество современных статей зарубежных авторов, наиболее часто упоминаются труды авторов из Чехии, Китая и Италии. В их статьях развито использование сложных математических моделей, учитывающих факторы внешней среды, такие как потребительские предпочтения, действия государства (налоговые ставки, экологическая политика) на рынок недвижимости [5, 6, 7]. Данные статьи хоть и не относятся к теме конкурентоспособности предприятия, но направлены на исследование рынка индустриального домостроения и его зависимости от вышеуказанных факторов. Учитывая данные особенности, отмеченные в современных зарубежных статьях по нашей теме, при разработке методики оценки конкурентоспособности девелопера, мы должны учесть потребительские предпочтения и факторы государственного участия.

Специфическими рисками для рынка индустриального домостроения являются [3]:

- концентрация капитала в одном проекте
- короткий срок возврата капитала

Особенностями операционной деятельности девелоперов являются:

- производится сразу весь объем строительной продукции;
- до готовности строительная продукция не продается;
- девелоперы возводят более чем одно здание;

Существующие имитационные модели рынков и производственных систем позволяют отразить только одну сторону. В большинстве случаев, моделирование рынка не происходит, а происходит лишь подсчет конечных объемов продаж, прибыли, доли рынка, количества клиентов. При этом в этих моделях отсутствует возможность изменить условия рынка. Также такой процесс прогнозирования требует очень много времени и требует высокой оплаты или доплаты к заработной плате специалистов, выполняющих данную задачу. Помимо этого существующие модели не позволяют выполнить моделирование одновременно производственных возможностей, предпочтения потребителей, динамику продаж и финансовый результат.

Интерфейс пользователя такой моделью должен быть наиболее простым в использовании и выполнен общеизвестными техническими средствами – например в виде множества формул в Excel. Наиболее вероятно, что пользователями таких моделей будут выступать специалисты отделов маркетинга, а также владельцы бизнеса, а не программисты. Сконструировать такую модель самостоятельно также смогут перечисленные лица, а сделать более удобной – программисты. При обретении данным инструментом оценки конкурентоспособности должной надежности и массовости спроса, целесообразно выпустить в виде надстройки для стандартных систем учета и управления предприятием (1С:Предприятие; Info-Предприятие; Гранд-Смета; SAP), либо в качестве недорогого ПО.

Отечественные источники по имитационному моделированию относительно моделирования рынков и производственных систем предлагают только составление таких объектов моделирования только раздельно. Для составления имитационной модели рынков использовать «теорию игр», «метод Монте-Карло», «дерево целей» при построении расчетов на бумаге или в Excel. Либо использовать готовые программные продукты, наиболее известный из которых - Anylogic. Для составления имитационной модели производственных систем в основном предлагается конструировать расчеты в Excel на основе задач линейного программирования, «дерева целей», «транспортной задачи», либо с Anylogic [4, 10].

Зарубежные источники близки по своему подходу касательно имитационного моделирования производственных систем и рынков. Также зарубежные и отечественные источники близки в отношении маркетинговой оценки продукции на рынке. Для выявления связи между качествами продукции, предпочтениями потребителя и ценой большинство отечественных и зарубежных ученых сходятся во мнении, что необходимо использовать общеизвестный корреляционно-регрессионный анализ в Excel [8, 9].

Проанализировав современный опыт составления имитационных моделей, а также постановку нашей проблемы, мы пришли к выводу о структуре имитационной модели:

1. Матрица потребительских предпочтений – для соответствия потребностей покупателей квартир и используемых для этого строительных технологий. Для составления матрицы необходимо провести подготовку данных, применив корреляционно-регрессионный анализ стоимости и параметров объектов недвижимости на выбранном географическом участке.

2. Модель задачи линейного программирования – для расчета затрат и выручки при строительстве заданных объемов и номенклатуры технологий

3. Модель теории очередей – для оценки качества работы маркетингового подразделения девелопера. Данная модель показывает за какой срок все построенные квартиры будут приобретены.

Источником актуальных исходных данных для моделирования девелопера являются:

1) данные сборников сметных нормативов ГЭСН и ФЕР (обычно содержатся в программе Гранд-Смета или других сметных системах);

2) архитектурно-строительная документация;

3) внутренняя отчетность отдела маркетинга девелопера.

Данные открыты на сайтах конкурентов-девелоперов, сайтах агентств недвижимости, частных объявлениях о продаже недвижимости.

Таблица 1

Подготовка данных для матрицы потребительских предпочтений с помощью корреляционно-регрессионного анализа

№ объекта недвижимости по порядку	Стоимость объекта недвижимости млн.руб	Площадь квартиры, кв.м	Наличие подземной парковки	Наличие собственной котельной	Наличие охраны двора
1	3,6	60	Да	Да	Да
2	2,9	65	Нет	Да	Нет
3	3,2	50	Да	Нет	Да
4	1,3	40	Да	Нет	Да
---	--	---	--	--	--
17	6,8	75	Да	Да	Да
18	8,5	90	Да	Да	Да

Подготовленные данные являются исходными для составления матрицы потребительских предпочтений. В данной матрице осуществляется установка взаимосвязей между покупательской способностью, уровнем качества возводимого жилья и видами строительных технологий, необходимыми для обеспечения заданного качества. Следует отметить, что требуемый уровень качества жилья может быть запланирован исходя из принципа компенсации негативных условий окружения. То есть, при интенсивном автомобильном движении, возводимое жилье должно быть обеспечено ограничивающими и защитными сооружениями для двора, а также достаточной площадью парковок. В районах с неблагоприятной экологией, должно быть развито озеленение и хорошие климатические параметры жилья. В районах с неблагоприятной социальной обстановкой, будущие покупатели квартир в первую очередь хотят, чтобы их дома были оснащены надежной охраной жизни и имущества. Покупатели квартир с высоким достатком одним из требований выставляют наличие современных технических решений, позволяющих как можно меньше задумываться о ремонте приобретенного им жилья, а также получить комфортные, здоровые условия проживания.

Матрица потребительских предпочтений

Качество жилья	Уровень качества (min – 1 max – 4)	Технологии, обеспечивающие качество	Покупательская способность (min – 1 max – 4)
Безопасность -охраняемый двор -подземная стоянка -охраняемый подъезд -пропуск -ограждения для машин	1	Дом без охраны, без подземного паркинга. Только домофон	4
	2	Дом с домофоном и подземным паркингом	3
	3	Дом с охраной, без паркинга	2
	4	Дом с охраной, с охраняемым подземным паркингом, с оборудованным безопасным двором от машин	1
Планировка квартиры: -площадь -освещенность -вид	1	Маленькая площадь Неоптимальная планировка Темные комнаты Вид на соседний дом	4
	2	Маленькая площадь Оптимальная планировка Не очень хорошая освещенность Вид на соседний дом	3
	3	Большая площадь Оптимальная планировка Хорошая освещенность Вид на соседний дом	2
	4	Окна выходят на открытое пространство Освещенность хорошая Площадь большая Планировка оптимальная	1
Комфорт квартиры -умные системы -сантехника -отопление -электричество -звукоизоляция -детская площадка -наружное озеленение	1	Дом подключен к центральным системам водоснабжения и отопления, проводка сделана стандартная по минимуму, лифты не запущены, газоны не засажены, звукоизоляция минимальная	4
	2	Внутренние коммуникации улучшенного вида, двор озеленен Коммуникации городские	3
	3	Дом имеет собственную котельную Проводка улучшенного вида Есть озеленение	2
	4	Собственная котельная, электроподстанция и система водоочистки Внутренние инженерные коммуникации выполнены по передовым решениям	1

Данная матрица предпочтений содержит входную информацию для расчета производственных возможностей девелопера, а именно – используемые технологии и ориентировочные объемы строительства по заданным технологиям.

Таблица 3

Модель линейного программирования для описания производственной деятельности девелопера – возведения зданий согласно входной матрицы потребительских предпочтений

Вид	Переменные				
	Безопасность	Планировка	Комфорт		
Значение	Кл.1* X1 1млн. *X1	Кл.2*X2 1млн. *X2	Кл.2*X3 1млн. *X3		
Нижн. Гран.	0	0	0		
Верх. Гран.				Целевая ф-я	Тип
Коэфф. ЦФ	X1	X2	X3	=СУММПРОИЗВ(B3:D3;B6:D6)	Max
Вид	Ограничения				
				Левая часть	Пр.часть
Трудоёмкость	100	100	80	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$D\$3;B8:D8)	200
Стоимость машин	40	40	20	=СУММПРОИЗВ(\$B\$4:\$D\$4;B9:D9)	250
Материалы	40	40	30	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$D\$5;B10:D10)	200

Расчет производственных возможностей учитывает потребность в оптимизации соотношения «объем строительства – выбранные технологии – имеющиеся средства у девелопера». Необходимо выбрать приоритет – в какую сторону допустимого отклонения направить производственные возможности – обеспечить требуемый объем строительства с меньшим классом качества жилья, либо сохранить или немного улучшить класс жилья, но построить в меньших количествах. Расчет показал, что нужно построить дом из 200 квартир.

Таблица 4

Модель системы обслуживания клиентов девелопера отделом маркетинга и продаж

Время обслуживания клиента отделом продаж, час.	Время ожидания клиента в очереди, час.	Время нахождения клиента в системе	Выход клиента из системы и отказ от покупки квартиры	Длина очереди	Время простоя с учетом перерывов
16	1	17	Нет	0	0
24	8	32	Да	1	2
--	--	--	--	--	--
10	0	10	Нет	0	0
Итоги моделирования	Количество выбывших клиентов из очереди, чел.	Итоговая длительность обслуживания всех клиентов (продажи всех квартир), час.	Количество простоев системы маркетинга и продаж, час.	Количество перегрузок системы маркетинга и продаж, час.	Средняя длительность продажи одной квартиры, час
	140	1500	110	140	6,25

Итоговые расчетные значения, полученные от анализа работы системы маркетинга и продаж на исследуемой строительной компании (девелопера).

По итогам имитационного моделирования мы получаем данные, достаточные для расчета коэффициентов, которые позволят оценить конкурентоспособность как в известных подходах, так и с учетом прогнозирующего подхода. В качестве показателя конкурентоспособности можно использовать прогнозные значения данных моделей. Либо можно сравнивать предполагаемые параметры конкурентов с нами, что представлено формулой (1)

$$K1 = \frac{\text{Пр(наша)}}{\text{Пр(конк)}} \text{ наша прибыль при сопоставимом объеме строительства} \quad (1)$$

где Пр (наша) – расчетный финансовый результат нашей строительной компании;  
Пр (конк) – расчетный финансовый результат строительной компании – конкурента.

Либо можно оценивать свое положение с позиции – получил прибыль от проекта, соответственно «выжил» в долгосрочном периоде, что представлено формулой (2)

$$K3 = \frac{\sum \text{Приб}_{\text{наши}} \text{проекты (на площади)}}{\sum \text{Приб}_{\text{конкуренты}} \text{(на площади)}} \quad (2)$$

где  $\sum \text{Приб}_{\text{наши}} \text{проекты (на площади)}$  - суммарная прибыль нашей строительной компании от всех реализуемых строительных проектов в долгосрочном периоде;

$\sum \text{Приб}_{\text{наши}} \text{проекты (на площади)}$  - суммарная прибыль конкурирующей строительной компании от всех реализуемых строительных проектов в долгосрочном периоде.

#### Вывод

Таким образом, авторами была разработана имитационная модель, которая может быть использована в качестве метода оценки собственной конкурентоспособности девелопера. Данная модель учитывает специфические риски отрасли. Структура данной модели позволяет использовать доступные данные – справочники сметных нормативов (ГЭСН, ФЕР), собственная архитектурно – строительная документация на возводимое и реализуемое здание, время на обслуживание покупателем квартиры. Для применения в повседневной управленческой деятельности на первых стадиях достаточно использования программы MS Excel специалистами, не имеющими навыков программирования и составления сложных математических моделей. Но данная имитационная модель для повышения точности оценки должна быть более подробной.

#### Библиографический список

1. Тарануха Ю.В. Конкуренция и конкурентоспособность [Электронный ресурс]: монография/ Тарануха Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Русайнс, 2017.— 336 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78861.html>.— ЭБС «IPRbooks».
2. Криворотов В.В. Конкурентоспособность предприятий и производственных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Экономика»/ Криворотов В.В., Калина А.В., Ерыпалов С.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015.— 351 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34467.html>.— ЭБС «IPRbooks».
3. Особенности жизненного цикла объекта недвижимости [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.М. Лебедев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018.— 268 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76539.html>.— ЭБС «IPRbooks».
4. Стешин А.И. Информационные системы в маркетинге [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Стешин А.И.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образова-

ние, 2019.— 180 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79628.html>.— ЭБС «IPRbooks».

5. Linda Kauškale, Ineta Geipele Integrated Approach of Real Estate Market Analysis in Sustainable Development Context for Decision Making *Procedia Engineering*, Volume 172, 2017, Pages 505-512.

6. Ramón Pascual Pascuas, Giulia Paoletti, Roberto Lollini Impact and reliability of EPCs in the real estate market *Energy Procedia*, Volume 140, December 2017, Pages 102-114.

7. Andrejs Čirjevskis, Ernests Tatevosjans. Empirical Testing of Real Option in the Real Estate Market *Procedia Economics and Finance*, Volume 24, 2015, Pages 50-59.

8. Eduard Hromada. Mapping of Real Estate Prices Using Data Mining Techniques. *Procedia Engineering*, Volume 123, 2015, Pages 233-240.

9. Vincenza Chiarazzo, Luigi dell'Olio, Ángel Ibeas, Michele Ottomanelli. Modeling the Effects of Environmental Impacts and Accessibility on Real Estate Prices in Industrial Cities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 111, 5 February 2014, Pages 460-469.

10. Катаргин Н.В. Экономико-математическое моделирование в Excel [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Катаргин Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2019.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79835.html>.— ЭБС «IPRbooks».

#### References

1. Taranukha Yu.V. Competition and competitiveness [Digital source]: Monography / Taranukha Yu.V. - Digital text. - Moscow: Ruscience, 2017. - 336 p. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/78861.html>. — «IPRbooks».

2. Kryvorotov V.V. Competitiveness of companies and production systems [Digital source]: Student textbook for high-school economists / Kryvorotov V.V., Kalyna A.V., Erypalov S.E. – Digital text. - Moscow: UNITY-DANA, 2015. - 351 p. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/34467.html>. — «IPRbooks».

3. Specificity of life cycle of real estate [Digital source]: Textbook / I.M. Lebedev [and other]. - Digital text. - Saratov: IPR Media, 2018. - 268 p. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/76539.html>.— «IPRbooks».

4. Steshyn A.I. Information systems in the marketing [Digital source]: Textbook / Steshin A.I. - Digital text. - Saratov: Vuzovskoje obrazovanie, 2019. - 180 p. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/79628.html>.— «IPRbooks».

5. Linda Kauškale, Ineta Geipele. Integrated Approach of Real Estate Market Analysis in Sustainable Development Context for Decision Making *Procedia Engineering*, Volume 172, 2017, Pages 505-512.

6. Ramón Pascual Pascuas, Giulia Paoletti, Roberto Lollini. Impact and reliability of EPCs in the real estate market *Energy Procedia*, Volume 140, December 2017, Pages 102-114.

7. Andrejs Čirjevskis, Ernests Tatevosjans. Empirical Testing of Real Option in the Real Estate Market *Procedia Economics and Finance*, Volume 24, 2015, Pages 50-59.

8. Eduard Hromad. Mapping of Real Estate Prices Using Data Mining Techniques. *Procedia Engineering*, Volume 123, 2015, Pages 233-240.

9. Vincenza Chiarazzo, Luigi dell'Olio, Ángel Ibeas, Michele Ottomanelli. Modeling the Effects of Environmental Impacts and Accessibility on Real Estate Prices in Industrial Cities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 111, 5 February 2014, Pages 460-469.

10. Katargyn N.V. Economical – mathematical modeling in Excel [Digital source]: Text-methodic book / Katargyn N.V. - Digital text. - Saratov: Vuzovskoje obrazovanie, 2019. - 83 p. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/79835.html>.— «IPRbooks».

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной  
техники и инженерной механики  
Д.Н. Дегтев,  
Старший преподаватель кафедры  
строительной техники  
и инженерной механики А.А. Осипов,  
Магистранты кафедры строительной  
техники и инженерной механики:  
А.В. Журавлёв,  
В.Г. Аристов.  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(951) 554-03-23  
e-mail: [aristov.viktor@mail.ru](mailto:aristov.viktor@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Cand. of Tech. Science, Associate prof.  
of the chair of construction machinery  
and engineering mechanics D.N. Dyogtev,  
Senior Lecturer of the chair of construction  
machinery and engineering mechanics  
A.A. Osipov,  
Undergraduate of the pulpit of the chair of  
building technique and mechanics engineering:  
A.V. Zhuravlyov,  
V.G. Aristov.  
Russia, Voronezh, tel. +7(951) 554-03-23  
e-mail: [aristov.viktor@mail.ru](mailto:aristov.viktor@mail.ru)*

Д.Н. Дегтев, А.А. Осипов, А.В. Журавлёв, В.Г. Аристов

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА (ТО И Р) С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Статья посвящена вопросам значения организации и планирования технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) в обеспечении высокого технического состояния ТТМ на автотранспортных предприятиях. Рассматриваемая методика позволит обеспечить рациональное использование производственно-технической базы и трудовых ресурсов.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, ремонт, автотранспортное предприятие.

D.N. Dyogtev, A.A. Osipov, A.V. Zhuravlyov, V.G. Aristov

## **THE ORGANIZATION AND PLANNING TECHNICAL SERVICE AND REPAIR WITH APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES**

Article is devoted to questions of value of the organization and planning of technical service and repair in providing high technical condition TTM at the motor transportation enterprises. The considered technique will allow to provide rational use of technological base and a manpower.

**Keywords:** technical service, repair, motor transportation enterprise.

Под технологией ТО и ремонта понимается совокупность приемов и способов выполнения работ по системе технического обслуживания и ремонта машин: выбор места проведения ТО и ремонта, определение наиболее рациональной формы проведения работ, подбор исполнителей, определение последовательности выполнения операций, отбор средств оснащения места проведения ТО и ремонта, контроль качества и сроков выполнения работ.

Для проведения технических обслуживания и ремонтов эксплуатационные базы оснащают ремонтными отделениями, постами технического обслуживания машин, передвижными мастерскими для выполнения технических обслуживания и текущего ремонта машин на

местах их работы, топливомаслозаправщиками, складами эксплуатационных материалов и запасных частей, средствами перевозки машин, топливом и смазочными материалами. Размещение производственных участков на территории эксплуатационной базы должно соответствовать технологической последовательности технического обслуживания и ремонта машин. Для мойки и смазывания машин организуют специальные звенья рабочих из 2-3 человек. Машины, не возвращающиеся в конце смены на эксплуатационную базу, дозаправляют топливно-смазочными материалами топливомаслозаправщики на месте их работы. Машины, возвращающиеся в конце смены на базу, заправляют машинисты на стационарных мостах заправки.

Для выполнения ЕО, ТО и сезонного обслуживания в эксплуатирующих организациях создают специализированные звенья. Звено выполняет работы на основании месячного плана-графика. За три дня до технического обслуживания звеньевой вместе с механиком участка уточняют сроки останова машины. В зависимости от места обслуживания машин звенья бывают стационарными и передвижными. Рабочие места стационарных звеньев оборудуют смотровой канавой, подъемными механизмами, эстакадой, поворотным стендом, а также диагностическими приборами, механизированными приспособлениями и инструментом. Передвижная станция предназначена для обслуживания, проверки, контроля и ремонта автомобильных кранов, автогрейдеров, автовышек и автогидроподъемников, автокомпрессоров непосредственно на объектах их применения.

Действующая плано-предупредительная система ТО и ремонта имеет две основные ступени периодических обслуживаний: ТО-1 и ТО-2. Одним из резервов повышения эффективности системы ТО и ремонта в современных условиях, когда имеющиеся ресурсы ограничены, является более широкое использование диагностической информации для управления процессом. Как показывают исследования, выполненные НИИАТом, дальнейшее совершенствование плано-предупредительной системы должно идти по пути внедрения предупредительной диагностики и обслуживания.

Наиболее проблемным и простым в реализации являются метод единого и комплексного ТО с применением диагностики. Важно, что их внедрение сохраняет основы действующей в настоящее время плано-предупредительной системы профилактики и ремонта ПС. Сущность метода единого ТО заключается в том, что вместо общепринятых ТО-1 и ТО-2 применяется единое техническое обслуживание (ЕТО).

Достоинством метода ЕТО является простота планирования и организации профилактики. А также управление технологическим процессом. Однако, метод ЕТО имеет недостатки. В условиях АТП трудно обосновать периодичность и трудоемкость единого комплекса работ, а неправильный их выбор может вызвать увеличение объема и стоимости текущего ремонта.

При едином ТО трудно также обеспечить стабильность номенклатуры и объема работ на поточных линиях, если их выполнение не предшествует диагностике.

Сущность метода комплексных ТО заключается в том, что перечень операций существующего ТО-2 разделяется на несколько комплексов дополнительных работ. При комплексном ТО с применением диагностики понимается диагностический комплекс, который состоит из операций ТО-1 и ТО-2, а также предварительного и заключительного диагностирования, выполняемых с периодичностью данного комплекса.

Основной задачей АТП по повышению эффективности производства и технической службы является снижение затрат и уменьшение простоев автомобилей в ТО и ремонте.

Для повышения эффективности автомобильного транспорта необходимо ускорять создание и внедрение передовой техники и технологии, улучшать условия труда и быт персонала, повышать его квалификацию и заинтересованность в результате труда.

а) Систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении предмета.

б) Усвоение основ проектирования и технологических расчетов зон ТО, диагностики и ТР подвижного состава в АТП.

в) Умение правильно выбрать метод организации производства и его обоснований.

г) Умение пользоваться технической и нормативно-справочной литературой, нормативными материалами и стандартами.

Своевременное проведение технического обслуживания, диагностирования, а если необходимо и ремонта автомобиля есть залог к его долгой и эффективной работе, что в свою очередь является залогом успешной работы и высокой прибыльности всего автотранспортного предприятия, в котором этот автомобиль эксплуатируется.

### Выводы

Своевременное проведение технического обслуживания, диагностирования, а если необходимо и ремонта автомобиля есть залог к его долгой и эффективной работе, что в свою очередь является залогом успешной работы и высокой прибыльности всего автотранспортного предприятия, в котором этот автомобиль эксплуатируется.

### Библиографический список

1. Хабатов Р.Ш., Топилин Г.Е., Забродский В.М. Техническое обслуживание и ремонт машинно-тракторного парка. Под ред. д-ра техн. наук Р. Ш. Хабатова. - 245 с.

2. Максименко А.Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин: Учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с. 6 ил.

3. Ю.Г. Сергеев, Д.Н. Дёгтев, А.В. Ульянов, А.С. Гушчин, В.Н. Карташов. Контейнер для вибрационной обработки деталей. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 286-289.

### References

1. Habotov R. Sh., Topilin G.E., Zabrodsky V.M. Technical service and repair of machine and tractor park. Under edition doc. R. Sh. Habatov. – 245 p.

2. Maksimenko A.N. Operation of construction and road cars/ Studies. grant. – SPb. : BHV-St. Petersburg, 2006. – 400 p. 6 slit.

Y.G. Sergeev, D.N. Dyogtev, A.V. Uliyanov, A.S. Gushchin, V.N. Kartashov. Container for the vibration processing of details. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2016. pp. 286-289.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Доктор экономических наук, профессор  
кафедры технологии, организации  
строительства, экспертизы и управления  
недвижимостью Круглякова В.М.  
Россия, г. Воронеж  
e-mail: [vinikat@mail.ru](mailto:vinikat@mail.ru)  
Студент группы М502 строительного  
факультета Вирютина Т.А.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7-900-927-48-38  
e-mail: [tanya.vir25@yandex.ru](mailto:tanya.vir25@yandex.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Doctor of economics, professor the Department  
of technology, organization of construction,  
expertise and property management  
Kruglyakova V.M.  
Russia, Voronezh  
e-mail: [vinikat@mail.ru](mailto:vinikat@mail.ru)  
Student of group M502 construction faculty  
Tatiana A. Viriutina  
Russia, Voronezh, tel.: +7-900-927-48-38  
e-mail: [tanya.vir25@yandex.ru](mailto:tanya.vir25@yandex.ru)*

В.М. Круглякова, Т.А. Вирютина

### **ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ СПОРОВ И ИХ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ**

В системе фундаментальных правовых видов земельные правоотношения занимают особое место. Это свидетельствует о ценности земли и ее ресурсов для человеческого общества. Возникают земельные споры в связи с необоснованными действиями лиц (граждан или государственных органов), которые нарушают права и интересы одной из сторон земельных отношений. Статья посвящена рассмотрению проблемы толкования термина «земельный спор», а также законодательное разрешение данной категории споров. На основе данных, полученные при проведении анализа законодательной и юридической литературы в области земельных отношений, дана классификация земельных споров, которая позволяет разграничить земельные споры от иных юридических споров.

**Ключевые слова:** земельное право, земельные споры, земельные правоотношения, разрешение земельных споров, земельный участок, суд общей юрисдикции, арбитражный суд, третейский суд.

V.M. Kruglyakova, T.A. Viriutina

### **PROBLEMS OF LAND DISPUTES AND THEIR LEGISLATIVE RESOLUTION**

In the system of fundamental legal types, land relations have a special place. This demonstrates the value of the earth and its resources for human society. Land disputes arise in connection with unreasonable actions of persons (citizens or government bodies) who violate the rights and interests of one of the parties to land relations. The article is devoted to the consideration of the interpretation of the term "land dispute", as well as the legislative resolution of this category of disputes. Based on the data obtained in the analysis of legislative and legal literature in the field of land relations, a classification of land disputes is given, which allows us to distinguish land disputes from other legal disputes.

**Keywords:** land law, land disputes, land relations, the resolution of land disputes, land, the court of general jurisdiction, the arbitral tribunal.

В нашем государстве, в настоящее время, тысячи людей сталкиваются с различными видами земельных споров, которые рассматриваются как мирным путем, так и в судебном порядке. Современное действующее законодательство и правоведение активно занимаются разрешением вопросов в сфере земельных споров, и признают их важным элементом земельных отношений. Но есть такой термин как «имущественный спор», он также вытекает из земельных отношений. При разграничении сведений этих понятий, можно верно провести классификацию земельных споров.

Согласно пункту 1 статьи 64 Земельного кодекса Российской Федерации «земельные споры рассматриваются в судебном порядке», т.е. рассматриваются судами в соответствии с правилами о подведомственности и подсудности споров [1]. Споры, возникающие между юридическими лицами, государственными органами и юридическими лицами, а также между юридическими лицами и гражданами, рассматриваются в арбитражном суде. Земельные споры, касающиеся граждан, разбирают суды общей юрисдикции. В соответствии с пунктом 2 статьи 64 Земельного кодекса Российской Федерации «до принятия дела к производству судом земельный спор может быть передан сторонами на разрешение в третейский суд» [1]. В период, когда дело рассматривает третейский суд, органы правосудия не имеют право проводить параллельно судопроизводство. Следственно, разграничение земельных споров имеет важное практическое значение, так как пункт 4 статьи 233 Арбитражного процессуального кодекса Российской Федерации и пункт 4 статьи 421 Гражданского процессуального кодекса Российской Федерации гласит, что суд может ликвидировать решение третейского суда, если «спор, рассмотренный третейским судом, в соответствии с федеральным законом не может быть предметом третейского разбирательства» [2, 3].

Таким образом, третейский суд не рассматривает административно-правовые споры, которые связаны с земельными правонарушениями.

Главной ошибкой в данной теме является то, что зачастую все виды земельных споров объединяют в одну категорию. По этой причине невозможно увидеть полную картину данных правовых споров и рационально их рассматривать. Необходимо более подробно классифицировать их. Для начала рассмотрим понятие и элементы земельного спора.

Земельные споры представляют собой нестандартную категорию правовых конфликтов, которые отличаются особой сложностью. Обусловлено это несколькими факторами. Во-первых, в соответствии со ст. 9 Конституции Российской Федерации земля является источником жизни и деятельности людей. Во-вторых, в связи с отсутствием в СССР права частной собственности, практика разрешения земельных споров развивалась достаточно слабо. В-третьих, во времена, когда шествовала земельная реформа, землю как объект собственности достаточно быстро ввели в гражданский оборот. Учитывая неподготовленность нормативно-правовой базы, система ведения земельного кадастра и регистрации права была абсолютно не настроена.

Термин «земельный спор» часто интерпретируется авторами в правовой литературе по-своему, но имеет общий характер. На многогранность этого понятия, указала Ю.Н. Федорова – «земельный спор представляет собой особое правоотношение, регулируемое нормами земельного, гражданского, гражданского процессуального и арбитражного процессуального права и разрешаемое дозволенными законом методами, возникающее между индивидами или группами лиц, органами государственной власти и местного самоуправления при нарушении или оспаривании их субъективных прав на землю, интересов или обязанностей и имеющее своим содержанием взаимные притязания сторон относительно этих субъективных прав, интересов или обязанностей» [5].

Объект спора – это предмет, относительно которого происходит разбирательство, т.е. право.

Субъект спора – лицо, права нарушаются или оспариваются, к ним относятся: граждане РФ, юридические лица, Российская Федерация, субъекты РФ, муниципальные образования.

Предмет спора – конфликтная ситуация по поводу границ земельного участка, площади и т.п.

В юридической литературе содержится множество классификаций земельных споров. Например, Е. С. Болтанова классифицирует земельные споры в зависимости от характера,

субъектов и связи с имущественными отношениями [6]. Б. В. Ерофеев разбивает споры в зависимости от порядка их рассмотрения: на административные и на судебные, а также по объекту, субъекту спора и другим основаниям [7]. А вот Г.А. Мисник выделил две категории споров - по объектному и субъектному составам [8].

Проанализировав информацию из разных правовых источников, резюмируем, что земельные споры классифицируются по связи с имущественными отношениями, по порядку рассмотрения, по объекту, субъекту спора и иным основаниям.

Земельные споры в зависимости от их связи с имущественными отношениями:

1. Земельные споры - споры, которые затрагивают тему нарушения или оспаривания прав граждан или юридических лиц на земельные участки.

2. Земельно-имущественные — это споры по поводу земельных участков, при разрешении которых требуется определение прав на иное имущество.

3. Имущественные споры – спор, который затрагивает тему пользования и распоряжения землей. Спор о праве на землю отсутствует.

От порядка рассмотрения:

1. Споры, которые включают в себя преюдициальную внесудебную процедуру;

2. Споры, рассматриваемые в судебных органах;

3. Споры, рассматриваемые в третейских судах.

По объекту спора:

1. Спор о признании прав на земельный участок;

2. Споры о присуждении исполнения определенного действия в пользу заинтересованного участника земельных правоотношений или воздержания от его исполнения;

3. Спор об изменении или прекращении земельных правоотношений.

По иным основаниям:

1. Споры, по поводу предоставления земельных участков:

- Нарушение правил предоставления земельных участков;

- Нарушение земельных границ, при отводе.

2. Споры, по осуществлению прав на использование:

- Нарушение правил предоставления земельных участков;

- Вторжение в хозяйственную деятельность собственника земельного участка.

3. Споры из-за владельческих исков.

4. Споры, в результате земельно-планировочных работ.

5. Споры, по поводу изъятия земельных участков:

- Незаконное решение изъятия земельного участка;

- Незаконные основания для прекращения долгосрочной аренды на земельный

участок.

6. Споры, в связи с возмещением убытков.

Действия участников земельных правоотношений, которые несут за собой нарушение интересов и прав, являются основанием для земельных споров.

Выделим несколько основных причин, которые возбуждают возникновение земельных споров. К таким факторам относятся недобросовестное поведение участников земельных правоотношений, то есть строить свое материальное благополучие за счет противоположной стороны; низкий уровень владения нормативно-правовой базой земельного законодательства субъектами отношений; субъекты отношений не всегда знают границы своих земельных участков; действующие недостатки в законодательстве; низкий уровень компетенции должностных лиц исполнительных органов власти или органов местного самоуправления.

Многие считают, что проведя межевание, они остаются в безопасности от каких-либо притязаний, однако, это не так. Межеванию необходимо выделять огромное внимание, систематически проверять границы своего земельного участка на целостность, также следить за

изменениями в законодательстве, так как на основании пертурбации в нормативных актах, может потребоваться внесение изменений в документы на землю.

Межевание земельного участка, по сути дела, простая процедура с технической точки зрения, но несоблюдение этой процедуры или отказ от ее соблюдения может привести владельца к серьезным последствиям.

В заключении делаем вывод, что земельные споры занимают важную нишу среди прочих судебных разбирательств. Вытекает это из значимости земли как блага и земли как ресурса для страны. Но есть одно «но», в наше время рассмотрение земельных споров вызывает сложность, связано это с отсутствием комплексного и последовательного развития земельного законодательства, а также дефицитом судебной практики в области земельных споров.

#### Библиографический список

1. Земельный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/)
2. Арбитражный процессуальный кодекса Российской Федерации [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_37800/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37800/)
3. Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_39570/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39570/)
4. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/)
5. Федорова Ю.Н. Разрешение земельных споров по законодательству Российской Федерации [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [https://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01002634894.pdf](https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002634894.pdf)
6. Болтанова Е. С. Земельное право: Учебник. — 2-е изд. — М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. — 443 с.
7. Ерофеев Б.В. Земельное право России: учебник для вузов - науч. ред. Л. Б. Братковская. — 12-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2015. — 679 с. — Серия: Бакалавр. Базовый курс.
8. Мисник Г. А. Земельное право: учебник — М.: Норма: ИНФРА-М, 2014. — 320 с.

#### References

1. The Russian Federation Land Code [electronic resource]: Access: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/)
2. Arbitration Procedure Code of the Russian Federation [the Electronic resource]: Access: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_37800/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37800/)
3. Civil Procedure Code of the Russian Federation [the Electronic resource]: access: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_39570/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39570/)
4. Constitution of the Russian Federation [Electronic resource]: Access Mode: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/)
5. Fedorov, Yu.N. Resolution of land disputes under the laws of the Russian Federation [Electronic resource]: Access mode: URL: [https://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01002634894.pdf](https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002634894.pdf)
6. Boltanova E.S. Land Law: Textbook. - 2nd ed. - M.: RIOR: INFRA-M, 2014. - 443 p.
7. Erofeev B. V. Land law of Russia: a textbook for universities - scientific. ed. L. B. Bratkovskaya. - 12th ed., Pererab. and add. - M.: Yurayt Publishers, 2015. - 679 p. - Series: Bachelor. Basic course.
8. Misnik G.A. Land Law: textbook - Moscow: Norma: INFRA-M, 2014. - 320 p.

*Воронежский государственный  
технический университет  
доц., канд. техн. наук,  
С.И. Матренинский  
Россия, г. Воронеж  
e-mail: gso09@yandex.ru  
Воронежский государственный  
технический университет  
бакалавр гр. Б042  
К.К. Старова  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(980)344-99-91  
e-mail: starovaksusha@mail.ru  
Воронежский государственный  
технический университет  
бакалавр гр. Б042  
К.А. Попова  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(908)138-23-00  
e-mail: xeniya.popova2010@yandex.ru  
Воронежский государственный  
технический университет  
бакалавр гр. Б042  
В.В. Черкашина  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(914)395-63-38  
e-mail: tcherkashina.vika@yandex.ru*

*Voronezh State  
Technical University  
assistant professor, D.Sc.( Engineerin),  
S.I. Matreninskiy  
Russia, Voronezh  
e-mail: gso09@yandex.ru  
Voronezh State  
Technical University  
bachelor of the group B042,  
K.K. Starova  
Russia, Voronezh, tel. +7(980)344-99-91  
e-mail: starovaksusha@mail.ru  
Voronezh State  
Technical University  
bachelor of the group B042,  
K.A. Popova  
Russia, Voronezh, tel. +7(908)138-23-00  
e-mail: xeniya.popova2010@yandex.ru  
Voronezh State  
Technical University  
bachelor of the group B042,  
V.V. Cherkashina  
Russia, Voronezh, tel. +7(914)395-63-38  
e-mail: tcherkashina.vika@yandex.ru*

С.И. Матренинский, К.К. Старова, К.А. Попова, В.В. Черкашина

## **ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ИХ РЕНОВАЦИИ**

В статье приводится краткий анализ состояния территорий массовой жилой застройки городов РФ, в том числе и г. Воронежа. Обоснована необходимость классификации жилых зданий по показателям их физического износа, морального износа и технической комфортности для реализации федеральных и региональных программ по обновлению жилого фонда. Выполнена оценка технического состояния ряда жилых зданий в г. Воронеже по показателям их физического и морального износа, технической комфортности. Сформированы классы из обследованных зданий по указанным показателям для планирования их реновации с помощью однотипных организационных и конструктивно-технологических методов производства работ.

**Ключевые слова:** реновация, обновление, жилой фонд, физический и моральный износ, техническая комфортность, классификация.

## FEATURES OF CLASSIFICATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS FOR MAKING DECISIONS OF THEIR RENOVATION

The article provides a brief analysis of the territory of mass housing development in Russian cities including Voronezh. The necessity of the classification of residential buildings according to their physical and moral deterioration, and technical comfort is substantiated for using federal and regional programs for the renovation of residential fund. The assessment of the technical condition of a number of residential buildings in Voronezh was made by results of their physical and moral deterioration, technical comfort. Classes were formed from the examined buildings according to their specified indicators for planning their renovation using the same organizational and structural-technological methods of work.

**Keywords:** renovation, update, reconstruction, housing fund, physical and moral deterioration, technical comfort, classification.

Жилой фонд городов и населенных пунктов РФ, включая здания, сооружения, инженерные сети и другие объекты, нуждается в обновлении и переустройстве из-за высокой степени физического и морального (функционального) износа.

Анализ данных отрасли ЖКХ говорит о том, что, для отдельных категорий объектов износ достигает 60% и более (рис 1) [1].

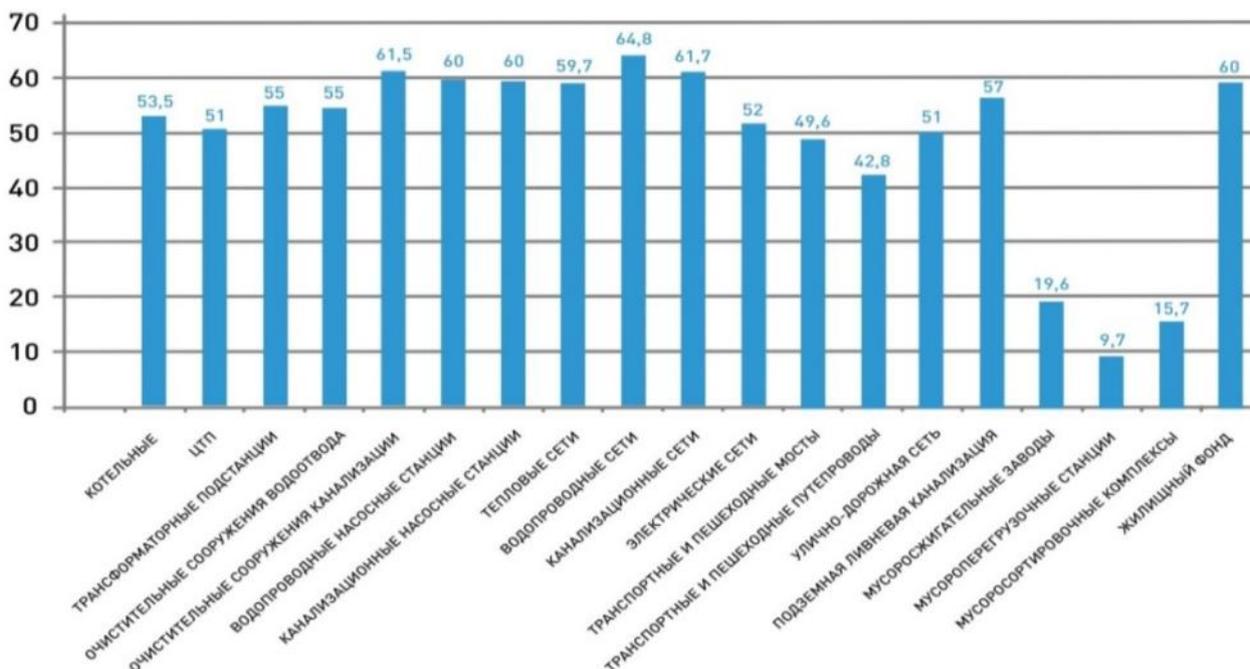


Рис. 1. Средний износ основных фондов предприятий ЖКХ

Отдельно необходимо отметить проблему значительного количества ветхого и аварийного жилья, которое, несмотря на все принимаемые меры по его ликвидации, составляет около 90 млн. м<sup>2</sup> (рис 2) [2].

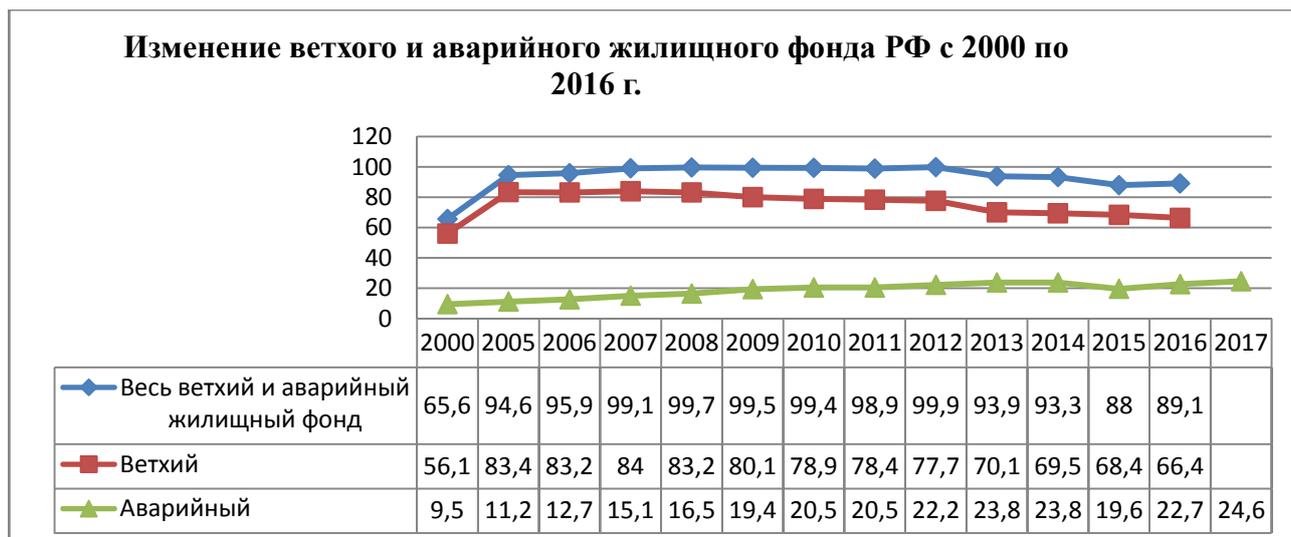


Рис. 2. Изменение ветхого и аварийного жилищного фонда РФ с 2000 по 2017 гг

В 2018 г. еще 7 млн. м<sup>2</sup> могут стать аварийными [3].

Сложившаяся в настоящее время степень износа жилищного фонда представлена на рисунке 3 [4].

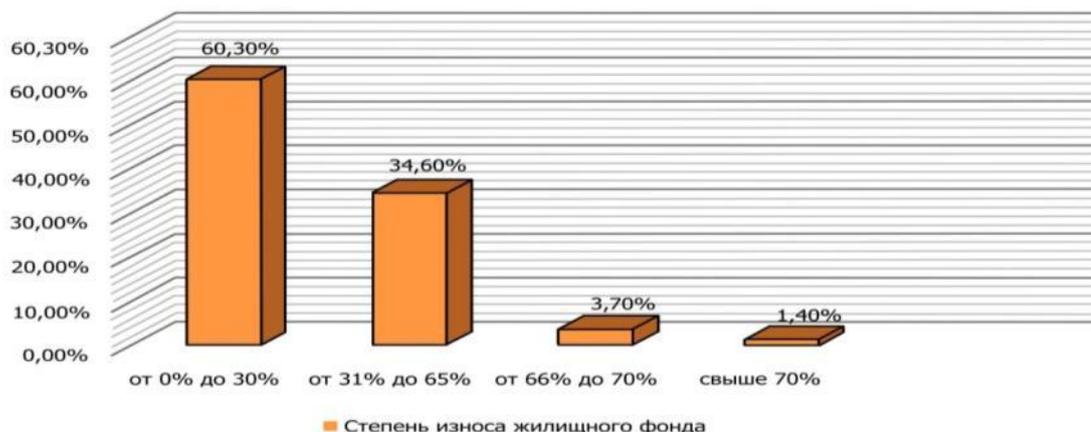


Рис. 3. Степень износа жилищного фонда Российской Федерации

Кроме ветхого и аварийного жилья, почти 35% жилого фонда имеют физический износ от 31% до 65%.

Если в настоящее время не принимать меры по реновации этой части жилого фонда, то часть зданий из этого фонда в ближайшем будущем может пополнить категорию ветхого и аварийного жилья.

По Воронежской области, из жилья, признанного аварийным до 2012 года, с 2008 по 2017 год переселились 14,7 тыс. жителей Воронежской области [5].

В регионе расселен 871 аварийный дом. Программа выполнена, но в аварийном состоянии осталось 219 многоквартирных домов, где живут около 4,5 тыс. человек, а также 54 частных дома с 96 жителями. На решение этой проблемы в 2018 году выделено 453 млн. рублей. Из них – 296 млн. из областного бюджета и 157 млн. – из городского и местного бюджетов. Столько же средств планируется направить в 2019 году [5].

Статистические данные, характеризующие жилой фонд г. Воронежа приведены в табл. 1 [6].

## Жилищный фонд по Воронежской области с 2000 по 2016 годы

	2000	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Жилищный фонд – всего, тыс. м<sup>2</sup></b>	<b>51798.0</b>	<b>62104.6</b>	<b>63469.4</b>	<b>64665.6</b>	<b>66000.2</b>	<b>67272.1</b>
в том числе в собственности:						
частной	41226.3	57291.2	58874.5	60231.9	63821.7	65191.5
из нее граждан	37170.4	54423.0	55457.4	56706.9	60294.8	61510.5
государственной	2605.5	1004.7	998.0	1012.8	1017.5	1017.8
муниципальной	7219.6	3768.6	3556.8	3380.7	1120.9	1022.7
другой	746.6	40.1	40.1	40.2	40.1	40.1
в среднем на одного жителя, м <sup>2</sup>	21.2	26.7	27.3	27.7	28.3	28.8
<b>Городской жилищный фонд – всего, тыс. м<sup>2</sup></b>	<b>28793.6</b>	<b>39047.5</b>	<b>40124.7</b>	<b>41088.4</b>	<b>42251.3</b>	<b>43260.7</b>
в том числе в собственности:						
частной	19155.2	34838.0	36075.4	37177.6	40531.7	41630.7
из нее граждан	16080.9	32308.6	32914.6	33893.6	37215.7	38159.8
государственной	1879.2	832.8	837.7	849.2	865.4	862.3
муниципальной	7066.8	3336.6	3171.5	3021.4	814.1	727.6
другой	692.4	40.1	40.1	40.2	40.1	40.1
в среднем на одного городского жителя, м <sup>2</sup>	19.0	25.3	25.8	26.3	27.1	27.5
<b>Сельский жилищный фонд – всего, тыс. м<sup>2</sup></b>	<b>23004.4</b>	<b>23057.1</b>	<b>23344.7</b>	<b>23577.2</b>	<b>23748.9</b>	<b>24011.4</b>
в том числе в собственности:						
частной	22071.1	22453.2	22799.1	23054.3	23290.0	23560.8
из нее граждан	21089.5	22114.4	22542.8	22813.3	23079.1	23350.7
государственной	726.3	171.9	160.3	163.6	152.1	155.5
муниципальной	152.8	432.0	385.3	359.3	306.8	295.1
другой	54.2	x	x	x	x	x
в среднем на одного сельского жителя, м <sup>2</sup>	24.9	29.4	30.1	30.6	30.8	31.5
<b>Ветхий жилищный фонд, тыс.м<sup>2</sup></b>	<b>404.2</b>	<b>456.1</b>	<b>457.2</b>	<b>442.4</b>	<b>411.1</b>	<b>405.4</b>
<b>Удельный вес ветхого жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда, процент</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.07</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>

Несмотря на тенденцию сохранения ветхого и аварийного жилищного фонда, его количество значительно меньше, чем в целом по стране.

В настоящее время действует ряд проектов и программ, посвященных решению жилищной проблемы:

1. Областная целевая программа «Молодая семья». Действует в Воронеже и Воронежской области с 2004 года; [7]

2. Федеральная программа «Жилье для российской семьи». Действует в Воронеже и Воронежской области с 3 июля 2014 года; [8]

3. Федеральная программа «Жилище», в Воронеже представленная региональной целевой программой «Обеспечение молодых семей жильем»[9].

Основные положения данных документов направлены на комплексное обновление жилищного фонда страны, как за счет нового строительства, так и путем многоаспектной реновации сложившегося жилищного фонда Российской Федерации.

Реализация гибкой системы многоаспектной реновации, включающая как капитальный ремонт жилых зданий с соответствующей инженерной инфраструктурой, так и различные виды реконструкции, позволит в значительной мере снять остроту проблем при значительно меньших затратах по сравнению с новым полномасштабным строительством.

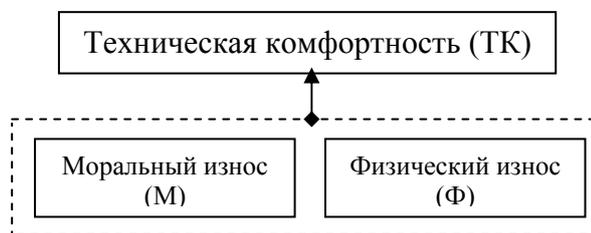
Чтобы качественно и эффективно провести ремонтно-строительные работы, необходимо оценить и классифицировать здания по их комфортности, моральному и физическому износу, по износу отдельных элементов зданий. Удобство, надежность и комфортность среды проживания является необходимым условием жизнедеятельности человека.

Поэтому важным решением является комплексная классификация зданий по различным параметрам и признакам изношенности [10-12].

Оценку жилых зданий с последующей классификацией целесообразно производить по степени морального и физического износа, а также по совокупности потребительских свойств с помощью наиболее общего показателя, способного качественно и количественно характеризовать их состояние на текущий момент и в прогнозируемом будущем. В качестве такого показателя применяется – показатель технической комфортности (ТК).

Техническая комфортность – удобство технического построения среды обитания (в данном случае – здание) социума, оцениваемая её степенью соответствия санитарно-гигиеническим нормам, правилам и стандартам безопасности этой среды, и другим показателям [12].

При таком подходе техническая комфортность здания может характеризоваться их моральным и физическим износом (рис. 4).



**Рис. 4.** Характеристика технической комфортности по совокупности ее морального и физического износа

Моральный износ – постепенное (во времени) отставание потребительских свойств ранее созданных городских фондов (зданий, инженерного оборудования, инфраструктуры и др.) от достижений современного экологического, эксплуатационного, архитектурного и технического уровня в данной сфере [13].

Физический износ – постепенная потеря первоначальных качеств городских фондов (зданий, инженерного оборудования, инфраструктуры и др.) в результате процесса их естественного старения и износа [13].

Действительно, современный человек будет ощущать себя наиболее комфортно, проживая в условиях определенного участка территории города, построенного в соответствии с современными экологическими, эксплуатационными, архитектурными и др. требованиями, т.е. при минимальном моральном износе, а также при условии надежности, целостности и сохранности всех составляющих частей, конструктивных элементов и инженерных систем здания, т.е. при отсутствии их физического износа.

То есть, чем ниже совокупная характеристика физического и морального износа, тем выше их комфортность, и наоборот [12]

$$TK = [1 - f(\Phi, M)] \cdot 100\%,$$

где ТК – показатель технической комфортности здания;

Φ – интегральный показатель физического износа здания;

М – интегральный показатель морального износа здания;

f(Φ, М) – совокупный интегральный показатель физического и морального износа здания.

Для повышения эффективности работ по реновации жилого фонда целесообразно производить классификацию жилых зданий, т.е. формирование групп зданий с близкими показателями морального износа, физического износа, технологической комфортности, т.е. разделение зданий на классы, требующие сходных решений по обновлению: текущий ремонт; капитальный ремонт; снос и демонтаж старых объектов; строительство новых объектов; снос и демонтаж старых объектов со строительством новых и др.

Широкое распространение в практике решения подобных классификационных задач получила вербально-числовая шкала Харрингтона [14].

Варианты шкалы для классификации М, Φ и ТК представлены в таблицах 2-3.

В этих шкалах каждому значению М, Φ и ТК на отрезке (0...100%) соответствует определенный балл - градация и соответствующее лингвистическое определение.

Таблица 2

Шкала Харрингтона для оценки показателей морального и физического износа

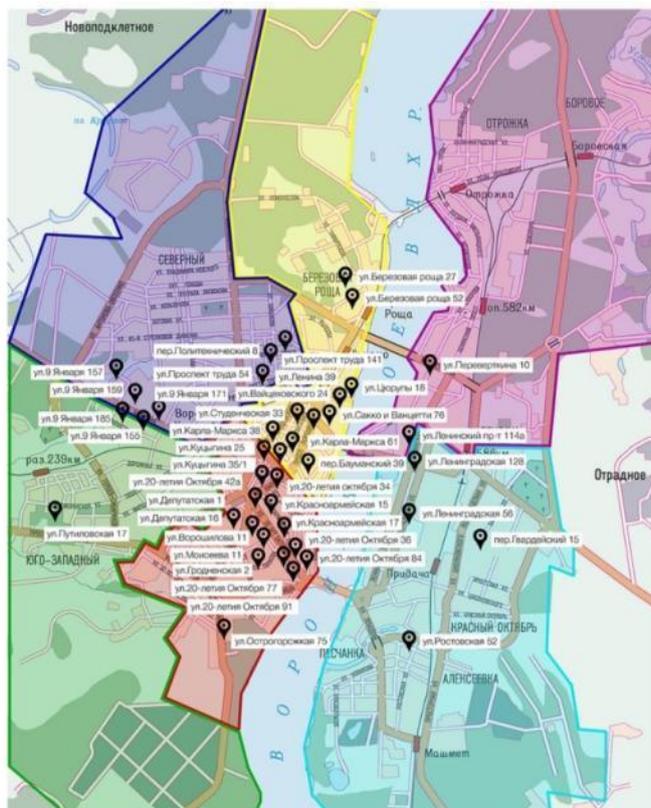
Лингвистические оценки	Балльные оценки	Числовые оценки
Очень высокий – «очень плохо»	5	0,8...1
Высокий – «плохо»	4	0,63...0,8
Средний – «удовлетворительно»	3	0,37...0,63
Низкий – «хорошо»	2	0,2...0,37
Очень низкий – «отлично»	1	0...0,2

Таблица 3

Шкала Харрингтона для оценки показателей технической комфортности

Лингвистические оценки	Балльные оценки	Числовые оценки
Очень высокий – «отлично»	5	0,8...1
Высокий – «хорошо»	4	0,63...0,8
Средний – «удовлетворительно»	3	0,37...0,63
Низкий – «плохо»	2	0,2...0,37
Очень низкий – «очень плохо»	1	0...0,2

В соответствии с существующими методиками [12-16] была произведена оценка зданий в г. Воронеже с последующей классификацией по технической комфортности, моральному и физическому износу (рис5- 8), таблицы 4-6.



Центральный район  
 пер.Бауманский 39  
 ул.Цурюпы 18  
 ул.Студенческая 33  
 ул.Сакко и Ванцетти 76  
 ул.Карла-Маркса 61  
 ул.Карла-Маркса 38  
 ул.Березовая роща 27  
 ул.Березовая роща 52  
 ул.Вайцеховского 24  
 ул.Ленина 39

Коминтерновский район  
 ул.Проспект труда 54  
 ул.Проспект труда 141  
 пер.Политехнический 8

Левобережный район  
 ул.Ленинградская 56  
 ул.Ленинский проспект 114а  
 ул.Ленинградская 128  
 ул.Ростовская 52  
 пер.Гвардейский 56

Ленинский район  
 ул.20-летия Октября 36  
 ул.20-летия Октября 34  
 ул.20-летия Октября 42а  
 ул.20-летия Октября 77  
 ул.20-летия Октября 91  
 ул.20-летия Октября 84  
 ул.Моисеева 11  
 ул.Куцигина 25  
 ул.Куцигина 35/1  
 ул.Красноармейская 15  
 ул.Красноармейская 17  
 ул.Гродненская 2  
 ул.Острогоржская 75

Железнодорожный район  
 ул.Переверткина 10

Советский район  
 ул.9 Января 171  
 ул.9 Января 155  
 ул.9 Января 185  
 ул.9 Января 157  
 ул.9 Января 159  
 ул.Ворошилова 11  
 ул.Депутатская 1  
 ул.Депутатская 16  
 ул.Путиловская 17

Рис. 5. Перечень обследованных зданий на территории г. Воронежа

Таблица 4

Классификация жилых зданий на основании шкалы Харрингтона по моральному износу

Оценки обследованных зданий по шкале Харрингтона	Количество обследованных зданий, имеющих данную оценку
1. Здания с моральным износом свыше 80% - с оценкой «очень плохо» - с балльной оценкой 5	2%
2. Здания с моральным износом от 63 до 80% - с оценкой «плохо» - с балльной оценкой 4	20%
3. Здания с моральным износом от 37 до 63% - с оценкой «удовлетворительно» - с балльной оценкой 3	56%
4. Здания с моральным износом от 20 до 37% - с оценкой «хорошо» - с балльной оценкой 2	17%
5. Здания с моральным износом от 0 до 20% - с оценкой «отлично» - с балльной оценкой 1	5%

Таблица 5

Классификация жилых зданий на основании шкалы Харрингтона по физическому износу

Оценки обследованных зданий по шкале Харрингтона	Количество обследованных зданий, имеющих данную оценку
1. Здания с физическим износом свыше 80% - с оценкой «очень плохо» - с балльной оценкой 5	24%
2. Здания с физическим износом от 63 до 80% - с оценкой «плохо» - с балльной оценкой 4	16%
3. Здания с физическим износом от 37 до 63% - с оценкой «удовлетворительно» - с балльной оценкой 3	11%
4. Здания с физическим износом от 20 до 37% - с оценкой «хорошо» - с балльной оценкой 2	30%
5. Здания с физическим износом от 0 до 20% - с оценкой «отлично» - с балльной оценкой 1	19%

Таблица 6

Классификация жилых зданий на основании шкалы Харрингтона по технической комфортности варианты действий по их реновации

Оценки обследованных зданий по шкале Харрингтона	Количество обследованных зданий, имеющих данную оценку	Возможные действия для реновации зданий
1. Здания с технической комфортностью свыше 80% - с оценкой «отлично» - с балльной оценкой 5	11%	Текущий ремонт; эксплуатация
2. Здания с технической комфортностью от 63 до 80% - с оценкой «хорошо» - с балльной оценкой 4	19%	Реконструкция; капитальный ремонт; текущий ремонт
3. Здания с технической комфортностью от 37 до 63% - с оценкой «удовлетворительно» - с балльной оценкой 3	30%	Реконструкция; капитальный ремонт; текущий ремонт
4. Здания с технической комфортностью от 20 до 37% - с оценкой «плохо» - с балльной оценкой 2	32%	Снос; реконструкция; капитальный ремонт
5. Здания с технической комфортностью от 0 до 20% - с оценкой «очень плохо» - с балльной оценкой 1	8%	Снос

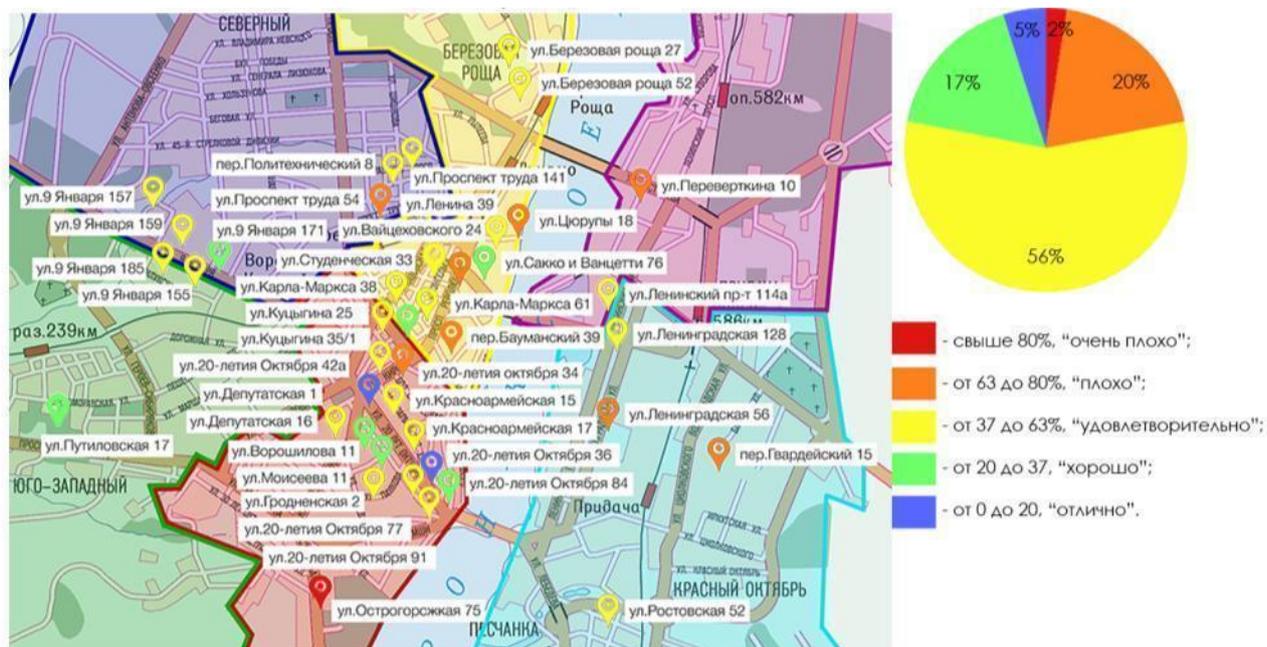


Рис. 6. Оценка обследованных зданий по показателям морального износа

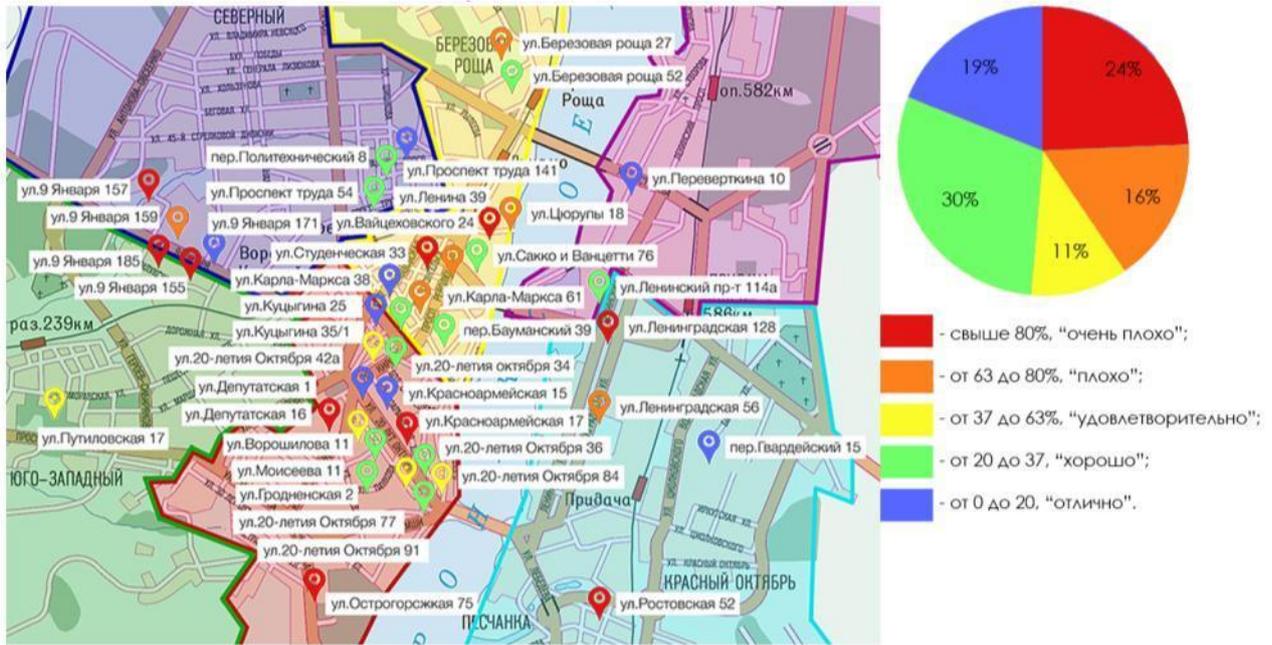


Рис. 7. Оценка обследованных зданий по показателям физического износа

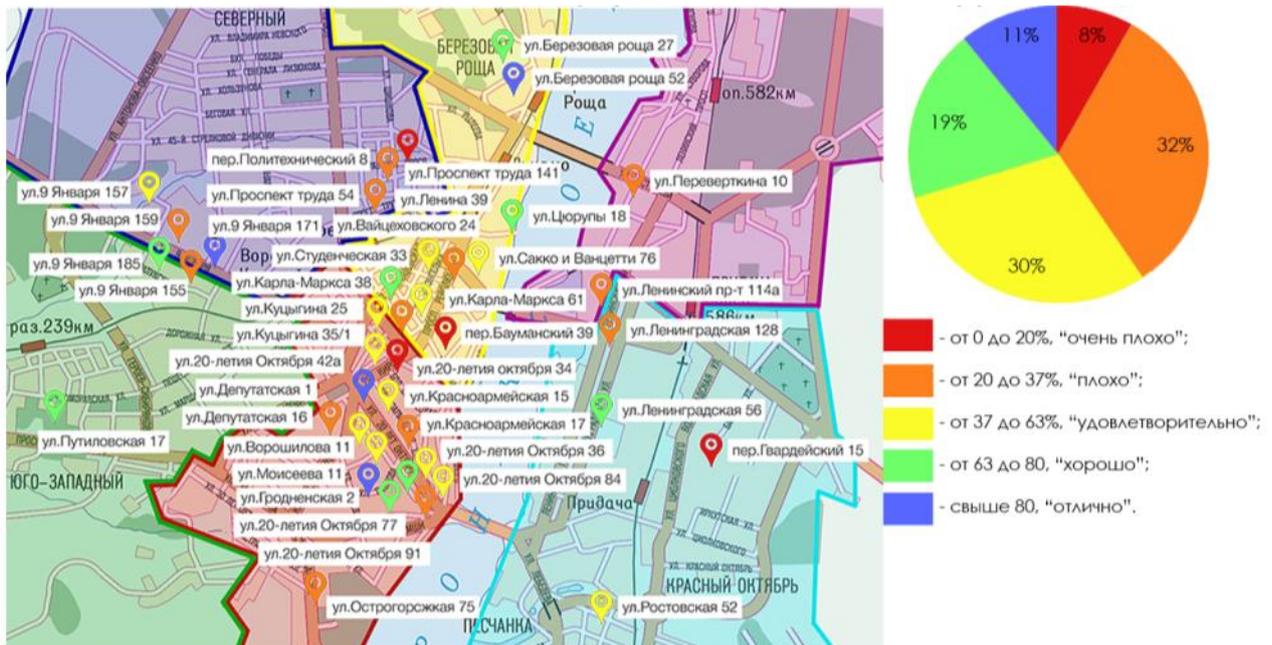


Рис. 8. Оценка обследованных зданий по показателям технической комфортности

## Выводы

1. Выполнено обследование отдельных жилых зданий в г. Воронеже с установлением их физического износа, морального износа и технической комфортности.
2. Сформированы классы из обследованных зданий по показателям их морального износа, физического износа, технической комфортности, что будет способствовать выбору для каждого класса зданий однотипных организационно-технологических решений по их реновации.
3. Предложены рациональные варианты действий для реновации различных групп зданий, классифицированных по их технической комфортности.

## Библиографический список

1. Официальная страница министерства строительства Российской Федерации. Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/trades/zhilishno-kommunalnoe-hozyajstvo/20/>.
2. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/housing/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/housing/#).
3. Вавиот – система беспроводного сбора показаний и управления ресурсами электроэнергии и водоснабжения в жилых зданиях, коттеджных поселках, на промышленных предприятиях. Режим доступа: <https://waviot.ru/publications/avariynoe-zhile-chego-ozhidat-v-2018-godu/>.
4. Российский статистический ежегодник. 2017: Стат.сб./Росстат. - Р76 М., 2017.С. 686
5. Новостной интернет - ресурс «РИА Воронеж». Режим доступа:<https://riavrn.ru/news/narasselenie-avariynukh-domov-voronezhskoy-oblasti-v-2018-godu-vydelyat-453-mln-rublej/>.
6. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области. Режим доступа: [http://voronezhstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/voronezhstat/ru/statistics/housing/](http://voronezhstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/voronezhstat/ru/statistics/housing/).
7. Жилищные и земельные консультации PropertyHelp. Режим доступа: <http://propertyhelp.ru/molodaya-semya/programma-v-voronezhe-i-oblasti.html>.
8. Новостной интернет – ресурс «РИА Воронеж». Режим доступа: <https://riavrn.ru/news/v-voronezhskoy-oblasti-v-programmu-zhile-dlya-rossiyskoy-semi-dobavili-zastroyschikov/>.
9. Новостной интернет – ресурс «Бн. Газета» Режим доступа: <https://gazeta.bn.ru/articles/2014/11/19/203040.html>.
10. О.В. Матехина. Архитектура и строительство. Современное состояние жилого фонда и вопросы его реконструкции. Журнал: Вестник Сибирского государственного индустриального университета 2017.С. 21-23.
11. Мищенко В.Я., Матренинский С.И., Чертов В.А. Обоснование формы территорий массовой жилой застройки для их реконструкции и обновления. 2014. № 1-2. С. 31-39.
12. Матренинский С.И. Методологический подход к классификации территорий массовой жилой застройки для принятия решений по их эксплуатации и переустройству. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 49-56.
13. Смоляр И.М. Терминологический словарь по градостроительству. М.: РОХОС, 2004. С.52.
14. Harrington E.C. Industr. The desirable function. Quality Control. 1965. V. 21. N 10, pp. 494-498.
15. Matreninskiy S.I., Mishchenko V.Y., Chernyshov E.M. Methodological approach to decision-making on reconstruction of compact built-up development areas. В сборнике: Recent Advances in Environmental & Biological Engineering 2014. С. 9-17.
16. Матренинский С.И., Мищенко В.Я., Чертов В.А., Шишкина О.С. Системный подход к классификации участков городских территорий для принятия решений по их обновлению.

## References

1. The official page of the Ministry of Construction of the Russian Federation. Access mode: <http://www.minstroyrf.ru/trades/zhilishno-kommunalnoe-hozyajstvo/20/>.
2. Federal State Statistics Service. Access mode: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/housing/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/housing/#).

3. Vaviot - a wireless system for collecting evidence and managing electricity resources and water supply in residential buildings, cottage villages, at industrial enterprises. Access mode: <https://waviot.ru/publications/avarijnoe-zhile-chego-ozhidat-v-2018-godu/>.
4. Russian statistical yearbook. 2017: Stat.sb./ Rosstat. - R76 M., 2017.S. 686.
5. News Internet - resource "RIA Voronezh". Access mode: <https://riavr.ru/news/narasselenie-avariynykh-domov-voronezhskoy-oblasti-v-2018-godu-vydelyat-453-mln-rubley/>.
6. Territorial body of the Federal State Statistics Service in the Voronezh Region. Access mode: [http://voronezhstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/voronezhstat/ru/statistics/housing/](http://voronezhstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/voronezhstat/ru/statistics/housing/).
7. Housing and land counseling Property Help. Access mode: <http://propertyhelp.ru/molodaya-semya/programma-v-voronezhe-i-oblasti.html>
8. News Internet - resource "RIA Voronezh". Access mode: <https://riavr.ru/news/v-voronezhskoy-oblasti-v-programmu-zhile-dlya-rossiyskoy-semi-dobavili-zastroyschikov/>.
9. News Internet resource "Bn. Newspaper "Access Mode: <https://gazeta.bn.ru/articles/2014/11/19/203040.html>.
10. O.V. Matekhina. Architecture and construction. The current state of the housing stock and the issues of its reconstruction. Journal: Bulletin of the Siberian State Industrial University 2017.S. 21-23.
11. Mishchenko V.Ya., Matreninsky S.I., Chertov V.A. Justification of the form of the territories of mass residential buildings for their reconstruction and renovation. 2014. № 1-2. Pp. 31-39.
12. Matreninsky S.I. Methodological approach to the classification of areas of mass residential development for decision-making on their operation and conversion. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2013. № 1 (29). Pp. 49-56.
13. Smolyar I.M. Terminological dictionary of urban planning. M.: ROHOS, 2004. P.52.
14. Harrington E.C. Industr. The desirable function. Quality Control. 1965. V. 21. N 10, pp. 494-498.
15. Matreninskiy S.I., Mishchenko V.Y., Chernyshov E.M. Methodological approach to compact built-up development areas. In the collection: Recent Advances in Environmental & Biological Engineering 2014. P. 9-17.
16. Matreninsky S.I., Mishchenko V.Ya., Chertov V.A., Shishkina O.S. A systematic approach to the classification of urban areas for decision-making on their renewal.

# ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 622.24

*Воронежский государственный  
технический университет  
Профессор ВВА, профессор ВГАСУ Салогуб  
Л.П.  
Магистрант кафедры «Проектирование  
зданий и сооружений»  
Яцук. А.Ю.  
Россия, г. Воронеж, тел. 8(961)180-46-75  
e-mail: 02\_lina@mail.ru*

*Voronezh State  
Technical University  
Professor WVA, Professor VSTU  
Salogub L. P.  
Master's student of the Department «Design  
of buildings and structures»  
Yatsuk. A. Yu.  
Russia, Voronezh, tel. +7 (961)180-46-75  
e-mail:02\_lina@mail.ru*

Л.П. Салогуб, А.Ю. Яцук

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ

Рассматривается понятие энергоэффективного здания, выделяются уровни проектирования данных объектов, даются общие характеристики энергоэффективных зданий для европейских стран. В нашей стране, на государственном уровне издан ряд Распоряжений, касающихся энергоактивности и снижения затрат на энергопотребление к определенным годам в определенных процентах и расчетах по суммам. Изучены понятия энергоэффективности, требования к современным энергоактивным зданиям.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективное оборудование, энергоэффективное строительство, энергоэффективность, энергоэффективное здание, возобновляемые источники энергии.

L.P. Salogub, A.Yu. Yatsuk

## ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION OF BUILDINGS

The concept of energy-efficient building is considered, the levels of design of these objects are allocated, the General characteristics of energy-efficient buildings for European countries are given. In our country, at the state level, a number of Orders have been issued concerning energy activity and reducing energy consumption costs by certain years in certain percentages and calculations by amounts. The concepts of energy efficiency, requirements for modern energy-efficient buildings are studied.

**Keywords:** energy saving, energy efficient equipment, energy efficient construction, energy efficiency, energy efficient building, renewable energy sources.

В связи с истощением природных ресурсов, и, как следствие, их удорожанием, в мире всё большую роль в строительстве и экономике начинают играть возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Внимание Правительства РФ к этому направлению обозначено Распоряжением Правительства «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.». Именно в этом документе была поставлена цель довести долю альтернативных источников энергии в общем топливно-энергетическом балансе страны к 2020 г. до 4,5 % [5].

В России на правительственном уровне существует принципиальное решение:

(Распоряжение Правительства РФ от января 2009 г.) об увеличении к 2015 и 2020 гг доли ВИЭ в общем уровне российского энергобаланса до 2,5 % и 4,5 % (без учета гидроэнергетики, являющейся также возобновляемым энергоресурсом и вырабатывающим сегодня 16 % энергии), что составляет около 80 млрд кВт/ч выработки электроэнергии с использованием ВИЭ в 2020 году при 8,5 млрд кВт/час в настоящее время [1].

Понятие «энергоэффективность», прежде всего, подразумевает достижение экономически оправданного и бережного использования энергетических ресурсов, на основе последних достижений техники и технологий. Получение наиболее максимальной энергоэффективности здания достигается в первую очередь за счёт снижения теплопотерь, более оправданного использования тепловой энергии во всех энергетических процессах без ухудшения конечного результата [6, 5].

Практика в проектировании и возведении энергоэффективного строительного комплекса позволяет выделить глобальный и локальный уровни проектирования объекта.

Глобальный уровень — оценка природных условий, экологической обстановки по стране или миру в целом. На глобальном уровне рассматриваются и решаются градостроительные вопросы проектирования энергоэффективных зданий: выявляют и выбирают площадки строительства с точки зрения благоприятных и неблагоприятных природно-климатических и антропогенных факторов, а также рациональное использование ландшафта.

Локальный уровень — подразумевает разработку объекта на всех стадиях проектирования, на конкретной территории. Это разработка генерального плана, объёмно-планировочного и конструктивного решения; инженерно-технического обеспечения [3,4].

В характеристике энергоактивных зданий выявляют следующие группы:

1. Объёмно-планировочные характеристики: компактная группировка объёмных форм, их оптимизация, ориентация и инсоляция (рис.1).

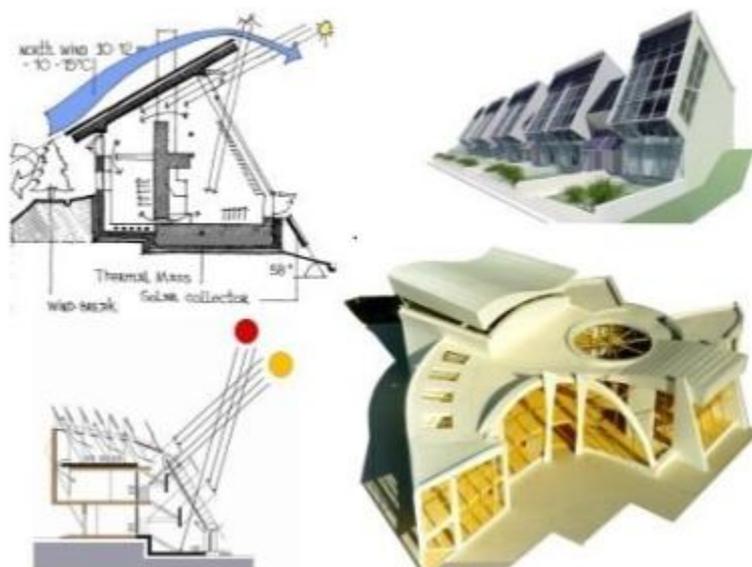


Рис. 1. Объёмно-планировочное решение

2. Конструктивные: для эффективной регулировки внешних и внутренних воздушных потоков обеспечивают трансформируемость конструктивных решений. 3. Инженерно-технические: оптимизация технико-эксплуатационных параметров систем инженерно-технического обеспечения путём утилизации вторичных отходов, или внедрения автоматического контроля и регулирования распределения энергии» (рис. 2) [2].



**Рис. 2.** Инженерно-техническое решение

В своей работе по исследованию энергоэффективности домов Кряклин И. В. приводит классификацию зданий, и говорит: «Передовые технологии энергоэффективности известны из зарубежной практики. Первыми проектами энергоэффективных зданий занялись разработчики в США. В настоящее время наиболее успешно ведется работа по строительству энергоэффективных зданий в Европе. Опыт европейских стран говорит о том, что даже в любых зданиях, построенных по старым нормам, можно уменьшить потери энергии.

В Европе существует классификация зданий по энергопотреблению:

1. «Старое здание» (до 1970-х годов) потребляет 300 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.
2. «Новое здание» (с 1970-х до 2000 года) потребляет не более 150 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.
3. «Дом низкого потребления энергии» потребляет не более 60 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.
4. «Пассивный дом» потребляет не более 15 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.
5. «Дом нулевой энергии» потребляет 0 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.
6. «Дом плюс энергии» или «активный дом» вырабатывает энергии больше, чем потребляет, в результате использования возобновляемых источников энергии [5].

В энергоэффективных зданиях уменьшение энергопотребления происходит за счёт усовершенствования систем инженерного обеспечения и конструктивных элементов. Это играет существенную роль в поиске архитектурно-планировочных решений зданий:

планировка, фасады, эстетика. Зачастую энергоэффективные здания находят выражение в лаконичных архитектурных формах, в лучшем случае выполненные в качественно подобранных отделочных материалах. Архитектурные решения энергоэффективных зданий уступают поиску и разработкам устройств возобновляемых источников энергии (ВИЭ): солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов. Это выдвигает одно из приоритетных направлений в поиске архитектурных образов данных объектов и обозначает их проблематику [2].

## Выводы

В настоящее время так же существует ряд проблем в практической реализации проектов энергосбережения за счёт использования альтернативных источников энергии. Подготовку квалифицированных кадров для строящихся инновационных предприятий инвесторы решают сами, проблему отсутствия отечественного сырья и комплектующих компенсируют импортом, параллельно прорабатывая возможности налаживания всего производственного процесса. Однако, не смотря на все временные неудобства, реализация проектов по строительству энергоэффективных зданий не только благоприятно отражается на экологической ситуации в стране, но и демонстрирует экономическую эффективность, а значит, и привлекательность для частных инвестиций.

## Библиографический список

1. Энергоэффективные технологии — будущее жилищного строительства. / К. Г. ЦИЦИН [Электронный ресурс]: URL: <http://www.e-c-m.ru/jour/article/view/141>
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Министерство энергетики Российской Федерации URL: <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy/>
3. Энергоэффективный дом с нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии. /Кряклина И. В., Шешунова Е. В., Грек И. Л. [Электронный ресурс]: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/energoeffektivnyy-dom-s-netraditsionnymi-i-vozobnovlyaemymi-istochnikami-energii>
4. Зачем России нужна альтернативная энергетика? / Н. Г. Кириллов [Электронный ресурс]: URL://<http://www.akw-mag.ru/content/view/100/35/>
5. С.Н.Булгаков. "Энергоэффективные строительные системы и технологии". Опубликовано в журнале АВОК № 2/1999, рубрика: "Энергоэффективные здания. Технологии".С. 305-308.
6. Энергоэффективные технологии в строительстве // Молодой ученый. — 2016. — №8. — С. 1268-1271. — URL <https://moluch.ru/archive/112/28759/> Девликамова А. С., Петулько К. А.

## References

1. Energy efficient technologies are the future of housing construction. / K. G. TSITSIN [Electronic resource]: URL: <http://www.e-c-m.ru/jour/article/view/141>
2. Energy strategy of Russia for the period up to 2030 / / Ministry of energy of the Russian Federation URL: <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy/>
3. Energy efficient house with non-traditional and renewable energy sources. / Kralina I. V., Sheshunova [Electronic resource]: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/energoeffektivnyy-dom-s-netraditsionnymi-i-vozobnovlyaemymi-istochnikami-energii>
4. Why does Russia need alternative energy? / N. G. Kirillov [Electronic resource]: URL://<http://www.akw-mag.ru/content/view/100/35/>
5. S.N. Bulgakov. "Energy efficient construction systems and technologies". Published in the journal avoc № 2/1999, category: "Energy efficient buildings. Technologies."
6. Energy efficient technologies in construction / / Young scientist. - 2016. - №8. — Pp. 1268-1271. URL <https://moluch.ru/archive/112/28759/> Devlikamova A. S., K. A. Petullo

УДК 72.725

*Воронежский государственный  
технический университет  
Кандидат технических наук  
О.А. Сотникова  
Студент группы М-233 А.В.Донцов  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(910)2-48-72-53  
e-mail: [doncov-1994@mail.ru](mailto:doncov-1994@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Candidate of Technical Sciences  
O.A. Sotnikova  
Student of N233 A.V.Dontsov  
Russia, Voronezh, tel. +7 (910)2-48-72-53  
e-mail: [doncov-1994@mail.ru](mailto:doncov-1994@mail.ru)*

О.А. Сотникова, А.В. Донцов

## ДОСТОИНСТВА БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

В статье рассматриваются вопросы применения блочно-модульных котельных в системах теплоснабжения, их конструктивные особенности и преимущества.

**Ключевые слова:** теплоснабжение; строительство; блочно-модульная котельная; портативные установки.

О.А. Sotnikova, A.V. Dontsov

## ADVANTAGES OF MODULAR BOILERS

The article deals with the use of block-modular boilers in heat supply systems, their design features and advantages.

**Keywords:** heat supply; construction; block-modular boiler house; transportable installations.

Довольно много современных граждан выбирает между различными видами котельных. Среди всех представленных в настоящий момент на рынке вариантов смело можно оттаивать свой выбор на блочно-модульных системах. Существует целый ряд объективных причин, свидетельствующих о том, что это решение окажется в конечном счёте верным. В первую очередь, необходимо отметить модульность подобной котельной. На практике это означает, что потребители могут получать желаемую тепловую мощность в разных условиях эксплуатации. При этом они абсолютно не нуждаются в необходимости увеличивать нагрузку в ближайшем будущем.

Модульная структура сама по себе позволяет в любой нужный момент расширить изначальный объём котельной. Дополнительно существует возможность подключать водонагревательные котлы. Примечательно, что на этом технические действия, которые реально можно производить с блочно-модульной котельной, точно не заканчиваются.

Блочно-модульная котельная : это паровая или водогрейная котельная частичной или полной заводской готовности, состоящая из одного или нескольких модулей. Комплектация котельной абсолютно любая, в зависимости от технического задания заказчика. Определяющей характеристикой БМК является узловая сборка систем котельной в заводских условиях перед отправкой на место монтажа и строительства.

Не стоит забывать, что, несмотря на то, что блочная котельная доставляется транспортом, она имеет все признаки, и является объектом капитального строительства, и требует получения разрешения на строительство после прохождения экспертизы проекта. В противном

случае застройщику угрожают огромные штрафы Инспекции государственного строительного надзора и местных органов власти.

Применяются блочно-модульные котельные для отопления, горячего водоснабжения, производства пара для технологических нужд. Обслуживать БМК может одно или несколько зданий, и даже целый район или населенный пункт!

Блочно-модульные котельные называют еще – транспортабельные котельные установки ТКУ (БКУ). Особенно это актуально, когда снабжать теплом или паром блочная котельная должна вновь строящийся объект в зимний период.

Монтаж блочно-модульных котельных производится непосредственно на объекте, из узлов заводской готовности.

Строительство БМК занимает обычно от 3- до 60 дней, в зависимости от мощности и числа модулей. Если же на объекте устанавливается лишь один модуль блочной котельной, то готовность к пуску будет уже через 5-7 рабочих дней.

На основании этого можно оценить плюсы таких котельных:

- снижение стоимости вырабатываемой тепловой энергии за счет сокращения длины теплотрассы и, соответственно, потерь тепла при доставке потребителям;
- блочная дизельная котельная установка может работать практически в автономном режиме, что делает её одной из самых надежных;
- высокая степень оснащения котельной средствами автоматики обеспечивает безаварийную эксплуатацию оборудования в автоматическом режиме;
- установку блочно-модульной котельной относят к монтажу оборудования, а не к капитальному строительству;
- монтаж оборудования происходит в заводских условиях, что значительно повышает качество сборки и культуру производства;
- цена блочной котельной установки по результатам исследований значительно ниже, чем строительство отдельно стоящего здания котельной;
- сжатые сроки проектирования, производства, транспортировки, монтажа и сдачи объекта в эксплуатацию;
- простой и быстрый демонтаж котельной для перемещения на новое место установки.

Экономия материальных ресурсов в случае использования блочно-модульной котельной проявляется в фундаменте и участке под котельную. Дополнительно следует отметить факт того, что речь идёт о серийной продукции. Из-за этого у потребителей отсутствует необходимость в уплате за разработку проекта внутренних систем.

Котельная полностью автоматизирована, благодаря чему человеку нет необходимости постоянно посещать её для обслуживания. КПД агрегатов и узлов параллельно с тем находится на достаточно высоком уровне. Общий показатель полезного действия находится на отметке в 92 процента.

### Возможности персонализации

Сразу же следует отметить, что этот параметр также находится на своей максимальной границе. Производители привлекают внимание вероятных покупателей благодаря не только техническим возможностям собственного оборудования, но и его внешнему виду. Именно поэтому контейнеры на сегодняшний день выпускаются в разном цветовом оформлении. Это позволяет им гармонично вписаться в интерьер любой застройки.

### Ввод в эксплуатацию

Срок введения в работу блочной модульной котельной находится на минимальной отметке. На практике это означает, что промежуток времени от факта заказа оборудования до

начала его использования есть незначительным. Соответствующий период может составлять всего 3 месяца. В случае с альтернативными системами этот показатель является вовсе недостижимым. Для подавляющего большинства современных заказчиков это преимущество очень важно, ведь они получают уникальную возможность экономить не только материальные ресурсы, но и свободное время.

### Звукоизоляция и удобство перевозки

При производстве блочно-модульных котельных на сегодняшний день используются исключительно самые качественные материалы. Они обладают отличными звукоизоляционными свойствами. Это обстоятельство очень важно, ведь в случае с другими устройствами уровень технологического шума может находиться на довольно серьёзной отметке.

Ещё одно положительное качество фирменного контейнера заключается в том, что он позволяет использовать любой доступный способ перевозки оборудования. Представленная котельная в полной мере соответствует существующим на сегодняшний день транспортным стандартам в плане габаритов груза.



Рис. 1. Перевозка модульной котельной

### Производственные нюансы

Выделяя плюсы оборудования, особый акцент, что вполне ожидаемо, делается на производственных особенностях. Срок изготовления столь сложного технического оборудования является минимальным. В первую очередь, положительный результат достигается благодаря профессионализму работников и наилучшему техническому оснащению предприятий. Сам по себе производственный процесс характеризуется максимальным уровнем унификации всех компонентов. Как следствие, серийное производство постоянно улучшает собственную результативность.



**Рис. 2.** Блочно-модульная котельная

### Выводы

Подводя итог всех представленных выше факторов, можно с уверенностью утверждать, что именно блочно-модульные котельные являются оптимальным решением для многих потребителей. Это оборудование практически не имеет пределов в плане тепловой мощности, а также очень удобно в плане обслуживания: с ним с лёгкостью справится среднестатистический современный человек. Профильные специалисты рекомендуют выбирать для своей котельной именно представленное оборудование по многим причинам. Очень важно, что эти рекомендации в одинаковой мере носят как технический, так и эстетический характер.

## Библиографический список

1. Инженерные системы [Электронный ресурс]: Реж. доступа: интернет: [http://  
http://www.kip-energi.ru/](http://http://www.kip-energi.ru/)
2. Особенности блочно-модульных котельных энерго+ / [Электронный ресурс]: Реж. доступа: интернет: <http://belagrotorg.ru/>
3. Санцевич В.И. Блочно-модульная водогрейная котельная 2013.

## References

1. Engineering systems [Electronic resource]: Dir. access: Internet: [http://  
http://www.kip-energi.ru/](http://http://www.kip-energi.ru/)
2. Features block-modular boiler energy+ / [Electronic resource]: Dir. access: Internet: <http://belagrotorg.ru/>
3. Sancevic V. I. modular boiler house 2013.

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

УДК 625.7/.8, 625.08, 65.011.46

<i>Воронежский государственный технический университет</i>	<i>Voronezh State Technical University</i>
<i>Студент гр. б125 И.В. Воротынцев</i>	<i>Student gr. b125 I.V. Vorotyntsev</i>
<i>Россия, Воронеж, e-mail: mr.lapotb@mail.ru</i>	<i>Russia, Voronezh, e-mail: mr.lapotb@mail.ru</i>
<i>Воронежский государственный технический университет</i>	<i>Voronezh State Technical University</i>
<i>Студент гр. пБ521 И.С. Антипов</i>	<i>Student gr. pB521 I.S. Antipov</i>
<i>Россия, Воронеж, e-mail: motorylit@list.ru</i>	<i>Russia, Voronezh, e-mail: motorylit@list.ru</i>
<i>Воронежский государственный технический университет</i>	<i>Voronezh State Technical University</i>
<i>Доцент кафедры «Экономики и основ предпринимательства», к.э.н., доцент</i>	<i>Associate Professor of Economics and Business Foundations, Ph.D., Associate Professor</i>
<i>А.В. Воротынцева</i>	<i>A.V. Vorotyntseva</i>
<i>Россия, Воронеж, e-mail: allslavin@mail.ru</i>	<i>Russia, Voronezh, e-mail: allslavin@mail.ru</i>
<i>Воронежский государственный технический университет</i>	<i>Voronezh State Technical University</i>
<i>Доцент кафедры строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова, к.т.н., доцент</i>	<i>Associate Professor of the Department of Construction Engineering and Engineering Mechanics named after Professor N.A. Ulyanova, Ph.D., associate professor</i>
<i>В.Л. Тюнин</i>	<i>V.L. Tyunin</i>
<i>Россия, Воронеж, e-mail: tuninvl@yandex.ru</i>	<i>Russia, Voronezh, e-mail: tuninvl@yandex.ru</i>
<i>ООО «СоюзСпецСтрой»</i>	<i>LLC «SoyuzSpetsStroy»</i>
<i>Директор С.Б. Будасов</i>	<i>Director S.B. Budasov</i>
<i>Россия, Воронеж, e-mail: svbelyaev1986@mail.ru</i>	<i>Russia, Voronezh, e-mail: svbelyaev1986@mail.ru</i>
<i>ООО «СоюзСпецСтрой»</i>	<i>LLC «SoyuzSpetsStroy»</i>
<i>начальник ПТО С.В. Беляев,</i>	<i>PTO Chief S.V. Belyaev,</i>
<i>Россия, Воронеж, e-mail: svbelyaev1986@mail.ru</i>	<i>Russia, Voronezh, e-mail: svbelyaev1986@mail.ru</i>

И.В. Воротынцев, И.С. Антипов, А.В. Воротынцева, В.Л. Тюнин, С.Б. Будасов, С.В. Беляев

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

В статье рассмотрена актуальность и необходимость применения современного бетонного покрытия при строительстве дорог общего пользования. Кратно описан технологический процесс применения инновационной технологии строительства бетонных дорог. Описаны преимущества бетонного покрытия по сравнению с традиционным асфальтовым.

**Ключевые слова:** инновация, дорожное покрытие, инновационная технология, бетон, стабилизация грунта, техника, эффективность, технологический процесс.

## EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF CONCRETE COATING IN THE DEVICE OF PUBLIC ROADS

The article discusses the relevance and necessity of applying modern concrete pavement in the construction of public roads. The process of applying innovative technology for the construction of concrete roads has been described in detail. The advantages of concrete pavement compared to traditional asphalt are described.

**Keywords:** innovation, pavement, innovative technology, concrete, soil stabilization, technology, efficiency, technological process.

Актуальность рассматриваемого инновационного проекта обоснована необходимостью реализации инновационной стратегии развития строительной отрасли, экологизации процесса строительства, повышения качества объектов, а также необходимостью сооружения дорог и ремонта дорожного покрытия в сложных условиях изменяющегося рельефа местности, а также особенностей климата и географического расположения объектов строительства [1].

Дорожное строительство в России сегодня является одним из приоритетных направлений развития экономики. В своем ежегодном послании Федеральному собранию президент РФ Владимир Владимирович Путин отметил, что «нужно наращивать качество и объемы дорожного строительства, использовать для этого новые технологии и решения, инфраструктурную ипотеку, контракты жизненного цикла». В распоряжении Правительства РФ № 868-р от 10 мая 2016 года говорится о необходимости провести работу по оценке целесообразности увеличения объемов строительства автомобильных магистралей с использованием цементобетонного покрытия. В показателях реализации Стратегии развития промышленности строительных материалов заложен рост новых дорог с цементобетонным покрытием в 2018 г. до 10% от всего объема дорожного строительства, а к 2030 году этот показатель должен составить 50%.

Целью научного исследования является обоснование эффективности инновационной технологии устройства бетонных дорожных покрытий, в частности при строительстве межгородских дорог общего пользования.

Внедрение инноваций в строительной отрасли до настоящего времени является сложным процессом как в силу инновационной инертности отрасли, так и в силу объективно предъявляемых высоких требований к качеству и безопасности объекта строительства, а также длительности жизненного цикла объектов. Определенную сложность представляет сертификация инноваций и стандартизация инновационного строительного процесса, необходимость внесения технологий в нормативно-технические документы, отсутствие единой общепринятой методики оценки эффективности инноваций. Вышеперечисленные аспекты усложняют специфика технологического процесса строительства бетонных автодорог, отсутствие отечественных аналогов импортных инновационных машин и механизмов для реализации данного технологического процесса, высокая стоимость инновационной техники. В свою очередь, уже доказана (в том числе, эмпирическим путем) техническая и экологическая эффективность бетонных дорожных покрытий [2]. Следовательно, необходима объективная методика оценивания эффективности строительства бетонных автомобильных дорог и применения технологии устройства бетонного покрытия, включающая обоснование технической эффективности применения данной технологии в различных условиях и с учетом влияния эндо- и экзофакторов [3].

Задачи, решение которых направлено на научное исследование:

- провести анализ технологического процесса устройства инновационных бетонных дорожных покрытий,
- определить возможные направления использования инновационной технологии,
- описать жизненный цикл данной инновации,

- систематизировать эффекты устройства инновационных бетонных дорожных покрытий, а также эндо- и экзофакторы эффективности применения инновационной технологии,
- разработать методику объективной оценки эффективности предлагаемой инновационной технологии с учетом эндо- и экзоэффектов,
- провести оценку общей и сравнительной эффективности инновационной технологии устройства бетонных дорожных покрытий.

Основой предлагаемой технологии строительства является использование высокопроизводительной автоматизированной техники для строительства цемента-бетонных дорог и бетонных покрытий в технологии строительства всех объектов комплекса, которые выполняются одним комплектом машин. Все работы осуществляются по принципу непрерывного строительного конвейера на основе поточных методов работ, что позволяет, концентрируя и не распыляя средства, добиваться скорейшего ввода в строй объекта и возврата финансовых вложений [5, 6].

Бетонное дорожное покрытие имеет ряд преимуществ, оно превосходит асфальтирование по многим показателям [4]:

- бетонное покрытие служит больше сорока лет и не нуждается в частом ремонте, а асфальт может послужить максимум десять лет, при этом каждый год нужно его ремонтировать;
- при движении по бетонным дорогам транспорт расходует меньше топлива (данное преимущество связано с тем, что при движении машин с большим грузом бетонная дорога не деформируется, и транспорту надо на 20% меньше топлива для передвижения);
- устойчивость к экстремальным погодным условиям, так как на покрытие не оказывают влияние сильные дожди, перепады температур, либо сильно высокие (или низкие) температуры воздуха;
- экологичность возведения и эксплуатации;
- экономное использование ресурсов природы (бетон получают из известняка, в то время как асфальт – из нефти).

Актуальность исследования также обоснована необходимостью разработки объективной методики оценивания эффективности строительства бетонных автомобильных дорог и применения технологии устройства бетонного покрытия, включающая обоснование технической и экономической эффективности применения данной технологии в различных условиях, с учетом влияния различных эндо- и экзофакторов, а также специфики технологического процесса данного вида строительства.

Анализ технологического процесса является один из самых трудоёмких видов анализа. Здесь нужно учесть как аспект совместной работы нескольких десятков различных машин, так и проанализировать особенности применения в их в различных климатических условиях, с учётом действующих строительных норм и правил [5,6]. Следовательно, необходима вариантная проработка как методических основ, так и расчетного обоснования эффективности в различных условиях среды.

В целом технологический процесс возведения бетонного покрытия состоит из нескольких последовательных этапов (рис. 1).

Первый этап технологического процесса – это снятие верхнего плодородного слоя почвы и его распределение. Есть 2 типа этого процесса. 1– если место «хранения» расположено менее, чем в 1 км от места снятия грунта, и 2– если оно расположено более 1 км.

В первом случае мы задействуем скрепера и бульдозеры. Скрепер срезает почву, а бульдозер толкает его, помогая при продвижении. Во втором случае верхний слой снимает экскаватор и грузит его в самосвал.

На втором этапе происходит разравнивание грунта, за которым происходит его уплотнение. Первым делом вперёд пускаются катки, которые убирают все основные выбоины, а затем в ход идёт скрепер, который срезает оставшиеся мелкие неровности.

При выполнении третьего этапа работ, команда ученых, подбирают компоненты и минеральные вещества, необходимый в данных условиях в составе грунта. Специальные рассыпатели наносят на поверхность земли цемент и минеральные вяжущие вещества, а затем грунтосмеситель перемешивает грунт (рис. 2). После этого по свежеперемешанному грунту проходят катки: кулачковый каток обычный каток, виброкаток.



**Рис. 1.** Этапы технологического процесса устройства бетонного покрытия автомобильных дорог



**Рис. 2.** Современный технологический комплекс, используемый на этапе стабилизации и минерализации грунта при производстве дорожно-строительных работ

На четвертом этапе идёт укладка бетонного покрытия. Так как бетон должен быть высокого качества, то на объектах устанавливаются быстровозводимые бетонные заводы, что также делает нашу технологию инновационной (рис. 3). Следует отметить, что ранее технология быстровозводимых заводов практически не применялась. Используются быстровозводимые бетонные заводы большой производительности ELVA и RAPID.



**Рис. 3.** Быстровозводимый бетонный завод

Для укладки бетона используются специальные бетоноукладчики. Имеются как малые бетоноукладчики, так и большие. Например, бетоноукладчик «CommanderIII», может укладывать бетонное полотно шириной до 6м, со скоростью 1м/мин (рис. 4).



**Рис. 4.** Бетоноукладчик «CommanderIII»

На пятом этапе после укладки полотна, необходимо нарезать в бетоне так называемы «швы» (рис.5). Так же, необходимо добиться того, чтобы бетон высыхал равномерно. Для этого он покрывается специальной плёнкой, либо же время от времени увлажняется. Нарезка бетона производится электорпилами с алмазным напылением.



**Рис. 5.** Устройство швов и уход за бетонным покрытием

Совместное применение комплекса машин позволит за 8 часов изготовить 3000 м<sup>2</sup> бетонного покрытия, т.е. забетонировать половину футбольного поля или же сделать 150 м 4 полосной стандартной дороги. Возможно производство всего цикла строительства дорог общего пользования. Помимо самого дорожного покрытия могут быть возведены бордюры, отбойники и пешеходные обочины. Эффективно применение данной технологии вне черты города.

Представленная технология может применяться не только для изготовления бетонного покрытия дорог. Так же из бетона могут быть сделаны заграждения и бордюры (рис. 6).



**Рис. 6.** Устройство бордюров

В данный момент рассматриваемая технология применяется для строительства временных технических дорог. Нами предлагается применять данную технологию для строительства межгородских дорог общего пользования, при этом изучаемая технология позволяет выполнять весь спектр работ в дорожном строительстве, включающий в себя:

1. само дорожное покрытие,
2. устройство отбойников,
3. устройство бордюров,
4. устройство пешеходных дорожек на обочинах дороги.

Следовательно, необходимо на основе анализа технологического процесса определить спектр возможных и наиболее целесообразных направлений ее использования, учитывая передовой опыт, а также тренды развития строительной отрасли и народного хозяйства в целом.

#### Вывод

Научная новизна научного исследования заключается в единстве экономического и технологического анализа инновационной технологии строительства бетонных автодорог. Оценка производится с учетом сравнения не только с традиционными технологиями, но и с учетом трендового анализа динамики развития строительных технологий.

Проект планируется реализовывать при поддержке лидера рынка Центрально-Черноземного района по строительству бетонных дорог ООО "Союзспецстрой".

Исследование инновационной технологии, оценка ее технической технологической, экономической, экологической и инновационной эффективности предполагается осуществлять в рамках создания на базе Воронежского государственного технического университета (Воронежского опорного университета) многофункционального научно-исследовательского полигона «Опорный вектор», который объединить в себе так возможность научной и исследовательской деятельности, так и проведения мероприятий социального характера и мероприятия, и дающих возможность коммерциализации проекта.

Данный проект подан для участия в градовых программах РФФИ в области фундаментальных исследований, которое могут быть проведены как на территории РФ, так в усложненных климатических и географических условия республики Абхазия.

#### Библиографический список

1. Гумба Х.М. Организационные инновации в строительстве: обоснование и моделирование [Текст]: монография / Х.М. Гумба, С.С. Уварова, С.В. Ревунова, С.В. Беляева, В.А. Власенко. – М.: Изд-во АСВ, 2018. – 116 с.
2. Uvarova S. Formation of the perspective innovation policy of the enterprise in the conditions of organizational-economic changes [Текст]: S. Uvarova , V. Vlasenko , A. Bukreev , L. Myshovskaya , O. Kuzina // E3S Web of Conferences D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul (Eds.). -2018. – с. 03022.
3. Гумба Х.М. Стратегия развития инновационной деятельности предприятий строительной отрасли в условиях организационно-технических изменений [Текст]: монография / Х.М. Гумба, С.С. Уварова, С.В. Беляева, М.П. Мышовская, В.А. Власенко. – М.: Изд-во ВГАСУ, 2016. – 140 с.
4. Vorotyneva A. Estimated valuation of the cost of road construction with the use of composite cationic bituminous structures [Текст]/ A.Vorotyneva, A.Ovsiannikov, V.Bolgov// MATEC Web of Conferences Сер. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City". - 2017. - с. 08037.
5. Жулай В.А. Оценка топливной экономичности самоходных колёсных землеройно-транспортных машин [Текст]/ В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.В. Крестников // Механизация строительства. – 2016. - Т. 77, № 8, с. 27-31.

6. Жулай В.А. Комплект мобильной цифровой аппаратуры для обеспечения проведения экспериментальных исследований землеройно-транспортных машин [Текст]/ В.А. Жулай, А.В. Василенко, В.Л. Тюнин, А.В. Крестников // Механизация строительства. – 2015. - № 8 (854), с. 14-16.

#### References

1. Gumba H.M. Organizational innovations in construction: justification and modeling [Text]: monograph / Kh.M. Gumba, S.S. Uvarova, S.V. Revunova, S.V. Belyaev, V.A. Vlasenko. - M. : Publishing house DIA, 2018. - 116 seconds.

2. Uvarova S. Formation of the perspective innovation policy of the enterprise in the conditions of organizational-economic changes [Текст]: S. Uvarova , V. Vlasenko , A. Bukreev , L. Myshovskaya , O. Kuzina // E3S Web of Conferences D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul (Eds.). -2018. – с. 03022.

3. Gumba H.M. The development strategy of innovation activities of enterprises of the construction industry in the conditions of organizational and technical changes [Text]: monograph / Kh.M. Gumba, S.S. Uvarova, S.V. Belyaev, M.P. Myshovskaya, V.A. Vlasenko. - M. : Publishing house VGASU, 2016. - 140 p.

4. Vorotynseva A. Estimated valuation of the cost of road construction with the use of composite cationic bituminous structures [Текст]/ A.Vorotynseva, A.Ovsiannikov, V.Bolgov// MATEC Web of Conferences Сер. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City". - 2017. - с. 08037.

5. Zhulay V.A. Assessment of fuel efficiency of self-propelled wheeled earth-moving machinery [Text] / V.A. Zhulay, V.L. Tyunin, A.V. Krestnikov// Mechanization of construction. - 2016. - V. 77, № 8, p. 27-31.

6. Zhulay V.A. A set of mobile digital equipment for experimental studies of earthmovers [Text] / V.A. Zhulay, A.V. Vasilenko, V.L. Tyunin, A.V. Krestnikov // Mechanization of construction. - 2015. - № 8 (854), p. 14-16.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, проф. кафедры проекти-  
рования зданий и сооружений Э.Е. Семенова  
Магистр кафедры проектирования зданий  
и сооружения Е.О. Логвинова  
Россия, г. Воронеж, тел. 8-906-581-56-81  
e-mail: logvinova\_ekater@mail.ru*

*Voronezh State  
Technical University  
Cand. Tech. Sci., associate prof. of the designing of  
buildings and constructions faculty E.E. Semenova  
Master of the designing of buildings and con-  
structions faculty E. O. Logvinova  
Russia, Voronezh, tel. 8-906-581-56-81  
e-mail: logvinova\_ekater@mail.ru*

Э.Е. Семенова, Е.О. Логвинова

### **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В статье рассматривается актуальность применения светопрозрачных кровельных материалов при устройстве кровли зданий и сооружений. Приведены новые конструкции кровли с применением прозрачного шифера и стеклянной черепицы. Рассмотрены преимущества применения оргстекла перед силикатным стеклом. Представлено сравнение сотового и монолитного поликарбоната. Выявлены уникальные свойства триплекса. Предложены практические советы по применению материалов.

**Ключевые слова:** стекло, сотовый поликарбонат, монолитный поликарбонат, светопрозрачная конструкция кровли, прозрачный шифер, оргстекло, стеклянная черепица.

E.E. Semenova, E. O. Logvinova

### **MODERN TRANSLUCENT ROOFING MATERIALS ANALYSIS OF THE APPLICATION OF MODERN LIGHT TRANSFER ROOFING MATERIALS**

The article discusses the relevance of the use of translucent roofing materials in the construction of the roof of buildings and structures. New roof designs with the use of transparent slate and glass tiles are presented. The advantages of using plexiglass over silica glass are considered. A comparison of cellular and monolithic polycarbonate is presented. Identified the unique properties of triplex. Practical tips on the use of materials are offered.

**Keywords:** glass, cellular polycarbonate, monolithic polycarbonate, translucent roof construction, transparent slate, plexiglass, glass tile.

В настоящее время на территории Российской Федерации эксплуатируется большое количество зданий со светопрозрачными кровлями. Основное назначение такой кровли – естественное освещение помещений, находящихся под ней. Зачастую эта функция утрачена, в связи с большим количеством снежного покрова, который мешает пропусканию естественного света в помещения здания. Методы борьбы с этим неприятным явлением существуют (механическая чистка кровли и обогреваемые стеклопакеты), однако, они недостаточно хорошо себя проявляют на практике. Решением данной проблемы является комплексное исследование инновационных светопрозрачных кровельных материалов и их характеристик [1].

Изначально, основным строительным светопрозрачным материалом являлось листовое стекло, которое имеет ряд существенных недостатков, таких как: большой вес, хрупкость, хорошая теплопроводность. В связи с развитием рынка строительных материалов появились новые светопрозрачные кровельные материалы. Современный рынок обладает огромным выбором и разнообразием.

«Светопроницающая способность неокрашенного листа (прозрачного), в процентах, это свойство, благодаря которому волны видимого спектра могут проходить сквозь толщу материала. Степень этой проходимости определяет уровень светопрозрачности материала» [2]. Ведущее место в мире занимает силикатное стекло. Его пропускная способность составляет 99%. Помимо силикатного стекла, существуют и другие кровельные светопрозрачные материалы, такие как: шифер, черепица, листовый материал, выполненные на базе акрилового (органического) стекла, монолитного и сотового поликарбоната, поливинилхлорида, триплекса.

Рассмотрим некоторые виды светопрозрачных материалов.

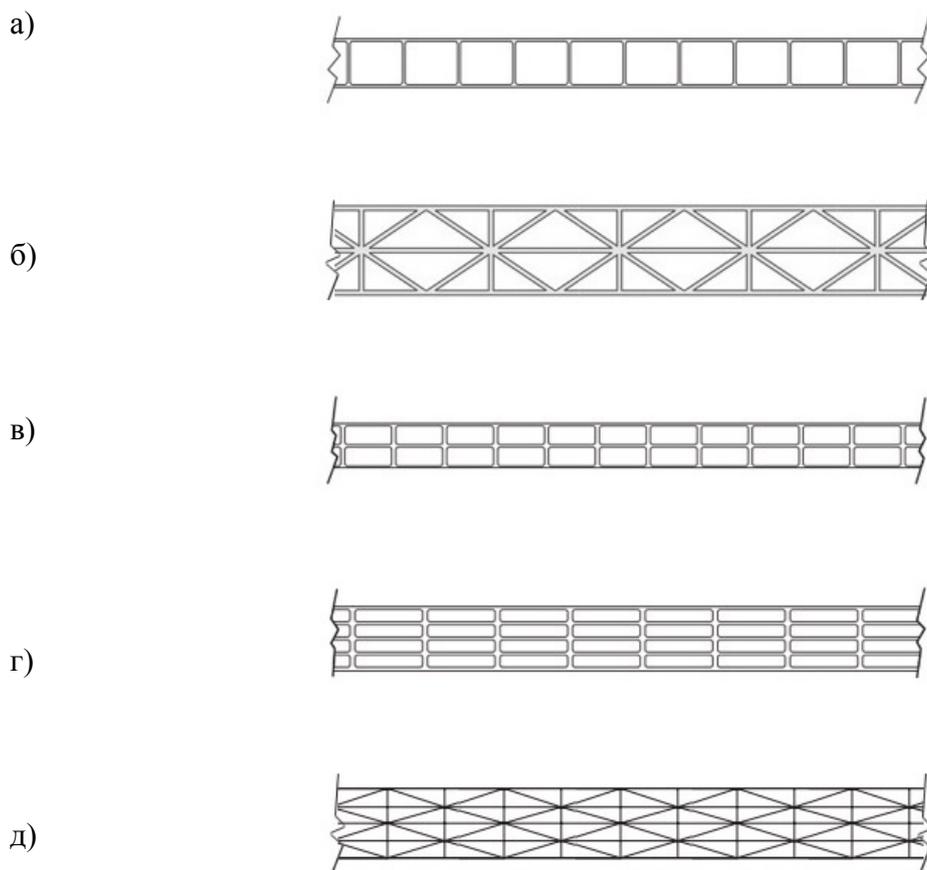
Прозрачный шифер – довольно новый материал на рынке светопрозрачных конструкций, однако, уже успевший хорошо себя зарекомендовать. Такой материал используют в основном для покрытия террас, зимних садов и беседок. Помимо изящности шифер обладает легкостью, прочностью, безопасностью, светопрозрачностью, устойчивостью к УФ лучам, экологической безопасностью. Основными материалами для изготовления шифера служат ПВХ, оргстекло, стеклопластик и поликарбонат [3]. Самым лучшим решением является шифер из акрилового стекла (оргстекла). Акриловое оргстекло отлично поглощает шум дождя. Акриловый шифер часто покрывают специальным составом для дополнительных свойств. Так, производитель Plexiglas предлагает продукцию с покрытием «no-drip», которое позволяет после дождя оставаться поверхности листа идеально чистой – без потоков дождевой воды, и покрытие «heatstop», которое отражает теплые инфракрасные лучи вовнутрь и поддерживает в помещении всегда комфортную температуру.

Стеклопанельная черепица – черепица, изготовленная из каленого ударопрочного стекла. Идея данной светопрозрачной конструкции принадлежит шведской компании SolTechEnergy[4]. В основу разработки легла идея создания такой кровли, которая смогла бы обогревать здание. По словам ученых кровля из каленого стекла способна вырабатывать до 350 кВт на квадратный метр помещения. Форма и размер стеклянной черепицы аналогичны с керамической. Монтаж черепицы производят на черный нейлоновый материал, благодаря которому аккумулируется тепло солнечных лучей и происходит нагрев воздушной среды под черепицей. «Ледяная» кровля способна удерживать тепло даже в районах с довольно суровыми климатическими условиями. Немаловажным фактором является то, что в зимнее время такая кровля не требует уборки снежного покрова, поскольку теплые воздушные массы циркулирующие под черепицей нагревают пласты снега и они скатываются по уклону кровли.

Рассмотрим некоторые материалы, применяемые в изготовлении листового светопрозрачного материала для покрытия кровли.

Оргстекло (акриловое стекло) – синтетический материал, изготавливаемый на основе акриловых смол. Зачастую можно услышать название плексигласс. Материал берет свое начало с 1936 г., когда было начато первое производство германской фирмой RöhmandHaas[5]. Первоначально материал использовали для авиации и машиностроения. В настоящее время используют как строительный материал, элемент декора интерьера, в производстве аквариумов. Основными достоинствами являются: малая теплопроводность (0,2—0,3 Вт/(м·К)) по сравнению с неорганическими стеклами (0,7—13,5 Вт/(м·К)), легкий вес (почти в 2,5 раза меньше, чем у стекла), экологически чистый материал, светопрозрачность 92%, устойчивость во внешней среде, способность пропускать УФ лучи 73%.

Сотовый поликарбонат – полимерный материал, который представляет собой многослойную панель с продольными ребрами жесткости между плоскостями. В сечении лист поликарбоната напоминает соты треугольной или прямоугольной формы [6]. Количество слоев и форма сот может варьироваться. Основные виды сотового поликарбоната представлены на рис. 1.



**Рис. 1.** Основные виды сотового поликарбоната:

- а - 2Н – двухслойная с ячейками прямоугольной формы; б - 3Х – трехслойная с комбинацией прямоугольных ячеек с доп. наклонными перегородками; в - 3Н – трехслойная с прямоугольной формой сот;
- г - 5W – пятислойная с прямоугольной структурой сот; д - 5Х – пятислойная из прямых и наклонных ребер

Преимуществом этого материала является достаточно высокая прочность (в 10 раз больше, чем у акрилового стекла), пожаробезопасность, относительно низкая стоимость и эластичность, благодаря которой можно создавать арочные формы.

Монолитный поликарбонат – современный полимерный материал, обладающий высокой светопрозрачностью. Его происхождение относится к концу 19 в, когда он впервые был получен как побочный продукт в процессе изготовления лекарственных обезбаливающих средств. Поликарбонат поставляется в виде листов с толщиной 1-12 мм и размерами 2050x3050 мм. Монолитный поликарбонат великолепно работает в условиях со значительными перепадами температур. Он способен выдерживать от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ . При этом его линейное расширение достаточно мало, что позволяет его использовать в зданиях в качестве особо ответственных конструкций. Панели обладают высокой устойчивостью к ударным воздействиям. Предел прочности при изгибании составляет до 95 МПа. В отличие от силикатного стекла монолитный поликарбонат способен изгибаться при нормальных условиях окружающей среды.

Радиус изгиба зависит от толщины листа монолитного поликарбоната и представлен на рис. 2. [7]

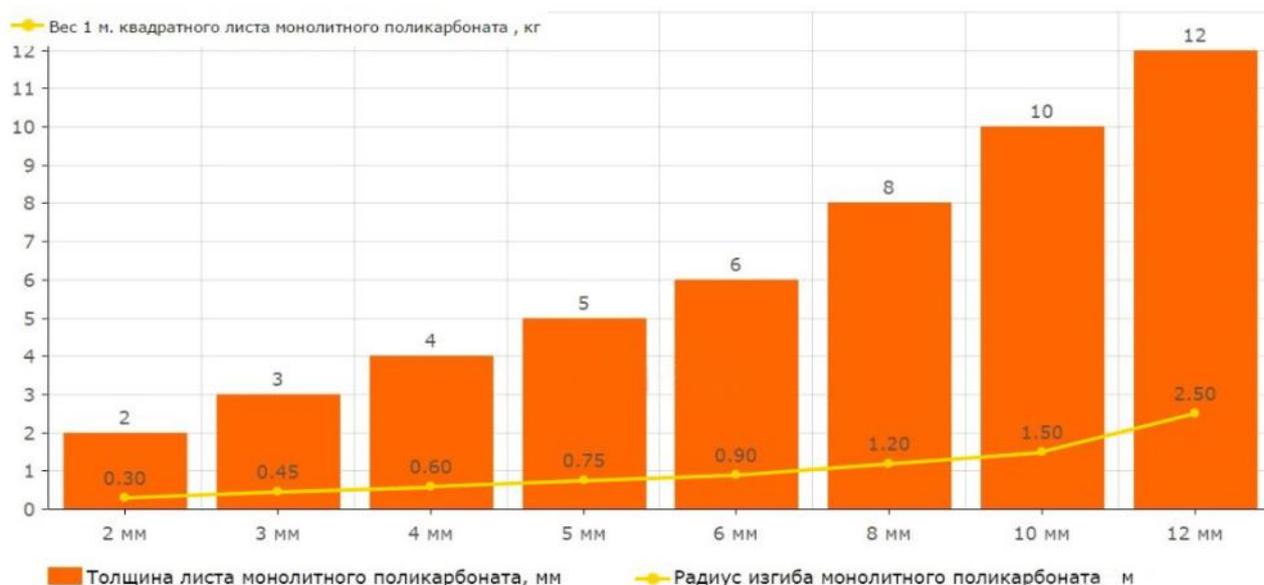


Рис. 2. Зависимость радиуса изгиба от толщины листа

Плотность монолитного поликарбоната составляет  $1200 \text{ кг/м}^3$ . Это значение гораздо меньше, чем у оконного стекла, что позволяет облегчить строительные конструкции, но при этом сохранить необходимую прочность. Зависимость значения веса листа от его толщины представлена на рис. 3 [7].

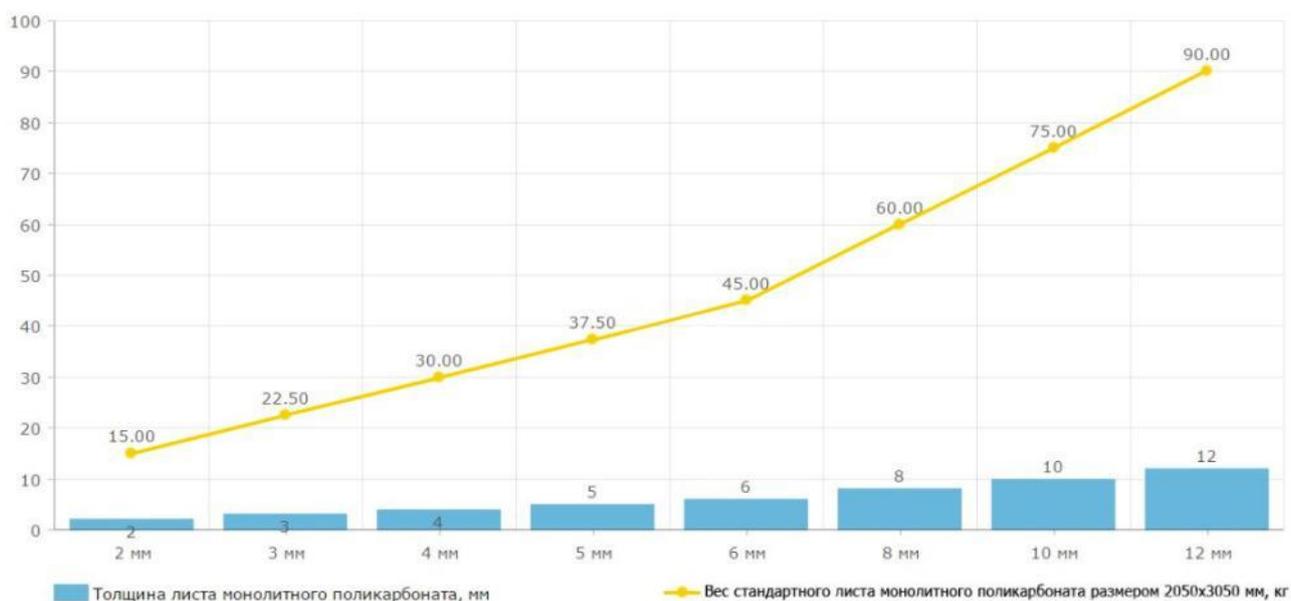


Рис. 3. Зависимость веса от толщины листа

Помимо этого, данный материал обладает жаростойкостью, устойчивостью к УФ лучам, долгим сроком эксплуатации (более 10 лет).

Поливинилхлорид или как по другому его называют PVC-GLASS – технологичный полимерный материал. Имеет небольшой вес, легок в транспортировке, обладает высокими показателями по тепло- и шумоизоляции, не горит на воздухе, хорошо поддается любым видам механической обработки, в отличие от оргстекла (пиление, разрезание, фрезирование) [8]. В

основном применяется для остекления террас, беседок, зимних садов, балконов, а также из поливинилхлорида изготавливают волнистые листы для покрытия кровель.

Триплекс – многослойное стекло, склеенное между собой специальной полимерной пленкой способной при ударе удерживать осколки. Материал был открыт в начале 20 в. Триплекс является уникальным материалом для облицовки фасадов, а также покрытия крыш. Основным преимуществом по сравнению с хрупким стеклом является его безопасность. Во время повреждений конструкции из триплекс стекла осколки не разлетаются, а остаются на пленке, тем самым уменьшаются шансы на получение травм [9]. Помимо этого, материал проявляет стойкость цвета, имеет высокую прозрачность, существенно увеличивает процент шумоизоляции. На рынке можно найти два основных вида триплекса – пленочный и заливной вариант. В первом случае два листа склеивают по всей площади полимером. Во втором – заливают специальным ламинированным составом.

Триплекс рекомендован к применению для остекления административных, общественных и жилых зданий, т.е. там, где возникает острая необходимость защитить жизнь человека и материальные ценности. При остеклении горизонтальных частей здания (крыш, козырьков, зенитных фонарей, куполов) обязательным к применению является триплекс.

Разнообразие прозрачных кровельных материалов достаточно велико, кроме перечисленных в работе традиционных и инновационных материалов при устройстве кровель применяются также закаленное стекло, моллированное (гнутое), полиэстер армированный и т.д. Технология устройства кровель зависит от вида применяемого материала. В качестве кровельного светопрозрачного материала лучше всего применять триплекс, так как помимо высоких физических и эксплуатационных свойств, данный материал обладает главным преимуществом перед остальными - безопасностью для окружающих. Обоснование применяемого материала возможно только при комплексном подходе к функциональному назначению, архитектурно-планировочному, конструктивному решению возводимого здания и анализе всех показателей: физико-механических, технических, технологических, экологических, экономических и эксплуатационных.

#### Библиографический список

1. Константинов А.П. Особенности влияния снеговых отложений на эксплуатационный режим светопрозрачных кровель отапливаемых зданий [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/view/423511/a#?page=2>;
2. Светопрозрачные конструкции. Обзор полимерных светопрозрачных материалов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.builderclub.com/statia/svetoprozrachnye-konstrukcii-obzor-polimernih-svetoprozrachnyh-materialov>;
3. Прозрачный шифер: обзор видов, их особенностей и монтажные инструкции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://krovgid.com/krovlya/prozrachnyj-shifer.html>;
4. Стеклопанельная черепица – новый способ использовать энергию солнца по максимуму [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://budmaydan.com/dom/stekljannaja-cherepica/>;
5. Органическое стекло [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Органическое\\_стекло](https://ru.wikipedia.org/wiki/Органическое_стекло);
6. Технические характеристики сотового поликарбоната [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tehnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html>;
7. Монолитный поликарбонат: технические характеристики, свойства и применение материала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/241-monolitnyj-polikarbonat-svoystva-i-primenenie.html>;
8. Поливинилхлорид прозрачный PVC-GLASS (PVC-U) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polimer1.ru/catalog/standartnye-polimery/polivinilhlorid-prozrachnyj>;

9. Строительный триплекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rusdoms.com/product/chto-takoe-stroitelnyi-tripleks;>
10. Семенова Э.Е., Коратыгина А.Ю., Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. №1. С. 135-137;
11. Семенова Э.Е., Логвинова Е.О. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2018. №1. С. 26-29;
12. Семенова Э.Е., Фабрицкая Е.М., Габитова С.О. Научный журнал Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инженерные системы и сооружения. 2016. №3-4 (24-25). С. 31-34.

## References

1. Konstantinov A.P. Features of the influence of snow deposits on the operating mode of the translucent roofs of heated buildings [Electronic resource]. - Access mode: <http://tekhnosfera.com/view/423511/a#?page=2;>
2. Translucent designs. Overview of polymeric translucent materials [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.builderclub.com/statia/svetoprozrachnye-konstrukcii-obzor-polimernyh-svetoprozrachnyh-materialov;>
3. Transparent slate: a review of the species, their features and installation instructions [Electronic resource]. - Access mode: Режимдоступа: [https://krovgid.com/krovlya/prozrachnyj-shifer.html;](https://krovgid.com/krovlya/prozrachnyj-shifer.html)
4. Glass tile - a new way to use the energy of the sun to the maximum [Electronic resource]. - Access mode: [http://budmaydan.com/dom/stekljannaja-cherepica/;](http://budmaydan.com/dom/stekljannaja-cherepica/)
5. Organic glass [Electronic resource] - Access Mode: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Органическое\\_стекло;](https://ru.wikipedia.org/wiki/Органическое_стекло;)
6. Technical characteristics of cellular polycarbonate [Electronic resource]. - Access mode: [https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tekhnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html;](https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tekhnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html)
7. Monolithic polycarbonate: technical characteristics, properties and use of the material [Electronic resource]. - Access mode: [https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/241-monolitnyj-polikarbonat-svoystva-i-primenenie.html;](https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/241-monolitnyj-polikarbonat-svoystva-i-primenenie.html)
8. Polyvinyl transparent PVC-GLASS (PVC-U) [Electronic resource]. - Access mode: [https://polimer1.ru/catalog/standartnye-polimery/polivinilhlorid-prozrachnyj;](https://polimer1.ru/catalog/standartnye-polimery/polivinilhlorid-prozrachnyj)
9. Construction triplex [Electronic resource]. - Access mode: <http://rusdoms.com/product/chto-takoe-stroitelnyi-tripleks;>
10. Semenova E.E., Koratygina A.Yu., Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High Technologies. Ecology. 2013. №1. Pp. 135-137;
11. Semenova E.E., Logvinova E.O. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High Technologies. Ecology. 2018. №1. Pp. 26-29;
12. Semenova E.E., Fabritskaya E.M., Gabitova S.O. Scientific journal of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Engineering systems and facilities. 2016. №3-4 (24-25). Pp. 31-34.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, ст. препод. кафедры  
технологии строительных материалов,  
изделий и конструкций М.П. Степанова  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-52-35  
e-mail: [max035@ya.ru](mailto:max035@ya.ru)  
Магистрант кафедры технологии  
строительных материалов, изделий  
и конструкций Т.А. Кращенко*

*Voronezh State  
Technical University  
D.Sc. (Engineerin), Prof. of the M.P. Stepanova  
Russia, Voronezh, Senior Lecturer department  
of technology of building materialstel.  
+7(473) 2-71-52-35,  
e-mail: [max035@ya.ru](mailto:max035@ya.ru)  
Master student of the department of technology  
of building materials, products and structures  
T.A. Krashchenko*

М.П. Степанова, Т.А. Кращенко

### **БЕСКЛИНКЕРНЫЕ ПОРТЛАНДИТО-АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ КОМПОЗИТЫ КОНТАКТНО-КОНДЕНСАЦИОННОГО ТВЕРДЕНИЯ: РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования, представленные в данной публикации, относятся к направлению работ по разработке технологии строительных композитов, получаемых на основе портландито-алюмосиликатных контактно-конденсационных систем твердения. Показано, что, используя полученные по специальной технологии кристаллы портландита в сочетании с частицами алюмосиликатного компонента, можно при прессовании получать композиты, обладающие технически приемлемой прочностью непосредственно после компактирования и без применения тепловлажностной обработки.

**Ключевые слова:** известь, компактирование, портландитовый камень, механо-химическая активация алюмосиликатных компонентов, портландито-алюмосиликатный строительный композит.

M. P. Stepanova, T.A. Krashchenko

### **NON-CLINKER PORTLANDITE-ALUMOSILICATE COMPOSITES OF CONTACT-CONDENSATION HARDNESS: DEVELOPMENT OF RESEARCHES**

The studies presented in this publication relate to the direction of work on the development of technology of building composites, obtained on the basis of portlandite-alumosilicate contact-condensation curing systems. It is shown that using portlandite crystals obtained by special technology in combination with particles of the alumosilicate component, it is possible by pressing the optimal mixtures to obtain composites that have technically acceptable strength immediately after compaction and without the use of heat and heat treatment.

**Keywords:** lime, compaction, portlandite stone, mechanochemical activation of alumosilicate components, portlandite-alumosilicate building composite.

В современном материаловедении одной из приоритетных проблем является получение материалов из доступного, природного или техногенного сырья. Применение не востребуемых природных ресурсов, а также отходов промышленности позволяет снизить себестоимость изделий, расширить возможную сырьевую базу.

Среди широкого многообразия техногенных отходов, которые складываются в отвалах, значительная часть принадлежит отходам алюмосиликатного и силикатного типа – бой стекла, шлаки, бой керамического кирпича, отходы керамической промышленности. В то же время они могут явиться вторичными ресурсами для получения вяжущих икомпозитовна их основе (рис. 1).

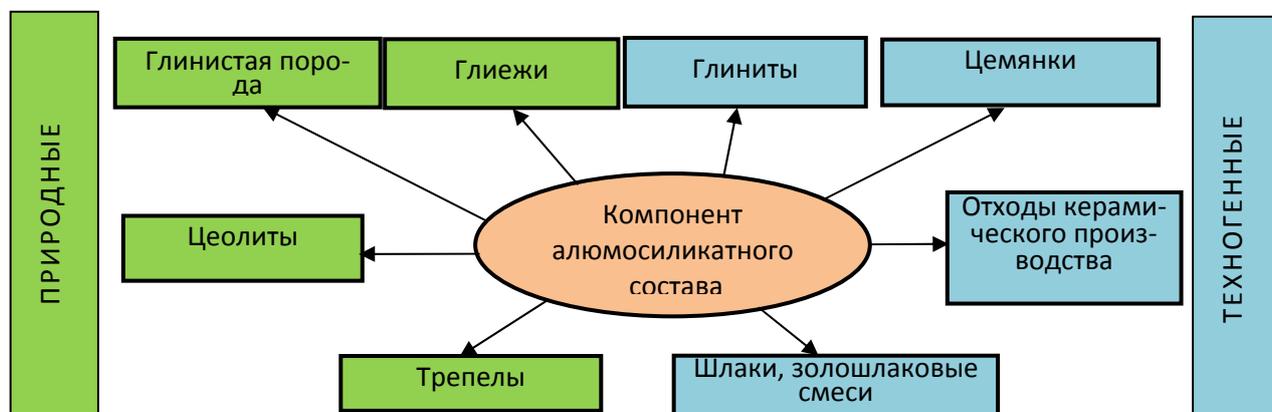


Рис. 1. Варианты природных и техногенных компонентов алюмосиликатного состава

Используемые в настоящее время технологии изготовления композитов с применением этих вторичных ресурсов энергоемкие и включают в себя такие процессы как обжиг, спекание, сушку, автоклавную обработку, что значительно удорожает полученный материал.

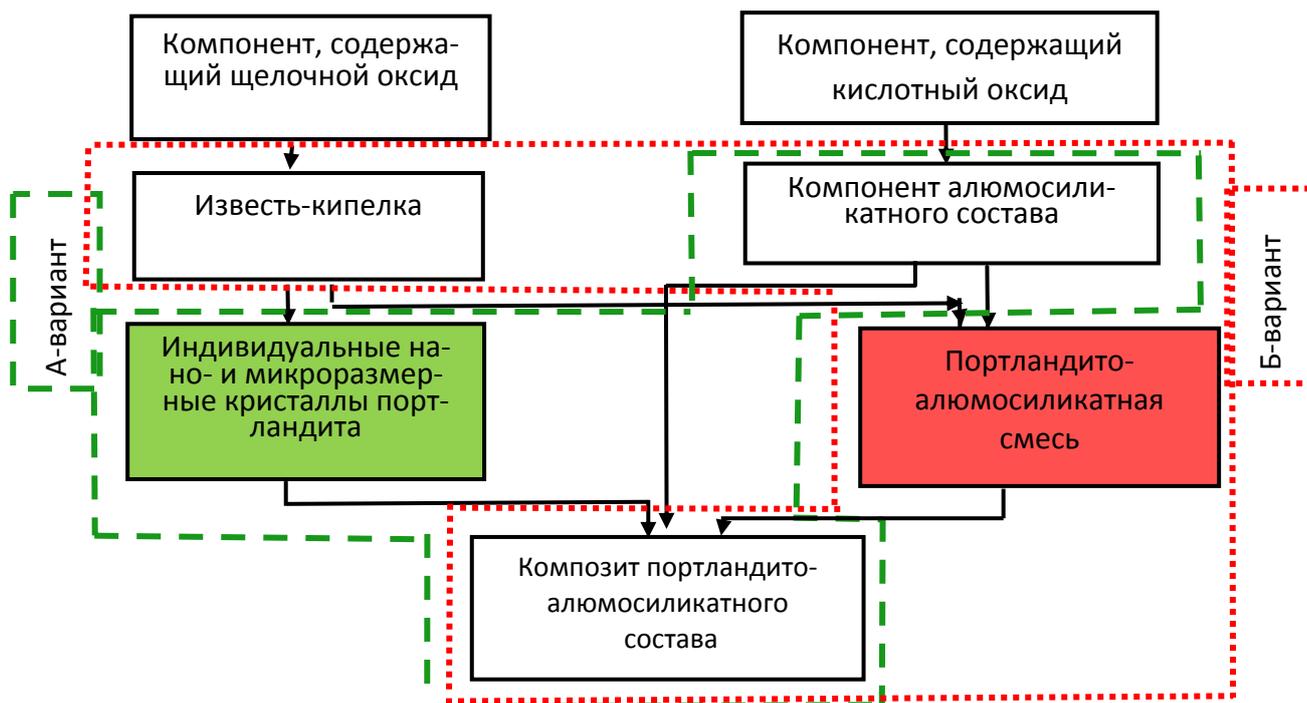
В связи с этим применение контактно-конденсационной технологии для получения строительных композитов является перспективной. В результате применения контактно-конденсационной технологии получают композиционные материалы, в частности силикатные материалы, с достаточной прочностью уже непосредственно после прессования.

Идея контактно-конденсационной технологии состоит в прохождении системой этапов пресыщения раствора, кристаллизация, достижения оптимального размера кристаллов, рост новообразований в период до прессования и непосредственно в его момент [1].

Для того, чтобы реализовать механизмы контактно-конденсационной технологии необходимо обеспечить получение компонентов термодинамически неустойчивом (нестабильном) состоянии, которые на этапе формирования структуры композита при прессовании окажутся способными к взаимодействию и получению материала достаточной прочности сразу после прессования. Однако сложность практической реализации связана с прохождением данного процесса в области высокодисперсных фаз.

С 90-х годов решалась проблема получения искусственного портландитового камня, который предполагалось использовать в качестве матрицы для структурообразования бескликерных строительных композитов [2]. Сложности в получении монолитного камня состоят во «взрывном» характере реакции гидратации извести и невозможности при гидратации образования кристаллического сростка. В ходе данных работ удалось получить камень с прочностью до 30 МПа непосредственно после формования.

В сочетании данной матрицы с наполнителями алюмосиликатного типа, используя механизмы контактно-конденсационной технологии, был получен строительный композит с «мгновенной» прочностью не менее 10 МПа [3,4]. При этом допускается возможность получения композита по отдельной (А-вариант) и совмещенной (Б-вариант) технологиям сочетания портландита и наполнителя. Технология может отвечать принципиальной схеме (рис. 2)



**Рис. 2.** Принципиальная схема технологии получения композита портландито-алюмосиликатного состава

На сегодняшний день, опираясь на полученные знания, ставятся новые задачи, решение которых позволит повысить прочность композитов. Для этого необходимым является:

-детальное рассмотрение процессов, происходящих в системе матрица-наполнитель, разделив их на периоды кристаллизации, перекристаллизации, а также формирование прочных связей;

- оценить динамику роста кристаллов на различных технологических переделах;

- выявить влияние степени дисперсности матрицы на образование промежуточных метастабильных фаз;

-оценить влияние удельной площади поверхности частиц наполняющего компонента на прочность композита;

-выявить влияние двустадийного, двустороннего прессования на прочностные показатели композита;

- оценить вклад карбонизации в формирование исследуемого композита.

### Выводы

Таким образом, системно организованные исследования для решения поставленных задач, позволят улучшить физико-механические свойства композитов контактно-конденсационного твердения на основе портландитовой матрицы с наполняющим компонентом из местных природных ресурсов и отходов производства.

### Библиографический список

1. Глуховский, В. Д. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения / В. Д. Глуховский, Р. Ф. Рунова, С. Е. Максунув – Киев: «Вища школа». 1991.- 243 с.

2. Чернышов, Е. М. Искусственный камень на основе кристаллизации портландита / Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамосшнева // Современные проблемы строительного материаловедения/ Академические чтения РААСН: Материалы к Междунар. конф. – Самара, 1995. – С. 20 – 21.

3. Чернышов, Е.М. Портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе: возможные механизмы структурообразования / Е.М. Чернышов, М.П. Степанова, Н.Д. Потамосшнева // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура - Воронеж, 2012 - № 3(27). – С. 86-95.

4. Степанова М.П. Технология строительных композитов на основе портландито-алюмосиликатной контактно-конденсационной системы твердения Дис. канд.техн.наук., Воронеж. 2013.

#### References

1. Glukhovsky, V. D., Runova, R. F., Maksunov, S. E. Binders and composite materials contact curing - Kiev: "High School". 1991-243 pp.

2. Chernyshov, Ye. M., Potamoshneva, N. D. Artificial stone based on crystallization of portlandita. Modern problems of building materials science/academic Reading Materials to the World: RAABS. Associate Professor. - Samara, 1995. – pp. 20-21.

3. Chernyshov, Ye..M. Portlandite-alumosilicate contact-condensation hardening systems and composites based on them: possible mechanisms of structure formation / EM. Chernyshov, M.P. Stepanova, N.D. Potamoshneva // Scientific Bulletin of the All-Union State Architecture and Architecture Institute. Building and architecture - Voronezh, 2012 - № 3 (27). - p. 86-95.

4. Stepanova M.P. Building composites technology based on portlandite-alumosilicate contact-condensation curing system: Dis. Ph.D., Voronezh. 2013.

УДК 625.7

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд.тех. наук, доцент кафедры строительства  
и эксплуатации автомобильных дорог  
А.С. Строкин  
e-mail: [alexmech23@gmail.com](mailto:alexmech23@gmail.com)  
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89.  
аспирант, асс.кафедры проектирования авто-  
мобильных дорог и мостов  
Р.С. Поляков  
e-mail: [polyakovro@yandex.ru](mailto:polyakovro@yandex.ru)*

*Voronezh State University of Architecture and  
Civil Engineering  
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Pulpit  
construction and usages of the car roads  
A.S. Strokin  
e-mail: [alexmech23@gmail.com](mailto:alexmech23@gmail.com)  
Russia, Voronezh, ph +7(473) 236-18-89.  
PhD student of the Dept. of design of roads  
and bridges  
R.S.Poliakov  
e-mail: [polyakovro@yandex.ru](mailto:polyakovro@yandex.ru)*

А.С. Строкин, Р.С. Поляков

### **ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНО АДГЕЗИОННОЙ ДОБАВКИ НА НАКОПЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЩЕБЁНОЧНО-МАСТИЧНОМ АСФАЛЬТОБЕТОНЕ**

Подтвердить улучшенные свойства щебёночно-мастичного асфальтобетона, приготовленного на битуме с полимерной адгезионной добавкой «ПС-N», к накоплению остаточных деформаций. Приводятся результаты испытания битума с полимерной адгезионной добавкой «ПС-N», выполненного методом RTFOT на старение, анализ влияния полимерных поверхностных веществ на свойства щебёночно-мастичного асфальтобетона. Рассмотрены результаты эксперимента по определению интенсивности накопления остаточных деформаций в щебёночно-мастичном асфальтобетоне с применением ПАВ «ПС-N» под действием динамических нагрузок. Установлено, что при применении полимерных поверхностных веществ значительно улучшаются деформативно-прочностные свойства щебёночно-мастичного асфальтобетона.

**Ключевые слова:** битум, полимерная адгезионная добавка, щебёночно-мастичный асфальтобетон.

A.S. Strokin, R.S. Poliakov

### **THE INFLUENCE OF A POLYMERIC ADHESION PROMOTER ON THE ACCUMULATION OF RESIDUAL STRAIN IN STONE MASTIC ASPHALT CONCRETE**

To harden the improved properties of crushed-mastic asphalt prepared on bitumen with polymer adhesion promoter "PS-N" to the accumulation of residual deformations. The results of the testing of bitumen with polymer adhesive additive "PS-N" made by RTFOT on aging. analysis of the influence of polymer surface substances on the properties of crushed-mastic asphalt. Results of experiment on determination of intensity of accumulation of residual deformations in crushed-mastic asphalt concrete with application of surfactants "PS-N" under the influence of dynamic loadings are considered. It was found that the application of polymer surface substances significantly improves the deformation and strength properties of crushed stone and mastic asphalt.

**Keywords:** bitumen, polymer adhesive additive, crushed-mastic asphalt.

В последние годы на автомобильных дорогах, в составе транспортного потока, происходит увеличение доли тяжелых многоосных автомобилей, осевая нагрузка которых значительно превышает расчетные нагрузки, принятые при проектировании автомобильных дорог, что приводит к значительному росту различных видов дефектов на автомобильных дорогах. Среди различных видов разрушений асфальтобетонных покрытий, наблюдается тенденция к увеличению доли пластических деформаций, большей динамики развития и величины в сравнении с ямочностью или трещинами [3, 4, 5].

В настоящее время, из различных видов пластических дефектов дорожных асфальтобетонных покрытий, наблюдаемых на их поверхности, выделяют как наиболее опасные, колееобразные дефекты, которые образуются под воздействием грузового и тяжелого пассажирского транспорта на определенные зоны проезжей части дорожного покрытия [3,5].

Процесс колееобразования уже давно стал основным фактором, вызывающим преждевременное ухудшение транспортно-эксплуатационного состояния ниже предельно допустимых значений на большинстве автомобильных внегородских и городских дорог с высоким уровнем загрузки автомобильным движением.

А.С. Колбановская установила, что свойства традиционных нефтяных битумов в тонких пленках существенно зависят от характера поверхности, на которой адсорбирован битум. На активной поверхности с уменьшением толщины битумных слоев (менее 10 мкм) резко увеличивается когезия, что является следствием ориентации структурных элементов битума или их «обломков» [3]. В более толстых слоях битума ориентационный эффект ощущается значительно слабее, что и наблюдается в каркасных асфальтобетонных смесях, в том числе в щебёночно-мастичном асфальтобетоне. Слабый ориентационный эффект снижает прочность и водостойкость асфальтобетона, требует для обеспечения надежного сцепления битума с минеральной поверхностью применения добавок поверхностно-активных веществ, которые в основном являются низкомолекулярными веществами.

На основании результатов комплексных лабораторных исследований, Воронежским филиалом НИИСК и Воронежским ГАСУ была разработана полимерная адгезионная добавка «ПС-N» (модифицированный полистирол) по ТУ 2214-053-00151555-2015. Технические показатели полимерной композиции «ПС-N»: внешний вид - гранулированные частицы белого цвета, размером 1-10 мм; содержание летучих веществ при 105°C (2 часа) – менее 0,5 %; характеристическая вязкость  $30 + 0,1 \% \text{ } ^\circ\text{C} - 0,1 + 0,02 \text{ дл/г}$ ; рекомендуемое содержание в битуме 0,5-1,0 %; сцепление с минеральным наполнителем (кварцевым песком, гранитным щебнем) – контрольный образец № 1 по ГОСТ 11508-74.

Когда органический радикал в поверхностно-активном веществе является высокомолекулярным (т.е. является полимером), то будет наблюдаться механизм взаимодействия битума с минеральной поверхностью. Для подтверждения ее основных свойств были проведены исследования.

Старение нефтяного дорожного битума является важнейшим свойством, определяющим стабильность вяжущих свойств битума во времени и межремонтный срок службы асфальтобетонных покрытий. При интенсивном старении, вследствие окисления и испарения летучих компонентов, снижаются показатели деформативности битума и увеличивается его хрупкость.

Изучение влияния полимерной адгезионной добавки на старение нефтяного дорожного битума было выполнено методом RTFOT.

Испытанию были подвергнуты 2 образца вяжущего, по 2 пробы на каждый образец. Для испытания были подготовлены: битум, содержащий 0,75 % по массе полимерной адгезионной добавки «ПС-N»; битум, содержащий 0,75 % по массе адгезионной добавки «ДАД», результаты приведены в таблице 1.

## Влияние адгезионных добавок на старение нефтяного битума

Наименование показателя	Наименование модификатора в вяжущем	
	ДАД	ПС-N
Изменение массы образца, %	0,30	0,445
Изменение температуры размягчения образца, °С	+5,0	+4,0

Наиболее значительный показатель «изменение массы образца после прогрева» отмечен у битума с ПАВ «ПС-N».

Изменения температуры размягчения образцов вяжущего после испытания менее значительны у битума с ПАВ «ПС-N», в которых имеется высокомолекулярный полимерный модификатор. И чем больше содержание полимера, тем меньше отмечено изменение температуры размягчения. Вяжущее с применением ПАВ «ДАД» не содержат высокомолекулярного полимера, поэтому увеличение температуры размягчения после старения существенно выше. Таким образом, наличие высокомолекулярного полимерного модификатора повышает устойчивость вяжущего к старению.

Известно, что толщина и прочность ориентированного слоя на минеральной поверхности возрастает с увеличением молекулярной массы и асимметрии молекул жидкости [3,4]. Таким образом, более значительного положительного эффекта свойства каркасных смесей следует ожидать при модификации битума высокомолекулярными поверхностно-активными добавками. Битумные пленки в модифицированном щебёночно-мастичном асфальтобетоне, вследствие присутствия высокомолекулярной адгезионной добавки, будут отличаться не только большей толщиной, в сравнении с традиционным асфальтобетоном, но и значительно большей прочностью, что положительно повлияет на деформативно-прочностные свойства асфальтобетона [1, 2, 8].

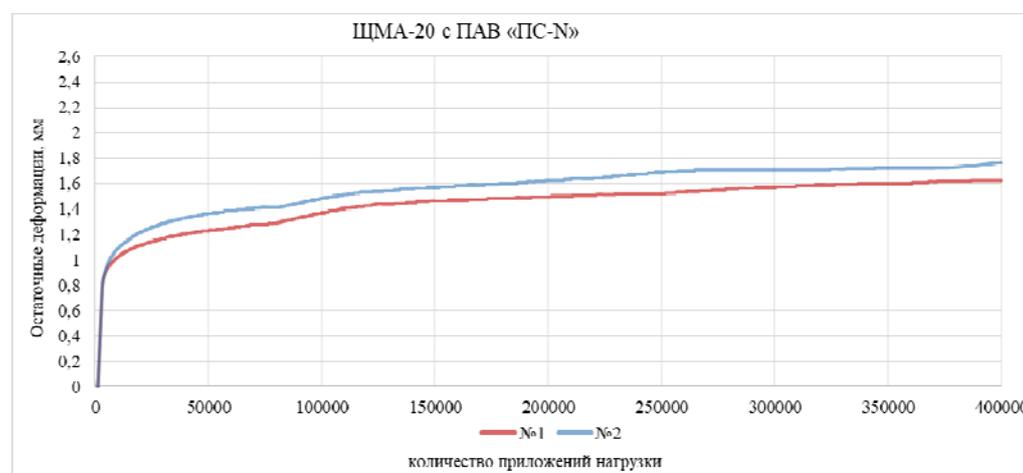
В сравнении с модификацией битума полимерами типа СБС, применение полимерных адгезионных добавок будет иметь иной результат. Толщина ориентированного слоя битума в этом случае будет меньше, чем при применении модифицирующих добавок полимеров типа СБС, но ориентация к минеральной поверхности будет выше, что позволит повысить прочность битумных пленки, как следствие, прочностные свойства щебёночно-мастичного асфальтобетона (таблица 2).

Известно, что наиболее близким к реальным эксплуатационным условиям работы асфальтобетона в дорожном покрытии является испытание асфальтобетонных образцов под воздействием динамических нагрузок [1, 2, 5, 6, 7, 8]. Так оценку устойчивости щебёночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-20 на битуме, содержащего 0,75 % по массе полимерной адгезионной добавки «ПС-N», к накоплению остаточных деформаций под действием интенсивных динамических нагрузок, было проведено на приборе динамических испытаний (ПДИ) [8, 9].

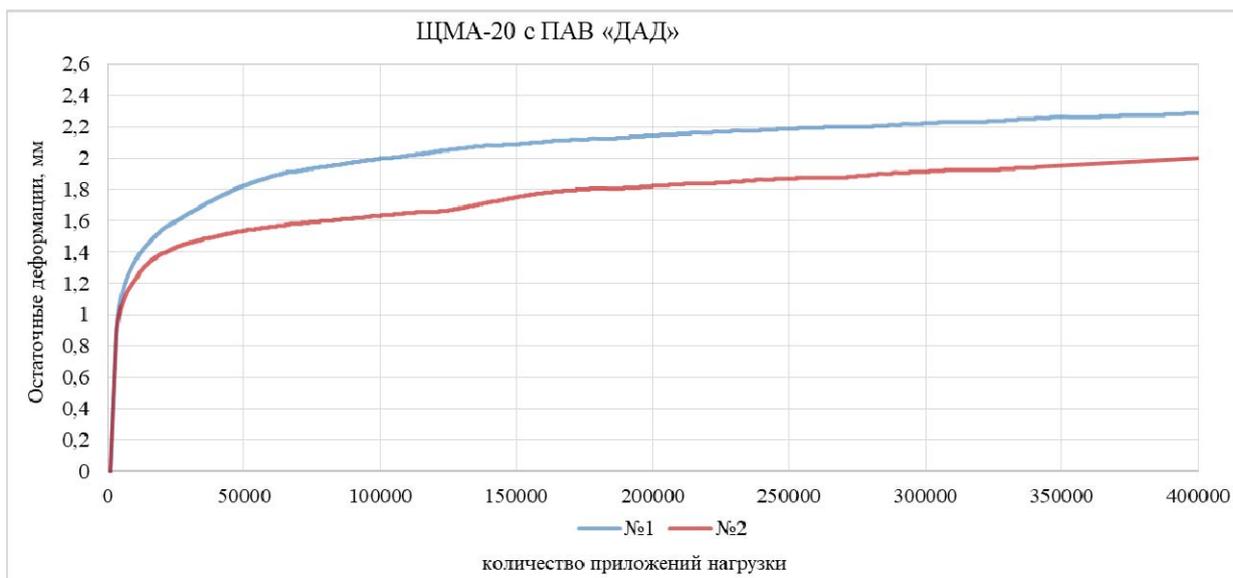
## Физико-механические показатели ЩМА-20 с применением полимерного ПАВ «ПС-N»

Наименование показателя	Требования ГОСТ 31015-2002	Наименование показателя
Средняя плотность г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,42
Пористость минеральной части асфальтобетона, %	15-19	17
Остаточная пористость асфальтобетона, %	1,5-4,5	2,8
Водонасыщение, % по объему	1,5-4,0	2,50
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее при температуре +20°С	2,2	3,5
при температуре +50°С	0,65	1,27
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,85	1,0
Сцепление битума с минеральной частью асфальтобетонной смеси	выдерживает	выдерживает
Сдвигоустойчивость по: - коэффициенту внутреннего трения, не менее - сцеплению при сдвиге при температуре 50°С МПа, не менее	0,93 0,18	0,98 0,30
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе, МПа	2,5-6,0	4,2
Устойчивость к расслаиванию по показателю стелания вяжущего, %	0,07-0,15	0,10

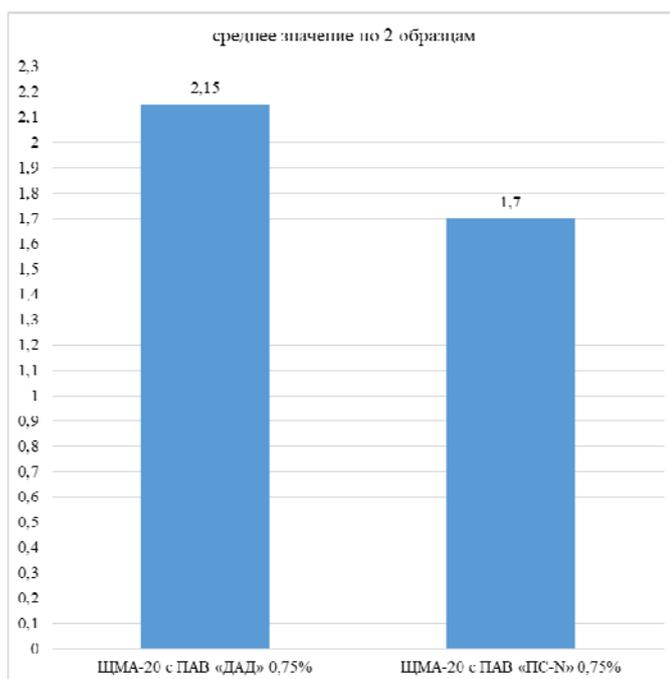
Испытания проводились на образцах, установленных размеров (диаметр 200 мм, высота 50 мм). Для каждой смеси была приготовлена серия из 2 образцов. Испытания проводились при температуре 60 °С, количество приложений нагрузки величиной 0.6 МПа составило 400000 циклов. В качестве контрольного состава была использована щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь одинакового гранулометрического состава на битуме с применением низкомолекулярной адгезионной добавки ДАД. Результаты испытаний приведены на рис. 1-3.



**Рис. 1.** Зависимость величины остаточной деформации ЩМА, модифицированного полимерно-адгезионной добавкой, от количества приложений динамической нагрузки



**Рис. 2.** Зависимость величины остаточной деформации ЩМА, содержащего низкомолекулярную адгезионную добавку, от количества приложений динамической нагрузки



**Рис. 3.** Сравнительная оценка устойчивости серии образцов к накоплению остаточных деформаций от воздействия динамических нагрузок

В результате проведенных экспериментальных исследований, получены зависимости скорости накопления остаточных деформаций от количества циклов нагружения под воздействием динамических и температурных факторов. Анализ полученных данных показал, что применение полимерной адгезионной добавки «ПС-N» позволяет более чем на 20 % снизить интенсивность образования остаточных деформаций под действием динамической нагрузки.

Графические зависимости деформаций образцов из ЩМА, модифицированной полимерно-адгезионной добавкой, показали большую сходимость результатов эксперимента на ПДИ, что говорит о высокой однородности смеси и доказывает ее эффективное применение в слоях покрытий автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения.

## Выводы

1. Воронежским филиалом НИИСК и Воронежским ГАСУ разработана полимерная адгезионная добавка «ПС-N» по ТУ 2214-053-00151555-2015.
2. Результаты лабораторных исследований позволяют сделать вывод о существенном положительном влиянии полимерной адгезионной добавки «ПС-N» на физико-механические показатели и адгезионные свойства нефтяного битума.
3. Исследование действия различных адгезионных добавок на устойчивость к старению нефтяного битума выявило положительное влияние применения высокомолекулярного полимерного модификатора.
4. Полимерная адгезионная добавка «ПС-N» значительно улучшает деформативно-прочностные свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона.
5. применение полимерной адгезионной добавки «ПС-N» позволяет на 20 % снизить интенсивность образования остаточных деформаций под действием динамической нагрузки.

## Библиографический список

1. Калгин Ю.И. Перспективные технологии строительства и ремонта дорожных покрытий с применением модифицированных битумов / Ю.И.Калгин, А.С. Строкин, Е.Б. Тюков. – Воронеж: ОАО Воронежская областная типография, 2014 г. – 224 с.
2. Калгин Ю.И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов / Ю. И. Калгин - Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. – 272 с.
3. Колбановская А. С. Дорожные битумы / А. С. Колбановская, В. В. Михайлов. — М. : Транспорт, 1973. — 246 с.
4. Мирончук С.А. Оценка устойчивости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог к накоплению остаточных деформаций: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2015, - 18 с.
5. Мирончук С.А. Энергоэффективное оборудование для обеспечения качества асфальтобетонных. /В.П. Матуа, Ю. Я. Никулин, Е. Н. Исаев // Журнал «Научное обозрение» №7 часть 3, Москва, 2014. – С. 884-887.
6. Руденский А.В. Дифференцирование требований к прочности и деформативности асфальтобетона для различных условий применения при строительстве покрытий: автореф. дисс... д-ра техн. наук. – Томск, 2000. - 35 с.
7. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия на модифицированных битумах. /А.В. Руденский, Ю.И. Калгин; Воронеж. Гос. Арх.-строит. Ун-т. – Воронеж, 2009. – 143 с.
8. Прибор динамических испытаний (патент РФ № 152287, регистрационный № 54987-13, свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.E.28.042.A № 52444, выданное Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ).
9. Проект СТО АВТОДОР «Оценка устойчивости материалов конструктивных элементов дорожных одежд к накоплению остаточных деформаций. Требования, метод испытания».

## References

1. Kalvin Y. I. advanced technologies of construction and repair of road surfaces with the use of modified bitumen / Yu Kargin, A. S. Strokin, E. B. Bales. – Voronezh: JSC Voronezh regional printing press, 2014, 224 p.
2. Kalvin Y. I. Road bitumen-mineral-based materials modified bitumen / Yu Calvin - Voronezh: publishing house of Voronezh.GOS. University press, 2006. – 272.
3. Kolmanovsky S. A. bitumen / A. S. Kolmanovsky, V. V. Mikhailov. — M. : Transport, 1973. — 246 p.

4. Mironchuk S. A. Evaluation of the sustainability of asphalt pavement roads to the accumulation of residual deformations: author. dis. ... candidate. tech. Sciences. – Voronezh, 2015, - p. 18
5. Mironchuk, S. A. energy-Efficient equipment to ensure the quality of the asphalt. /Matua, V. P., Y. Y. Nikulin, E. N. Isaev // Journal "Scientific review", No. 7, part 3, Moscow, 2014. – P. 884-887.
6. Rudensky A. V. Differentiation of requirements for strength and deformation of asphalt concrete under various conditions for use in construction coatings: author. Diss... d-RAtekhn. Sciences. – Tomsk, 2000. – 35
7. Rudensky, A. B. Road asphalt pavement on modified bitumen. /V. A. Rudensky, Yu Calvin; Voronezh. GOS. Architect.-builds. Univ – Voronezh, 2009. – 143 p.
8. The dynamic testing device (patent RF № 152287, registration No. 54987-13, the approval certificate of measuring instruments RU.E.28.042.A No. 52444, issued by the Federal Agency for technical regulation and Metrology of the Russian Federation).
9. Project one HUNDRED AVTODOR "sustainability Assessment of materials structural elements road pavements to accumulation of residual deformations. The requirements of test method".

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, доцент кафедры технологии  
строительных материалов, изделий и конст-  
рукций А.Е. Турченко  
Россия, г Воронеж, тел 8(473)2-71-52-35  
e-mail: [allaevgen@mail.ru](mailto:allaevgen@mail.ru)  
Студент гр. В241 Технология и применение  
строительных материалов, изделий и  
конструкций И.А. Курило*

*Voronezh State  
Technical University  
A.E. Turchenko cand. of techn. science,  
associate professor of the chair of materials and  
technology of building materials and construction  
Russia, g Voronezh, ph. + 7 (473)2- 71-53-35  
e-mail: [allaevgen@mail.ru](mailto:allaevgen@mail.ru)  
I.A. Kurilo st. of c. В241 Technology and applica-  
tion of building materials, products and  
Constructions*

А.Е. Турченко, И.А. Курило

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГАЗООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В статье представлены результаты исследований влияния газообразующих добавок осадочного происхождения на свойства формовочной массы и физико-механические свойства керамического кирпича.

**Ключевые слова:** местное сырье, керамический пористый кирпич, прочностные свойства.

A.E. Turchenko, I.A. Kurilo

### **ASSESSMENT VIYANIYA GATABAZI MINERALNYCH SUPPLEMENTS ON THE PROPERTIES OF CERAMIC POROUS PRODUCTS**

The article presents the results of studies of the influence of gas-forming additives of sedimentary origin on the properties of the molding mass and physical and mechanical properties of ceramic bricks.

**Keywords:** Lokal raw materials, ceramic porosity brick, strength properties.

Пористая керамика на рынке современных стеновых материалов является востребованным материалом, так как остается традиционным стеновым материалом с повышенными теплозащитными показателями в готовой стеновой конструкции. Высокое качество керамических стеновых изделий достигается при учете в технологии изменяющихся свойств формовочных масс, что связано с варьированием состава сырьевых материалов. Это актуально при использовании местного сырья [1, 2]. Воронежская область обеспечена минеральными горными породами осадочного происхождения. Их традиционно применяют в технологии строительной керамики. В процессе обжига глины, известняки, гипс разлагаются с выделением газов, что приводит к увеличению пористости готовых изделий.

Цель работы - спроектировать состав керамического пористого кирпича на основе местного сырья, со средней плотностью 1500-1600 кг/м<sup>3</sup> и пределом прочности при сжатии не менее 15 МПа при использовании минеральных добавок осадочного происхождения.

В качестве основного сырья использовался суглинок месторождения Верхняя Хава Воронежской области. Данное сырье средне-пластичное ( $\Pi = 24,5 \%$ ) и характеризуется связующей способностью - 20 %.

Для определения рационального состава пористых керамических изделий, готовились шихты, содержащие суглинок и минеральные газообразующая добавка: гипс двуводный ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) (составы 2, 3, 4) или известняк ( $\text{CaCO}_3$ ) Становлянского района Липецкой области. Выбор данных добавок связан с доступностью и низкой стоимостью.

Подготовка шихт включала следующие переделы: сушку и измельчение компонентов, перемешивание по сухому, увлажнение до формовочной влажности водой температурой  $+16 \pm 4$  °С, формование образцов - кубов  $5 \times 5 \times 5$  см пластическим способом. Затем, сушку образцов при температуре  $60 \pm 5$  °С, обжиг при температуре  $1000 \pm 10$  °С с изотермической выдержкой один час. Результаты определения свойств формовочной массы и физико-механических показателей экспериментальных образцов представлены в таблице.

Таблица

Результаты физико-механических испытаний формовочных масс и керамических образцов

№ состава	Вид добавки	Состав, %		Формовочная влажность шихты, %	Свойства керамических образцов		
		суглинок	добавка		Средняя плотность, $\text{кг/м}^3$	Предел прочности при сжатии, МПа	Пористость полная, %
1	-	100	0	23	1930	17	22,8
2	$\text{CaCO}_3$	90	10	20,1	1680	19,6	32,8
3		80	20	19,9	1610	17,3	35,6
4		70	30	18,4	1620	16,6	36
5	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	90	10	20	1640	14	34,4
6		80	20	22,7	1540	11,2	38,4
7		70	30	26	1570	8	37,2

### Выводы

1. Оценено влияние осадочных пород гипса двуводного и известняка в качестве газообразователей на изменение формовочной влажности шихты и свойства керамических изделий.

2. Разработан состав для керамического пористого кирпича на основе суглинка Хохольского месторождения Воронежской области по показателям предела прочности при сжатии, средней плотности, пористости: суглинок - 90 %, известняк - 20 %, формовочная влажность – 19-20 % (состав 3).

### Библиографический список

1. Турченко А.Е. Технологические особенности получения объемно-окрашенного керамического кирпича на основе легкоплавкого сырья воронежской области. Белгород. Сб.: Научно-технические технологии и инновации БГТУ им. Шухова. 2014. С. 285-289.

2. Турченко А.Е., Немцев Н.В. Особенности получения керамические облицовочного пористого кирпича на основе местного сырья. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. №1. С 78-79.

### References

1. Turchenko A.E. Technological features of obtaining volumetric-colored ceramic bricks based on low-melting raw materials of the Voronezh region. Belgorod. Sat: High technology and innovation BSTU. Shukhov. Pp. 285-289.

2. Turchenko A. E., Nemtsev N. In. Features of production of ceramic facing porous brick on the basis of local raw materials. Scientific Bulletin of the Voronezh state University of architecture and construction. Series: High technology. Ecology. 2017. Pp. 78-79.

# **АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО**

УДК 625.748.28

*Воронежский государственный  
технический университет*

*Доц. кафедры дизайна*

*А.В.Бортникова.*

*Магистранты кафедры дизайна*

*А.Боголепова, А.Рябова*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7 (980) 246-87-99*

*e-mail: bort56@mail.ru*

*Voronezh State*

*Technical University*

*Associate Professor of the Department  
of Design A.V. Bortnikova*

*Masters of the chair of design*

*A. Bogolepova, A. Ryabova*

*Russia, Voronezh, tel. +7 (980) 246-87-99*

*e-mail: bort56@mail.ru*

А.В. Бортникова, А.И. Боголепова, А.В.Рябова

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В СОЗДАНИИ КОМФОРТНЫХ ЗОН ПАРКИНГОВ И ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ ПАРКОВОК НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА**

В статье рассматривается возможность использования особенностей рельефа местности г. Воронеж в создании перехватывающих обвалованных парковок. Анализ преимуществ подземных паркингов, а так же их значение в структуре города и жизни людей.

**Ключевые слова:** автомобилизация, обвалованные паркинги, перехватывающие парковки, рельеф местности, овраг, проблемы города, заглубленные гаражи.

A.V. Bortnikova, A.I. Bogolepova, A.V. Riabova

## **USING THE RELIEF OF THE URBAN ENVIRONMENT IN THE CREATION OF COMFORTABLE PARKING AREAS AND INTERCEPTING PARKING ON THE EXAMPLE OF VORONEZH**

The article discusses the possibility of creating Park-and-ride lined Parking lots in the city of Voronezh with the use of the terrain, the analysis of the benefits of underground Parking, as well as their importance to the structure of the city and people's lives.

**Keywords:** motorization, lined Parking, Park and ride facilities, terrain, ravine, the problems of the city, the recessed garages.

Одной из самых актуальных проблем больших городов сегодня является перегруженность дорожной сети автомобилями. [1] Стремительная автомобилизация населения, исчезновение бесплатных парковочных мест, перегруженность общественного транспорта в утренние и вечерние часы не добавили позитива в мировосприятие воронежцев. Поскольку стоимость одного часа парковки рассчитана на столичный размер зарплаты, большинству воронежцев приходится парковаться в чужих дворах, что в свою очередь рождает дворовые пробки и негодование местных жителей. Картина удручающая.

Все мегаполисы сталкиваются с проблемами недостатка парковочных мест. На западе для решения данного вопроса проводят различные программы: в старых городах вводят платный въезд в центр, устанавливают лимиты времени стоянок и тому подобное. Один из популярных вариантов - строительство многоуровневых парковок.

Площадь обычной стоянки на 190 парковочных мест приблизительно равна площади занимаемой трехъярусным паркингом на шестьсот машин. Но сдача в аренду такого объекта окупит его за 10-15 лет. И эстетические требования к качеству архитектуры такого объекта, в особенности в сложившейся градостроительной ситуации, достаточно высоки.

Подземные автостоянки — тоже решение проблемы, но, в основном, только для владельцев недвижимости в новых домах с подобными удобствами. Покупка квартиры в новостройке с парковочным местом в просторном, отапливаемом парковочном боксе, принадлежащем на всю жизнь, ну, или, в крайнем случае, в аренду лет так на 60 — предел мечтаний любого автомобилиста. Однако за такие блага цивилизации придется заплатить много больше, чем за квартиру без паркинга. Плюс ежемесячный платеж будет равен квартплате. [2]

Автоматизированные парковки — радикальный и еще более недешевый выход из проблемной ситуации. Автомобили устанавливаются на специально оборудованные платформы, и их поднимает «лифт» на свободные места. Такие механизированные паркинги есть в Будапеште, Гамбурге, Берлине, Стамбуле, Мюнхене. Самый большой минус данного способа — его дороговизна. [3]

В России эта проблема до сих пор «решалась» одной мерой — ростом парков эвакуаторов — «санитаров дорог». А в Воронеже создали платные парковки на всех центральных улицах, не оставив горожанам бесплатной альтернативы.

Наиболее популярна демократичная перехватывающая парковка. Она располагается вблизи путей общественного транспорта соединяющего места проживания населения (как правило, периферийные, жилые зоны города) с местами осуществления трудовой деятельности (чаще всего находятся в центре городского пространства), вблизи железнодорожных станций, станций метрополитена. Перехватывающая парковка предназначена для того, чтобы владелец транспортного средства, оставив его на парковке, пересел в трамвай, троллейбус или маршрутное такси.

Обратимся к цифрам: на территории столицы Черноземья сегодня зарегистрировано 308 автомобилей на 1000 человек. В состоянии строительства находится перехватывающая парковка вблизи Чернавского моста. Но так ли удобно это место? Ведь рядом нет остановок общественного транспорта и все культурные, административные и социальные объекты вообще не в пешеходной доступности. Да и вместимость этой стоянки настолько мала, что их потребуется множество.

Для создания зон паркинга в основном используют ровные открытые площадки. Правобережье Воронежа обладает богатым ландшафтным разнообразием. Если использовать овраги как своеобразные строительные котлованы, созданные самой природой, для создания комфортных перехватывающих обвалованных парковок, можно сэкономить не только на рытье котлована, но и на эстетике фасадов. Озеленение обваловки с использованием разных типов растений позволяет скрывать серые, унылые монолитные, железобетонные и металлоконструкции. В городе достаточно перепадов высот, которые не используются вообще или используются неправильно. «Чижовские» и «Гусиновские» овраги не редко граничащие с центром города заняты ветхим или разрушенным жильем, часто и вовсе — заброшенные пустыри, поросшие сорной травой и подлеском. В местах близкого расположения подъездных путей это особенно расточительное использование территории. И еще: размещение заглубленной парковки между холмами позволяет сделать удобней пешеходную доступность района и обогащает ландшафт благоустроенным озеленением, размещенным на крыше обвалованной парковки.

По современным стандартам расстояние до фасадов жилых или офисных зданий должно составлять не менее 15 метров.[4]

Преимущества обвалованной парковки:

1. снимается вопрос эстетизации сооружения на уровне объемно-пространственного проектного решения;

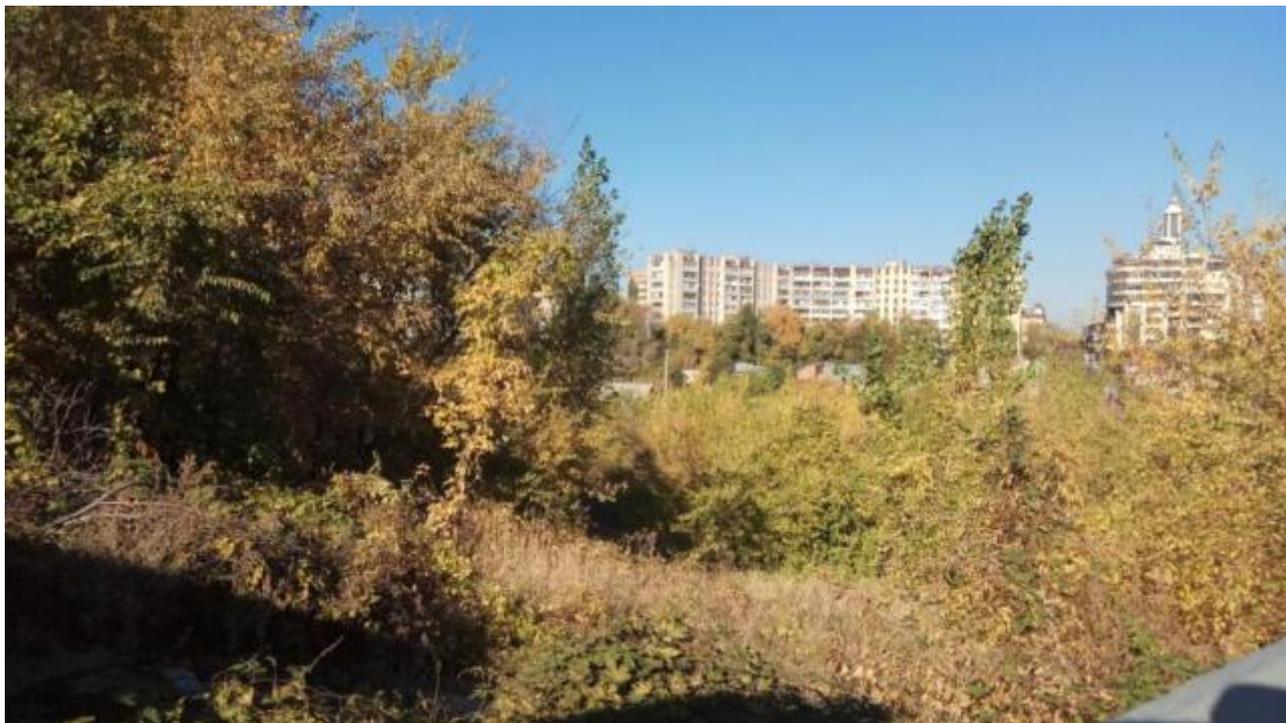
2. экономия средств на облицовочных фасадных материалах;

3. экономия средств на вывозе грунта и мусора;

4. важная часть строительства - рытье котлована - уже выполнена самой природой.

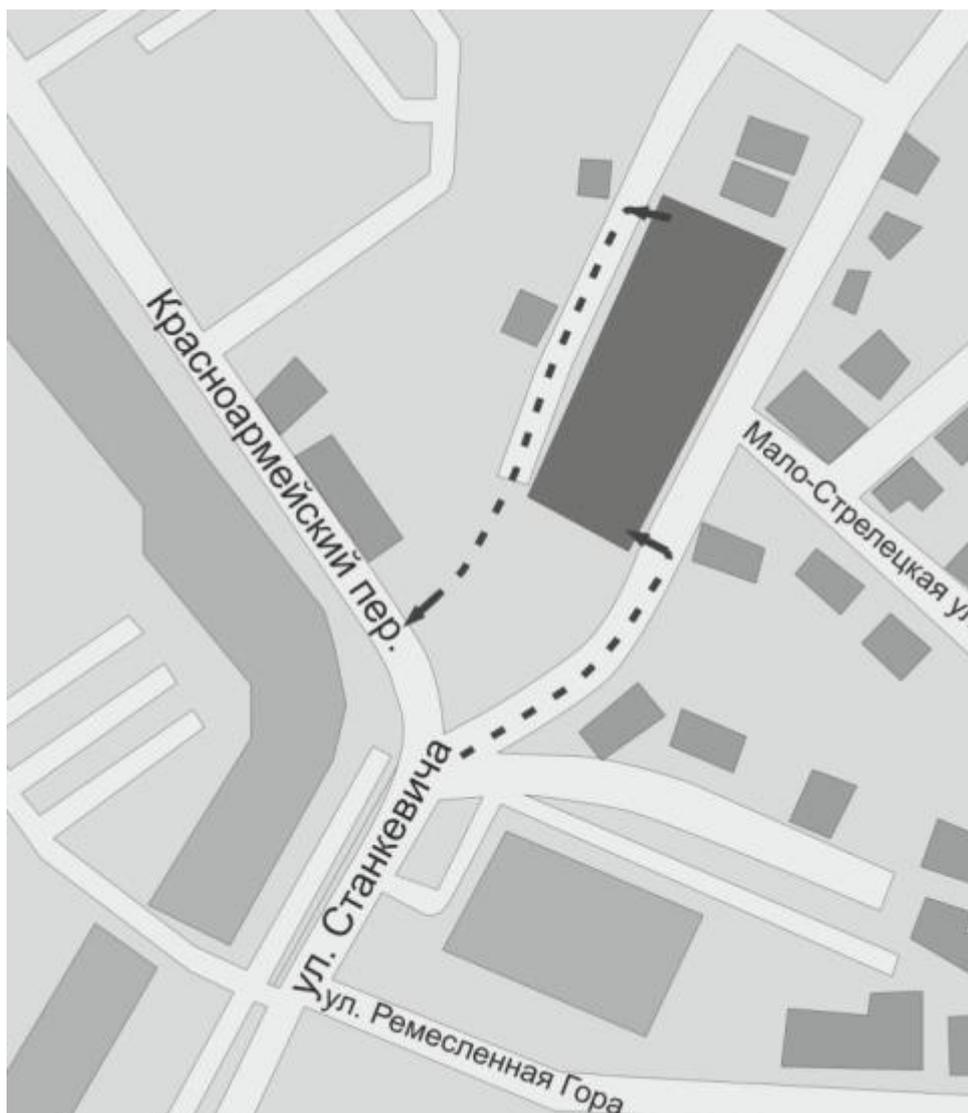
В настоящее время, проектирование обвалованной автостоянки в России явление совершенно нераспространённое. У проектировщиков мало опыта в создании заглубленных типов гаражей, что снижает потребительский интерес. Но, по мнению строительных экспертов и аналитиков, строительство данных объектов является оптимальным решением, особенно на территориях с естественным и сложным рельефом, а также в условиях сложившейся жилой и офисной застройки.

Для примера - интересным местом для размещения парковки является участок на пересечении улицы Станкевича и переулка Красноармейский (рис 1.). Высота оврага там составляет примерно 15 метров, а площадь – 2,7 тыс. кв. м. Исходя из этого, можно построить 3-4уровневую парковку на 200...250 машино-мест.



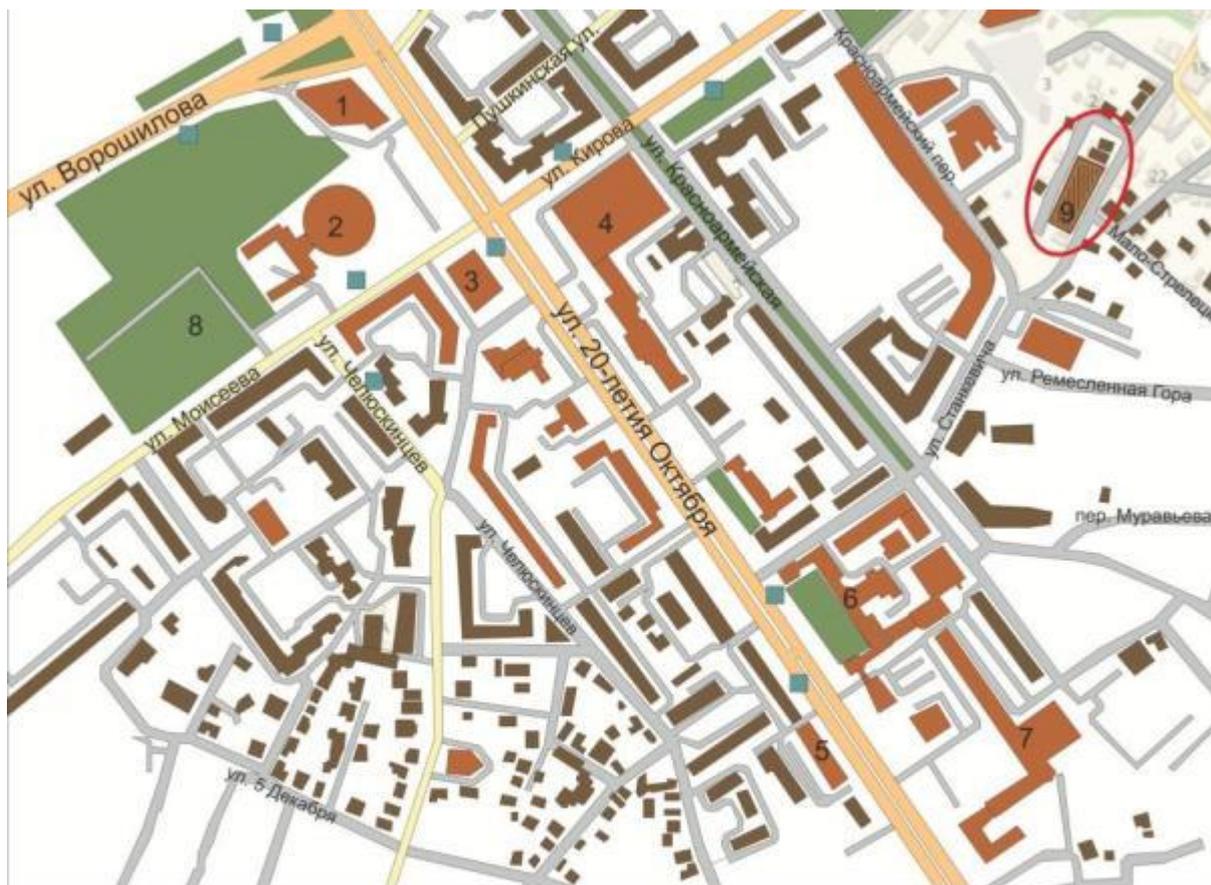
**Рис. 1.** Фото предлагаемого места для строительства парковки

Для этого необходимо подготовить территорию: освободить от ветхих строений, укрепить отвесный грунт подпорными стенами. Въезд в паркинг возможен с переулка Красноармейский и переулка Бестужева(рис 2.). Рельефное расположение этих улиц позволит сделать въезды и выезды на разных уровнях, что снизит загруженность подъездных путей. [5]



**Рис. 2.** Схема направления движения машин к парковке

Территория для предполагаемой парковки находится в центральной части города, в зоне деловой активности. Рядом главные культурные объекты города - Воронежский государственный театр оперы и балета, библиотека им. Никитина, Выставочный зал союза художников, Цирк, Платоновский и Кольцовский скверы, Парк им. Дурова, ТЮЗ. Кроме того – социальные учреждения: Воронежский областной клинический консультативно-диагностический центр, Центральный рынок, два торговых центра- «Солнечный рай» и «Европа» - находятся рядом и остро нуждаются в парковочных местах. И наконец, два крупнейших учебных заведения города – ВГУ и ВГТУ, многочисленные бизнес центры (рис 3.). Важнейшим фактором является развитая дорожно-транспортная и пешеходная сети. На расстоянии 300м- 1км находятся остановки общественного транспорта, откуда можно уехать в любой район города.



- Экспликация:
- 1 - ТЦ Европа
  - 2 - Воронежский Цирк
  - 3 - ТЦ 1000 мелочей
  - 4 - ТЦ Солнечный Рай
  - 5 - ЦФ ВГУП
  - 6 - ВГУ
  - 7 - Деловой центр
  - 8 - Парк им. Дурова
  - 9 - Место для парковки

**Рис. 3.** Схема расположения парковки в городской инфраструктуре

### Вывод

К сожалению, в России проектирование обвалованной автостоянки пока не типовое решение. Но работать над проектом «с нуля» и существенно превышать допустимый бюджет заказчика, в цивилизованном обществе не принято. Ведь «доступная среда» не только стоит больших вложений, но и приносит большую пусть не «быструю» отдачу. «Доступная среда» это и лифты в учебных корпусах для одаренных молодых людей с ограниченными физическими возможностями, и наличие бесплатных парковочных мест, и разумная цена платной парковки, и пока остаются не использованными на благо города доступные решения транспортных проблем, не снижается напряжение в обществе. А перехватывающие парковки не зря имеют популярность во многих крупных городах. Помимо того, что они приносят экономическую пользу городской казне, паркинги существенно влияют на транспортную ситуацию в городе, снимая ряд проблем. Разумеется, при наличии достойного общественного городского транспорта. Воронеж идет по пути решения множества дорожных проблем, и использование особенностей рельефа для создания зон паркинга – один из вариантов, заслуживающих внимания.

## Библиографический список

1. Вавринчук П.А, Рябкова Е.Б. Паркинг – основное решение дефицита парковочных мест // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2014. Т. 2. С. 47.
2. Игнатьев Ю.В. Возведение автомобильных стоянок и парковок в крупных городах // Вестник ЮУрГУ. 2012. № 17. С. 70.
3. Львова О.М., Тулин П.К. Подземные автоматизированные паркинги в центре города // Инженерностроительный журнал. 2009. № 4. С. 12.
4. СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей.
5. Стерлинг Р. Проектирование заглублённых жилищ. Пер. с англ.- Москва, Стройиздат, 1983 С.9., 19.

## References

1. Vavrinchuk P.A, Ryabkova E. Park-the main solution to the shortage of Parking spaces // new ideas of the new century: materials of the international scientific conference FAD TOGU 2014. Vol.2. P. 47.
2. Ignatiev V. construction of Parking lots and Parking lots in major cities / Bulletin of SUSU. 2012. No. 17.P. 70.
3. Lviv O.M., Tulin P.K. Underground automated Parking in the city center // Engineering journal. 2009. No. 4.P. 12.
4. SP 113.13330.2012 Parking.
5. Sterling R. design of buried dwellings. Per. with English. - Moscow, Stroyizdat, 1983 P. 9., 19.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, доцент Кафедры  
проектирование зданий и сооружений  
им. Н.В. Троицкого Т.В.Макарова  
Тел. 8-(920)-416-73-35  
Магистрант кафедры проектирования зда-  
ний и сооружений им. Н.В. Троицкого  
А.С. Нужная  
Россия, г. Воронеж, тел. 8-(903)-856-21-64  
e-mail: [alina.nuzhnaya@yandex.ru](mailto:alina.nuzhnaya@yandex.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Kand. tech. Sciences, associate Professor of  
the Department of design of buildings and  
constructions. H.V. Troitskogo T.V. Makarova  
Tel. 8-(920)-416-73-35  
Magistrate of Dept. of designing buildings  
and constructions the name of N.V. Troitsky  
A.S. Nuzhnaya  
Russia, Voronezh, tel. 8-(903)-856-21-64  
e-mail: [alina.nuzhnaya@yandex.ru](mailto:alina.nuzhnaya@yandex.ru)*

Т.В. Макарова, А.С. Нужная

### **СРАВНЕНИЕ ЭСКИЗНЫХ ВАРИАНТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ПО КРИТЕРИЯМ ОПТИМИЗАЦИИ**

В статье обосновывается актуальность и практическая значимость аспектов проектирования и строительства современных детских образовательных учреждений (ДОУ) с учетом основных факторов оптимизации объемно-планировочных решений. Анализируются основные факторы, учитывающие при разработке проекта; обосновывается выбор объемно-планировочных решений зданий, заданного назначения. Производится сравнительный анализ эскизных вариантов детских садов на основании обозначенных критериев.

**Ключевые слова:** детское дошкольное учреждение, архитектурная образность, функционально-планировочные решения, вариативность форм.

T.V. Makarova, A.S. Nuzhnaya

### **COMPARISON OF EXCEPTIONAL OPTIONAL DECISIONS OF CHILDREN PRESCHOOL INSTITUTIONS BY OPTIMIZATION CRITERIA**

The article substantiates the relevance and practical importance of aspects of the design and construction of modern children's educational institutions (DOW), taking into account the main factors of optimization of space-planning solutions. The main factors that take into account in the development of the project are analyzed; the choice of space-planning solutions of buildings for a given purpose is justified. The comparative analysis of sketch variants of kindergartens on the basis of the designated criteria is made.

**Keywords:** preschool institution, architectural figurativeness, functional planning solutions, variability of an interior.

Актуальность рассматриваемой темы заключается в изучении факторов определяющих функциональность, экономичность и выразительность общественных зданий и состоит в создании, критическом анализировании и оптимизации различных вариантов эскизных ре-

шений за счёт выбора рациональных объемно-планировочных параметров детских дошкольных учреждений относительно обозначенных критериев.

Определение параметров здания является важным этапом формирования его объемно-планировочной структуры, поскольку рациональное решение, принятое на начальной стадии проектирования, определяет функциональность, экономичность и энергоэффективность всего проекта в целом.

Для решения поставленной задачи – оптимизации параметров объемно-планировочных решений детских дошкольных учреждений был выполнен анализ теоретических исследований и практических рекомендаций по проблемам формирования рациональных типов зданий.

Анализ описанных подходов позволил определить основные требования к решению задач выбора рациональных параметров объемно-планировочных решений детских дошкольных учреждений эскизной стадии проектирования с учетом основных критериев, влияющих на выбор параметров зданий.

Рассмотрим наиболее востребованные **критерии оптимизации** общественных зданий массового строительства.

Основными направлениями оптимизации объемно-планировочной конфигурации детских дошкольных учреждений следует считать:

- Обеспечение компактности в плане с целью получения оптимальных показателей энергоэффективности;
- Создание функциональной выразительности и индивидуальности здания;
- Обеспечение функциональности проектируемого объекта в соответствии с заданным назначением [1].

**Сравнительный анализ** заключается в подборе и оценке наиболее приемлемых вариантов, исходя из предложенных критериев оптимизации.

Этапы оптимизации были рассмотрены на примере 2-х вариантов объемно-планировочных решений детских дошкольных учреждений.

Первый вариант отличается своей индивидуальной функциональной выразительностью и оригинальным планировочным решением, обусловленным необычной формой здания в плане. Данный вариант объемно-планировочного решения детально разработан на основании идей найденных в сети интернет (рис.1,а) [2].

Второй вариант – типовой проект, который отражает максимальную функциональность в процессе использования здания. Создатели проекта стремились к обеспечению оптимальных показателей компактности в плане и возможности обеспечения промышленных способов возведения. Данные факторы отразились на простоте его форм и обеспечивают минимальный периметр наружных ограждений здания. Пример варианта принят в соответствии с типовым проектом массового строительства детских дошкольных учреждений в советское время (рис.1,б)[3].

### **Сравнение по коэффициенту компактности**

Для оптимизации использовали основной критерий – коэффициент компактности.

Коэффициент компактности здания  $K_{\text{комп}}$  - отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему

$$K_{\text{комп}} = \frac{A}{V_{\text{от}}}, \quad (1)$$

где  $A$  -общая площадь внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания,  $\text{м}^2$ ;

$V_{\text{от}}$  – отапливаемый объем здания,  $\text{м}^3$ .

Определение коэффициента компактности:

- для первого варианта

$$K_{\text{комп}} = 7335/13510=0,64;$$

- для второго варианта

$$K_{\text{комп}} = 3730/11460=0,33$$

По результатам расчета следует, что наиболее компактным является второй вариант.

Т.к. очевидно, что у первого варианта отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций зданий к отапливаемому объему превышает значение второго варианта (табл.1).

Таблица 1

Расчеты коэффициентов компактности для двух вариантов ДДУ

	Вариант 1	Вариант 2
Коэффициент компактности	0,64	0,33

Для сравнительного анализа полученных значений показателей компактности зданий детских дошкольных учреждений будем ориентировочно использовать значения коэффициентов компактности для жилых зданий.

Расчетный показатель компактности жилых зданий, как правило, не должен превышать следующих нормируемых значений (табл.2)

Таблица 2

Показатели компактности для жилых зданий

Этажность	Значение коэффициента компактности
1	1.1
2	0.9
3	0,54
4	0,43

Таким образом, оба полученных результате не превышают предельно допустимого значения коэффициента компактности, указанному для зданий в два этажа. [4]

### Сравнение по архитектурно-функциональной выразительности

Первый вариант отличается особой архитектурно-выразительной конфигурацией благодаря необычной форме в плане, а именно цветок с лепестками и различной конфигурации окон на 1 и 2 этажах.

Во втором варианте функциональная выразительность достигается за счёт фасадной отделки.

Субъективно именно первый вариант отражает архитектурную значимость и внешнюю смысловую выразительность для зданий детских дошкольных учреждений.



а)

б)

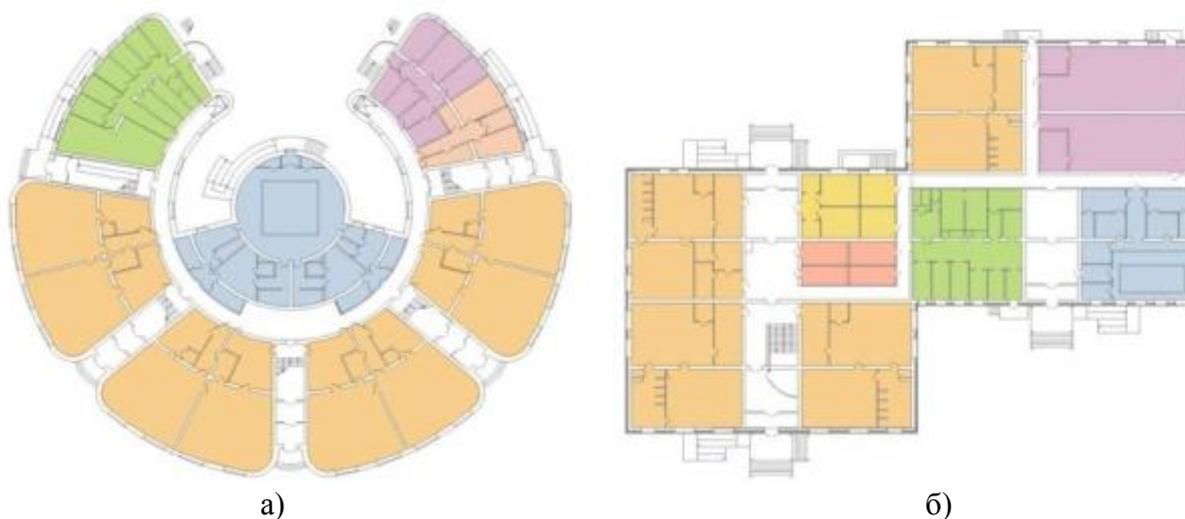
**Рис. 1.** Примеры архитектурной выразительности зданий:  
а – здание с особой конфигурацией и архитектурной образностью; б – типовой проект с фасадным решением

### Сравнение по функциональности планировки

Сравниваемые варианты по уровню функциональных схем описывают различные планировочные решения.

С точки зрения функциональности оба варианта не уступают друг другу. Функциональность здания первого варианта подчеркивается четким выделением и разграничением различных функциональных зон (групповые ячейки, спортивная зона, бассейн, актовый зал, медпункт, блок питания, административная зона) (рис. 2,а).

В связи с максимально рациональным расположением помещений планировки 2 варианта функциональность процесса обеспечена максимальным образом, что обеспечивает наиболее быстрый доступ к каждой групповой ячейке (рис. 2,б).



а)

б)

**Рис. 2.** Функциональные схемы первого и второго вариантов:  
а – индивидуальная конфигурация с четким выделением зон; б – два примыкающих объема квадратной формы

Мной в рамках данного исследования были разработаны варианты эскизных решений для анализа выбора объемно-планировочных решений. Выбранные варианты принципиально отличались друг от друга по функциональности, архитектурной образности, компактности. В результате был произведен расчет данных вариантов по коэффициенту компактности здания

и определен самый оптимальный вариант. Далее был проведен сравнительный анализ двух зданий по функциональности и архитектурной выразительности.

В результате оба предложенных варианта объемно-планировочных решений соответствуют требованиям, необходимым для проектирования и строительства детских дошкольных учреждений. По коэффициенту компактности наиболее выгодным является второй вариант. Максимальная архитектурная выразительность достигается в первом варианте.

Таким образом, определим цель дальнейших исследований в рамках магистерской диссертации, которая состоит в оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений при обеспечении индивидуальной архитектурно-функциональной выразительности, компактности и энергоэффективности при обеспечении функциональности здания.

Для достижения поставленной цели предполагается решить следующие задачи:

1. Сформулировать критерии оптимизации объемно-пространственной и планировочной конфигурации.
2. Изучить существующие принципы формирования композиционного решения.
3. Рассмотреть возможности обеспечения компактности и энергоэффективности в зданиях.
4. Разработать варианты эскизных решений.
5. Сравнить предложенные эскизные варианты по критериям оптимизации.
6. Осуществить детальную разработку выбранного оптимального по рассмотренным критериям варианта.

В современной архитектуре крупного города для архитекторов принципиально важно при проектировании совмещать множества различных факторов. В них должен соблюдаться баланс между выразительным внешним обликом, комфортом и функциональностью.

Каждый из нас хочет, чтобы детский сад, в который ходит его ребёнок, был красивым, комфортабельным и безопасным. Все эти качества должны быть обеспечены на базисном этапе его строительства – проектировании [5].

#### Библиографический список

1. Макарова Т.В. Сравнение вариантов объемно-пространственных конфигураций зданий с целью обеспечения минимальных теплопотерь / Макарова Т.В., Малиенко Е.А.// Научный вестник Воронежского архитектурно-строительного университета. Серия «Высокие технологии. Экология». Воронеж.- 2016. – С. 178-184.
2. <https://arxip.com/projects/architecture/>
3. <http://berezka65.ucoz.ru>
4. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».
5. <http://southprojects.ru/proektirovanie/grazhdanskoe/normy-detskikh-sadov/>

#### References

1. Makarova T.V. Sravnenie variantov ob'emno-prostranstvennyih konfiguratsiy zdaniy s tselyu obespecheniya minimalnyih teplopoter. / Makarova T.V., Malienko E.A.//NauchnyyvestnikVoronezhskogogosudarstvennogoarhitekturno-stroitel'nogouniversiteta. Seriya «Vyisokietehnologii. Ekologiya».Voronesh. – 2016. – S.178-184.
2. <https://arxip.com/projects/architecture/>
3. <http://berezka65.ucoz.ru>
4. SP 50.13330.2012 «Teplovayazaschitazdaniy».
5. <http://southprojects.ru/proektirovanie/grazhdanskoe/normy-detskikh-sadov/>

*Воронежский государственный  
технический университет  
Профессор, кандидат технических наук  
Л.П. Салогуб,  
студенка магистратуры, кафедры  
проектирование зданий и сооружений  
Д.Г. Черкашина  
Россия, г. Воронеж, тел. 8(980)542-54-85  
e-mail: [cherkashina\\_daria@bk.ru](mailto:cherkashina_daria@bk.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Professor, Ph.D. in Technical Sciences  
L.P. Salogub,  
Master's student, Department  
of Building Design and Structures  
D.G. Cherkashina  
Russia, Voronezh, tel. 8(980)542-54-85  
e-mail: [cherkashina\\_daria@bk.ru](mailto:cherkashina_daria@bk.ru)*

Л.П. Салогуб, Д.Г. Черкашина

## **К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ЗАЛОВ КИНОТЕАТРОВ**

Рассмотрены варианты проектирования зрительных залов кинотеатров, на стадии планировочного решения с учетом конструктивных особенностей проекта здания, а так же объемно планировочные решения для киноаппаратного комплекса.

**Ключевые слова:** Зрительные залы, требования при проектировании.

L.P. Salogub, D.G. Cherkashina

## **TO THE QUESTION OF DESIGNING THE VISITORS OF CINEMATOGRAPHIC ORGANIZATIONS**

The options for designing cinema auditoriums at the planning stage are considered, taking into account the design features of the building project, as well as space-planning solutions for the film-making complex.

**Keywords:** auditoriums, design requirements.

### **Введение**

При проектировании кинотеатров уже на начальном этапе необходимо представлять, какие возможности есть для размещения здания, оценить занятые площади и количество мест в кинотеатре. Главным ядром здания является зрительный зал, о конструктивных особенностях, которого пойдет речь далее.

Основная объемно-планировочная, функциональная и художественная задача при проектировании зрительных залов кинотеатра – найти наиболее удачное и рациональное сочетание зрительного комплекса и остальных помещений.

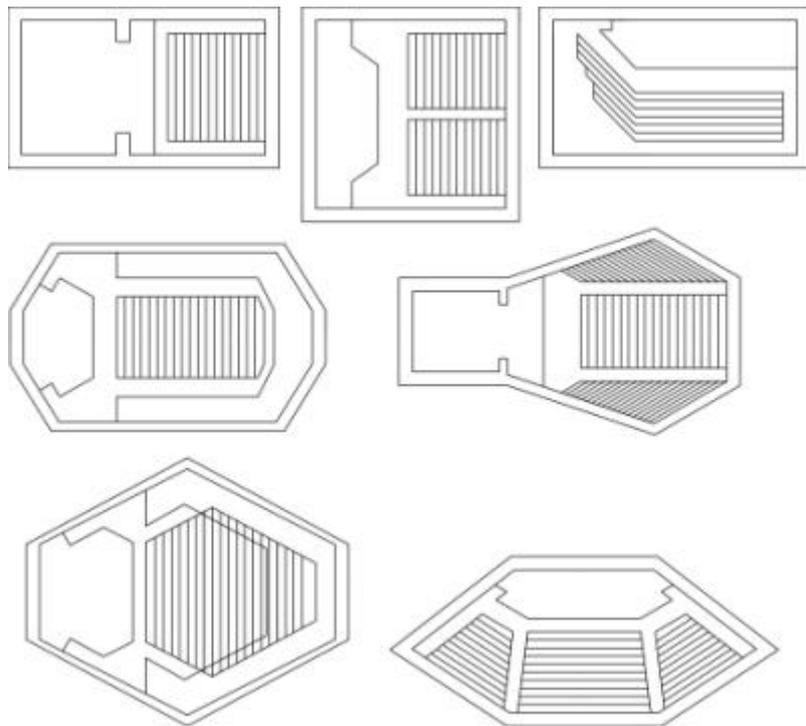
Проектирование подобных комплексов не простая и многоплановая задача. Современные технологии позволяют воплощать различные композиционные приемы, с конструктивными и архитектурно-художественными формами зданий. В архитектурном проектировании всегда особое место занимали здания, учреждения и комплексы культуры. Это обусловлено их особой ролью в жизни общества.

Значимость зданий данного типа обуславливает тщательный поиск архитектурного образа исходя не только из особенностей определенной формы представления, но и выявления уникальности объекта для решения градостроительных задач. Разнообразие архитектурно-планировочных решений зрелищных зданий объединяет единая композиционная основа – наличие ядра здания главного зала.

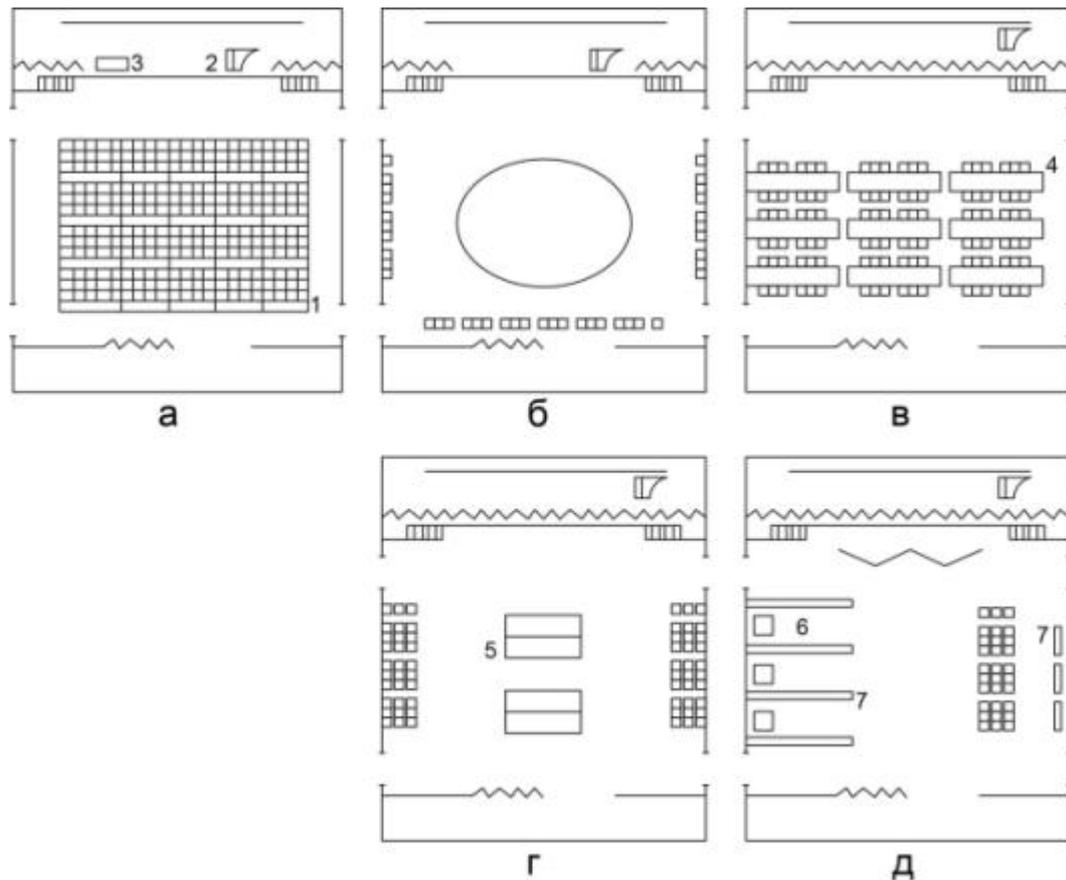
## Зрительный зал, конструктивные решения

Зальная система планировки предусматривает одно главное помещение здания, как правило, определяющее его функциональное назначение, вокруг которого группируются остальные необходимые помещения.

Зрительный зал является необходимым планировочным элементом всех типов. Форму зрительных залов целесообразно избирать согласно требованиям комфортной видимости, а также с учетом композиционного решения здания, согласно рисункам 1 и 2.



**Рис. 1.** Варианты решения формы зрительных залов в плане на 150-500 мест



**Рис. 2.** Схема трансформации зрительного зала:  
а — для демонстрации кинофильмов, лекций и концертов; б — для танцев и массовых игр;  
в — для расширения столовой; г — для занятий спортом; д — для выставок;  
1 — кресла; 2 — рояль; 3 — трибуна; 4 — столы обеденные со стульями;  
5 — столы для настольного тенниса; 6 — выставочная витрина; 7 — выставочный стенд

При трансформации универсальных залов, рисунок 2, необходимо учитывать их зрелищные функции, которые оценивают тремя параметрами: предельное удаление зрителя, беспрепятственная видимость, горизонтальные и вертикальные углы обозрения. Предельное удаление влияет на параметры зала; беспрепятственная видимость обуславливает профильную линию пола: горизонтальную, наклонную или ступенчатую. Профильная линия пола определяет расположение зрительских мест в одном или нескольких уровнях (балконы, галереи, ярусы). Вертикальные и горизонтальные углы обозрения обеспечивают качество видимости, создавая комфортное зонирование зрительских мест.

На комфортность зрительских мест оказывают влияние условия формообразования зрительных залов различного функционального назначения. Функции универсального зала связаны с восприятием плоской картины изображения на экране (обычном, широком и широкоформатном). Ощутимые искажения плоскостных фигур на экране возникают, если угол наблюдения менее  $45^\circ$ . Поэтому зона зрительной комфортности возникает в пространстве перед экраном.[1]

#### Условия проектирования зрительного зала с кинопроекционной

Основная объемно-планировочная, функциональная и художественная задача при проектировании – найти наиболее удачное и рациональное сочетание зрительского комплекса и остальных помещений.

Основой формообразования зала являются условия кинопроекции и требование расположения зрительских мест в зоне оптимальной видимости. Именно это определяет габариты зала (длину, ширину, высоту) и профиль его пола, размеры и размещение экрана, характер расположения мест.

Расчетную длину зала (ДЗ) – расстояние по оси зала от экрана до спинки сиденья последнего ряда – определяют по формуле

$$ДЗ = 1,2 - \sqrt{N},$$

где N – количество зрителей.

Для кинотеатров круглогодичного действия эта длина не должна превышать 45 м, для кинотеатров сезонного действия — 60 м.

Исходя из значения длины зала, определяют необходимую в данном случае ширину рабочего поля экрана (ЛЛП) (по хорде), которая в зависимости от типа экрана составляет определенную часть длины зала: для обычного экрана — 0,25, широкоформатного- 0,6, широкого — 0,43, кашетированного — 0,34.

Высоту экрана рассчитывают, исходя из соотношений высоты и ширины различных типов экранов, которые составляют: для обычного экрана — 1:1,37, широкоформатного- 1:2,2, широкого-1:2,35, каптированного — 1:1,66.

Размещение зрительских мест по отношению к экрану определяется условиями оптимальной видимости и диктуется нормативными расстояниями глаз зрителя от экрана, горизонтальными и вертикальными углами его обозрения.

Расстояние от экрана до спинки сиденья первого ряда лимитируется удобством обозрения экрана в вертикальной плоскости и зависит от типа экрана. Оно должно быть не менее 1,44 ширины обычного экрана, 0,84- широкого и 0,6- широкоформатного.

Из условий восприятия изображения на экране вертикальный угол, ограничивающий размещение зрительских мест в зоне оптимальной видимости, составляет 30° вверх и 20° вниз от оси экрана. В этой зоне следует располагать зрительские места, но при условии обеспечения зрителям беспрепятственной видимости экрана.

Боковые места зрительного зала следует размещать в пределах угла 90° с вершиной в центре экрана (или 45° от нормали к центру экрана).

Задней границей размещения зрительских мест является отрезок окружности с радиусом, равным длине зала минус расстояние от экрана до спинки первого ряда (Д-Г), и центром, лежащим на пересечении оси зала и спинки первого ряда.

Профиль пола зала строят, исходя из условий беспрепятственной видимости зрителями экрана, условий кинопроекции и восприятия изображения.

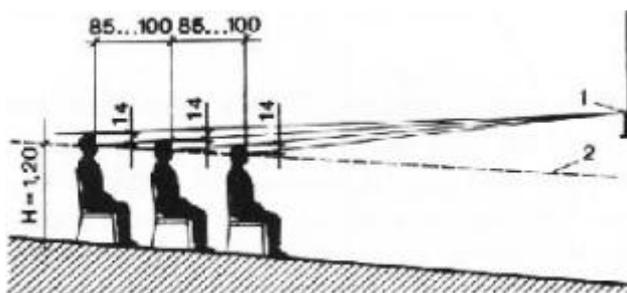
Важнейшим условием видимости является беспрепятственный обзор локоном, следует принимать не более 1,5 ее высоты поверхности экрана с любого зрительского места. Для того чтобы впереди сидящие зрители не заслоняли экран, он должен просматриваться выше их голов. Для полного обзора изображения в любой точке экрана, а наиболее критической является нижняя его кромка, необходимо, чтобы луч, проведенный от глаз каждого зрителя к нижней кромке экрана, проходил на 14 см выше уровня глаз впереди сидящего зрителя. Такое превышение на 2 см выше среднего расстояния от уровня глаз человека до верха головы. Эту величину называют превышением луча зрения и обозначают буквой «с», рисунок 4.

Для того чтобы достигнуть нужного превышения глаз зрителей каждого ряда, следует делать пол зала с уклоном, понижающимся к экрану. Найти линию уклона пола можно разными методами: графическим, графоаналитическим и аналитическим. Для построения необходимо задаться фокусной точкой, в которую направлены лучи зрения (для кинотеатра это нижняя кромка экрана по его оси), расстоянием между спинками кресел, высотой глаз сидящих зрителей (принимают равной 1,20 м от пола), рисунок 3.

Для построения графическим методом по идеальной кривой находят фокусную точку, проводят вертикали спинок кресел рядов, откладывают по вертикали от пола первого ряда

1,34 м (1,20+0,14), соединяют полученную точку с фокусной и продолжают эту прямую до пересечения с вертикалью следующего ряда. Полученная точка означает уровень глаз зрителя этого ряда. Такое построение делают для каждого последующего ряда. От каждой точки, обозначающей уровень глаз сидящего зрителя, откладывают размер 1,20 м и таким образом получают необходимый уровень пола под каждым креслом. При одинаковом для всех рядов превышении подъем пола образует криволинейную поверхность. Это влечет изменение с каждым рядом высоты подступенка, что создает неудобства при строительстве.

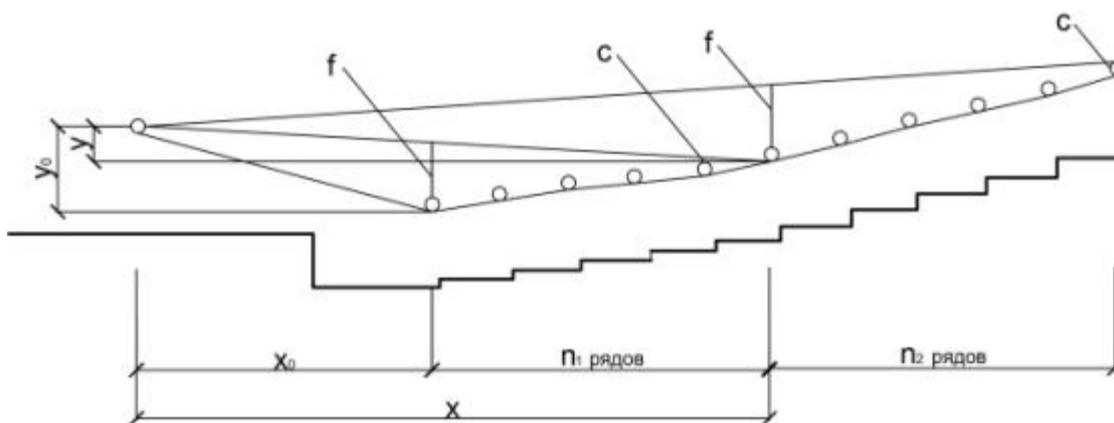
Если задаться равными высотами подступенков, изменится превышение луча зрения для всех рядов, кроме последнего, причем в большую сторону, что приведет к неоправданному завышению крутизны пола.



**Рис. 3.** Схема построения превышения зрительских мест из условий видимости в зрительном зале кинотеатра:  
1 — нижняя кромка экрана; 2 — линия уровня глаз зрителей

Число отрезков следует принимать: для амфитеатров - не более четырех, для балконов - не более двух. Это позволяет приблизить профиль пола к идеальной кривой равных превышений.

В крупных кинотеатрах (вместимостью более 1000 зрителей) целесообразно устройство балкона, частично перекрывающего партер, что позволяет полнее использовать зону оптимальной видимости. Количество мест на балконе обычно составляет 25... 30% от общей вместимости зала. Зрительные залы с балконами иногда для большего композиционного единства и удобства загрузки и эвакуации устраивают так, чтобы боковые крылья балкона опускались до уровня партера.



**Рис. 4.** Построение профиля пола по отрезкам ломаной кривой

## Вывод

Проектирование зрительных залов кинотеатра, сложный и многоэтапный процесс. Рабочее проектирование, которого должно включать основные требования такие как: разработку геометрии кинозалов, фойе, технических, технологических и вспомогательных помещений кинотеатра, разработку технологических решений, технологические и конструктивные решения по размещению кинотехнологического и вспомогательного оборудования; акустические расчеты кинозалов, в том числе выбор материалов звукопоглотителей.

## Библиографический список

1. СП 118.13330.2012\* Общественные здания и сооружения.
2. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений / Гельфонд А.Л. // Архитектура-С, - 2007 с.125-128
3. Нойферт Э. Строительное проектирование / Нойферт Э. // Архитектура-С, - 2010 с.

## References

1. SP 118.13330.2012 \* Obshchestvennyye zdaniya i sooruzheniya.
2. Gel'fond A.L. Arkhitekturnoye proyektirovaniye obshchestvennykh zdaniy i sooruzheniy / Gel'fond A.L. // Arkhitektura-S, - 2007 s.125-128
3. Noyfert E. Stroitel'noye proyektirovaniye / Noyfert E. // Arkhitektura-S, - 2010 s.

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА**

УДК 625.731.863

*Воронежский государственный  
технический университет*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры  
проектирования автомобильных дорог  
и мостов В.П. Волокитин*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры  
проектирования автомобильных дорог  
и мостов А.В. Ерёмин*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры  
проектирования автомобильных дорог  
и мостов О.А. Волокитина*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)2-71-52-02;  
e-mail: [nova.vp@mail.ru](mailto:nova.vp@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University*

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of  
Postgraduate at the Department of Road  
and Bridge V.P. Volokitin*

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of  
Postgraduate at the Department of Road  
and Bridge A.V. Eremin*

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of  
Postgraduate at the Department of Road  
and Bridge O.A. Volokitina*

*Russia, Voronezh, tel. +7(473)2-71-52-02  
e-mail: [nova.vp@mail.ru](mailto:nova.vp@mail.ru)*

В.П. Волокитин, А.В. Ерёмин, О.А. Волокитина

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА КОНСТРУКЦИИ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДОМ ВДАВЛИВАНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ШТАМПА**

Предложен метод оценки качества устройства конструктивных слоев нежесткой дорожной одежды путем получения основных расчетных характеристик таких как модуль упругости, угол внутреннего трения, коэффициент сцепления, вдавливанием сферического штампа в упругое полупространство.

**Ключевые слова:** сферический штамп; модуль упругости; угол внутреннего трения; коэффициент сцепления; деформация; прочность; слой.

V.P. Volokitin, A.V. Eremin, O.A. Volokitina

## **ESTIMATION OF THE QUALITY OF A DEVICE OF A STRUCTURE CONSTRUCTION OF SUSTAINABLE ROAD CLOTH BY OBTAINING THE DESIGNATIVE CHARACTERISTICS BY THE PRESSURE OF SPHERICAL STAMPING**

A method is proposed for assessing the quality of a device for structural layers of a non-rigid pavement by obtaining basic design characteristics such as elastic modulus, angle of internal friction, adhesion coefficient, indentation of a spherical stamp into an elastic half-space.

**Keywords:** spherical stamp; the elasticity module; corner of an internal friction, coupling factor; deformation; strong; a layer.

В настоящее время огромное внимание уделяется вопросам текущего состояния и качеству устройства дорожных одежд, а также испытанию и оценке деформационно-прочностных характеристик, на основании которых можно определить вероятность возникновения деформаций и своевременно принять меры, предотвращающие их развитие.

Исходя из представлений о напряженно-деформируемом состоянии дорожных одежд, для прогнозирования их долговечности на стадиях проектирования и строительства, необходимо знать достоверные расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды: модуль упругости и деформации; прочностные показатели в виде предельных напряжений; распределение напряжений по толщине слоя; внутреннее трение и сцепление между частицами; значение коэффициента Пуассона [1].

Сохранение эксплуатационных качеств автомобильной дороги в процессе длительной эксплуатации возможно лишь при учете механики накопления пластических деформаций во всех конструктивных слоях дорожной одежды, и более жестких требований, предъявляемых к материалам, применяемых в дорожном строительстве. При этом необходимо учитывать способность материалов в различной степени проявлять упругие и пластические свойства, степень проявления которых зависит от уровня напряжений, числа и длительности загрузений.

В настоящее время необходимо решение проблемы повышения долговечности и работоспособности дорожных одежд нежесткого типа путем учета при расчете большого количества динамических воздействий и более высокой нагрузки на колесо расчетного автомобиля.

Немаловажным фактором для решения данной проблемы является необходимость соответствия расчетных характеристик конструктивных слоев дорожных одежд и грунта земляного полотна, назначенных на стадии проектирования, фактическим значениям деформационно-прочностных свойств конструктивных слоев в период строительства.

На стадии проектирования показатели деформационно-прочностных свойств конструктивных слоев назначаются на основе многочисленных экспериментальных исследований и имеют, в одних случаях, усредненные значения, а, в других случаях, значительный диапазон возможных значений.

Как известно, дорожная одежда подвергается воздействию повторных нагрузок движущихся автомобилей, приводящих к явлению усталости. Поэтому, задачами исследования являются: 1) необходимость учета процессов, протекающих в конструкции при ее многократном нагружении, при выборе расчетной схемы и критериев предельного состояния; 2) повышение деформационных и прочностных характеристик за счет уменьшения необратимых деформаций, вызванных пластическими смещениями в одном из элементов конструкции.

Поэтому с целью сохранения высоких эксплуатационных качеств нежесткой дорожной одежды в течение расчетного срока службы необходимо рассматривать ее работу в стадии обратимых деформаций.

Выбор критерия предельного состояния для расчета нежестких дорожных одежд обусловлен тем, что автомобильные дороги подвержены воздействию кратковременной нагрузки от движущегося автотранспорта, которая, в отличие от статической, приводит к более быстрому затуханию напряжений по глубине и вызывает при прочих равных условиях меньшую деформацию конструкции.

Вследствие того, что дорожные одежды состоят из слоев разнородных по своим свойствам материалов, недостаточно или вовсе неспособных сопротивляться растягивающим напряжениям, поэтому превышение напряжений сопротивления сдвигу в материалах этих слоев приводит к накапливающимся от многократных приложений нагрузки остаточным деформациям, в результате чего дорожная одежда начинает разрушаться. Поэтому обязательным критерием прочности при расчете конструкций дорожных одежд следует считать достижение местного предельного равновесия по сдвигу в подстилающем грунте или слабосвязном материале одного из слоев.

Кроме этого при расчете оснований нельзя пренебрегать условиями сопряжения слоев, которые зависят от характера поверхности и степени сцепления слоев на контакте.

На практике значение модуля упругости отдельного конструктивного слоя можно получить при послойном испытании дорожной одежды жестким штампом при динамическом или статическом действии нагрузки [3]. Данный метод наиболее применим в процессе строительства дорожной одежды, но не является достаточно надежным, так как определение модуля упругости может производиться на недостаточно сформировавшихся слоях. В случае использования метода послойного определения модулей упругости, в процессе эксплуатации возникает необходимость устройства шурфа минимальным размером 1,0 x 1,0 м на всю толщину дорожной одежды с последующей заливкой данного шурфа бетонной смесью.

В свою очередь, значения модулей упругости материалов конструктивных слоев, приведенные в нормативных документах, [4] являются слишком обобщенными и не учитывают разнообразия механических свойств материалов и не отражают технологических особенностей строительства дорожной одежды, оказывающих значительное влияние на прочность конструкции.

Таким образом, предложенный метод вдавливания сферического штампа для определения расчетных характеристик конструктивных слоев нежестких дорожных одежд, работающих в стадии обратимых деформаций, позволяет учесть все вышеперечисленные особенности. В качестве расчетной схемы используется модель слоистого упругого полупространства (рис.1).

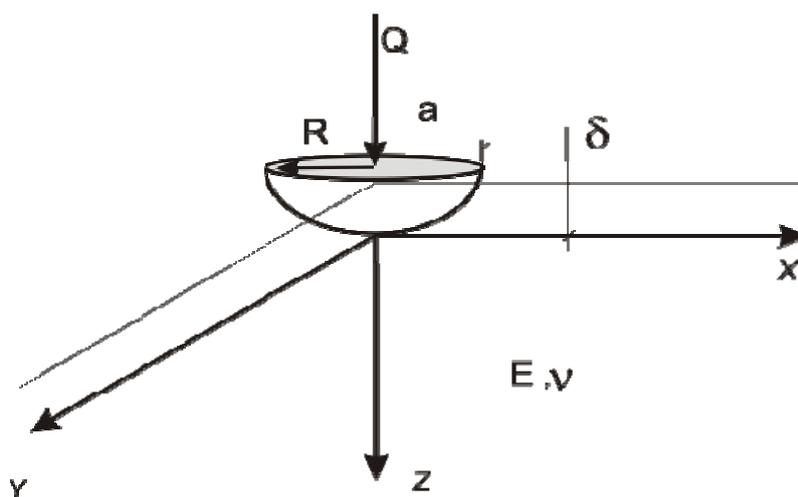


Рис. 1. Расчетная схема при вдавливании сферического штампа

Жесткий сферический штамп радиусом  $R$  под воздействием силы  $Q$  погружается в упругое полупространство, которое характеризуется модулем упругости  $E$  и коэффициентом Пуассона  $\nu$ . Перемещение осуществляется по оси  $OZ$  направленной внутрь полупространства. При оценке равновесия штампа рассматриваются область контакта  $\Omega$ , а в частности точки смещенной поверхности  $S$  после вдавливания. При этом образуется круговая площадка с радиусом окружности равным  $a$  (3).

Уравнение равновесия описывается зависимостью (1)

$$Q = \iint_{\Omega} p(x, y) dx, dy, \quad (1)$$

Перемещения точек поверхности  $S$  вдоль оси  $z$  имеет вид (2)

$$\omega = \delta - \varphi(x, y), \quad (2)$$

Радиус площадки опирания  $a$  (3) и перемещения сферического штампа  $\delta$  (4) в зависимости от приложенной силы  $Q$  определяют следующим образом

$$a = \left[ \frac{3}{4} \cdot \frac{Q \cdot (1 - \nu^2)}{E} \cdot R \right]^{1/3}, \quad (3)$$

$$\delta = \left[ \frac{3}{4} \cdot \frac{Q \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot \sqrt{R}} \right]^{2/3}, \quad (4)$$

При известных значениях перемещения сферического штампа ( $\delta$ ) и величине приложенной силы ( $Q$ ) решение (5) может быть использовано для оценки модулей упругости конструктивных слоев нежесткой дорожной одежды, применяемых при расчете на статическое воздействие нагрузки.

$$E = 0,75 \cdot \frac{Q \cdot (1 - \nu^2)}{\delta \cdot \sqrt{\delta \cdot R}}, \quad (5)$$

На основании гипотезы, заключенной в том, что при циклическом нагружении штампа постоянной нагрузкой в результате накопления остаточных деформаций и увеличения площади поверхности опирания под штампом формируется область установившихся напряжений  $\sigma_{nz} = \sigma_{yz}$ , которые не превосходят упругих характеристик конструктивного слоя и могут характеризовать его прочностные свойства [5,6]. При этом сформировавшаяся поверхность под воздействием сферического штампа сводит к минимуму влияние неоднородности материала слоя, а практическое отсутствие остаточных деформаций позволяет рассматривать конструктивный слой при данных напряжениях как упругое полупространство. При рассмотрении модели вдавливания сферического штампа в упруго – пластическую среду и жестко – пластическую среду с учетом метода циклического вдавливания штампа можно получить зависимости (6-9) для определения угла внутреннего трения и коэффициента сцепления в различных конструктивных слоях (рис. 2).

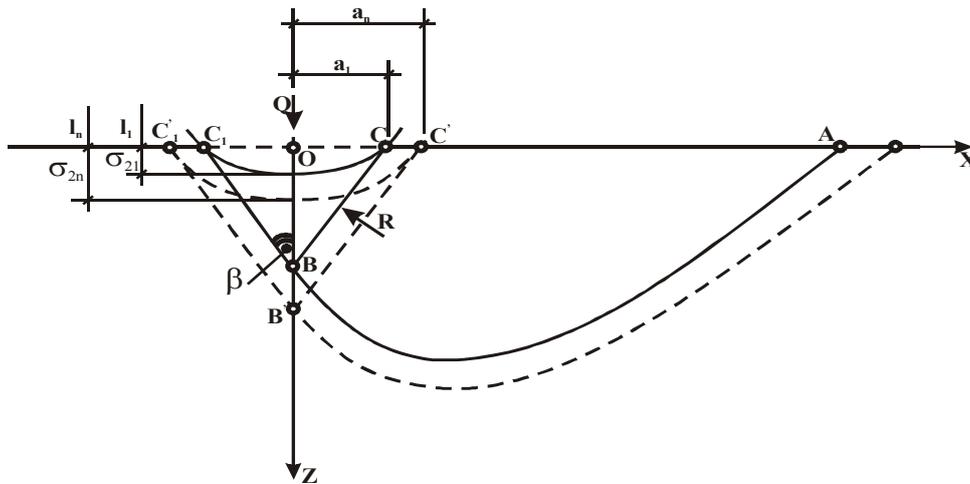


Рис. 2. Модель вдавливания штампа в полупространство

В соответствии с теорией Муора вследствие того, что на образующей конуса будут действовать простые силы сжатия, можно составить два уравнения равновесия (6) и (7) при установившихся напряжениях при первом нагружении

$$\sigma_y \cdot \sin(45 - \varphi/2) = 2C \cdot \operatorname{tg}(45 + \varphi/2), \quad (6)$$

$$\sigma_1 \cdot \sin(45 - \varphi/2) = 2C \cdot \operatorname{tg}(45 + \varphi/2) + C \cdot l_j \cdot \sin(45 - \varphi/2), \quad (7)$$

где  $\sigma_1$  и  $\sigma_y$  – соответственно напряжения при первом и после  $n$  – циклов нагружения;

$\varphi$  – угол внутреннего трения;

$C$  – сцепление между частицами материала слоя;

$l_j$  – суммарная деформация после  $n$  – циклов нагружения (8).

$$l_j = \sum l_{oj} + \delta_n, \quad (8)$$

Решение системы тригонометрических уравнений дает возможность определить угол внутреннего трения (9)

$$tg(45 + \varphi/2) = \sqrt{-\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{\sigma_{y \cdot l_j}}{2 \cdot (\sigma_1 - \sigma_y)}\right)^2}}, \quad (9)$$

Показатель сцепления определяется из первого уравнения системы уравнений равновесия (6) при установившемся напряжении.

Используя теорию наследственной ползучести и соотношение Больцмана - Вольтерра при моделировании упругопластических свойств материалов при учете числа и времени нагружений, упругих и вязко - упругих свойств материалов, определяем общую относительную деформацию(10)

$$\varepsilon^{n,t} = \frac{\sigma}{E_y} + \frac{\sigma^2}{E_{д[R]}} \cdot \frac{\lg n}{\lg N} \cdot (e^{t/t_p} - 1), \quad (10)$$

где R – предел прочности материала на сжатие;  
 $E_y$  и  $E_{д}$  – модули упругости и деформации;  
 $\sigma$  – напряжение сжатия;  
N – число нагружений, которые должен выдержать материал до разрушения;  
n – реализованное число нагружений;  
t – время действия напряжения;  
 $t_p$  – время релаксации напряжений.

При условии сопротивления боковому расширению полная вертикальная деформация кубического элемента объемом  $dx \times dy \times dz$ , расположенного в сплошном или слоистом упруго – пластическом полупространстве составит (11)

$$dU^{n,t} = \left[ \frac{\sigma}{E_y} + \frac{\sigma^2}{E_{д[R]}} \cdot \frac{\lg n}{\lg N} \cdot (e^{t/t_p} - 1) \right] \cdot (1 - \nu^2) dz, \quad (11)$$

Рассматривая слоистое полупространство при n-раз нагружениях [7, 8] состоящего из M слоев (рис. 3), полный прогиб поверхности под центром воздействия нагрузки составит (12)

$$U^{n,t} = \sum_1^M \frac{\sigma_j}{E_{y_j}} \cdot (1 - \nu_j^2) \cdot h_j + \sum_{n=1}^n \sum_1^M \frac{\sigma_j^2 \cdot (1 - \nu_j^2)}{E_{д_j} \cdot [R]_j} \cdot \frac{\lg n}{\lg N} \cdot \left( e^{\frac{D_j}{t_p j}} - 1 \right) \cdot h_j, \quad (12)$$

где  $\sigma_j$  – напряжения сжатия;  
 $E_{y_j}$  – модуль упругости;  
 $E_{д_j}$  – модуль деформации;  
[R] – прочность на сжатие;  
 $\nu_j$  – коэффициент Пуассона;  
 $h_j$  – толщина слоя;  
 $t_{pj}$  – время релаксации материала j –го слоя полупространства;  
 $D_j$  – диаметр круговой площади нагружения j –го слоя полупространства;  
V – скорость горизонтального перемещения нагрузки по поверхности полупространства.

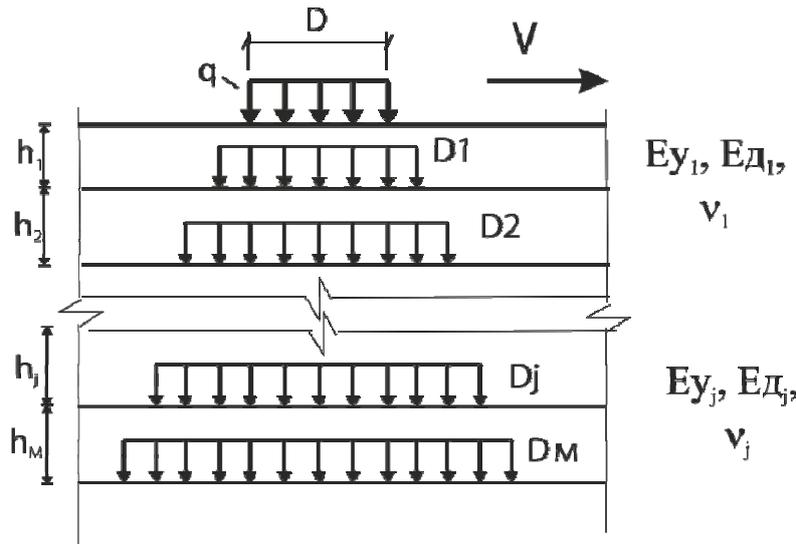


Рис. 3. Расчетная схема для определения необходимых численных значений параметров

Учитывая изменения, связанные с температурно-влажностным режимом в реальной работе конструкции, деформационные и прочностные показатели слоев также не отличаются стабильностью, поэтому полные прогибы слоистой конструкции необходимо рассматривать в период работы на талом грунтовом основании, когда величины прогибов и деформаций максимальны.

При этом данный период работы можно охарактеризовать зависимостью (13)

$$\sum_{n=1}^{n=N} \lg n / \lg N = T \cdot \sum_1^i \frac{\lg n_{oi}}{\lg N}, \quad (13)$$

где  $n_{oi}$  –месячное число нагружений в  $i$  месяц;  
 $T$  - срок службы дорожной одежды;  
 $N$  - предельное число нагружений до разрушения.

Полный прогиб поверхности с учетом изменения деформативных характеристик слоев, при переменных температурах и влагосодержании в течении  $i$  месяцев в году к периоду времени  $T$ , составит (14)

$$U_T = \sum_1^M \frac{\sigma_{ji}}{E_{y,j,i}} \cdot (1 - v_j^2) \cdot h_j + T \cdot \sum_1^i \sum_1^M \frac{\sigma_{ji}^2 \cdot (1 - v_j^2)}{E_{дji} \cdot [R]_j \cdot \lg N} \cdot \frac{\lg n_{oj}}{\lg N} \cdot \left( e^{\frac{D_{ji}}{t \cdot v_j}} - 1 \right) \cdot h_j, \quad (14)$$

На основе полученного решения имеется возможность получения временного периода  $T$  достижения слоистой конструкцией определенной величины деформации поверхности  $U_n$  (14)

$$T[U_n] = \frac{[U_n]}{\sum_1^i \sum_1^M \frac{\sigma_{ji}^2 \cdot (1 - v_j^2) \cdot \lg n_{oi}}{E_{дji} \cdot [R]_j \cdot \lg N} \cdot \left( e^{\frac{D_{ji}}{t \cdot v_j}} - 1 \right) \cdot h_j}, \quad (14)$$

### Выводы

Данный метод позволит:

1. получить сопоставимые показатели прочностных и деформационных характеристик в лабораторных и полевых условиях;
2. на основе полученных характеристик обосновать толщину конкретного конструктивного слоя и конструкции дорожной одежды в целом;

3. ускорить оперативность и повысить достоверность оценки при проведении контроля качества устройства различных конструктивных слоёв;
4. проектировать конструкции нежестких дорожных одежд с учетом накопления деформаций между слоями.

#### Библиографический список

1. Апестин В.К., Яковлева Ю.М. Испытание и оценка прочности нежестких дорожных одежд М., «Транспорт», 1977, 185с.
2. Бируля А.К., Михович С.И. Работоспособность дорожных одежд. М., «Транспорт», 1968, 172с.
3. Корсунский М.Б. Практические методы определения напряженно-деформированного состояния конструкций дорожных одежд. Тр. Союздорнии, М., 1966, Вып. 6., С.152-155.
4. Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.046 – 01 Проектирование нежестких дорожных одежд. М., «Транспорт», 2001, 157с.
5. Лурье П.И. Пространственные задачи теории упругости. М., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955, 492с.
6. Илиополов С.К., Селезнев М.Г., Уточненный расчет напряженно - деформированного состояния системы «Дорожная одежда-грунт». Ростов-на-Дону, Российский государственный строительный институт, 1997, 125с.
7. Смирнов А.В., Малышев А.А., Агалков Ю.А. Механика устойчивости и разрушения дорожных конструкций. Омск, СибАДИ, 1997, 91 с.
8. Смирнов А.В., Илиополов С.К., Александров А.С. Динамическая устойчивость и расчет дорожных конструкций. Учебное пособие. Под ред. А.В.Смирнова. Омск, Изд-во СибАДИ, 2003, 188с.

#### References

1. Atestin V.K., Yakovleva Yu.M. Test and evaluation of the strength of non-rigid pavements M., "Transport", 1977, 185p.
2. Birulya A.K., Mikhovich S.I. Road performance. M., "Transport", 1968, 172p.
3. Korsunsky M.B. Practical methods for determining the stress-strain state of pavement structures. Tr. Soyzdornii, M., 1966, Vol. 6., Pp. 152-155.
4. Industry road norms ODN 218.046 - 01 Design of non-rigid pavement. M., "Transport", 2001, 157p
5. Lurie P.I. Spatial problems of the theory of elasticity. M., State publishing house of technical and theoretical literature, 1955, 492p
6. Iliopolov S.K., Seleznev M.G., Refined calculation of the stress-strain state of the system "Roadwear-soil". Rostov-on-Don, Russian State Building Institute, 1997, 125p
7. Smirnov A.V., Malyshev A.A., Agalkov Yu.A. Mechanics of stability and destruction of road structures. Omsk, SibADI, 1997, 91p.
8. Smirnov A.V., Iliopolov S.K., Aleksandrov A.S. Dynamic stability and calculation of road structures. Tutorial. Ed. A.V. Smirnova. Omsk, SibADI Publishing House, 2003, 188p.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
лесотехнический университет»,  
профессор кафедры транспорта и дорож-  
ного строительства,  
д. т. н., Кручинин И.Н.,  
Россия, г. Екатеринбург,  
тел. +7(343)262-96-11  
e-mail: [kinaa.k@ya.ru](mailto:kinaa.k@ya.ru).

*Federal State Educational Institution of Higher  
Education "Ural State University of Forestry",  
Professor of the Department of Transport and  
Road Construction,  
Doctor of Technical Sciences, Kruchinin I. N.  
Yekaterinburg, Russian Federation,  
tel. +7(343)262-96-11  
e-mail: [kinaa.k@ya.ru](mailto:kinaa.k@ya.ru).*

И.Н. Кручинин

### **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ С МИНЕРАЛЬНОЙ СТРУКТУРИРУЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ**

Содержит комплексное исследование влияния структурной прочности минерального остова и исследование влияния минеральной структурирующей добавки «СТИЛОБИТ» на эксплуатационные показатели щебеночно-мастичных асфальтобетонов. Приводится обоснование необходимого количества добавки.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, ЩМА, структурная прочность минерального остова, стабилизирующая добавка, колеобразование.

I.N. Kruchinin

### **COMPLEX EVALUATION OF TYPE-MASTIC ASPHALT CONCRETES WITH MINERAL STRUCTURING ADDITIVE**

Contains a comprehensive study of the effect of the structural strength of the mineral core and the study of the effect of the mineral structuring additive "STI-LOBIT" on the operational characteristics of crushed stone and mastic asphalt. The justification of the necessary amount of the additive is given.

**Keywords:** asphaltic concrete, SMA, structural strength of mineral core, stabilizing additive, rutting.

В современных условиях требования к исследованиям в области повышения транспортно-эксплуатационных качеств покрытий автомобильных дорог, чаще всего направлены на изучения динамических процессов в их конструктивных слоях. В тоже время специфические условия строительства и эксплуатации щебеночно-мастичных покрытий не позволяют в полной мере использовать богатый опыт, накопленный в теории асфальтобетонов. Поэтому требования к комплексной оценке физико-механических характеристик покрытий будут определяться задачами, связанными как с исследованием внешних эксплуатационных нагрузок, так и с процессами, которые возникают при формировании структуры щебеночно-мастичных асфальтобетонов (ЩМА).

Целью данной работы является разработка требований к структурной прочности минерального остова и к стабилизирующим добавкам в ЩМА с учетом реологических свойств асфальтовяжущего.

Основными эксплуатационными характеристиками современных щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий можно считать:

Способность сопротивляться деформациям и разрушениям. Основное влияние оказывает структурная прочность минерального остова и характеристики вяжущих материалов, таких как вязкость, упругость и пластичность;

Быть сдвигоустойчивыми. То есть возможность сопротивляться необратимым пластическим деформациям при многократном приложении внешней нагрузки;

Быть долговечными. То есть при учете работоспособности покрытий необходимо учитывать реологических свойств асфальтобетонов, особенно при нестационарных условиях его нагружения, например шинами автомобилей с шипами.

Учитывая сложность поставленной задачи комплексная оценка щебеночно-мастичных асфальтобетонов была выполнена в два этапа.

На первом этапе исследовались основные требования к структурной прочности минерального остова.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон по сравнению с плотными асфальтобетонами по ГОСТ 9128 характеризуется максимальной величиной внутреннего трения, достигаемой в результате повышенного содержания кубовидного щебня, исключения природного песка, и минимальным значением сцепления при сдвиге вследствие высокого содержания объемного битума в составе смеси [3].

В российской и зарубежной практике сегодня применяют многощебенистые асфальтобетоны (ЩМА по ГОСТ 31015).

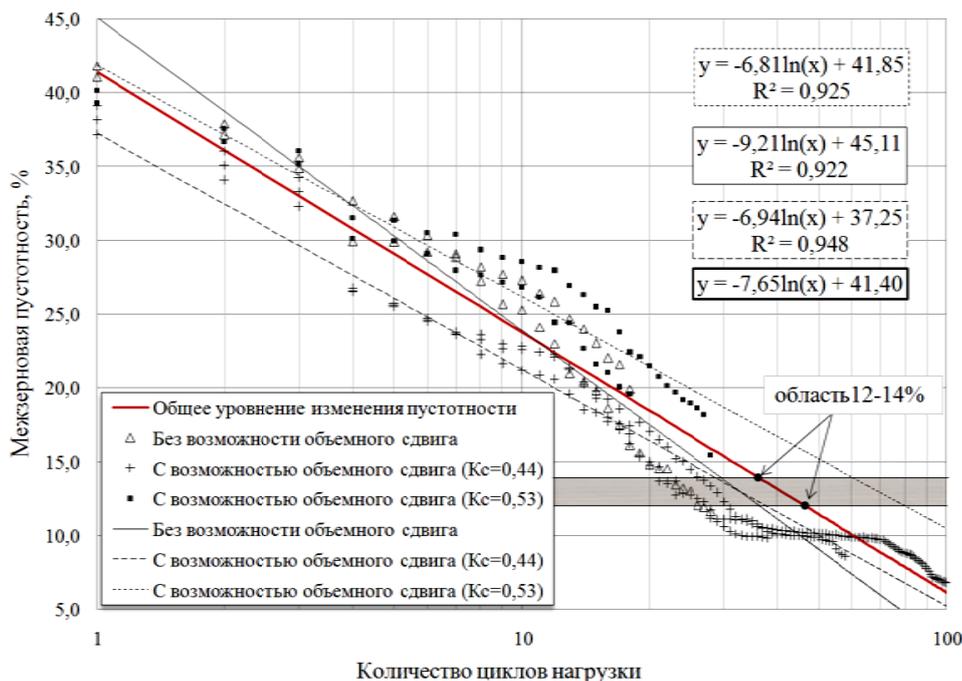
Для усиления их прочностных качеств применяются кубовидные щебни. Как любой дискретный материал они имеют свои структурные связи. Структура и прочность слоя из таких материалов зависит от механического взаимодействия между его составными частицами. Прочность отдельных минеральных частиц здесь играют менее важную роль, чем сами структурные связи между ними [1,2].

Распределение нагрузок в минеральном остове описывается чаще всего при помощи контактной теории, основанной Г.И. Покровским [4]. В ней предполагается, что давление от одной частицы к другим передается через точки контактов и чем их больше, тем больше сопротивление дискретного тела воздействию внешней силы. В этом случае сжатие без бокового расширения возможно только за счет уменьшения пористости.

Таким образом работа слоя из минерального материала в асфальтобетоне будет зависеть только от межзерновой пустотности, размера и формы зерен материала.

Нами были проведены исследования по оценке изменения структурной прочности минерального остова из кубовидного щебня под действием внешней нагрузки на роллерном компакторе.

На рисунке представлены зависимости изменения межзерновой пустотности минерального остова из доломитового щебня марки 1200 от числа приложения внешней нагрузки полученные в лабораторных условиях. По мере увеличения циклов нагружения происходит значительное уменьшение межзерновой пустотности, с повышением прочности дискретного слоя. За критерий наибольшего значения структурной прочности принята пустотность минеральной части в интервале от 12 до 14%.



**Рис.** Изменение межзерновой пустотности минерального остова из доломитового щебня марки 1200 в зависимости от числа приложения внешней нагрузки

В тоже время следует признать, что для получения приемлемой структурной прочности минерального остова ЩМА необходимо приложить не более 50 - 70 циклов нагружений, что сопоставимо с 6 – 8 проходами виброкатка при уплотнении.

Однако, после остывания смеси и формирования структуры ЩМА изменения структурной прочности остова будут уже не так заметны.

Начинают играть роль пластические деформации, оцениваемые реологическими свойствами вяжущих и стабилизирующих добавок [3].

Для усиления их сдвиговых качеств используют более совершенные виды вяжущих, обладающих улучшенными свойствами по сравнению с битумами по ГОСТ 2245, а так же различные добавки, улучшающие свойства асфальтобетонов [4].

На втором этапе исследований был проведен комплекс лабораторно-исследовательских работ по оценке влияния стабилизирующих добавок на комплексные физико-механические характеристики асфальтобетона.

В испытательном центре «УралДорНИИ» совместно с кафедрой транспорта и дорожного строительства ФГБОУ ВО УГЛТУ исследовалось влияние минеральной структурирующей добавки «СТИЛОБИТ» на пластические деформации в щебеночно-мастичном асфальтобетоне. Были запроектированы образцы смесей ЩМА-15 с различным процентным содержанием добавки. Рассматривались три смеси с добавками 0,3%, 0,4% и 0,5 % от массы минеральной части. Все смеси прошли испытания на соответствие требованиям ГОСТ 31015-2002, ПНСТ.

Исследовали влияние добавки на важнейшие стандартные физико-механические показатели асфальтобетона, а именно: предел прочности при сжатии при температурах 20 и 50 °С; водонасыщение; трещиностойкость по пределу на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин; водостойкость; сдвигоустойчивость; трещиностойкость. Дополнительно была проверена стойкость к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса (10 000 циклов), % по методике испытания нагруженным колесом [5].

Для испытаний образцов использовалось устройство Wheel Tracking Device (WTD). Работы были выполнены в соответствии с Европейскими нормами EN 12697-22 «Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking». Исследования проводились на квадратных плитах из асфальтобетона после их предварительного термостатирования в воздушной климатической камере при температуре 60°С в течение не менее четырех часов.

Плиты всех трех исследуемых образцов асфальтобетонов изготавливались на роллерном компакторе. Количество проходов колеса на установке было равно  $10^4$  циклов. Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица

Физико-механические характеристики асфальтобетона ЦМА-15  
со стабилизирующей добавкой «СТИЛОБИТ»

Наименование показателя	Результаты исследований			Технические требования ГОСТ31015-2002, ПНСТ
	Содержание стабилизирующей добавки «СТИЛОБИТ»/ содержание битума, %			
	0,3/5,8	0,4/5,8	0,5/5,8	
Водонасыщение, % по объему	2,45	2,54	2,23	От 1,0 до 4,0
Предел прочности при сжатии, МПа: при температуре 50° С при температуре 20° С	1,3 3,5	1,2 3,7	1,3 3,7	Не менее 0,65 Не менее 2,2
Предел прочности при сжатии после длительного водонасыщения, МПа	3,0	3,3	3,3	Не нормируется
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,86	0,89	0,89	Не менее 0,85
Сдвигоустойчивость, МПа: коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при температуре 50° С	0,97 0,28	0,96 0,34	0,97 0,34	Не менее 0,93 Не менее 0,18
Сцепление битума с минеральной частью	выдерживает	выдерживает	выдерживает	Должно выдерживать
Трещиностойкость - предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0° С, МПа	3,1	3,4	3,3	Не менее 2,5 Не более 6,0
Устойчивость смеси к расслаиванию по показателю стекания вяжущего, %	0,07	0,04	0,03	Не более 0,20
Стойкость к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса ( $10^4$ циклов), %	3,98	3,67	3,33	Не более 5,0

По результатам испытаний выяснилась следующая закономерность. У асфальтобетонов с количеством добавки 0,4 и 0,5% основные физико-механические свойства были сопоставимы и находились на одном и том же уровне. В случае, когда добавки было 0,3% результаты были ниже, чем у асфальтобетонов с более высоким количеством добавки по таким показателям, как сцепление при сдвиге при температуре 50°С. В тоже время предел прочности при сжатии при 50°С и коэффициент внутреннего трения были соизмеримы у всех трех образцов асфальтобетонов.

Для комплексного показателя были рассмотрены и технологические факторы, например удобоукладываемость смесей. При формовке образцов исследовались характеристики их уплот-

няемости. Было выяснено, что величина добавки «СТИЛОБИТ» оказывает влияние на ее жесткость. Так увеличение количества добавки существенно повышает жесткость смеси.

Стабилизированные асфальтобетонные плиты подвергались испытанию на колееобразование. Выяснено, что при увеличении количества добавки стойкость к колееобразованию возрастает. Более того, данные полученные на компакторе, о степени жесткости смеси по уплотняемости, стали служить показателем подверженности асфальтобетона пластическим деформациям. Оказалось, что влияние стабилизирующей добавки сопоставимо с влиянием на асфальтобетон полимерно-битумных вяжущих [3, 4].

### Выводы

Комплексная оценка транспортно-эксплуатационных показателей ЩМА должна проводиться с учетом влияния как структурной прочности минерального остова, так и с учетом сопротивления пластическим деформациям асфальтовяжущих.

Для повышения структурной прочности следует производить уплотнение в минимальные сроки, с возможностью боковых сдвигов зерен каменного материала. Рациональным следует считать количество проходов катка с вибрацией в пределах 6-и, 8-и проходов по одному следу.

Для повышения показателя сцепления асфальтобетона при сдвиге необходимо чтобы смесь содержала стабилизирующую добавку «СТИЛОБИТ» в количестве больше на 0,1%, чем предлагается производителем добавки. Полученное превышение стабилизирующей добавки в асфальтобетонной смеси приводит к стойкости покрытия к колееобразованию.

### Библиографический список

1. Дедюхин А.Ю. Структурированные минеральные порошки [Текст] / А.Ю. Дедюхин, И.Н. Кручинин, А.А. Еремян // Автомобильные дороги. – 2013.-№10.-С. 54-60.
2. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел. [Текст] – М.: Стройиздат, 1977.
3. Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. Нижний Новгород, 2009. 256 С.
4. Кручинин, И.Н. Влияние минеральных порошков на эксплуатационные показатели асфальтобетонов [Текст] / И.Н. Кручинин, А.Ю. Дедюхин/ Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: Сб. науч. тр. Вып. 5(64) / ОАО «ГИПРОДОРНИИ: Изд-во Урал. Ун-та. - Екатеринбург, 2014 - С.76 - 80.
5. Матуа В.П., Чирва Д.В., Мирончук С.А. Новое лабораторное оборудование для испытаний дорожно-строительных материалов на устойчивость к колееобразованию[Электронныйресурс]URL: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/48-2012-04-07-22-12-23> (дата обращения: 07.09.2018).

### References

1. Dedyukhin A.Y. Structured mineral powders [Text] / A.Y. Dedyukhin, I.N. Kruchinin, A.A. Yeremyan // Highways. - 2013.-№10.-С. 54-60.
2. Klein G.K. Structural Mechanics loose bodies. [Text] - M.: Stroyizdat 1977.
3. Kostin V.I. Stone mastic asphalt paving. Nizhny Novgorod, 2009. 256 pp.
4. Kruchinin I.N. Influence of mineral powders on the operational performance of asphalt concrete [Text] / I.N. Kruchinin, A.Y. Dedyukhin / Topical issues of designing of highways: Coll. scientific. tr. Vol. 5 (64) / JSC "GIPRODORNII Univ Urals. Univ. - Ekaterinburg 2014 - P.76 - 80.
5. Matua V.P., Chirwa D.V., Mironchuk S.A. New laboratory equipment for testing road-building materials for resistance to rutting [Elektronnyyresurs] URL: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/48-2012-04-07-22-12-23> ( Treatment date: 07.09.2018).

УДК 691.32.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, доцент  
В.Г. Пыльнев, г. Воронеж,  
тел. +7(473) 2-30-43-02  
e-mail: [pilnev@yandex.ru](mailto:pilnev@yandex.ru),  
студент 4курса О.В.Ермакова e-mail:  
[kseniya.ermakova2014@yandex.ru](mailto:kseniya.ermakova2014@yandex.ru),  
студент 4курса А.В.Иванова e-mail:  
[annavadimovna90497@yandex.ru](mailto:annavadimovna90497@yandex.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
D.Sc. (Engineerin), V.G. Pylnev, Ph.D.,  
Associate Professor, Russia, Voronezh,  
tel. +7 (473) 2-30-43-02  
e-mail: [pilnev@yandex.ru](mailto:pilnev@yandex.ru),  
4th year student O.V. Ermakova, e-mail:  
[kseniya.ermakova2014@yandex.ru](mailto:kseniya.ermakova2014@yandex.ru),  
4th year student A.V. Ivanova, e-mail:  
[annavadimovna90497@yandex.ru](mailto:annavadimovna90497@yandex.ru)*

В.Г. Пыльнев, О.В. Ермакова, А.В. Иванова

## УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ С КОНТРОЛЕМ КАЧЕСТВА

В данной статье анализируется метод контроля уплотнения бетонной смеси с использованием виброплощадки с электромагнитным виброприводом.

**Ключевые слова:** виброуплотнение, контроль, качество, бетонная смесь.

V.G. Pylnev, O.V. Ermakova, A.V. Ivanova

## SEAL OF A CONCRETE MIX WITH QUALITY CONTROL

This paper analyzes a method of controlling the compaction of the concrete mix with the use of vibratory plates with an electromagnetic drive.

**Keywords:** vibration compaction, control, quality, concrete mix.

Качество железобетонных конструкций во многом зависит от процессов структурообразования, происходящих в бетоне. Особое внимание следует уделить контролю и анализу процесса раннего формирования структуры бетонной смеси при вибромеханическом перемешивании и виброуплотнении.

Оптимизация процесса уплотнения бетонной смеси в значительной мере предопределяет качество изделий и интенсивность производства работ.

Инерционные свойства бетонной смеси оцениваются по величине ее эффективной массы

$$m_{\text{эф}} = m + m_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса бетонной смеси;

$m_{\text{пр}}$  – присоединенная масса бетонной смеси.

Установлено, что при вибрировании величина эффективной массы испытанных бетонных смесей в процессе их уплотнения возрастает и составляет от 40 до 100% исходной массы не вибрируемой бетонной смеси –  $m$ .

Аналитическая зависимость эффективной массы вибрируемой бетонной смеси от времени вибрирования и величины эффективной вязкости имеет вид

$$\frac{m_{\text{эф}}}{m} = 0,95(1 - 0,712e^{-0,154t})(1,22 - 0,008\mu_{\text{эф}}), \quad (2)$$

где  $t$  – время;

$\mu_{\text{эф}}$  – эффективная вязкость бетонной смеси.

Выявленная зависимость в целом дает количественную оценку изменению инерционных свойств бетонной смеси в условиях вибрационных воздействий.

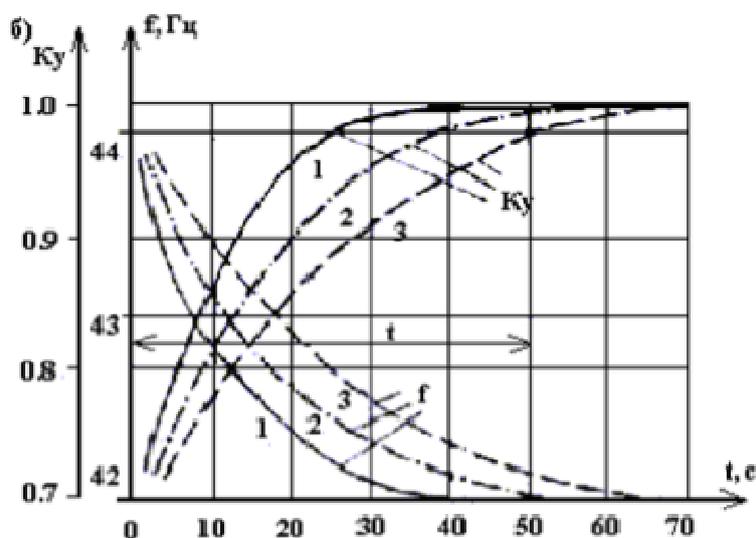


Рис. 1. Зависимость свойств бетонной смеси от коэффициента уплотнения и резонансной частоты

Закономерности процесса виброуплотнения и контроля бетонных смесей легли в основу расчета, проектирования промышленных виброплощадок с электромагнитным приводом и назначения режимов их работы. Виброплощадки комплектуются из отдельных виброблоков грузоподъемностью 0,75 тонн с электромагнитными вибровозбудителями типа С-921 (рис.2).

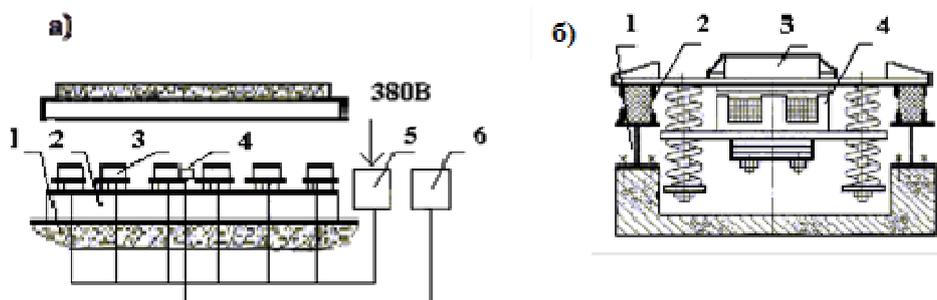


Рис. 2. а) «Общая схема виброплощадки», б) «Схема виброблока»

Управление процессом уплотнения осуществляется с помощью автоматической системы, обеспечивающей резонансный режим работы системы виброприводы-форма-бетонная смесь и контроль за степенью уплотнения бетонной смеси.

Известно, что условие резонанса достигается за счет приближения частоты вынужденных колебаний системы к частоте свободных колебаний системы виброплощадка – бетонная смесь. При этом изменение резонанса при виброуплотнении делает его труднодостижимым. Поддержание изменяющегося резонанса возможна только с помощью схемы автоматического управления.

Установка позволяет поддерживать собственную частоту колебаний системы и за счет этого достигнуть условий “острого” резонанса. Наличие обратной связи позволяет поддерживать колебания в вибросистеме за счет передачи энергии от вибратора.

Установлено, что применение автоматизированной резонансной виброплощадки по сравнению с серийной, той же грузоподъемности, позволяет повысить однородность бетона в изделиях в 1,5 раза, снизить установленную мощность более чем в четыре раза, энергозатраты на процесс – более чем в 5 раз.

Для контроля степени уплотнения бетонной смеси в процессе изделий известен прибор, относящийся к области определения вязкости дисперсных сред при их вибрационном перемешивании. Вибродатчик вязкости использует для ее определения вибрационное воздействие на среду колебаниями заданной формы электромагнитную систему возбуждения и по измерению параметров колебательной системы, связанному с величиной вязкости, определяют ее значение.

При реализации управляемого вибропривода для контроля параметров свойств бетонных смесей учитывались следующие определяющие положения.

Во-первых, использование вибропривода в качестве косвенного источника информации о состоянии обрабатываемой среды возможно лишь при высоком коэффициенте полезного действия вибровозбудителя. Этому условию в полной мере удовлетворяет электромагнитный возбудитель колебаний.

Во-вторых, так как бетонные смеси, как и большинство дисперсно-зернистых систем, являются структурированными системами, характеристики которых зависят от параметров движения среды, вибропривод должен быть полностью управляемым. Именно таким является электромагнитный вибропривод с системой управления.

В третьих, управляемый вибропривод, предназначенный для косвенного контроля параметров обрабатываемой среды, должен быть выполнен таким образом, чтобы исключить влияние его особенностей на точность косвенного контроля.

#### Библиографический список

1. Пыльнев В. Г. Повышение эффективности перемешивания и уплотнения бетонной смеси вибрационным способом: Дис. канд. техн. наук / Пыльнев Владимир Григорьевич. Воронеж, 2004. - 214 с.

2. Перцев В.Т., Пыльнев В.Г., Дёгтев Д.Н. Управление рабочим процессом машин для вибромеханического перемешивания и уплотнения бетонных смесей // Механизация строительства. — 2012. — № 6. — с. 8-10. — <http://ms.enjournal.net/article/8620/>

#### References

1. Pylnev VG. Increasing the efficiency of mixing and compacting a concrete mix by the vibration method: Dis. Cand. tech. Sciences / Pylnev Vladimir Grigorievich. Voronezh, 2004. - 214 p.

2. Pertsev V.T., Pylnev V.G., Degtev D.N. Workflow management machines for vibromechanical mixing and compaction of concrete mixes // Mechanization of construction. - 2012. - № 6. - с. 8-10. - <http://ms.enjournal.net/article/8620/>

УДК 625.7

*Воронежский государственный  
технический университет  
магистр, кафедры строительства и эксплуата-  
ции автомобильных дорог*

*А.Д. Чудайкин*

*e-mail: [a.chudaykin777@mail.ru](mailto:a.chudaykin777@mail.ru)*

*Канд. тех. наук, доцент кафедры строитель-  
ства и эксплуатации автомобильных дорог*

*А.С. Строкин*

*e-mail: [alexmech23@gmail.com](mailto:alexmech23@gmail.com)*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89.*

*аспирант, асс. кафедры проектирования ав-  
томобильных дорог и мостов*

*Р.С. Поляков*

*e-mail: [polyakovro@yandex.ru](mailto:polyakovro@yandex.ru)*

*Voronezh State University of Architecture and  
Civil Engineering*

*PhD student of Pulpit construction and usages  
of the car roads*

*A.D. Chudaikin*

*e-mail: [a.chudaykin777@mail.ru](mailto:a.chudaykin777@mail.ru)*

*Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Pulpit  
construction and usages of the car roads*

*A.S. Strokin*

*e-mail: [alexmech23@gmail.com](mailto:alexmech23@gmail.com)*

*Russia, Voronezh, ph +7(473) 236-18-89.*

*PhD student of the Dept. of design of roads  
and bridges*

*R.S.Poliakov*

*e-mail: [polyakovro@yandex.ru](mailto:polyakovro@yandex.ru)*

А.Д. Чудайкин, А.С. Строкин, Р.С. Поляков

### **КАРКАСНЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН С ПОВЫШЕННЫМИ ДЕФОРМАТИВНО-ПРОЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Провести анализ и выявить причины снижения качества асфальтобетонного покрытия связанного с традиционными схемами подбора составов смесей, их приготовления и укладки. Однако вопрос повышения качества асфальтобетонного слоя требует более сложного и трудоемкого решения, так как свойства материала, технология и нормативная база связаны между собой. Поэтому для решения указанных и некоторых других проблем были проведены исследования по разработке технологии приготовления асфальтобетона. В процессе работы над технологией приготовления, которая включает в себя целенаправленное формирование структуры асфальтобетона как материала, была разработана лабораторная модель оборудования.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, горячий, гранулирования, структура материала, технология, уплотнение.

A.D. Chudaikin, A.S. Strokin, R.S. Poliakov

### **ASPHALT FRAME WITH HIGH STRAIN-STRENGTH CHARACTERISTICS**

To analyze and identify the reasons for reducing the quality of asphalt concrete pavement associated with traditional schemes of selection of mixtures, their preparation and laying. However, the issue of improving the quality of the asphalt concrete layer requires a more complex and time-consuming solution, as the properties of the material, technology and regulatory framework are interconnected. Therefore, to solve these and other problems, studies have been conducted on the development of the technology of preparation of asphalt concrete. In the process of working on the technology of preparation, which includes the purposeful formation of the structure of asphalt as a material, a laboratory model of the equipment was developed.

**Keywords:** asphalt, hot, granulation, the structure of the material, the technology, the seal.

Исторический факт состоит в том, что технология приготовления и уплотнения асфальтобетонных смесей была разработана в первой половине XX века. В последствии были сформулированы и нормированы первые показатели предела прочности асфальтобетона при сжатии при 20° и 50°С. В дальнейшем технология и нормативная база асфальтобетона развивалась путем постепенного добавления новых норм к уже установленным ранее.

В таблице 1 представлена динамика формирования норм, используемых для оценки качества асфальтобетона.

Таблица

Динамика формирования норм ГОСТ 9128

Показатели свойств	введения норм, г	Показатели в ГОСТ 9128-2013
Предел прочности при сжатии: при температуре 20 °С	1932	≥ 2,5 Мпа
при температуре 50 °С	1938	≥ 1,3 Мпа
при температуре 0 °С	1967	≤ 13,0 Мпа
Коэффициент водостойкости	1949	0,85-0,95
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	1976	0,75-0,90

Данные показатели в таблице, будучи включены в стандарт, не изменялись и дошли до настоящего времени в первоначальном виде с незначительными изменениями [1, 2, 3].

Результаты широких обследований сети дорог страны, проведенные в 1950-х годах сотрудниками СоюздорНИИ, показали, что средний срок службы асфальтобетонных покрытий составляет 15 лет.

В начале 1980-х годов обследования проведенные сотрудниками ГипродорНИИ выявили, что сроки службы покрытий сократились до 12 лет.

К 2000 г. по мнению многих специалистов дорожной отрасли сроки службы асфальтобетонных покрытий не превышают 5-6 лет.

Дальнейшее снижение сроков службы покрытий недопустимо, поэтому необходимо принимать меры к разработке новых технологий приготовления асфальтобетона и развитию нормативной базы для сопоставимой оценки его качества.

Отставание от требуемого уровня качества асфальтобетона связано с инерцией и традиционными схемами подбора составов смесей, их приготовления и укладки, которые применяются в дорожном строительстве более 70 лет практически без изменений. Это привело к аккумулярованию следующих известных недостатков:

1. При приготовлении асфальтобетонных смесей:

- несовершенному и не завершеному процессу приготовления асфальтобетонных смесей;
- сегрегации приготовленных смесей из-за несовершенства технологий приготовления материала, транспортирования, укладки смесей и формированию неконтролируемых анизотропных свойств асфальтобетона в процессе уплотнения.

2. При уплотнении смесей:

- дроблению зерен щебня и песка в процессе уплотнения любого типа смеси с образованием дефектных зон;
- отсутствию точного параметра оптимальной средней плотности для каждого исследуемого асфальтобетона и штатного оборудования для получения данного параметра.

3. При контроле качества асфальтобетона:

- применению, в значительной степени условного, показателя – коэффициент уплотнения.
- отсутствию более точных и главное, сопоставимых нормативных требований к асфальтобетону, основанных на новых методах испытаний и обработки результатов.

Перечисленные недостатки являются далеко не полным их перечнем, которые необходимо устранить для повышения качества асфальтобетона.

Существующий аппарат контроля качества асфальтобетона жестко увязан с показателями предел прочности при сжатии и сдвиге, что не отражает реальной работы материала в покрытии [1, 2, 3].

Поэтому для решения проведены инициативные исследования по разработке новой технологии приготовления асфальтобетона на АБЗ с последующей укладкой его в покрытие автодороги.

В процессе работы над технологией приготовления, которая включает в себя целенаправленное формирование структуры асфальтобетона как материала, была разработана лабораторная модель нового оборудования. Принятое технологическое решение позволяло значительно повысить качество асфальтобетона и целенаправленно формировать его свойства путем изменения технологической цепи приготовления материала [3-6].

Для исследования физико-механических свойств материала были приготовлены и испытаны горячие мелкозернистые плотные смеси типа А.

Использование технологии гранулирования дает хорошие результаты с позиции простоты транспортировки мелкодисперсных материалов. Для приготовления гранулированного асфальтобетона из смесей необходим комплексный подход и специальный узел контроля качества материала, иначе управлять процессом формирования структуры материала будет невозможно.

Приготовленные образцы смесей испытывали в один временной период, что исключало фактор различного времени формирования структуры материала.

Все приготовленные образцы испытывали в соответствии с действующими нормативными требованиями по нормативным методикам.

В результате проведенных исследований было выявлено следующее:

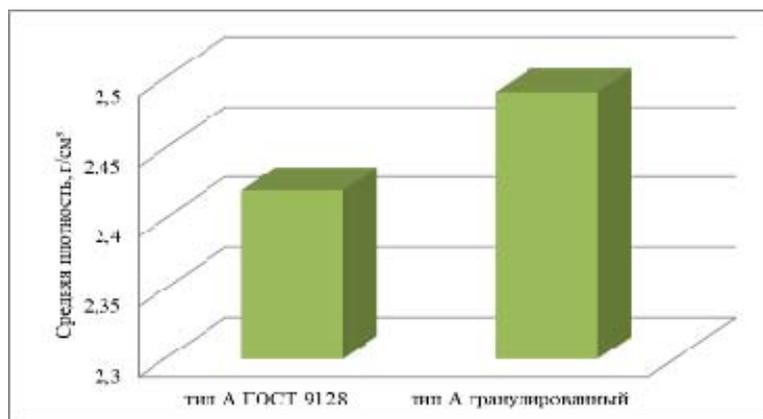
□ средняя плотность гранулированных асфальтобетонов из горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А составляла  $2,49 \text{ г/см}^3$ . Данный показатель у стандартных образцов из асфальтобетона типа А  $2,42 \text{ г/см}^3$ . Полные результаты по определению данного показателя при двух способах приготовления материала приведены на рисунках 1 и 2;

□ наглядное расхождение в диаграммах указывает на преимущество новой технологии в области уплотнения. Поэтому можно предположить, что использование показателя средней плотности гранулированного асфальтобетона, а не стандартных образцов, при определении коэффициента уплотнения даст более достоверные результаты;

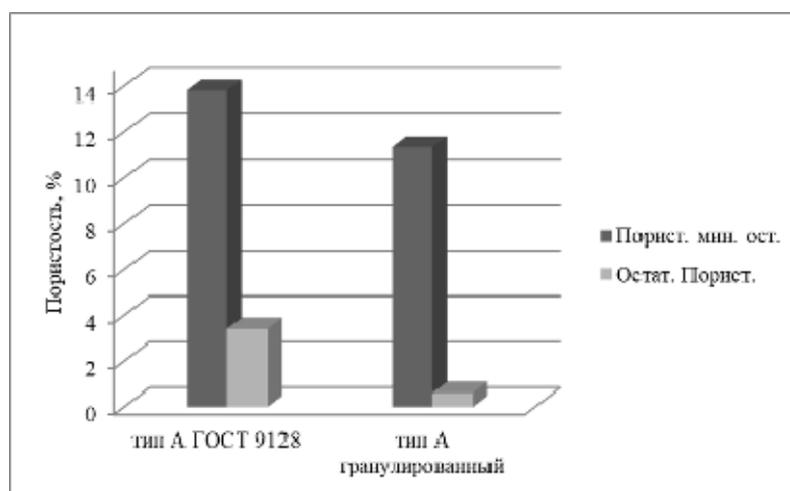
□ исследования представленные на рисунках 3 и 4 позволили оценить поровую структуру сопоставляемых материалов. Из представленного материала наглядно видно также преимущества новой технологии.

Рисунки 3 и 4 показывают, что новая технология позволяет снизить величину водонасыщения плотного асфальтобетона типа А на 43%, а пористого на 28%, что подтверждает иной вид структуры гранулированного материала по сравнению с классическим.

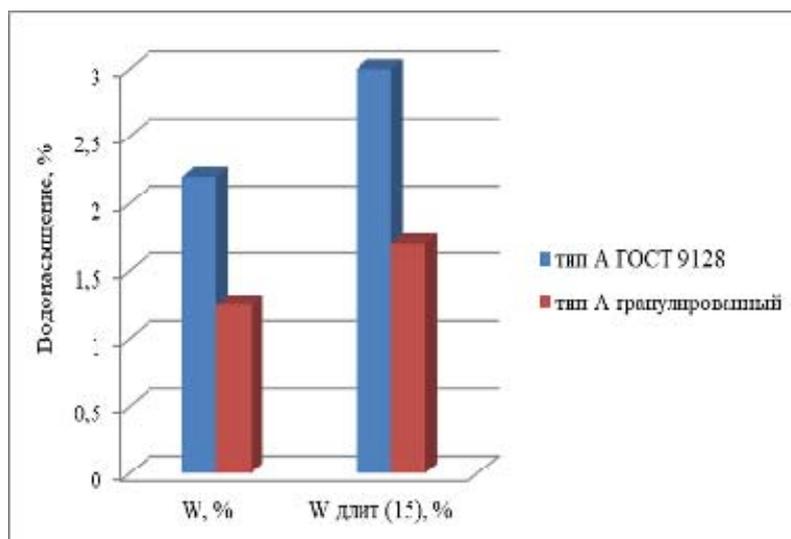
Величина показателя длительного водонасыщения плотного гранулированного асфальтобетона тоже снизилась на 43%, что говорит о стабильной структуре материала.



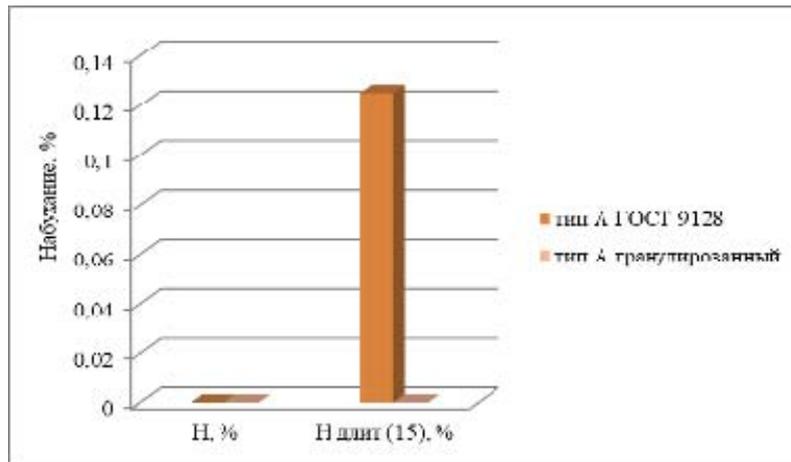
**Рис. 1.** Влияние технологии приготовления плотного асфальтобетона типа А на его среднюю плотность



**Рис. 2.** Влияние способа приготовления плотного асфальтобетона типа А на его поровую структуру



**Рис 3.** Влияние технологии приготовления плотного асфальтобетона типа А на величины водонасыщения

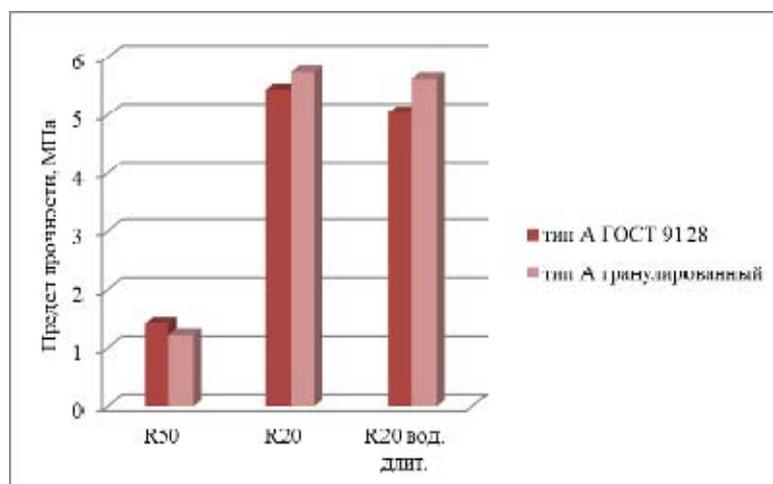


**Рис 4.** Влияние технологии приготовления плотного асфальтобетона типа А на величины набухания

Из приведенных данных на основании рис 3 видно, что плотный материал из гранулированного асфальтобетона имеет более рациональную структуру, чем стандартный материал и поэтому сохраняет преимущество стабильно.

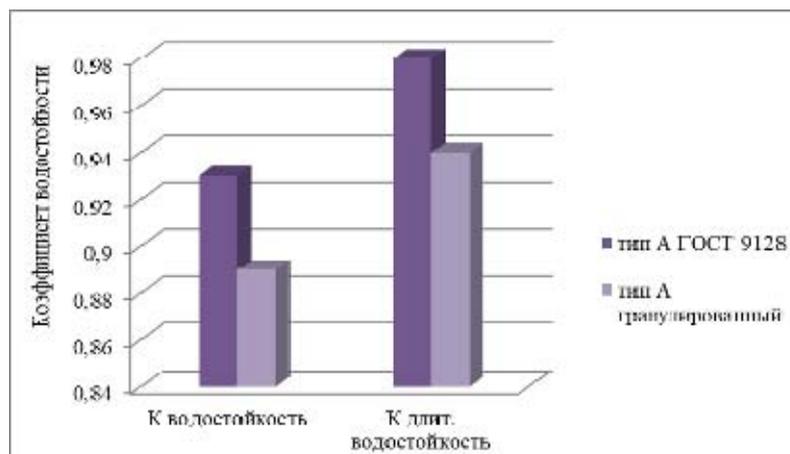
Использование разных технологий формирования структуры асфальтобетона из одного исходного зернового состава привело в итоге к значительному расхождению в результатах. Такой разброс в результатах подчеркивает возможную величину ошибки при определении стандартных показателей. Все это демонстрирует сложность и незавершенность процесса формирования структуры асфальтобетона существующими техническими методами.

Сопоставительная оценка пределов прочности при сжатии образцов из асфальтобетонной смеси типа А представлена на рисунке 5.



**Рис. 5.** Влияние технологии приготовления плотного асфальтобетона типа А на предел прочности при сжатии

Рисунок 5 показывает, что в структуре гранулированного асфальтобетона более равномерное распределение вяжущего, и это приводит к снижению предела прочности при сжатии при 50 °С (эффект избытка вяжущего). Остальные показатели нового материала превосходят стандартные.



**Рис. 6.** Влияние технологии приготовления плотного асфальтобетона типа А на коэффициент водостойкости материала

Из рисунков 6 видно, что предложенная технология позволяет повысить коэффициенты водостойкости плотного асфальтобетона на 10%. Коэффициент длительной водостойкости увеличился у асфальтобетона типа А на 7,5%.

Приведенные результаты только частично отражают преимущества получаемого асфальтобетона [1, 2, 5, 6, 7].

#### Выводы

1. Необходимо продолжить усовершенствование способа стандартного уплотнения и создать для этого новое оборудование.
2. Усовершенствовать технологию приготовления асфальтобетона и разработать новое оборудование для этого.
3. Получены однородные смеси и изотропное покрытие.
4. Увеличение срока службы асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог на 15%.

#### Библиографический список

1. Гезенцев Л.Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов. - М.: Изд-во по строительству, 1971. - 255 с.
2. Готовцев В.М., Шатунов А.Г., Румянцев А.Н., Сухов В.Д. Технология получения структурированного асфальтобетона // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9-4. – С. 899-903;
3. Калгин Ю.И. Перспективные технологии строительства и ремонта дорожных покрытий с применением модифицированных битумов / Ю.И.Калгин, А.С. Строкин, Е.Б. Тюков. – Воронеж: ОАО Воронежская областная типография, 2014 г. – 224 с.
4. Колбановская А. С. Дорожные битумы / А. С. Колбановская, В. В. Михайлов. — М. : Транспорт, 1973. — 246 с.
5. Руденский А.В. Дифференцирование требований к прочности и деформативности асфальтобетона для различных условий применения при строительстве покрытий: автореф. дисс... д-ра техн. наук. – Томск, 2000. - 35 с.
6. Зайцев А.И., Пуговишников П.С., Готовцев В.М., Петерсон С.А. Разработка технологии производства асфальтобетона на основе гранулированного асфальтовяжущего // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 2. – С. 68-70;

7. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия на модифицированных битумах. /А.В. Руденский, Ю.И. Калгин; Воронеж. Гос. Арх.-строит. Ун-т. – Воронеж, 2009. – 143 с.

#### References

1. Gezentsvey, L. B. Asphalt concrete made of activated mineral materials. - M.: Publishing house construction, 1971. - 255 p.
2. Gotovtsev V. M., Shatunov A. G., Rumyantsev A. N., Sukhov, V. D. Technology producing a structured asphalt // Fundamental research. - 2012. - № 9-4. - P. 899-903;
3. Kalvin Y. I. advanced technologies of construction and repair of road surfaces with the use of modified bitumen / Yu Kargin, A. S. Strokin, E. B. Bales. – Voronezh: JSC Voronezh regional printing press, 2014, 224 p.
4. Kolmanovsky S. A. bitumen / A. S. Kolmanovsky, V. V. Mikhailov. — M. : Transport, 1973. — 246 p.
5. Rudensky A. V. Differentiation of requirements for strength and deformation of asphalt concrete under various conditions for use in construction coatings: author. Diss... d-RA tekhn. Sciences. – Tomsk, 2000. – 35.
6. Zaitsev A. I., Pugovishnikov P. C., Gotovtsev V. M., Peterson, S. A. Development of technology of production of asphalt concrete based on granular asphalt binder // Fundamental research. - 2006. - № 2. - P. 68-70.
7. Rudensky, A. B. Road asphalt pavement on modified bitumen. /V. A. Rudensky, Yu Calvin; Voronezh. GOS. Architect.-builds. Univ – Voronezh, 2009. – 143 p.

# **МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ**

УДК 629.11.02.012.551

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. тех. наук, доцент  
А.В. Василенко  
Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)  
Канд. тех. наук, преподаватель  
А.А. Колтаков  
преподаватель А.С. Васильев  
Россия, Воронеж, тел.8 (910 )342-27-15  
E-mail: [madf.vgasu@mail.ru](mailto:madf.vgasu@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Kand. Sci. Tech., Assist. Prof.  
A.V. Vasilenko  
Military educational scientific center of  
the Air Force «Military and air academy  
of N.E Zhukovsky  
and Yu.A. Gagarin»  
(Voronezh)  
Kand. Sci. Tech., teacher  
A.A. Koltakov  
teacher A.V. Vasilyev  
Russia, Voronezh, ph. 8 (910)342-27-15  
E-mail: [madf.vgasu@mail.ru](mailto:madf.vgasu@mail.ru)*

А.В. Василенко, А.А. Колтаков, А.С. Васильев

## **ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУПНОГАБАРИТНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ С ГРУНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

В статье приводятся результаты экспериментального исследования деформационных и механических характеристик одиночного колесного движителя, оснащенного крупногабаритными пневматическими шинами различного размера. В результате выявлены некоторые особенности процесса взаимодействия крупногабаритной пневматической шины с грунтовой поверхностью.

**Ключевые слова:** колесный движитель, крупногабаритная пневматическая шина, деформации, механические характеристики, экспериментальные исследования.

A.V. Vasilenko, A.A. Koltakov, A.V. Vasilyev

## **FEATURES OF INTERACTION OF THE BULKY A PNEUMATIC TIRE WITH THE GROUND SURFACE**

The article presents the results of an experimental study of deformation and mechanical characteristics of a single wheel mover equipped with large pneumatic tires of various sizes. As a result, some features of the process of interaction of large pneumatic tires with the ground surface are revealed.

**Keywords:** wheeled mover, large pneumatic tyre, deformation, mechanical properties, experimental studies.

Современные самоходные колесные землеройно – транспортные машины (СКЗТМ) повышенной единичной мощности оснащаются крупногабаритными пневматическими шинами с наружным диаметром более 1,5 м.

Механические свойства пневматической шины оказывают существенное влияние на способность колеса воспринимать и преобразовывать внешние нагрузки в силу тяги. Колесный движитель при качении по опорной поверхности подвергается воздействию внешних сил и моментов, которые вызывают сложные деформации пневматической шины, в частности ее каркаса и брекера.

Целью настоящей работы являлось экспериментальное изучение особенностей взаимодействия крупногабаритных пневматических шин с грунтовой поверхностью.

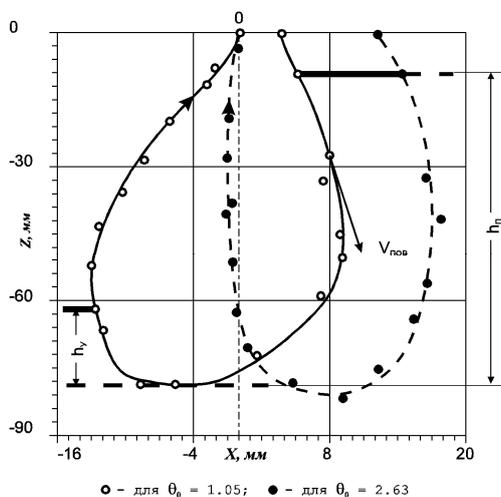
Деформации пневматической шины, вызванные действием внешних сил и моментов, могут быть представлены в виде совокупности простых составляющих: радиальной, боковой, окружной (тангенциальной) и угловой [1, 4].

Для оценки радиальной деформации пневматической шины обычно пользуются ее значением, измеренным под центром колеса, называемым нормальной деформацией.

Экспериментальные исследования жесткостных характеристик пневматических шин осуществлялись в ходе испытаний одиночного колесного движителя на специальных стендах [5] в режиме движения, близкому к свободному.

В ходе экспериментальных исследований колеса с пневматической шиной 37,5-39 мод.Ф-7 регистрировались деформации пневматической шины при помощи специального внутриколесного датчика [4, 5].

На рис. 1 представлены траектории перемещения точки поверхности протектора шины полученные при движении колеса с пневматической шиной 37,5 – 39 мод.Ф-7 по плотному суглинку ( $C = 14-15$  ударов плотномера ДорНИИ) при внутреннем давлении воздуха  $p_w = 0.2$  МПа.



**Рис. 1.** Траектории перемещения точки поверхности протектора пневматической шины 37,5-39 мод.Ф-7 при различных значениях коэффициента проскальзывания ЦОТ при движении колеса по плотному суглинку при внутреннем давлении воздуха  $p_w = 0.2$  МПа ( $C=14-15$  уд.;  $G_k = 92$  кН)

Траектории перемещения точки поверхности колеса, расположенной в центральной продольной плоскости его качения, носят характер циклоид, деформированных наличием проскальзывания. Касательная, построенная к произвольной точке траектории дает наглядное представление о направлении и величине (по радиусу кривизны) скорости перемещения выбранной точки. Учитывая, что в зоне загрузки (участок с  $x > 0$ ) происходит совместная деформация грунта и поверхности пневматической шины, можно утверждать, что полученная траектория может быть отнесена также и к частицам грунтовой поверхности. Для привязки положения траекторий к опорной поверхности на рисунке показаны параметры колеи ( $h_n$  и  $h_y$ ).

Анализ траекторий, полученных для двух значений величины коэффициента проскальзывания центральной опорной точки (ЦОТ) [2, 5] показывает, что в обоих случаях перемещения связаны с наличием горизонтальной составляющей вектора деформации, что хорошо согласуется с результатами, полученными ранее [2, 5]. Причем увеличение проскальзывания приводит к заметному уменьшению этой составляющей, а при значительном проскальзывании ее величиной можно пренебречь - т.е. рассматривать только случай вертикальной деформации грунта, предложенный в работах [2, 3, 5].

На рис. 2а, 2б представлены профили контактной поверхности и зависимости ее кривизны от продольной координаты контакта шины 37,5 - 39 мод.Ф-7 при движении колеса по различным видам грунтовой поверхности, при вертикальной нагрузке на ось колеса  $G_k = 92 \text{ кН}$ .

Зависимости получены численным дифференцированием результатов измерения деформаций поверхности пневматической шины в области контакта. Наличие разрыва в зависимостях кривизны (т.е.  $\rho \rightarrow \infty$ ) свидетельствует о плоском участке контакта. Причем, протяженность плоского участка сокращается с увеличением внутреннего давления и уменьшением прочности грунта. Крутящий момент, прикладываемый к колесу в тяговом режиме, наоборот, несколько увеличивает его протяженность.

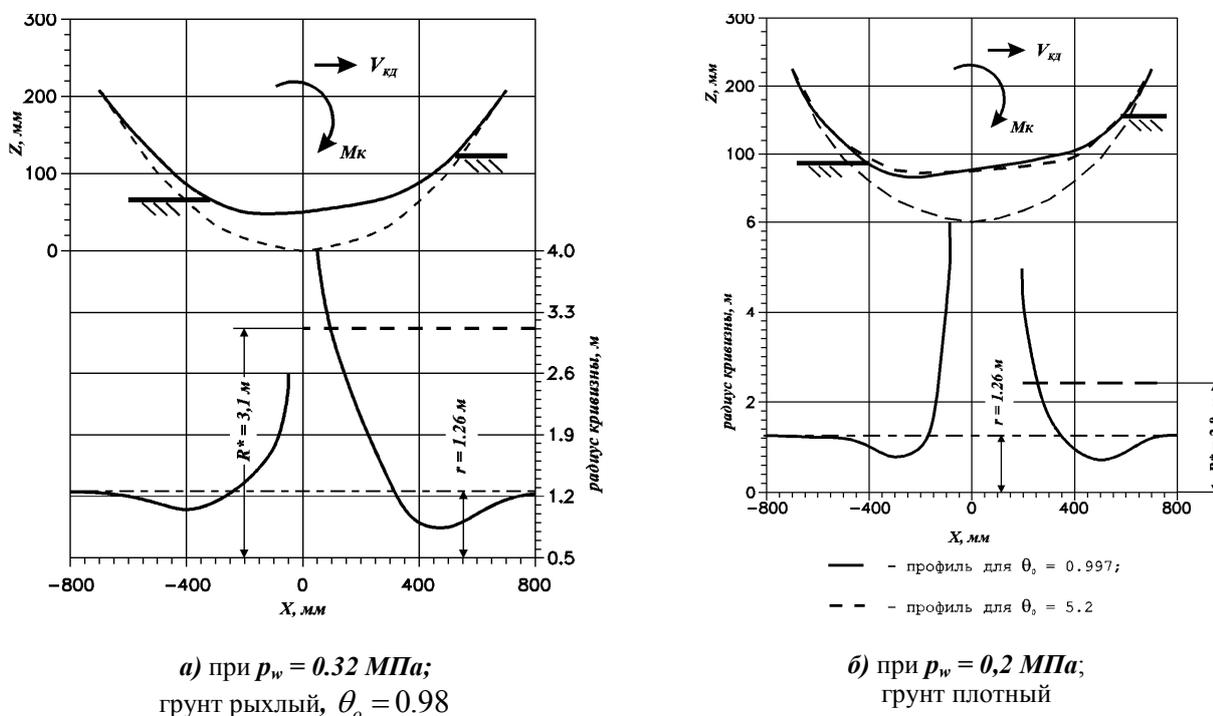


Рис. 2. Профили контактной поверхности и зависимости ее кривизны от продольной координаты контакта шины 37,5-39 мод. Ф-7 на различных видах грунтовой поверхности

На графиках дополнительно нанесены линии постоянного радиуса, значение которого определено в соответствии с моделью колеса, предложенной в работах [2, 4, 5].

Один из основных показателей для оценки механических свойств пневматической шины является модуль жесткости, представляющий, в общем случае, производную от изменения соответствующей составляющей внешней силы на соответствующую величину деформации [2, 3, 5]. Причем наиболее важное значение, из перечисленных, представляет собой радиальная (нормальная) жесткость, с которой непосредственно связаны остальные составляющие жесткости [1, 4].

Для экспериментального исследования жесткостных характеристик проводились испытания колесного движителя не только на стенде с прямолинейным движением колеса, но и на стенде с круговой траекторией [7], при этом использовался максимальный радиус траектории движения  $R_0 = 6,2-6,5 \text{ м}$ .

Поскольку пневматическая шина представляет собой оболочку с достаточно тонкими стенками, ее механические свойства и способность деформироваться под действием внешних сил существенным образом зависят от величины внутреннего давления воздуха.

На рис. 3, 4 представлены зависимости радиальной  $\lambda$  и тангенциальной  $\tau$  деформаций шин различных размеров, на различных видах опорной поверхности, от величины внутреннего давления воздуха  $p_w$ .

Особый интерес представляют зависимости, представленные на рис. 5а, 5б, полученные на различных образцах шины размером 29,5-29. Исследованные образцы шин различаются параметрами отдельных элементов конструкции, а шина ф."Бриджестон" использовалась в качестве эталона для сравнения. В ходе предварительных экспериментов по отработке конструктивных параметров шины мод. Ф-114 было установлено, что первоначальный образец шины с нормой слойности каркаса - 32 сл. имеет более худшие, по сравнению с эталоном, показатели по величине сопротивления качению и др.

Анализ показал, что причина этого заключается в худшей способности конструкции шины выравнять нормальные напряжения в области контакта. В результате были изготовлены два образца шины мод.Ф-114 с увеличенным числом слоев каркаса, измененными углами наклона нитей корда по экватору и увеличенной шириной брекера.

Краткая характеристика опытных образцов шин 29,5-29 мод.Ф-114 различных конструкций приведена в табл.1.

Как показывает анализ, увеличение действительного числа слоев каркаса благоприятно сказалось на изменении жесткостных свойств шины и, в особенности, у шины "образец № 2". При внутреннем давлении  $p_w = 0,25$  МПа величина радиальной и тангенциальной деформаций у обоих образцов шин оказалась практически идентичной (см.рис. 5а, 5б).

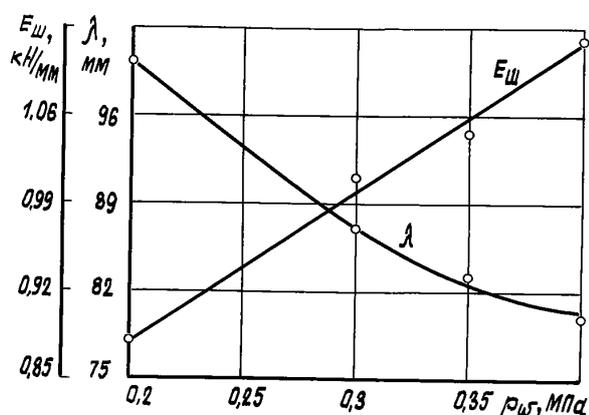


Рис. 3. Зависимости радиальной деформации  $\lambda$  и модуля жесткости  $E$  шины 21,00-28 мод. ДФ-27 на плотном грунте от внутреннего давления воздуха  $p_w$

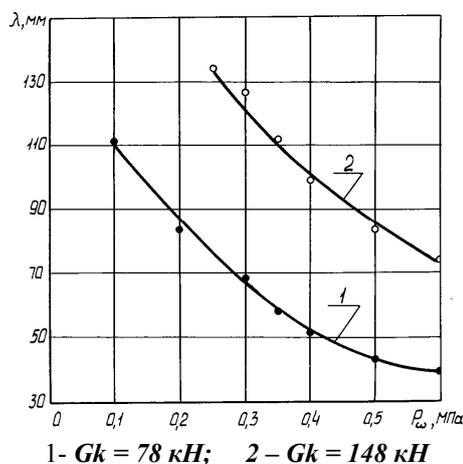


Рис. 4. Зависимость радиальной деформации  $\lambda$  шины 27,00-33 мод. В-71 на плотном грунте от внутреннего давления воздуха  $p_w$

Увеличение внутреннего давления вызывает снижение величины деформаций у всех образцов шин и увеличивает различия между деформациями у шин "образец № 4" и "образец № 2". При  $p_w = 0,6$  МПа величина радиальной деформации у шины "образец № 2" ниже соответствующего значения деформации у шины "образец № 4" на 13,8%.

Таблица 1

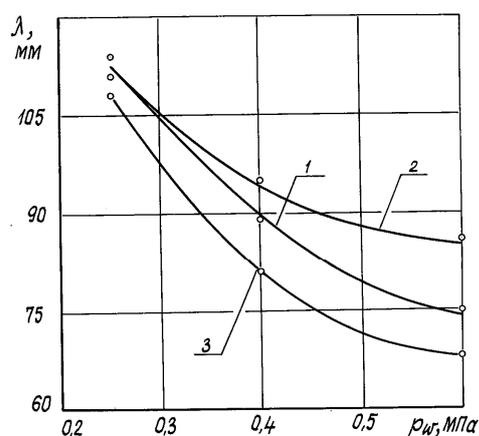
Краткая характеристика опытных образцов шин 29,5-29 мод.Ф-114 различных конструкций

Параметры	образец № 2	образец № 4
Число слоев корда:		
брекера	4	4
каркаса	18	16
Марка корда	30 анид	30 анид
Угол наклона нитей корда по экватору, град.		
брекера	35	35
каркаса	31-34	32

Это свидетельствует о том, что конструктивные особенности пневматической шины, даже без изменения ее внешних размеров и внутреннего давления, оказывают весьма существенное влияние на ее механические свойства.

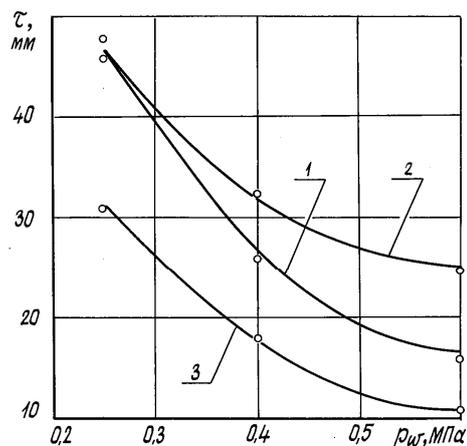
Анализ подобных зависимостей для остальных шин (см. рис. 3, 4, 5) показывает, что общий характер - уменьшение величины радиальной и тангенциальной составляющих деформации шины при увеличении внутреннего давления, сохраняется для всех образцов испытанных шин. Причем величина деформации, чаще всего, уменьшается не пропорционально увеличению давления.

Для определения модуля радиальной жесткости пневматической шины использовалась зависимость радиальной деформации  $\lambda$  шины от величины вертикальной нагрузки  $G_k$ , при заданной величине внутреннего давления.



1 - образец № 2;  
2 - образец № 4;  
3 - "Бриджстон"

а)

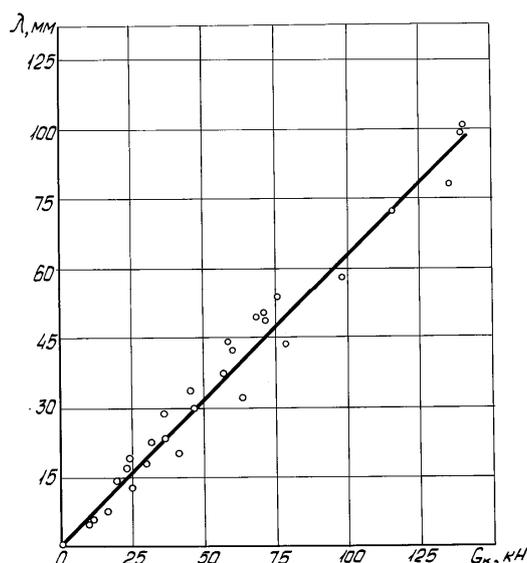


1 - образец № 2;  
2 - образец № 4;  
3 - "Бриджстон"

б)

Рис. 5. Зависимость а) радиальной  $\lambda$  и б) тангенциальной деформации  $\tau$  колеса с различными шинами размером 29,5-29 от внутреннего давления воздуха  $p_w$  (цементобетон,  $G_k = 137,8$  кН,  $R_0 = 6,38$  м)

На рис. 6 представлена зависимость радиальной деформации  $\lambda$  шины 29,5-29 мод.Ф-114 от вертикальной нагрузки на ось колеса  $G_k$  при  $p_w = 0,4$  МПа на цементобетонной поверхности.



**Рис. 6.** Зависимость радиальной деформации  $\lambda$  шины 29,5-29 мод. Ф-114 от вертикальной нагрузки на ось колеса  $G_k$  при  $p_w=0,4\text{МПа}$

Анализ полученных результатов показывает, что они хорошо аппроксимируются линейной зависимостью, из которой может быть определен модуль радиальной жесткости шины.

Аналогично были получены значения модулей жесткости испытанных крупногабаритных шин приведенные в табл. 2.

Таблица 2

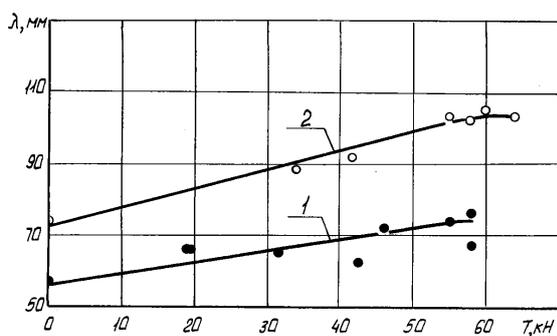
Модуль жесткости крупногабаритных шин  $E_{ш}$ , Н/мм

Размер шины	Модель	Давление воздуха в шине, МПа				
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
20,5-25	Ф-92	596	684	762	-	-
21,00-28	ДФ-27	875	998	1120	-	-
29,5-29	Ф-114	1110	-	1600	-	2370
21,00-33 Д	ВФ-166А	1120	1240	1370	1500	1620
21,00-33 Рм	ВФ-166А	676	829	983	1140	1290
27,00-33	В-71	722	947	1130	1290	-
33,5-33	Ф-149	-	1340	1780	2140	-
37,5-39	Ф-7	1480	1650	1890	-	-

Анализ данных табл.2 показывает общую тенденцию увеличения модуля жесткости пневматической шины с увеличением ее геометрических размеров и внутреннего давления. Исключение составляет шина 21,00-33 Рм мод.ВФ-166А радиальной конструкции, у которой величина модуля жесткости на 20-40% ниже жесткости аналогичной шины с диагональной конструкцией каркаса, во всем исследованном диапазоне давлений.

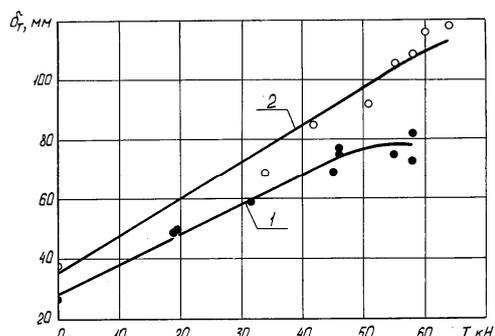
Кроме этого, сопоставление значений жесткости для шин 20,5-25, а также шин 21,00 -33 Д и 27,00-33, отличающихся шириной профиля, позволяет утверждать, что с увеличением последней жесткость увеличивается. Как известно [2, 3, 4, 5], величина и характер нагрузок колеса оказывают существенное влияние на деформационное состояние пневматической шины. Для оценки влияния внешних нагрузок в виде вертикальной нагрузки, силы тяги и крутящего момента на деформационные характеристики шин использовались результаты, полученные в ходе испытаний колеса в тяговом режиме.

На рис. 7а и 7б представлены зависимости радиальной  $\lambda$  и тангенциальной  $\tau$  деформаций шины 27,00-33 мод.В-71 от силы тяги  $T$ , полученные при тяговых испытаниях одиночного колеса на плотном суглинке при различных значениях внутреннего давления  $p_w$  при  $G_k = 78$  кН. Полученные зависимости показывают, что при увеличении силы тяги значения обеих составляющих деформаций увеличиваются практически линейно, но до определенного предела, ограниченного изменениями упругих свойств самой шины и условиями прогрессивного увеличения глубины колеи при значительном буксовании колеса. Причем в рассматриваемом случае увеличение тангенциальной деформации протекает более интенсивно.



а)

1 - при  $p_w = 0.35$  МПа;  
2 - при  $p_w = 0.20$  МПа



б)

1 - при  $p_w = 0.35$  МПа;  
2 - при  $p_w = 0.2$  МПа

Рис. 7. Зависимость а) радиальной  $\lambda$  и б) тангенциальной  $\tau$  деформации шины 27,00-33 мод.В-71 от силы тяги  $T$  на плотном суглинке при различных значениях давления  $p_w$  при  $G_k = 78$  кН

Таблица 2

Модуль жесткости крупногабаритных шин  $E_{ш}$ , Н/мм

Размер шины	Модель	Давление воздуха в шине, МПа				
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
20,5-25	Ф-92	596	684	762	-	-
21,00-28	ДФ-27	875	998	1120	-	-
29,5-29	Ф-114	1110	-	1600	-	2370
21,00-33 Д	ВФ-166А	1120	1240	1370	1500	1620
21,00-33 Рм	ВФ-166А	676	829	983	1140	1290
27,00-33	В-71	722	947	1130	1290	-
33,5-33	Ф-149	-	1340	1780	2140	-
37,5-39	Ф-7	1480	1650	1890	-	-

### Вывод

Полученные результаты свидетельствуют о весьма значительном влиянии конструктивных особенностей шины и ее механических характеристик на процесс взаимодействия колесного движителя с грунтовой и недеформирующейся поверхностями.

Анализ траекторий деформации поверхности крупногабаритной пневматической шины при ее движении по грунтовой поверхности позволил выявить особенность взаимодействия крупногабаритной пневматической шины с грунтовой опорной поверхностью - наличие плоской зоны, являющейся следствием относительного увеличения размеров области контакта, по сравнению с контактом шин меньшего размера.

## Библиографический список

1. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. -М.: Автотрансиздат,1960.-229 с.
2. Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители (теория и расчет).-М.: Машиностроение, 1972.-184 с.
3. Пугин В.А. Экспериментальное исследование деформаций и напряжений в элементах автомобильных шин: Дис... канд.техн.наук. -М., 1954.-279 с.
4. Ульянов Н.А. Колесные движители строительных и дорожных машин: теория и расчет. -М.: Машиностроение, 1982.-279 с.
5. Ульянов Н.А., Никулин П.И., Василенко А.В. и др. Стенды для испытания крупногабаритных пневматических шин // Строительные и дорожные машины, 1982, N 6, с.21-22.

## References

1. Knoroz V.I. Car tires. -M.: Autotransizdat,1960.-229 p.
2. Agaikin I.C. Off-road wheeled and combined propulsion (theory and calculation).- Moscow: Mechanical Engineering, 1972.-184 p.
3. Pugin V.A. Experimental study of strains and stresses in the elements of automobile tires: Dis... kand.tech.sciences'. - M., 1954.-279 p.
4. Ulyanov N.A. Wheel propellers of construction and road machines: theory and calculation. - Moscow: Mechanical Engineering, 1982.-279 p.
5. Ulyanov N.A. Nikulin P.I., Vasilenko A.V. And others. Stands for testing of large-size pneumatic tires // Construction and road machines, 1982, N 6, p. 21-22.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной  
техники и инженерной механики имени  
профессора Н.А. Ульянова Р.А. Жилин  
Канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной  
математики и механики Ю.Б. Рукин  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-59-18  
e-mail: [rzhilin@vgasu.vrn.ru](mailto:rzhilin@vgasu.vrn.ru)*

*Voronezh State Technical University  
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair  
of construction machinery and engineering  
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov  
R.A. Zhilin  
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair  
of applied mathematics and mechanics J.B.Rukin  
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-59-18  
e-mail: [rzhilin@vgasu.vrn.ru](mailto:rzhilin@vgasu.vrn.ru)*

Р.А. Жилин, Ю.Б. Рукин

## **РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ ДВУХЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ВАЛОВ**

Представлены результаты исследования методом конечных элементов двухэксцентриковых валов, выявляющие возможности дальнейшего совершенствования в направлении инженерной рационализации их конструкции.

**Ключевые слова:** линейно-упругие конструкции, метод конечных элементов.

R.A. Zhilin, J.B. Rukin

## **RATIONALIZATION OF THE CONFIGURATION OF TWO-ECCENTRIC SHAFT**

The results of a research a finite element method of two-eccentric shaft revealing possibilities of further improvement in the direction of engineering optimization of their design are presented

**Keywords:** linearly-elastic designs, finite element method.

До настоящего времени конфигурации эксцентриковых валов кривошипных горячештамповочных прессов (КГШП) соответствуют классическому прототипу, сформировавшемуся для *двухопорных* машин. В достаточно широком диапазоне размеры эксцентриковых дисков, расстояния между ними и другие базисные геометрические параметры валов назначаются в основном *эмпирически*, с учетом опыта проектирования, испытаний и эксплуатации [1].

Однако, процесс принятия решений о проектировании и производстве прессов с большими номинальными усилиями приводит инженеров-конструкторов к необходимости преодоления ряда трудностей. Основной из них является существенное *возрастание габаритных размеров и масс деталей*, прежде всего, двухэксцентрикового вала. При этом проблема осложняется ограниченностью существующих технологических возможностей производства крупногабаритных деталей, требованиями к их перевозкам на транспорте и т.п.

Есть основания утверждать, что общепринятые размеры и их соотношения в конструкциях двухэксцентриковых валов КГШП не были в достаточной мере теоретически оптимизированы. Представляется, что инженерная рационализация конфигураций валов на основе моделирования и анализа полей их напряжений и деформаций, с учетом зон концентрации, может стать серьезным *резервом* совершенствования конструкций по различным направлениям.

*Постановка задачи* – предусматривает дискретное моделирование и экспертный анализ результатов исследований двухэксцентриковых валов с целью их совершенствования в направлении инженерной рационализации. Задача ставится для решения в 2 этапа.

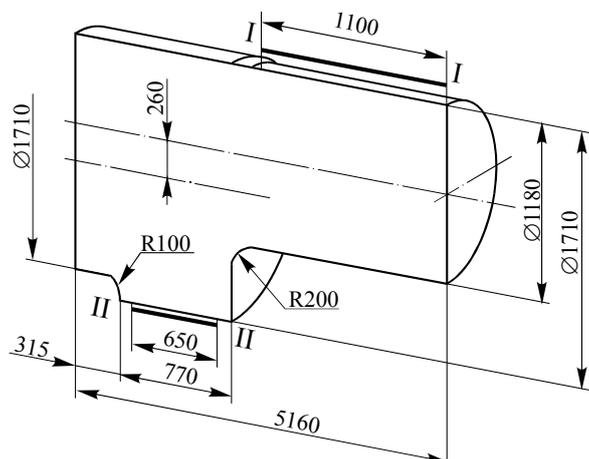
На *первом* этапе эксцентриковый вал рассматривается путем автономного трехмерного моделирования под действием заданной внешней нагрузки, приложенной со стороны опорных зон стоек станины и шатунов в состояниях центрального технологического нагружения номинальным усилием. Варьируются базисные размеры, определяющие ширину эксцентриковых дисков. Целью исследования является оценка возможностей и целесообразности уменьшения проектной ширины дисков и изменения других размеров, принятых в существующем техническом проекте и рабочих чертежах прессы.

На *втором* этапе эксцентриковый вал с уменьшенными размерами ширины дисков и увеличением внутреннего расстояния между ними моделируется в контактной подсистеме, в которой вал взаимодействует с шатунами, имеющими соответствующие изменения размеров в зоне контактов с эксцентриками вала. Нагрузки в этом варианте подсистемы принимаются действующими со стороны стойки станины на вал и со стороны оси ползуна на шатуны.

*Целью исследования* является проверка: допустимости контактных давлений, с которыми эксцентриковые диски с уменьшенной шириной действуют на бронзовые вкладыши шатунов; прочности шатунов с измененными размерами; целесообразности намеченной рационализации конструкций эксцентрикового вала.

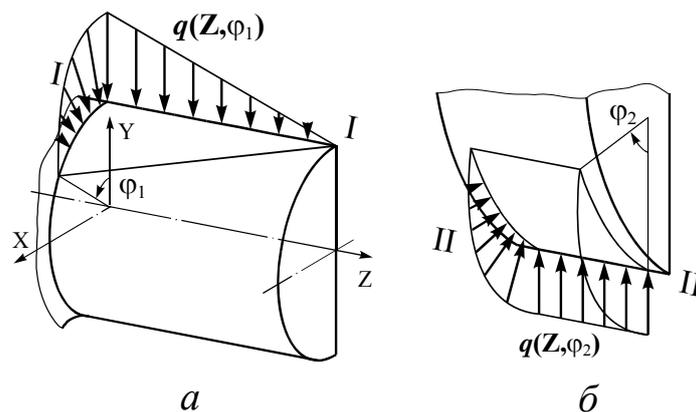
Начальным этапом рационализации конфигурации эксцентрикового вала является *автономное моделирование* и анализ полей напряжений, возникающих в вале с проектным контуром галтельного перехода.

Конфигурация принятой конструктивной модели, основные размеры и схемы нагружения указанного вала представлены на рис. 1. Проектное очертание галтельного перехода в продольной плоскости симметрии вала соответствует четверти окружности радиусом 200 мм. Проектная толщина эксцентрикового диска в *базисном* варианте исследуемого вала составляет 770 мм. Прямыми I-I и II-II на рис. 2 показаны соответствующие продольные зоны приложения распределенных нагрузок со стороны станины (а) и шатуна (б) [2].



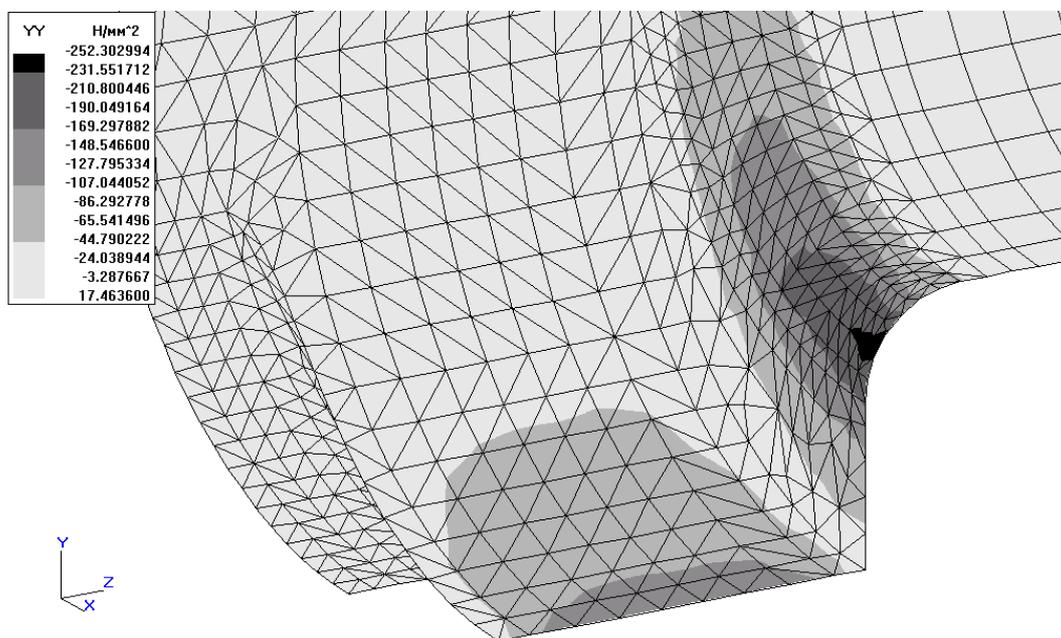
**Рис. 1.** Конфигурация и размеры исследуемого вала

С целью рационализации формы двухэксцентриковых валов в данной работе проведены – дополнительно к базисному варианту – моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния вала рассматриваемой конструкции, но с эксцентриковыми дисками, толщина которых *односторонне* – при сохранении положения вертикальной плоскости диска, ближайшей к зоне станины – уменьшена с 770 до 720 мм. При этом радиус кругового контура внутренней галтели вала уменьшен со 100 мм до 65 мм.



**Рис. 2.** Схемы нагружения эксцентрикового вала подсистемами сил со стороны стойки (а) и эксцентрикового диска (б)

Результаты моделирования исследуемого вала, рассматриваемого автономно, представлены графическим постпроцессором комплекса МАКС [3] и показаны на рис. 3.



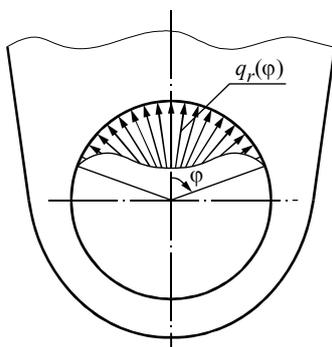
**Рис. 3.** Фрагмент ансамбля МКЭ и поле напряжений  $\sigma_y$  автономно исследуемого вала с базисными размерами

При автономном моделировании вала с базисными размерами в нижней зоне эксцентрикового диска вертикальные напряжения достигли величины  $\sigma_y = 171$  МПа; в зоне галтели максимум вертикальных напряжений составил  $\sigma_y = 252$  МПа, а максимум эквивалентных напряжений в этой же зоне –  $\sigma_{экр} = 350$  МПа.

Уменьшение ширины эксцентриковых дисков до 720 мм и соответствующим увеличением центральной части вала до 365 мм приводит к увеличению напряжений в эксцентриковом диске до  $\sigma_y = 197$  МПа; в зоне галтели –  $\sigma_y = 251$  МПа и  $\sigma_{экр} = 353$  МПа.

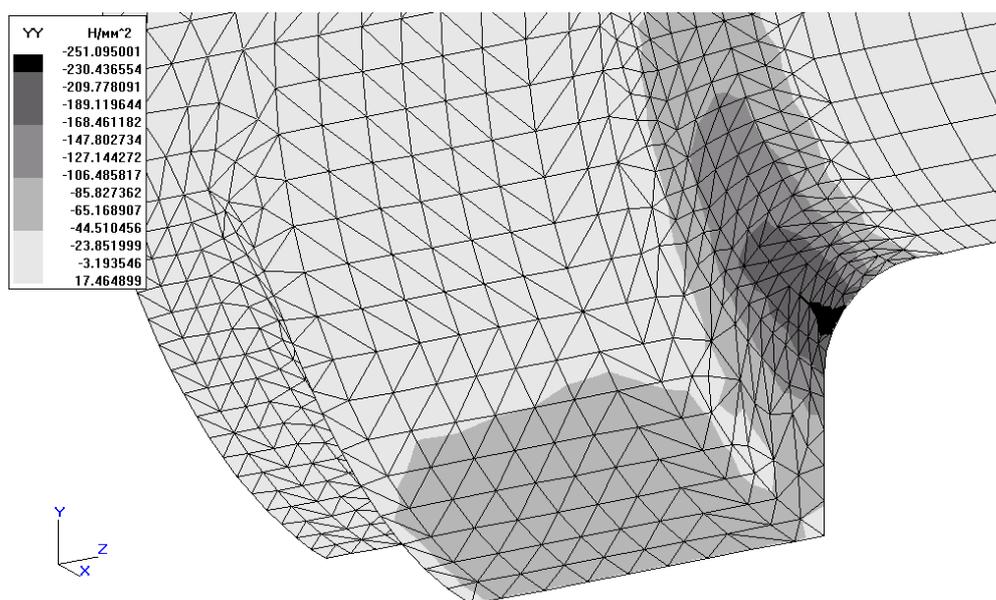
На втором этапе выполнены серии вычислительных процедур моделирования контактных сил и напряженно-деформированных состояний эксцентрикового вала и шатунов (при различных размерах толщин эксцентриковых дисков и соответствующих размерах шатунов в зонах их контактирования с валом). Схема нагружения контактной подсистемы «вал–шатун»

включает нагрузки со стороны станины (рис. 2, а) и нагрузки на шатун со стороны оси ползуна, которые заданы согласно эпюре контактных сил (рис. 4), полученной при исследовании аналогичной шатунной подсистемы [4].



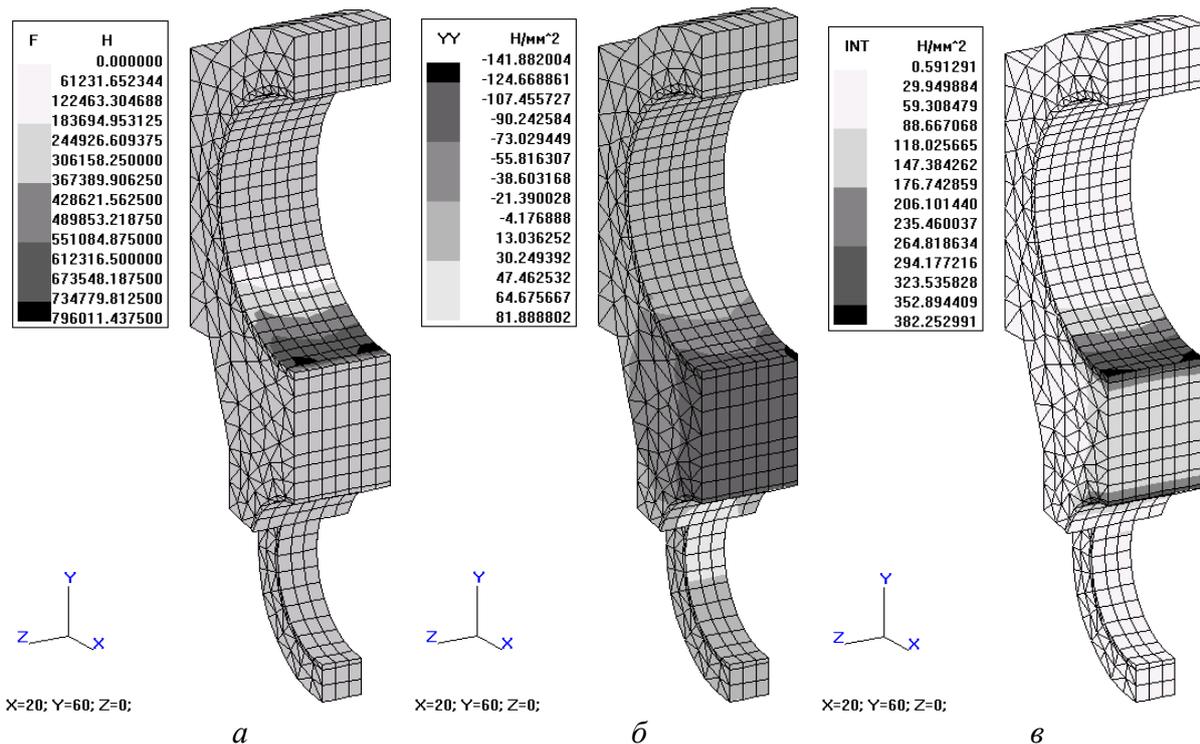
**Рис. 4.** Схема нагружения шатуна подсистемами сил со стороны оси ползуна

В нижней зоне исследуемого вала с базисными размерами эксцентриковых дисков в условиях контактирования с шатунами напряжения  $\sigma_y = 101$  МПа, в зоне галтели максимумы соответствующих напряжений составляют  $\sigma_y = 251$  МПа и  $\sigma_{экр} = 347$  МПа (рис. 5). Результаты моделирования шатуна с базисными размерами в контакте с валом представлены на рис. 6.



**Рис. 5.** Фрагмент ансамбля МКЭ и поле нормальных напряжений  $\sigma_y$  исследуемого вала с базисными размерами эксцентриковых дисков в условиях контактирования с шатунами

Уменьшение ширины эксцентриковых дисков вала до 720 мм приводит незначительному изменению напряжений – в нижней зоне диска максимум  $\sigma_{y\ max} = 108$  МПа; в зоне галтели  $\sigma_{y\ max} = 250$  МПа;  $\sigma_{экр\ max} = 350$  МПа. Соответствующее изменение размеров шатуна вызывает уменьшение максимума сил контактного взаимодействия на 15% ( $F_{max} = 676$  кН), уровень максимальных напряжений незначительно повышается – вертикальные  $\sigma_y$  на 11% ( $\sigma_y = 157$  МПа), а эквивалентные  $\sigma_{экр}$  на 10% ( $\sigma_{экр} = 420$  МПа) – общая картина распределения контактных сил и напряжений при этом не меняется.



**Рис. 6.** Результаты моделирования шатуна в контакте с валом:  
 а – силы контактного взаимодействия; б – вертикальные напряжения  $\sigma_y$ ;  
 в – эквивалентные напряжения с максимальным значением  $\sigma_{экв}=382$  МПа

## Выводы

1. Проектная конструкция (с базисными размерами) двухэксцентрикового вала и измененная топологически тождественная конструкция, в которой ширина эксцентриковых дисков уменьшена указанным выше образом с принятого размера 770 мм до 720 мм и при этом радиус кругового контура внутренней галтели вала уменьшен со 100 мм до 65 мм, имеет интенсивность контактных взаимодействий с соответствующими по ширине шатунами и значения полей напряжений, практически не зависящие от принятых изменений размеров.

2. Максимальные значения вертикальных нормальных напряжений  $\sigma_y$  в контактных поверхностях взаимодействующих деталей – эксцентрикового вала и шатунов – остаются на вполне допустимом уровне от 101 МПа до 157 МПа.

3. Максимальные значения эквивалентных напряжений  $\sigma_{экв}$  в локальных зонах галтельного перехода между дисками эксцентриков и цилиндрической опорной частью вала находятся в допустимом диапазоне от 347 МПа до 420 МПа.

4. Значения удельных контактных давлений на бронзовые вкладыши шатунов, ширина которых в зоне контакта уменьшена по сравнению с базисным размером, не превышают допустимого уровня, обеспечивающего выполнение условия не превышения величины  $F$  предела, который принимается на основе литературных данных и опыта расчетов, проектирования и эксплуатации КГШП рассматриваемой гаммы:

$$F = QVP,$$

где  $Q$  – среднее давление в подшипнике;

$P$  – усилие на подшипник;

$V$  – скорость скольжения в подшипнике.

5. Исследуемый двухэксцентриковый вал *имеет резервы совершенствования* (снижения массы и металлоемкости), по крайней мере, за счет уменьшения указанных выше размеров.

6. Эксцентриковый вал с уменьшенными размерами ширины дисков эксцентриков, раздвинутых относительно центра вала, имеет в его средней зоне область протяженностью 600 мм вдоль оси вала, свободную для размещения в ней третьей центральной опоры, монолитно связанной с траверсой, если классическая двухопорная конструктивно-силовая схема эксцентрикового вала будет заменена на трехопорную.

#### Библиографический список

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. М.: Мир, 1989. 510 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с.
3. Гольник Э.Р., Гундорова Н.И. Неинкрементальное дискретное моделирование контактных систем упругих шероховатых тел с выявлением зон проскальзывания и сцепления // Изв.вуз. Машиностроение. 1997. № 12. С. 3–8.
4. Гольник Э.Р., Гундорова Н.И. Метод трехмерного дискретного моделирования контактных систем деталей тяжелых прессов с учетом и анализом влияния трения в стыках // Кузнечно-штамповочное производство. 1999. № 10. С. 26–30.
5. Гольник Э.Р., Гундорова Н.И., Дибнер Ю.А., Жилин Р.А., Новокщенов Л.Т. Моделирование и анализ эффективности вариантов фрикционных соединений ступицы муфты и эксцентрикового вала тяжелых КГШП // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением 2000. № 10. С. 30–35.
6. Балаганский В.И., Радченко И.Г., Жилин Р.А., Новокщенов Л.Т. Обеспечение рациональных условий работы затянутого соединения станины кривошипного пресса путем конечно-элементного моделирования // Кузнечно-штамповочное производство, 1997. № 3. С. 24–27.
7. Гольник Э.Р., Жилин Р.А., Радченко И.Г., Рукин Ю.Б. Новые возможности системного математического моделирования при проектировании кривошипных горячештамповочных прессов // Кузнечно-штамповочное производство, 1998. № 3. С. 24–28.

#### References

1. Johnson K. Mehanika of contact interaction. M: the World, 1989. 510 with.
2. Zenkevich O. Metod of final elements in the technician. M: the World, 1975. 541 with.
3. Golnik E.R., Gundorova N.I. neinkrementalnoe discrete modelling of contact systems of elastic rough bodies with revealing of zones slip and couplings // Izv.vuz. Mechanical engineering. 1997. № 12. With. 3-8.
4. Golnik E.R., Gundorova N.I. method of three-dimensional discrete modelling of contact systems of details heavy presses with the account and the analysis of influence of a friction in joints // Forge-shtampovochnoe manufacture. 1999. № 10. With. 26-30.
5. Golnik E.R., Gundorova N.I., Dibner J.A., Zhilin R. A, Novokshchenov L.T. modelling and the analysis of efficiency of variants of frictional connections of a nave Clutch and supplementary shaft heavy crank hot-forging press // Forge-shtampovochnoe manufacture. Processing of materials by pressure 2000. № 10. With. 30-35.
6. Balagansky V. I., Radchenko I. G., Zhilin R. A, Novokshchenov L.T. Maintenance of rational working conditions of the tightened connection of a bed crank presses by finite element modelling // Forge-shtampovochnoe manufacture, 1997. № 3. With. 24-27.
7. Golnik E.R., Zhilin R. A, Radchenko I.G., Rukin JU.B. new of possibility of system mathematical modelling at designing crank presses // Forge-shtampovochnoe manufacture, 1998. № 3. With. 24-28.

УДК 621.87

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-  
ной техники и инженерной механики  
имени профессора Н.А. Ульянова  
Р.А. Жилин,  
Канд. техн. наук, доцент кафедры  
строительной техники и инженерной  
механики имени профессора Н.А. Ульянова  
А.Н. Щиенко,  
Студенты дорожно-транспортного  
факультета  
Г.А. Раджабова, Д.С. Перетрухин,  
А.А. Феденев  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 40-26-096  
e-mail: [fedenev-sasha@yandex.ru](mailto:fedenev-sasha@yandex.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair  
of construction machinery and engineering me-  
chanics of a name of professor N.A. Ulyanov  
R.A. Zhilin,  
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair  
of construction machinery and engineering me-  
chanics of a name of professor N.A. Ulyanov  
A.N. Shchiyenko,  
Students of the Road and Transport  
Faculty  
G.A. Rajabova, D.S.Peretrukhin,  
A.A. Fedenev  
Russia, Voronezh, tel. +7(930) 40-26-096  
e-mail: [fedenev-sasha@yandex.ru](mailto:fedenev-sasha@yandex.ru)*

Р.А. Жилин, А.Н. Щиенко, Г.А. Раджабова, Д.С. Перетрухин, А.А. Феденев

### **АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ШАГАЮЩЕГО ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРОВ**

Представлено описание кинематических схем шагающего ходового оборудования экскаватора отечественного и зарубежного производства.

**Ключевые слова:** шагающий экскаватор, кинематические схемы ходового оборудования

R.A. Zhilin, A.N. Shchiyenko, G.A. Rajabova, D.S. Peretrukhin, A.A. Fedenev

### **THE ANALYSIS OF KINEMATIC SCHEMES THE WALKING RUNNING EQUIPMENT OF DREDGES**

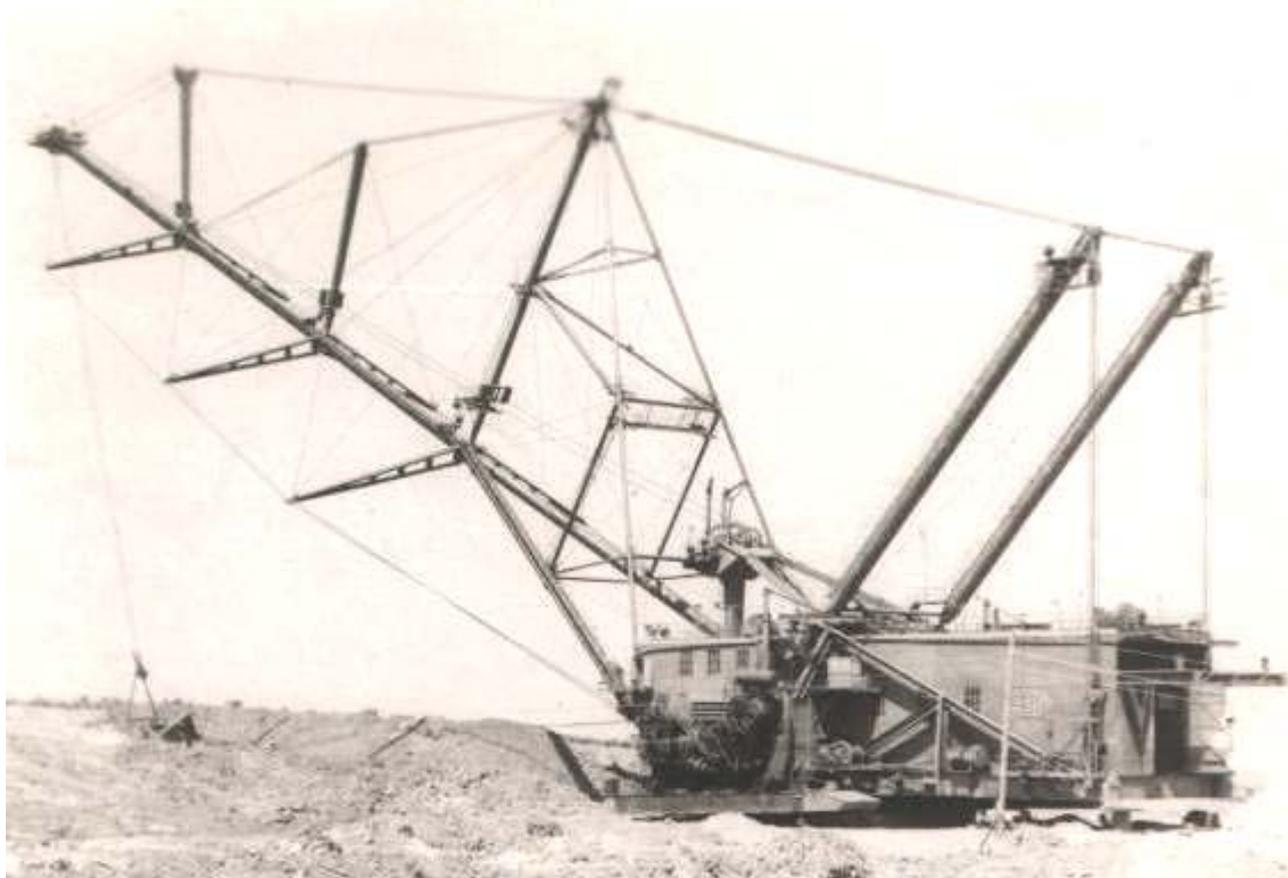
The description of kinematic schemes of the walking running equipment of a dredge of domestic and foreign manufacture is presented.

**Keywords:** walking dredge, kinematic schemes of the running equipment.

Шагающие экскаваторы (ЭШ) чаще всего используются на карьерных работах. Подъемные механизмы на них устанавливаются самые разнообразные, но обычно это оборудование драглайна (рис. 1). ЭШ являются основным карьерным оборудованием горных предприятий, работающих в местах со сложной транспортной схемой. Драглайн сам вскрывает перекрывающие породы и сам же их переносит.

Добыча с помощью ЭШ намного безопаснее шахтового метода, а по операционным затратам самой экономичной. Шагающие экскаваторы надежны и долговечны, в настоящее время продолжает полноценно работать большое количество экскаваторов, еще советского производства.

Цифры в названиях экскаваторов, стоящие после буквенного обозначения до точки означают номинальную емкость основного ковша в кубометрах, а цифры, после точки – длину стрелы в метрах. ЭШ-драглайны выпускаются с ковшами емкостью 4, 6, 10, 14, 15, 25, 50 м<sup>3</sup> и стрелами 40, 60, 75, 90, 100 м в высоту. Некоторые компании для больших объемов вскрышных работ производят технику со стрелами до 120 м в высоту и ковшами, вмещающими 40-100 м<sup>3</sup>.



**Рис. 1.** Советский ЭШ производства Уральского Завода Тяжелого Машиностроения (УЗТМ)

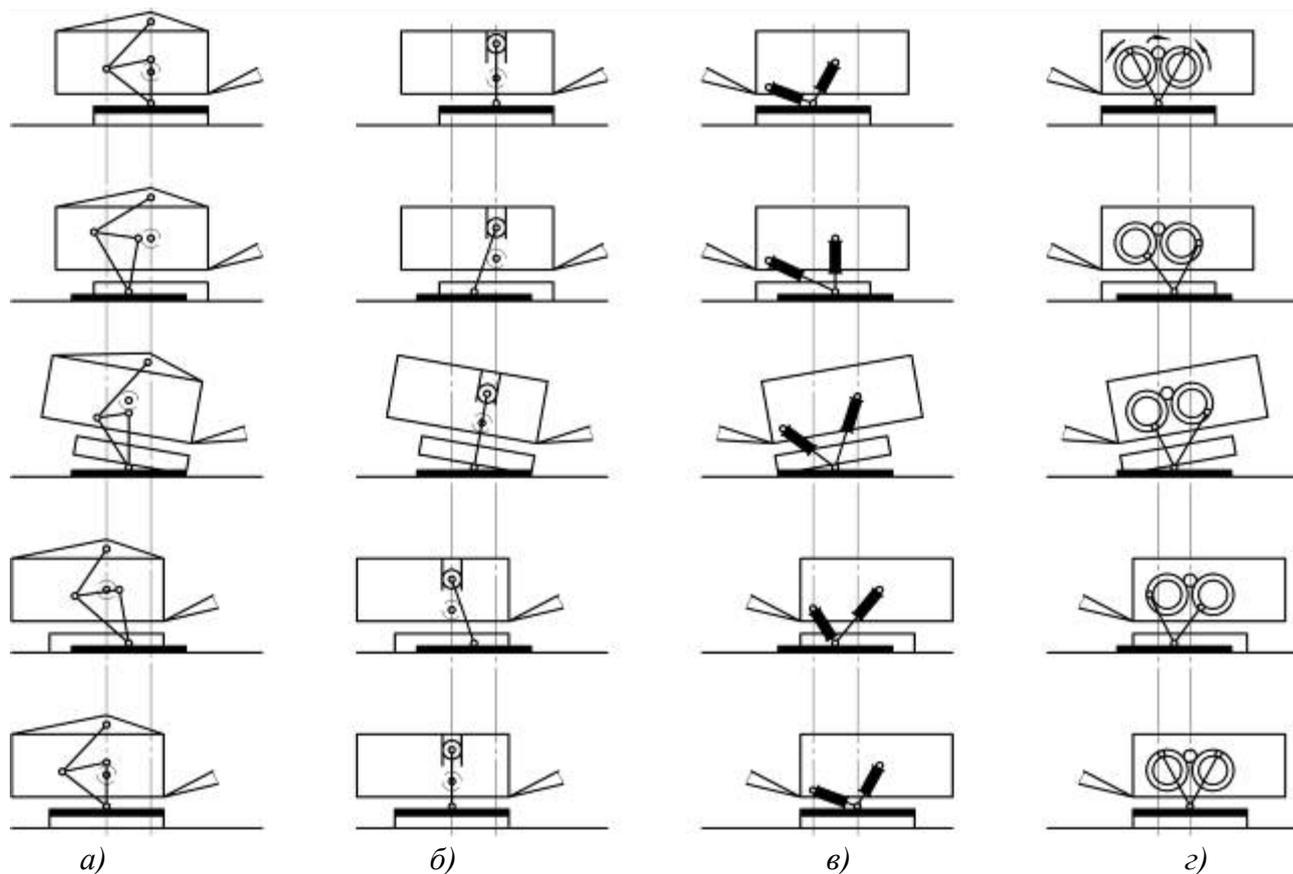
Шагающее ходовое оборудование состоит из круглой опорной рамы (базы), имеющей диаметр около 10 м, и механизма шагания, включающий две лыжи (башмаки), связанные через гидроцилиндры или эксцентриковый механизм, механизм перемещения и привод.

Механизмы шагания могут быть кривошипными или гидравлическими (рис. 2). Они состоят из двух одинаковых синхронно работающих механизмов шагания, расположенных симметрично относительно продольной оси экскаватора. Все драглайны УЗТМ и модель 4250-W фирмы «БюсайрусИри» (США) оборудованы гидравлическими механизмами шагания.

Большинство шагающих экскаваторов оснащены трехопорным механизмом шагания, работающего по принципу волочения. Перемещение с помощью такого механизма происходит следующим образом: при помощи гидроцилиндров лыжи выдвигаются в нужную сторону, опускаются на землю, затем опять с помощью тех же гидроцилиндров, корпус машины поднимается вверх на максимально возможную высоту, гидроцилиндры при этом занимают вертикальное положение, а конец опорной рамы со стороны стрелы тянется по земле. Когда начинает опускаться передняя часть, экскаватор под своим весом перемещается вперед. При передвижении экскаватор опирается на две лыжи и на часть опорной базы. Величина шага обычно не превышает 1...2,5 м.

При кажущейся медлительности шагающий экскаватор с гидроприводом проходит до двухсот метров в час. Хотя данный тип оборудования не предназначен для перемещения своим ходом на большие расстояния, но некоторые модели уже преодолели более ста километров. Высшим пилотажем считается пологое качание экскаватора, при котором корпус практически не приподнимается, так в 1,6 раза снижает коэффициент давления на грунт.

Сделав шаг, машина либо повторяет указанный цикл, либо приступает к эксплуатации. В рабочем положении ЭШ опирается на массивное круглое основание, обеспечивающее свободный поворот в любую сторону. Лыжи при этом подняты и не создают помех для поворотной платформы.



**Рис. 2.** Схемы механизмов шагания:  
*а* – кривошипно-шарнирный с треугольной рамой;  
*б* – кривошипно-ползунковый; *в* – гидравлический; *г* – двухкривошипный

Достоинства гидравлического шагающего механизма заключаются в плавности его работы и возможности регулирования траектории движения. Недостатки состоят в низком КПД (приблизительно 60%), сложности устройства привода и необходимости высококвалифицированного обслуживания.

В настоящее время самым большим трехопорником является 3400-тонный экскаватор «ЭШ 40.100». Трехопорная схема работает при весе машины не выше 4,5 тысячи тонн. При большем весе задняя кромка опорной рамы начинает сильно вдавливаясь в землю и загрэбать грунт перед собой. Этот земляной вал инженеры называют призмой волочения.

Эту проблему решили, применив четырехопорный механизм шагания с полным отрывом базы от земли. В эксплуатационном режиме экскаватор так же опирается на грунт опорной плитой в основании. Передвижение экскаватора осуществляется перемещением гидростатических опор гидроцилиндров по верхней плоскости лыжи в направляющих. При шаге вес полностью переносится на лыжи. Каждая лыжа управляется парой гидроцилиндров. Экскаватор приподнимается над грунтом, смещается и опять опускается на грунт опорной плитой. Лыжи, в свою очередь, приподнимаются над грунтом и переносятся вперед; затем цикл повторяется. Минимальный подъем экскаватора – 700 мм, максимальная длина шага – до 3 м. Гидравлическая схема управления механизмов обеспечивает три точки опоры машины замыканием пары подъемных цилиндров в гидравлический балансир.

Этот механизм реализован на мощном драглайне ЭШ 100.100 массой 11 тысяч тонн, выпущенном в 1969 году. К сожалению этот экскаватор списан и разобран на металлолом в перестроечные времена, и действующий рекорд сейчас принадлежит «ЭШ 65.100», работающему в Тулунском разрезе.

На драглайнах Новокраматорского Машиностроительного Завода (НКМЗ) и на всех моделях драглайнов зарубежных фирм применяются кривошипные системы различных видов: кривошипношарнирная с треугольной рамой фирмы «Марион», кривошипно-ползунковая фирмы «Пейдж», двухкривошипная фирмы «Марион», кривошипно-эксцентриковая НКМЗ и эксцентриковая с тягой фирмы «Марион».

Кривошипно-эксцентриковый механизм шагания применялся на ЭШ 4.40 с массой до 4 тыс. т. В настоящее время НКМЗ устанавливает на своих моделях ЭШ 6.45М, ЭШ 10.60, ЭШ Ю.70А, ЭШ 20.55 и ЭШ 15.70 кривошипно-рычажные четырехзвенные механизмы шагания (рис. 3).



**Рис. 3** ЭШ с кривошипно-рычажным четырехзвенным механизмом шагания

Кинематическая схема механизм шагания требует серьезного научного подхода и точных методик вычислений. Известно, что самый большой в мире четырех опорный шагающий экскаватор Big Maskie был построен в США. Но, при его проектировании были допущены серьезные ошибки. В итоге при попытке движения основание не выдержало и деформировалось. Так шагающий экскаватор превратился в неподвижный в дальнейшем его пришлось демонтировать.

Зарубежная практика проектирования ЭШ ориентирована на использование механического эксцентрикового привода шагания. Их достоинства в дешевизне и в том, что они способны развивать скорость до 200 м/ч, а гидравлические около 80 м/ч. Но они требуют гораздо более подготовленной трассы, иначе происходит буксование. Тяжмаш в качестве эксперимента на шасси ЭШ 11.75 так же применил эксцентриковую схему.

#### Библиографический список

1. Дроздова Л.Г. Одноковшовые экскаваторы: конструкция, монтаж и ремонт: учеб. Пособие /Л.Г. Дроздова, О.А. Курбатова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 235 с.
2. Груздев А.В., Бойко Г.Х. Шагающие экскаваторы драглайны производства корпорации ОМЗ // Горная Промышленность №3, 2003 / [Электронный ресурс]: <https://mining-media.ru/ru/article/karertekh/1532-shagayushchie-ekskavatorydraglajny-proizvodstva-korporatsii-omz>.
3. Железные динозавры: как шагают экскаваторы // Популярная механика №12, Декабрь 2002.
4. [Электронный ресурс]: <http://allspectech.com/stroitel'naya/jekskavatory/shagayushhie/vidy-i-osobennosti.html>.
5. НОВОКРАМАТОРСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД [Электронный ресурс]: <http://www.nkmz.com/index.php?id=19&L=1%2FRK%3D0%2FRS%3DYV2jMlzKketcykDNfw1o0jU5Z>
6. [Электронный ресурс]: <https://maxi-exkavator.ru/articles/excavators/~id%3D3091>.
7. [Электронный ресурс]: <http://promspectehcentr.ru/stroitel'naja/ekskavatory/shagayushhie-ekskavatory.html>.

#### References

1. Drozdova L.G. Odnokovshovye dredges: a design, installation and repair: studies. The grant / L.G. Дроздова, О.А.Курбатов. - Vladivostok: Publishing house DVG TU, 2007. - 235 with.
2. Gruzdev A.V., Smartly X. Walking dredges draglines corporation OMZ manufactures//the Mining industry №3, 2003 / [Electronic resource]: <https://mining-media.ru/ru/article/karertekh/1532-shagayushchie-ekskavatorydraglajny-proizvodstva-korporatsii-omz>.
3. Iron dinosaurs: as dredges//the Popular mechanics №12, December 2002 walk.
4. [Electronic resource]: <http://allspectech.com/stroitel'naya/jekskavatory/shagayushhie/vidy-i-osobennosti.html>.
5. NEW KRAMATORSKY MACHINE-BUILDING FACTORY [the Electronic resource]: <http://www.nkmz.com/index.php?id=19&L=1%2FRK%3D0%2FRS%3DYV2jMlzKketcykDNfw1o0jU5Z>.
6. [Electronic resource]: <https://maxi-exkavator.ru/articles/excavators/~id%3D3091>.
7. [Electronic resource]: <http://promspectehcentr.ru/stroitel'naja/ekskavatory/shagayushhie-ekskavatory.html>.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Д. т. н., профессор кафедры строительной  
техники и инженерной механики В.А. Жулай,  
ст. преп. Е.В. Кожакин,  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-70-66-90  
e-mail: [kzhknzhnj@rambler.ru](mailto:kzhknzhnj@rambler.ru)*

*Voronezh State Technical University  
Doctor of tech. sciences., professor of the  
structural technique and engineering mechan-  
ics dept V.A. Zhulai,  
chief lecturer E.V. Kozhakin,  
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-70-66-90,  
e-mail: [kzhknzhnj@rambler.ru](mailto:kzhknzhnj@rambler.ru)*

В.А. Жулай, Е.В. Кожакин

### **АППАРАТУРА ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

В статье рассмотрен принцип работы тензометрической аппаратуры, используемой в ходе тяговых испытаний. Представлено описание электрической схемы пульта управления.

**Ключевые слова:** тензометрическая аппаратура, электрическая схема, тяговые испытания

V.A. Zhulai, E.V. Kozhakin

### **DIGITAL MEASURING SYSTEM FOR EXSPERIMENTAL RESEARCHES OF EARTH-MOVING MACHINES**

The article describes the principle of operation of strain gauge equipment used in traction tests .The description of the electric circuit of the control panel is presented.

**Keywords:** strain gauge equipment, electric circuit, traction tests

Испытания землеройно-транспортных машин (ЗТМ) на неустановившемся режиме предъявляют высокие требования к точности регистрации параметров тензометрической аппаратурой, а также к качеству фильтрации исходных сигналов и обеспечению идентичности постоянных времени фильтров всех регистрирующих каналов.

Для экспериментальных исследований параметров ЗТМ используются комплекты аппаратуры, имеющие возможность работы с полупроводниковыми тензорезисторами, которые не требуют дополнительных усилителей сигнала, имеют малые габариты, высокую надежность и линейную зависимость выходного сигнала от величины деформации [1, 2]. Кроме того, благодаря малой массе и возможности надежного крепления к исследуемой металлоконструкции [3], они обеспечивают возможность исследования колебаний с полосой частот до 4 Гц. Предлагаемый набор тензометрической аппаратуры может быть использован для регистрации параметров при проведении динамических испытаний ЗТМ, строительных и дорожных машин, различных сооружений [4]. Он позволяет одновременно регистрировать 12 параметров на энергонезависимом персональном компьютере типа notebook.

Такой комплект аппаратуры, реализованный на базе АЦП платы интерфейса L-154 фирмы «L-Card», установленной в ПЭВМ РС, стабилизированного блока питания и оригинального пульта управления с встроенными фильтрами, обеспечивающего быструю настрой-

ку аппаратуры и запись параметров с любыми типами датчиков. Питание приборов осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В через кабель или от бензоэлектрического агрегата.

На рисунке представлена схема пульта управления. Все фильтры выполнены по схеме фильтров нижних частот на  $RC$  элементах.

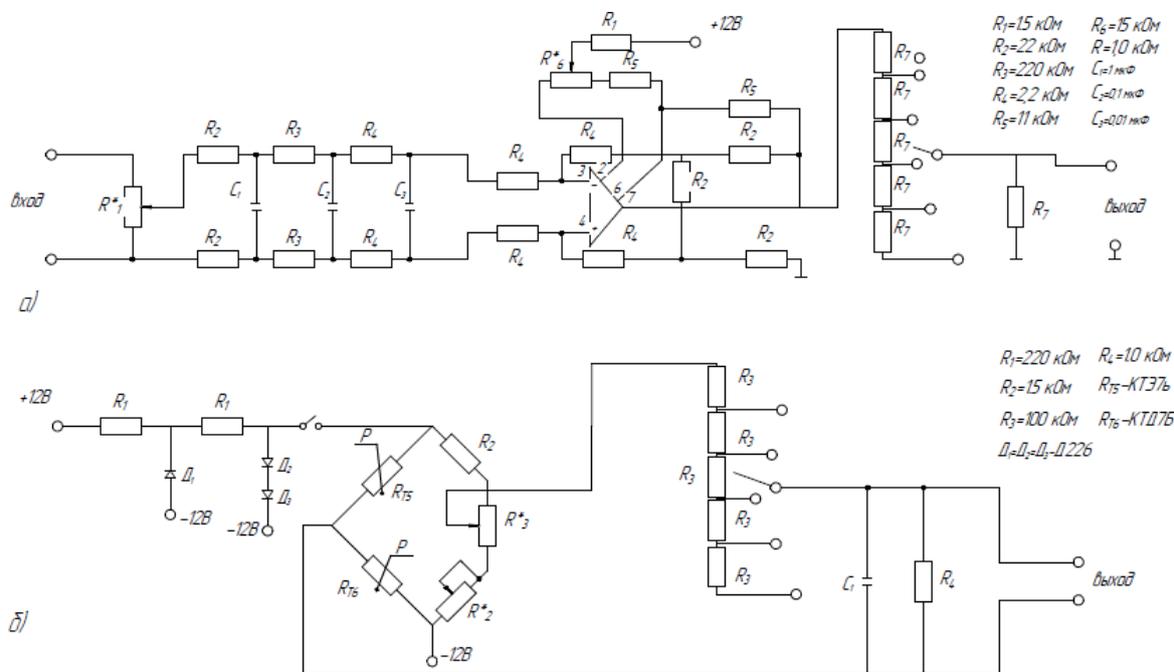


Рис. Электрическая схема пульта управления

Граничная частота пропускания данных фильтров  $f_0$  может быть найдена из формулы

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC},$$

где  $R$  - сопротивление всей цепи, Ом;  
 $C$  - емкость, Ф.

За расчетную величину была принята граничная частота пропускания  $f_0 = 3,6$  Гц, что на порядок выше протекающих процессов при тяговых испытаниях ЗТМ.

Пульт управления имеет два типа каналов. Первый – для работы с датчиками генераторного типа (рис. а), второй – с полупроводниковыми тензодатчиками, включенными по мостовой схеме (рис. б). Канал для работы с датчиками генераторного типа содержит 3-х звенный  $RC$  фильтр, высокое выходное сопротивление которого согласуется с низким входным сопротивлением посредством включения между ними операционного усилителя типа К574 УД1. Сопротивление  $R_6^*$  служит для коррекции дрейфа усилителя. На датчик, включаемый по мостовой схеме, подается стабилизированное напряжение (1,5÷2,5 В), создаваемое стабилитроном  $D$  и кремниевыми диодами  $D_2$  и  $D_3$ , включенными в прямом направлении. Величина напряжения питания, подаваемого на датчик, зависит от количества включенных диодов. Сопротивления  $R_3^*$ ,  $R_2^*$  служат для точной и грубой балансировки плеч мостовой схемы. Фильтрация сигнала в данном случае осуществляется конденсатором  $C_1$ . С помощью многопозиционного переключателя можно фиксировано менять масштаб регистрируемых параметров отдельно по каждому каналу.

Универсальная тензоаппаратура может размещаться как на тормозной установке при тяговых испытаниях, так и на прицепной тензостанции при испытаниях ЗТМ в условиях реальной работы.

#### Вывод

Получение результатов в численном виде позволяет исключить из процесса обработки данных ручные замеры на осциллограммах, повысить точность и скорость получения результатов испытаний.

#### Библиографический список

1. Исследование тяговых и эксплуатационных показателей автогрейдера ДЗ-146/Шарипов Л. Х. , Бузин Ю. М., Жулай В. А. /Строительные и дорожные машины,1986. – № 10. – С. 4 -5
2. К вопросу оценки тяговых качеств землеройно-транспортных машин / Никулин П.И., Бузин Ю.М., Жулай В. А. /Строительные и дорожные машины ,1993. – № 2. – С. 22 – 23
3. Мобильная цифровая система для измерения и регистрации динамических нагрузок в землеройно-транспортных машинах / Жулай В.А., Василенко А. В., Крестников А.В. /Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология ,2014. – № 1. – С. 177 – 180
4. Исследование тяговых и эксплуатационных показателей автогрейдера ГС-25.09/ Журавлев В.В., Потапов А.П., Жулай В.А., Шарипов Л. Х., Скрипченков А. В., Кожакин Е.В. / Строительные и дорожные машины, 2014. – № 1. – С. 2 – 5

#### References

1. The study of traction and performance of the grader DZ-146 / Sharipov, L. H. , Buzin, Y. M., Zhulay V. A. /Construction and road machines,1986. - № 10. – P. 4 – 5
2. On the issue of evaluation of traction qualities of earth-moving vehicles /Nikulin P. I., Buzin, M., Zhulai ,V. /Construction and road machines, 1993. - № 2. – P. 22 – 23
3. Mobile digital system for measurement and registration of dynamic loads in earth-moving machines / Zhulai. Voronezh state University of architecture and civil engineering, V. V. Vasilenko, V.A Krestnikov /Scientific Bulletin of Voronezh state University of architecture and civil engineering. Series: High technology. Ecology, 2014. - № 1. – P. 177 – 180
4. The study of traction and performance of the grader GS-25.09/ Zhuravlev V. V., Potapov A. P., Zhulay V. A., Sharipov A. H., Skripchenkov A.V., E. V. Kozhakin // Construction and road machines, 2014. - № 1. – С. 2 – 5

УДК 629.3.032

*Воронежский государственный  
технический университет*

*Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой  
строительной техники и инженерной  
механики имени профессора Н.А. Ульянова  
В.А. Жулай;*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры  
строительной техники и инженерной  
механики имени профессора Н.А. Ульянова  
В.Л. Тюнин;*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры  
строительной техники и инженерной  
механики имени профессора Н.А. Ульянова  
А.Н. Щиенко,*

*Студент дорожно-транспортного  
факультета К.С. Щетилов*

*Студент дорожно-транспортного  
факультета В.М. Широков*

*Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 277-01-29*

*e-mail: [tuninvl@yandex.ru](mailto:tuninvl@yandex.ru)*

*Voronezh State  
Technical University*

*Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of building  
engineering and engineering mechanics of a  
name of professor N.A. Ulyanov  
V.A. Zhulai;*

*Cand. of Tech. Science, Associate prof.  
of the chair of construction machinery  
and engineering mechanics of a name of  
professor N.A. Ulyanov V.L. Tyunin;*

*Cand. of Tech. Science, Associate prof.  
of the chair of construction machinery  
and engineering mechanics of a name of  
professor N.A. Ulyanov A.N. Shchiyenko,*

*Student of the road and transport faculty  
K.S. Shchetilov*

*Student of the road and transport faculty  
V.M. Shirokov*

*Russia, Voronezh, tel. 8(473) 277-01-29*

*e-mail: [tuninvl@yandex.ru](mailto:tuninvl@yandex.ru)*

В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.Н. Щиенко, К.С. Щетилов, В.М. Широков

### **РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТА КРУПНОГАБАРИТНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ С ГРУНТОМ**

Приведены уравнения для нахождения параметров ширины контакта крупногабаритной шины с деформируемой опорной поверхностью, таких как радиус и угол дуги боковой стенки, ширина боковины в зоне контакта, ширины колеи под центром колеса и в любой точке контакта.

**Ключевые слова:** крупногабаритная шина, ширина контакта, рыхлый грунт.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.N. Shchiyenko, K.S. Shchetilov, V.M. Shirokov

### **CALCULATION OF CONTACT PARAMETERS LARGE-SIZE PNEUMATIC TIRE WITH GROUND**

Given equation to find the width of contact of the large tire with a deformable support surface, such as the radius and angle of the arc of the side wall, the width of the sidewall in the contact zone, the gauge under the center of the wheel and at any point of contact.

**Keywords:** the large tires, the width of the contact, loose soil.

Самоходные колёсные землеройно-транспортные машины (СКЗТМ) разрабатывают грунт за счёт силы тяги, создаваемой колёсным движителем (КД). В процессе

взаимодействия крупногабаритных пневматических шин (КГШ) с грунтом происходит преобразование крутящего момента на КД в силу тяги СКЗТМ.

В выражения по определению силы тяги и сопротивление качению обязательно входят параметры контакта КД с опорной поверхностью.

Под влиянием вертикальной нагрузки, приложенной к оси колеса, шина испытывает радиальную (нормальную) и боковую деформацию [1], которая приводит к увеличению ширины профиля шины. Представлена расчётная схема и формулы для нахождения ширины колеи при движении по грунту. При рассмотрении взаимодействия качения КД по грунту вводится коэффициент увеличения ширины колеи за счёт боковой деформации шины  $V$ , который зависит только от давления воздуха в пневматической шине, а радиальная (нормальная) деформация исследована более глубоко.

В работе [2] рассматриваются выражения для определения ширины колеи с учётом деформации боковин пневматической шины.

Из анализа работ [1, 2] следует, что вопросы исследования ширины профиля КГШ на грунте являются актуальными, т.к. при выполнении технологических операций СКЗТМ по грунтам. В данной статье излагается методика определения ширины профиля КГШ СКЗТМ при движении по грунту.

Вводим допущение о том, что при деформации шина практически не растягивается [1, 3].

При деформации шины изменится только радиус кривизны боковых стенок, а их длина останется прежней, т.к. периметр поперечного профиля как ненагруженной, так и нагруженной шины будет одинаковым.

Периметр профиля шины, определяется из геометрических параметров недеформированной КГШ (рис. 1)

$$U = 2l_{\text{Б0}} + B_{\text{ПР}}, \quad (1)$$

где  $l_{\text{Б0}}$  – длина дуги протектора;

$B_{\text{ПР}}$  – ширина протектора шины.

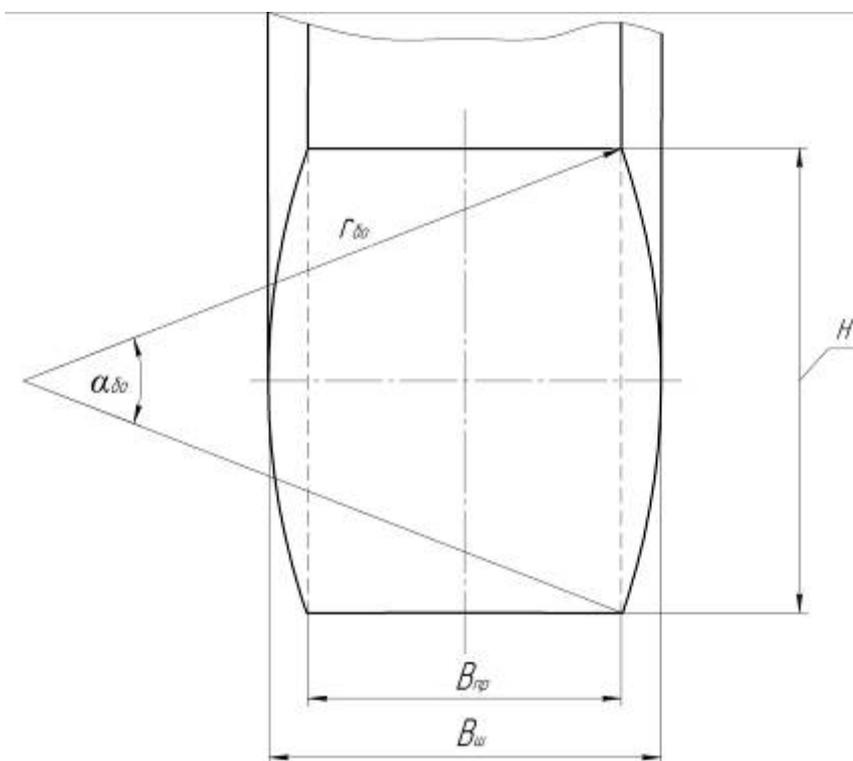


Рис. 1. Схема к расчёту параметров недеформированной КГШ

Параметры боковин недеформированной крупногабаритной шины:

- длина дуги боковины

$$l_{\text{Б0}} = r_{\text{Б0}}\alpha_{\text{Б0}}, \quad (2)$$

- радиус боковой стенки

$$r_{\text{Б0}} = \frac{H^2}{4(B_{\text{Ш}} - B_{\text{ПР}})}, \quad (3)$$

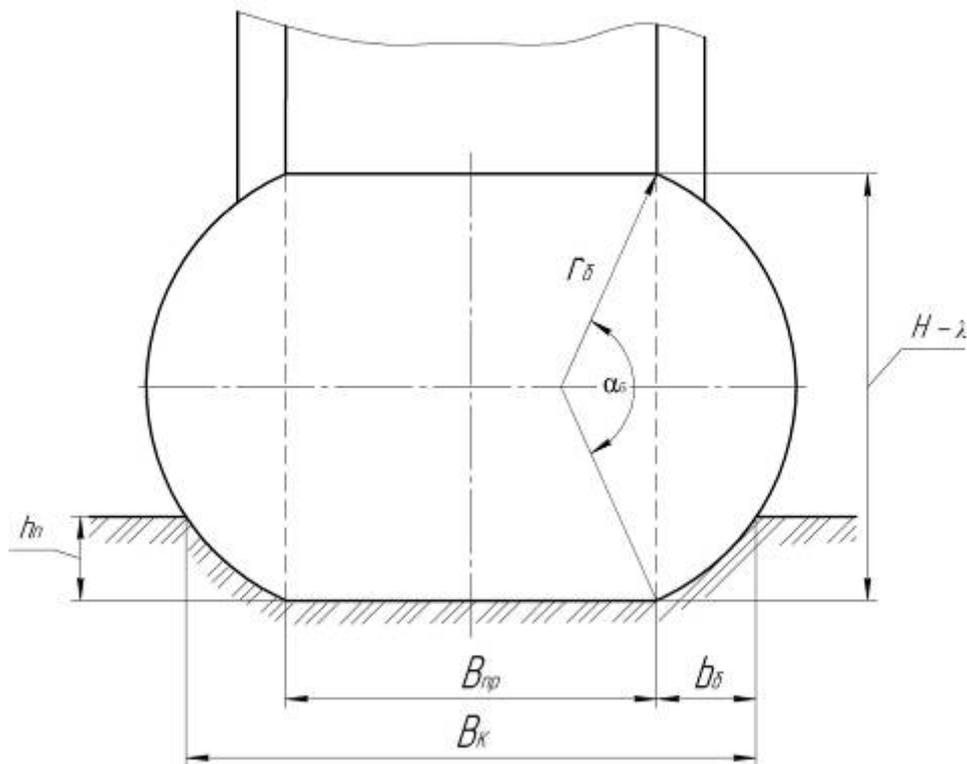
- угол дуги боковой стенки

$$\alpha_{\text{Б0}} = 2\arcsin\left(\frac{H}{2r_{\text{Б0}}}\right), \quad (4)$$

где  $H$  – высота профиля шины;

$B_{\text{Ш}}$  – ширина профиля шины в свободном состоянии.

Для определения ширины колеи с учётом деформации боковых стенок рассмотрим схему деформации профиля КГШ на грунте (рис. 2), при следующих допущениях, которые используются так же в работах [1, 2]: ширина протектора шины  $B_{\text{ПР}}$  равна ширине посадочной части обода колеса и предполагается, что протектор лишен кривизны. Данные допущения, как показывает анализ геометрических параметров КГШ, обоснованы.



**Рис. 2.** Схема к расчёту параметров деформированной КГШ под центром колеса

Параметры боковин деформированной КГШ:

- радиус боковой стенки

$$r_{\text{Б}} = \frac{U - B_{\text{ПР}}}{2\alpha_{\text{Б}}}, \quad (5)$$

- угол дуги боковой стенки

$$\alpha_B = 2 \sqrt{6 \left[ 1 - \frac{2(H - \lambda)}{U - B_{\text{ПР}}} \right]}, \quad (6)$$

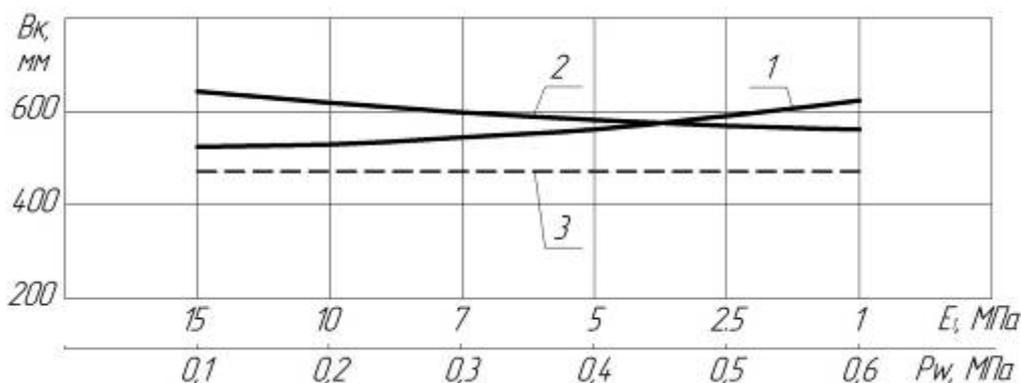
Зная геометрические параметры и полную деформацию грунта  $h_{\text{П}}$  можно определить величину ширины боковины в зоне контакта  $b_B$  под центром колеса

$$b_B = r_B \left[ 1 - \cos \left( \frac{\alpha_B}{2} \right) - \frac{1}{2} \left( \sin \left( \frac{\alpha_B}{2} \right) - \frac{h_{\text{П}}}{r_B} \right)^2 \right], \quad (7)$$

Исходя из схемы (рис. 2) ширина колеи  $B_{\text{К0}}$  под центром колеса равна

$$B_{\text{К0}} = B_{\text{ПР}} + 2b_B, \quad (8)$$

По формулам (5)...(8) были получены зависимости ширины колеи под центром колеса от прочности грунта (статического модуля полной деформации грунта  $E_1$ ) и давления воздуха в шине 18.00-25 мод. Ф-27 (рис. 3) [4].



**Рис. 3.** Зависимость ширины колеи под центром колеса:

1 – от прочности грунта при  $P_w = 0,5$  МПа, 2 – от внутреннего давления в шине при  $E_1 = 5$  МПа;  
3 – ширина протектора шины

Анализ полученных зависимостей показал, что с уменьшением прочности грунта  $E_1$  от 15 до 1 МПа ширина колеи под центром колеса увеличивается на 15,8 %. При движении на плотном грунте ( $E_1 = 15$  МПа) разница между шириной колеи  $B_{\text{К0}}$  и шириной беговой дорожки протектора шины  $B_{\text{ПР}}$  составляет 8,5 %, а на мягком грунте ( $E_1 = 2,5$  МПа) - 22 %. При увеличении внутреннего давления в шине от 0,1 до 0,6 МПа (при движении по рыхлому грунту  $E_1 = 5$  МПа) ширина колеи под центром колеса уменьшается на 14 %. При минимальном давлении в шине разница между  $B_{\text{К0}}$  и  $B_{\text{ПР}}$  составляет 28,2 %, а при максимальном 16,5 %.

Для определения полной деформации грунта  $h_{\text{П}}$  и деформации грунта в любой точке контакта  $z_{\Gamma}$  необходимо рассмотреть схему взаимодействия крупногабаритной шины с грунтом в продольной плоскости. За основу была взята модель, описанная в работах [1, 5, 6].

При построении данной модели были приняты следующие допущения: колесо движется с постоянной линейной  $V_{\text{КД}}$  и угловой  $\omega_{\text{К}}$  скоростью по прямолинейной траектории; пневматическая шина деформируется в радиальном направлении, причем только те ее элементы, которые находятся в пределах области контакта  $nm$  (рис. 4); колесо с пневматической шиной представлено: вне области контакта - в виде цилиндра шириной  $B_{\text{П}}$  с радиусом  $r_0$ , в области контакта - сопряженными цилиндрами с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ), центры которых располагаются на вертикальной оси, проходящей через центр вращения колеса.



Угол дуги боковой стенки

$$\alpha_{B\xi}(x) = 2\sqrt{6\left[1 - \frac{2H_\xi(x)}{U - B_{\text{ПР}}}\right]}, \quad (11)$$

где  $H_\xi(x)$  – высота профиля шины в точке  $\xi$  (рис. 4).

Радиус боковой стенки

$$r_{B\xi}(x) = \frac{U - B_{\text{ПР}}}{2\alpha_{B\xi}(x)}, \quad (12)$$

Ширина боковины в зоне контакта

$$b_{B\xi}(x) = r_{B\xi}(x) \left[ 1 - \cos\left(\frac{\alpha_{B\xi}(x)}{2}\right) - \frac{1}{2} \left( \sin\left(\frac{\alpha_{B\xi}(x)}{2}\right) - \frac{z_\Gamma(x)}{r_{B\xi}(x)} \right)^2 \right], \quad (13)$$

Ширина колеи в любой точке контакта

$$B_{K\xi}(x) = B_{\text{ПР}} + 2b_{B\xi}(x), \quad (14)$$

Методика определения ширины колеи в любой точке контакта реализована в программе для ЭВМ [9].

Параметры области контакта крупногабаритной шины с грунтом оказывают значимое влияние на основные характеристики работы КД СКЗТМ, поэтому необходимо определять и учитывать значение ширины контакта.

#### Библиографический список

1. Ульянов Н. А. Основы теории и расчёта колёсного движителя землеройных машин / Н.А. Ульянов. – М.: Машгиз, 1962. – 208 с.
2. Агейкин Я.С. Вездеходные колёсные и комбинированные движители / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
3. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин / Б.Л. Бухин. – М.: Химия, 1988. – 224 с.
4. Жулай В.А. Оценка ширины колеи при движении колеса землеройно-транспортной машины по грунту / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия «Высокие технологии. Экология». 2013. – С. 140-143.
5. Ульянов Н.А. Колёсные движители строительных и дорожных машин: Теория и расчёт / Н.А. Ульянов. – М.: Машиностроение, 1982. – 279 с.
6. Василенко А.В. Методика расчёта тяговых качеств колёсного движителя с крупногабаритными пневматическими шинами землеройно-транспортных машин : дис...канд.техн.наук / Василенко Андрей Владимирович. – Воронеж, 2000. – 220 с.
7. Жулай В.А. Определение ширины контакта крупногабаритных шин землеройно-транспортных машин при движении по грунту / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия «Высокие технологии. Экология». 2014. – С. 191-195.
8. Жулай В.А. Определение параметров области контакта пневмошины землеройно-транспортной техники с деформируемой опорной поверхностью / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Строительные и дорожные машины. – 2015. - № 8. С. 51-54.
9. Жулай В.А., Тюнин В.Л. Аналитическое определение параметров контакта колеса с крупногабаритной шиной землеройно-транспортной машины с деформируемой поверхностью: программа для ЭВМ. Инвентарный № ВНИИЦ 50201450710 от 28.10.2014.

## References

1. Ulyanov N. A. Osnovy teorii i raschey plyusnogo protruzhnik digging machines / N.A. Ulyanov. - M.: Mashgiz, 1962. - 208 p.
2. Ageikin Ya.S. Cross-country wheel and combined propulsion / Ya.S. Ageikin. - M.: Mashinostroenie, 1972. - 184 p.
3. Bukhin B.L. Introduction to the mechanics of pneumatic tires / B.L. Bukhin. - M.: Chemistry, 1988. - 224 p.
4. Zhulay V.A. Estimation of the width of the gauge when the wheel of the earth-moving machine moves over the ground / V.A. Zhulay, V.L. Tyunin // Scientific Bulletin of Voronezh GASU. Series "High Technologies. Ecology". 2013. - p. 140-143.
5. Ulyanov N.A. Wheel propellers of construction and road machines: Theory and calculation / N.A. Ulyanov. - M.: Mashinostroenie, 1982. - 279 p.
6. Vasilenko A.V. Methods for calculating traction qualities of a wheel propulsion unit with large-sized pneumatic tires of earth-moving vehicles: dis ... Cand.Tech.Science / Vasilenko Andrey Vladimirovich. - Voronezh, 2000. - 220 p.
7. Zhulay V.A. Determination of the contact width of large-size tires of earth-moving machines when driving on the ground / V.A. Zhulay, V.L. Tyunin // Scientific Bulletin of Voronezh GASU. Series "High Technologies. Ecology". 2014. - p. 191-195.
8. Zhulay V.A. Determination of parameters of the contact area of a pneumatic tire of earth-moving equipment with a deformable bearing surface / V.A. Zhulay, V.L. Tyunin // Construction and road machines. - 2015. - № 8. S. 51-54.
9. Zhulay V.A., Tyunin V.L. Analytical determination of the parameters of contact of the wheel with a large-sized tire of a earth-moving machine with a deformable surface: a computer program. Inventory number VNTIC 50201450710 from 10.28.2014.

*Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная  
академия имени Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
Канд. тех. наук, преподаватель А.А. Колтаков  
Канд. тех. наук, доц., нач. факультета  
В.П. Иванов  
Канд. тех. наук, преподаватель  
А.В. Василенко  
Канд. тех. наук, доц., преподаватель  
А.В. Дрозд.  
Россия, Воронеж, тел.8 (920)412-27-92  
E-mail: [ktv602@mail.ru](mailto:ktv602@mail.ru)*

*Military educational scientific center of the Air  
Force "Military and air academy of N.E.  
of Zhukovsky  
and Yu.A. Gagarin" (Voronezh)  
Kand. Sci. Tech., teacher A. A. Koltakov  
Kand. Sci. Tech., Assist. Prof., chief faculties  
V.P. Ivanov  
Kand. Sci. Tech., Assist. Prof., teacher  
A.V. Vasilenko  
Kand. Sci. Tech., teacher  
A.V. Drozd  
Russia, Voronezh, ph. 8 (920)412-27-92  
E-mail: [ktv602@mail.ru](mailto:ktv602@mail.ru)*

А. А. Колтаков, В.П. Иванов, А.В. Василенко, А.В. Дрозд

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИБРАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ТИПА АК-1,0**

В статье представлена математическая модель аэродромного кондиционера, позволяющая приблизительно определить жёсткость виброизоляторов кабины. Произведена оценка источников возбуждающих сил и определен наиболее опасный из них для здоровья человека, произведён анализ зависимости динамической и статической жёсткости от массы кабины и от угловой скорости колебаний.

**Ключевые слова:** статическая жёсткость, динамическая жёсткость, виброизолятор, виброскорость, виброперемещение.

A.A. Koltakov, V.P. Ivanov, A.V. Vasilenko, A.V. Drozd

### **MATHEMATICAL MODEL OF VIBRATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL AIR CONDITIONING MACHINES TYPE AK-(0,4)1,0**

The article presents a mathematical model of an air-conditioned air conditioner, which allows approximately to determine the rigidity of the cab vibration isolators. The sources of excitatory forces were estimated and the most dangerous of them was determined for human health, an analysis was made of the dependence of the dynamic and static rigidity on the mass of the cabin and on the angular velocity of the oscillations.

**Keywords:** static rigidity, dynamic rigidity, vibroinsulator, vibration speed, vibration movement.

Среди большого разнообразия машин специального назначения выделяется группа теплотехнических средств (аэродромные кондиционеры), которые выполняют задачи кондиционирования воздуха для создания и поддержания заданных климатических условий в кабинах, салонах и отсеках бортового спецоборудования воздушных судов (ВС) и вентиляции подождежного пространства защитного снаряжения летного состава на земле, при неработающей бортовой системе кондиционирования воздуха ВС.

В процессе эксплуатации аэродромные кондиционеры создают вибрацию высокой интенсивности. При длительном воздействии на водителя-оператора, а непрерывное время ра-

боты достигает 4 – 6 часов, возможны негативные последствия для их здоровья. Поэтому возникает необходимость в проведении мероприятия по снижению воздействия вибрации на водителя-оператора. К таким мероприятиям можно отнести расчет виброзащитных систем на начальных стадиях проектирования.

На стадии эскизного проектирования транспортно-технологической машины в общем случае определяются основные параметры, соответствующие её назначению, массы узлов и агрегатов, габаритные размеры, компоновка узлов и агрегатов на раме машины, параметры виброизоляторов агрегатов, которые уточняются в процессе расчетов на прочность, долговечность и надежность узлов машины [1].

В тех случаях, когда путем выбора параметров, например, изменением масс узлов и агрегатов, снижением частоты вращения вала двигателей и другими не удастся снизить уровень колебаний, необходимо применять дополнительные устройства для защиты от негативного воздействия колебаний – виброзащитные системы. Для снижения виброакустических характеристик в кабине аэродромного кондиционера необходимо решить задачу по разработке математической модели процесса вибрации с использованием классической теории колебаний для определения оптимальных характеристик виброзащитных систем.

На рисунке 1 представлена схема аэродромного кондиционера АК-0,4-9А (в настоящее время промышленность производит модели типа АК-1,0, имеющие схожую компоновку оборудования) с обозначенными основными источниками возбуждения виброакустической энергии и виброзащитной системой.

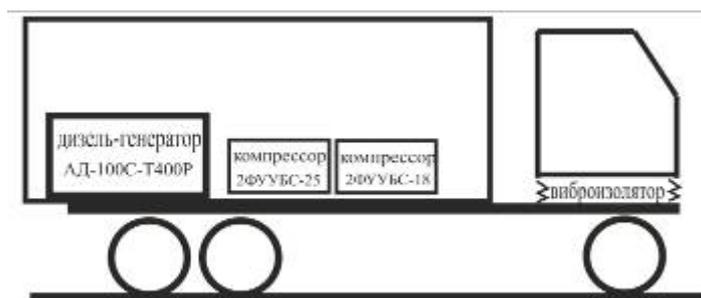
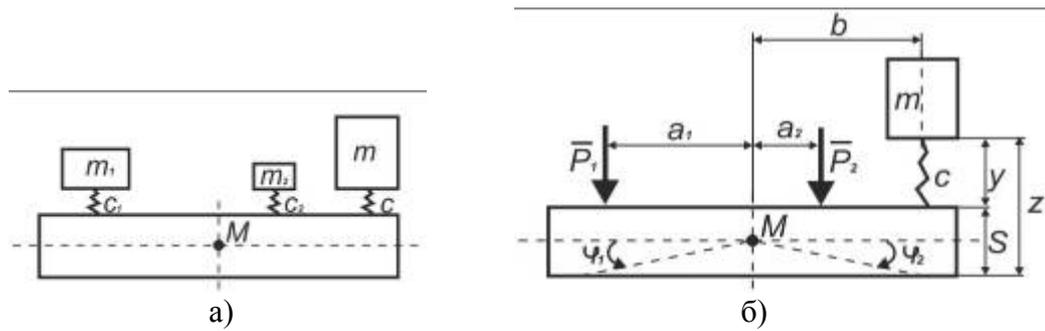


Рис. 1. Схема компоновки аэродромного кондиционера типа АК-0,4-9А

Аналитические методы требуют для вывода расчетных соотношений, составляющих математические модели, введения ограничений и допущений. Принимается: движение рамы (основания) считается независимым от движения массы кабины; дизель-генератор, компрессоры, кабина считаются твердыми телами; оба компрессора рассматриваются как единый объект с общей массой; все объекты движутся вдоль вертикальной оси, а также отклоняются вместе с рамой на некоторые углы по направлению горизонтальной оси относительно центра масс. Допустимая виброскорость пола кабины принимается в соответствии с [2] – 0,011 м/с, а виброперемещение –  $0,5 \cdot 10^{-6}$  м.

На рисунке 2 представлена схема аэродромного кондиционера при кинематическом возбуждении со смещёнными относительно центра масс основания  $M$  положениями защищаемой массы  $m$ , точками приложения возбуждающих сил  $P_1(t) = P_{01} \sin \omega_1 t$  и  $P_2(t) = P_{02} \sin \omega_2 t$  с расстояниями от них до центра масс  $a_1$  и  $a_2$ , соответственно и расстоянием от центра масс до оси кабины  $b$ . Схема позволяет рассчитать необходимую жесткость  $c$  виброизоляторов в опорных связях кабины при  $S$  – перемещении платформы под действием сил  $P_1$  и  $P_2$  и  $y$  – перемещение кабины под действием упругих сил виброизоляторов.



**Рис. 2.** Расчётная схема аэродромного кондиционера в виде упругой системы, состоящей из трёх масс (а) и двух возбуждающих сил и одной массы (б)

При решении задач колебаний в механических системах принимается, что реакция виброизолятора приводится к силе упругости, линейно зависящей от перемещения  $y$ . В этом случае дифференциальное уравнение движения массы  $m$  при колебаниях основания имеет вид

$$m\ddot{y} = -m\ddot{s} - cy, \quad (1)$$

где  $c$  – приведённый коэффициент жёсткости виброизолятора.

Смещение  $s$  – основание платформы в случае принятой схемы нецентрально приложенных сил  $P_1$  и  $P_2$  содержит четыре слагаемых

$$s(t) = s_1(t) + s_2(t) + b \cdot \varphi_1 - b \cdot \varphi_2, \quad (2)$$

где  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$  – вертикальное смещение основания как твёрдого тела, вызванные действием в этом направлении сил  $P_1$  и  $P_2$  соответственно и  $b \cdot \varphi_1$ ,  $b \cdot \varphi_2$  – смещение, соответствующее углам поворота  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  основания как твёрдого тела вокруг центра масс, вызванные нецентральным положением сил  $P_1$  и  $P_2$  (здесь в силу малости углов поворота принято  $\operatorname{tg}\varphi_1 = \varphi_1$ ,  $\operatorname{tg}\varphi_2 = \varphi_2$ ).

Перемещение  $S_1$  и  $S_2$  определяются из дифференциального уравнения поступательной составляющей плоскопараллельного движения основания  $M$

$$\ddot{S}_1 = -\frac{P_{01}}{M} \sin \omega_1 t, \quad (3)$$

$$\ddot{S}_2 = -\frac{P_{02}}{M} \sin \omega_2 t. \quad (4)$$

Углы поворотов и определяются из дифференциального уравнения вращения твёрдого тела вокруг оси, проходящей через центр масс основания (вращательная составляющая плоскопараллельного движения основания  $M$ )

$$b\ddot{\varphi}_1 = \frac{a_1 b}{J} P_{01} \sin \omega_1 t, \quad (5)$$

$$b\ddot{\varphi}_2 = \frac{a_2 b}{J} P_{02} \sin \omega_2 t. \quad (6)$$

где  $J$  – осевой момент инерции основания.

В уравнениях (3...6) масса  $m$  не учитывается, как значительно меньшая величина по сравнению с массой  $M$ . Тогда в соответствии с равенством (2)

$$\ddot{S}(t) = -P_{01} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) \sin \omega_1 t - P_{02} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_2 b}{J} \right) \sin \omega_2 t. \quad (7)$$

Подставив (7) в дифференциальное уравнение (1) получаем

$$\ddot{y} + \frac{c}{m} y = P_{01} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) \sin \omega_1 t + P_{02} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_2 b}{J} \right) \sin \omega_2 t. \quad (8)$$

или

$$\ddot{y} + k^2 y = h_1 \sin \omega_1 t + h_2 \sin \omega_2 t, \quad (9)$$

где  $k^2 = \frac{c}{m}$ ,  $h_1 = P_{01} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right)$ ,  $h_2 = P_{02} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_2 b}{J} \right)$ .

Общее решение уравнения (9) имеет вид

$$y = A \sin \left( \sqrt{\frac{c}{m}} t + \alpha \right) + \frac{P_{01} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right)}{\frac{c}{m} - \omega_1^2} \sin \omega_1 t + \frac{P_{02} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right)}{\frac{c}{m} - \omega_2^2} \sin \omega_2 t, \quad (10)$$

где первое слагаемое определяется колебаниями с амплитудой  $A$  и частотой  $k = \sqrt{\frac{c}{m}}$  (константа  $A$  и  $\alpha$  определяется по начальным условиям задачи), а второе – вынужденные колебания, представляющие сумму двух колебаний с частотой  $\omega_1$  и  $\omega_2$  и амплитудой

$$\frac{P_{01} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right)}{\frac{c}{m} - \omega_1^2} \text{ и } \frac{P_{02} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right)}{\frac{c}{m} - \omega_2^2},$$

не зависящих от начальных условий. Так как с течением

времени, при наличии тех или иных сил сопротивления движению, собственные колебания затухают, то первое слагаемое не учитывается.

Абсолютное перемещение массы  $m$  есть сумма перемещений  $y(t)$  и  $S(t)$ . Из дифференциальных уравнений движения (3...6)

$$S_1(t) = \frac{P_{01}}{\omega_1^2 M} \sin \omega_1 t, \quad (11)$$

$$S_2(t) = \frac{P_{02}}{\omega_2^2 M} \sin \omega_2 t, \quad (12)$$

$$\varphi_1(t) = -\frac{a_1 P_{01}}{\omega_1^2 J} \sin \omega_1 t, \quad (13)$$

$$\varphi_2(t) = -\frac{a_2 P_{02}}{\omega_2^2 J} \sin \omega_2 t. \quad (14)$$

Подставляя выражение (11...14) в равенство (2), получаем

$$S(t) = \frac{P_{01}}{\omega_1^2} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) \sin \omega_1 t + \frac{P_{02}}{\omega_2^2} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right) \sin \omega_2 t. \quad (15)$$

С учётом (10) и (15) абсолютное перемещение  $Z$  принимает вид

$$z = P_{01} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) \left( \frac{1}{\frac{c}{m} - \omega_1^2} + \frac{1}{\omega_1^2} \right) \sin \omega_1 t + P_{02} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right) \left( \frac{1}{\frac{c}{m} - \omega_2^2} + \frac{1}{\omega_2^2} \right) \sin \omega_2 t. \quad (16)$$

Дифференцируя равенство (16) по времени, получим выражение для виброскорости

$$\dot{z} = P_{01} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) \left( \frac{\omega_1}{\frac{c}{m} - \omega_1^2} + \frac{1}{\omega_1} \right) \cos \omega_1 t + P_{02} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right) \left( \frac{\omega_2}{\frac{c}{m} - \omega_2^2} + \frac{1}{\omega_2} \right) \cos \omega_2 t. \quad (17)$$

При отсутствии упругих элементов под массой  $m$  в выражениях (17) следует положить  $c \rightarrow \infty$ . Выражения для виброскорости  $\dot{z}$  соответственно принимает вид

$$\dot{z} = \frac{P_{01}}{\omega_1} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) \cos \omega_1 t + \frac{P_{02}}{\omega_2} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right) \cos \omega_2 t. \quad (18)$$

При определении жёсткости виброизолятора из выражения (17) при заданных остальных параметрах следует положить  $\cos \omega_1 t = 1$ ,  $\cos \omega_2 t = 1$ .

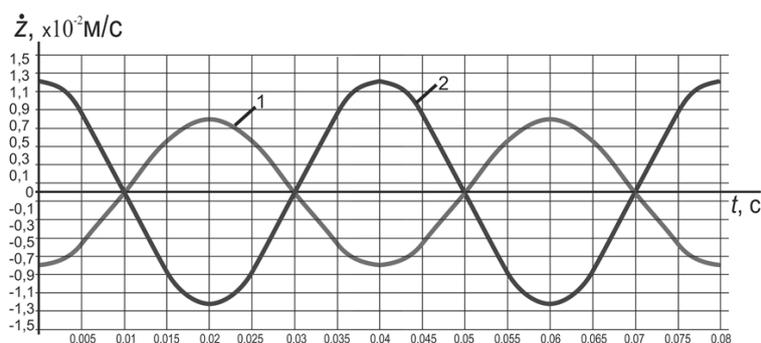
В результате получим относительно  $c$  квадратное уравнение

$$c^2 - dc + h = 0. \quad (19)$$

$$\text{где } d = m \left[ \omega_1 + \omega_2 + \frac{P_{01} \omega_1 \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) + P_{02} \omega_2 \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right)}{\dot{z} - \frac{P_{01}}{\omega_1^2} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) - \frac{P_{02}}{\omega_2^2} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right)} \right],$$

$$h = m^2 \omega_1 \omega_2 \left[ \omega_1 \omega_2 + \frac{P_{01} \omega_2 \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) + P_{02} \omega_1 \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right)}{\dot{z} - \frac{P_{01}}{\omega_1^2} \left( \frac{1}{M} - \frac{a_1 b}{J} \right) - \frac{P_{02}}{\omega_2^2} \left( \frac{1}{M} + \frac{a_2 b}{J} \right)} \right].$$

Уравнение (19) позволяет определить виброскорость при работе двух источников, но при расчёте жёсткости виброизоляторов необходимо знать нагрузку, приходящуюся на каждый виброизолятор и частоту колебаний источников. Чтобы определить от какого источника виброскорость в опорных связях аэродромного кондиционера будет наибольшей необходимо вернуться к уравнению (18). Подставив данные для рассматриваемого выражения, получим зависимость виброскорости в опорных связях спецавтомобиля под действием возбуждающих сил от времени распространения. На рисунке 3 видно, что виброскорость от источника 2 (компрессоры) имеет большее значение, значит, статическую жёсткость виброизолятора следует выбирать для второго источника.



**Рис. 3.** Зависимость виброскорости в опорных связях спецавтомобиля под действием возбуждающих сил от времени распространения:

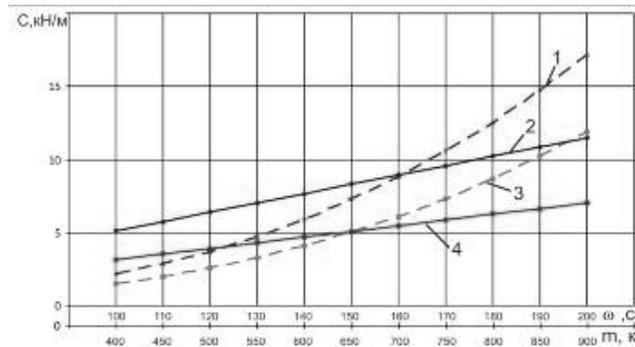
1 – виброскорость под действием  $P_{01}$  с  $\omega_1$ ; 2 – виброскорость под действием  $P_{02}$  с  $\omega_2$

Для определения динамической жёсткости виброизоляторов с угловой скоростью  $\omega$  необходимо в (22) поочерёдно принять  $\omega_1 = 0$  и  $\omega_2 = 0$ .

Статическая жесткость при длительном действии нагрузки меньше динамической вследствие влияния деформаций ползучести и релаксации напряжений и зависит от времени и вязкоупругих свойств материалов. Динамическая жесткость зависит от периода колебаний, при кратковременном воздействии нагрузок исключаются деформации ползучести, влияние трещин сказывается меньше, а модуль упругости с повышением частоты циклов возрастает. Динамическая жёсткость в 2...4 раза превышает значения статической [3] (принимая раз-

ницу в 3 раза). Кабина спецавтомобиля устанавливается на четыре виброизолятора, следовательно, полученное значение общей статической жесткости виброизоляторов следует разделить на 4, тогда при  $m = 652$  кг;  $\omega_2 = 150,796$  с<sup>-1</sup>;  $P_{02} = 155,8$  Н;  $M = 15300$  кг;  $J = 5,344 \cdot 10^4$  кг·м<sup>2</sup>;  $a_2 = 1$  м;  $b = 2,8$  м;  $\dot{z} = 0,5 \cdot 10^{-6}$  м статическая жесткость одного виброизолятора, устанавливаемого под кабиной аэродромного кондиционера  $c_2 = 5,099 \cdot 10^3$ .

На рисунке 4 показано, что статическая жесткость виброизолятора будет изменяться при изменении значений угловой виброскорости колебаний по параболическому закону, а при изменении массы кабины – по линейному.



**Рис. 4.** Зависимость статической жесткости виброизолятора от массы кабины и от угловой скорости колебаний: 1 –  $c=c(\omega_1)$ , 2 –  $c=c(m_1)$ , 3 –  $c=c(\omega_2)$ , 4 –  $c=c(m_2)$

### Вывод

Таким образом, аналитическим путём установлены взаимосвязи жесткости упругих элементов в опорных связях кабины с физико-геометрическими параметрами динамической системы. Математическая модель представляет собой систему уравнений второго порядка, решение которой осуществляется на ЭВМ. С ее помощью произведен приближенный расчет динамической и статической жесткости виброизоляторов, применение которых снижает виброакустические характеристики аэродромного кондиционера, что позволяет улучшить маскирующие свойства спецавтомобиля и обеспечить безопасные условия военной службы. Представленный математический аппарат позволит реализовать алгоритм, посредством которого будет работать адаптивная подвеска ВВТ.

### Библиографический список

1. ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки. – Введ. 1971-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 5 с.
2. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. – Введ. 2008-01-07. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 с.
3. Житомирский, В.К. Механические колебания и практика их устранения / В.К. Житомирский – М.: Машиностроение, 1966. – 175 с.

### References

1. GOST 2.103-68 Uniform system of design documentation. Development stages. – It is entered 1971-01-01. – M.: Standartinform, 2010. – 5 p.
2. GOST 12.1.012-2004 Occupational safety standards system. Vibration safety. General requirements. It is entered – 2008-01-07. – M.: Standartinform, 2010. – 20 p.
3. Zhytomyrsky, V.K. Mechanical oscillations and practice of their elimination / V.K. Zhytomyrsky. – M.: Mechanical engineering, 1966. – 175 p.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной  
техники и инженерной механики  
С.А. Никитин,  
Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной  
техники и инженерной механики  
Н.М. Волков,  
Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной  
техники и инженерной механики  
Д.Н. Дегтев  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-59-18  
e-mail: [niksal76@mail.ru](mailto:niksal76@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Kand. Tehn. Sciencs, assistant professor of  
the chair of building technique and mechanics  
engineering S.A. Nikitin  
Kand. Tehn. Sciencs, assistant professor of  
the chair of building technique and mechanics  
engineering N.M. Volkov  
Kand. Tehn. Sciencs, assistant professor of  
the chair of building technique and mechanics  
engineering D.N. Dyogtev  
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-59-18  
e-mail: [niksal76@mail.ru](mailto:niksal76@mail.ru)*

С.А. Никитин, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев

### **ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Сравниваются результаты полевых и численных исследований в кабин-  
нах технологических машин.

**Ключевые слова:** уровень звуковой мощности, внешний шум, защита от шума

S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev

### **VERIFICATION OF THE ADEQUACY OF THE MATHEMATICAL MODEL WHEN CONDUCTING NUMERICAL STUDIES**

The results of field and numerical studies in the cabins of technological ma-  
chines are compared.

**Keywords:** level of sound capacity, external noise, noise protection

Конструкции современных технологических машин в настоящее время обеспечивают значительное снижение уровня звука на рабочем месте. Но в то же время, рабочие места ряда машин, ввиду устоявшихся конструкций, не соответствуют требованиям по шуму и вибрации, предъявляемым в последние десятилетия как в мировой, так и в отечественной промышленности [1]. Так, например, общий уровень звука на рабочем месте оператора передвижной электростанции ЭСД-200 составляет 88 дБА, при нормативном значении 80 дБА .

Технологические самоходные машины, предназначенные для работы в различных отраслях строительства относятся к сложным разветвленным динамическим системам, так как имеют: несколько одновременно работающих источников виброакустической энергии; две и более несущие рамы; содержат в своей конструкции балочные, плитные, оболочечные и складчатые элементы. При этом на конструкции действуют внутренние и внешние силы полигармонического, ударного, импульсного и случайного характеров.

Опыт применения звукозащитного комплекса на транспортных, тяговых, строительных и дорожных машинах показывает, что разработка мероприятий по снижению шума на уже

освоенных производством машинах – задача весьма сложная и дорогостоящая в силу ограничений, накладываемых компоновочными схемами и конструктивными решениями. В этой связи звукозащита оператора технологической машины может быть осуществлена путем применения высокоэффективных звукопоглощающих сотовых конструкций, используемых в кабине в виде облицовочных панелей.

Решение проблемы создания малошумных машин на стадии их проектирования возможно на основе проведения системного анализа и использования современных численных методов исследований на ЭВМ [2].

В центре системного анализа проблемы создания малошумных машин находится логическая операционная система - комплекс операций количественного и качественного сравнения альтернатив, которые выполняются с целью прогнозирования вибрации и шума на машине и выбора оптимального варианта виброакустической защиты оператора и окружающей среды.

Операционная система определяется заданием системных объектов, свойств и связей. Системные объекты - это вход сигнала, процесс, выход сигнала, обратная связь и ограничение - остановка расчета альтернатив при достижении цели. Например, применительно к транспортным машинам или базовым тягачам системные объекты могут быть интерпретированы следующим образом: вход - возмущающие воздействия двигателя, агрегатов, узлов и рабочего органа на другие структурные составляющие, входящие в конструкцию машины; выход - выходной сигнал (динамическая сила, виброскорость, звуковое давление и др.), то есть это результат конечного состояния процесса; процесс - перевод входного сигнала в выходной. При этом возмущающие воздействия претерпевают изменения. Например, в процессе передачи виброакустической энергии источников какой-либо машины происходит излучение ее в окружающее пространство (воздушный шум), рассеяние, поглощение и передача по конструкциям звуковой вибрации (структурный шум); связь - определение последовательности процессов, то есть выход некоторого процесса в одном агрегате или узле является входом и процесс в другом агрегате, узле, механизме, обратная связь обеспечивает сравнение и оценку параметров (сигналов) выхода с требуемыми и при необходимости влияние на процесс в любой структурной составляющей конструкцию машины через принятую модель воздействия [1, 2, 3].

Разработка мероприятий по снижению шума на уже освоенных производством машинах является весьма сложной и дорогостоящей задачей [2, 4]. В этой связи дополнительная шумозащита оператора передвижной электростанции может быть осуществлена путем разработки противозумного комплекса (ПШК), внедрения в ПШК кабины иных, более высокоэффективных, звукопоглощающих и вибропоглощающих материалов, незначительного изменения конструкции и т.д.

Реализация данной задачи возможна с использованием численных интегральных методов, в основу которых положен метод конечных элементов (МКЭ) [2].

Следует отметить, что при решении задач такого рода любой источник виброакустической энергии рассматривается как совокупность независимых источников, один из которых изучает звуковую энергию только окружающее пространство, а второй только в корпус, опорные и неопорные связи в виде звуковой вибрации. А матрицы демпфирования в известном дифференциальном уравнении движения представляются в соответствии с гипотезой Фойгта, а конечный элемент аппроксимирующей воздушную среду реализует дифференциальные уравнения Навье-Стокса.

Решение проблемы создания малошумных машин, а также снижения уровней звука и вибрации уже существующих машин, с использованием численных методов на основе МКЭ и принятой операционной системы представляется алгоритмом, включенным в программный комплекс «ЗВУК», разработанный на базе Научно-исследовательского института проблем виброакустики в строительном комплексе ВГАСУ [2].

Для проведения численного эксперимента была составлена топологическая схема передвижной электростанции ЭСД-200, включающая физико-геометрические параметры элементов данной технологической машины. В математическую модель закладывались данные, полученные в ходе лабораторно-полевых исследований. Для подтверждения адекватности данной модели был проведен численный эксперимент.

Результаты полевого и численного эксперимента отражены на спектрограмме (рис.).

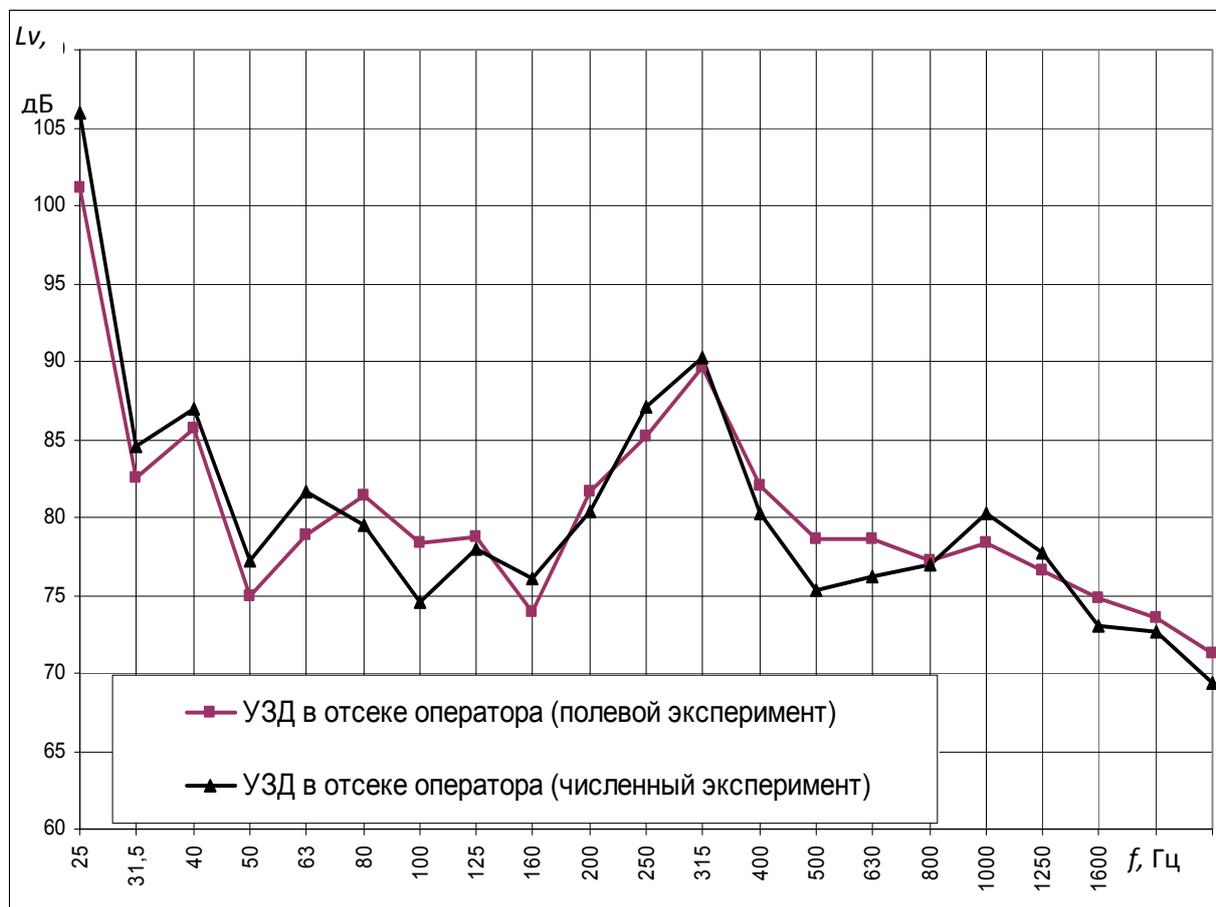


Рис. Спектры шума на рабочем месте оператора

Аналогичным образом было произведено сравнение уровня звукового давления в кабине дорожного шнекороторного снегоочистителя ДЭ-210.

Для этого также сначала были произведены полевые исследования на натурном образце в открытом звуковом поле. После чего была создана топографическая схема исследуемой машины. В ходе численного эксперимента в качестве возмущающих сил были заданы те значения шума и вибрации источников виброакустической энергии, которые были получены на этапе полевого эксперимента с применением метода последовательного включения/выключения источников в систему. Полученные значения уровней звукового давления (УЗД) в кабине дорожного шнекороторного снегоочистителя ДЭ-210 в 1/3-октавных полосах частот представлены в таблице.

Таблица

Уровни звукового давления в кабине дорожной шнекороторной снегоочистительной машины в 1/3-октавных полосах частот по результатам полевого и численного экспериментов

1/3-октавные полосы частот, $f$ , Гц	УЗД по результатам полевого эксперимента, дБ	УЗД по результатам численного эксперимента, дБ	Относительная погрешность полевого и численного экспериментов, %
25	105,1	106,1	0,84
31,5	103,1	102,3	0,78
40	101,6	100,5	1,09
50	97,6	100,3	2,69
63	85,6	81,6	4,90
80	83,6	89,0	6,06
100	85,6	88,0	2,72
125	87,6	88,0	0,45
160	84,6	78,9	7,20
200	78,6	80,4	2,23
250	75,6	73,0	3,56
315	74,6	76,9	2,9
400	69,6	65,7	5,93
500	73,6	73,1	0,68
630	71,6	70,2	1,99
800	70,6	68,5	3,06
1000	71,6	69,6	2,87
1250	69,6	65,4	6,42
Общий УЗ, дБА	81,7	81,8	0,2

Результаты численного эксперимента показывают высокую сходимость с данными, полученными в ходе лабораторно-полевых исследований [5]. Так, например, максимальное расхождение для машины ЭСД-200 (5%) наблюдается в 1/3-октавной полосе со среднегеометрической частотой 100 Гц, а для машины ДЭ-210 – 7,2 % в 1/3-октавной полосе со среднегеометрической частотой 160 Гц что является хорошим показателем для быстропеременных процессов.

### Выводы

1. Высокая сходимость результатов полевого и численного экспериментов подтверждают адекватность принятой математической модели, что позволяет провести ряд исследований для выбора оптимального противошумного комплекса с целью защиты оператора данной машины.

2. Топографические схемы машин, составленные для проведения численного эксперимента адекватно отражают их физико-геометрические параметры, что обуславливает их применение в численных исследованиях.

## Библиографический список

1. Никитин С.А., Волков Н.М., Серов А.А., Морозов А.В., Ознобкин Д.В., Прасолов А.С. Оптимизация звукозащиты в кабине технологических машин. Научный вестник Воронежского государственного технического университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 216-221.
2. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Воропаев В.О., Воронов А.С. Численные исследования быстропеременных виброакустических процессов при помощи метода конечных элементов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. № 1. С. 154-159.
3. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А. Сравнение результатов виброакустических исследований на дорожной шнекороторной снегоочистительной машине типа ДЭ-210. / Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2010. № 1. С. 223-225.
4. Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А., Труфанов М.С., Радченко И.С. Экспериментальные результаты акустических испытаний колесного погрузчика ПК 27-02. / Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. № 1. С. 125-127.
5. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Душкин С.В., Иванов С.А. Результаты исследований звукопоглощающих материалов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 258-266.

## References

1. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, A.A. Serov, A.V. Morozov, D.V. Oznobkin, A.S. Prasolov Optimization of sound protection in the cab of technological machines. Scientific Newsletter of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High Technologies. Ecology. 2017. pp. 216-221.
2. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, V.O. Voropaev, A.S. Voronov. Numerical research of a rapidly varying vibroacoustic processes using the finite element method. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2013. pp. 154-159.
3. Ustinov Y.F., Nikitin S.A., Volkov N.M., Degtev D.N. Comparison of vibroacoustic research results in screw-rotary snow remover, model DE-210. / Scientific Newsletter Of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering High-tech solutions. Ecology. 2010. № 1. P. 223-225.
4. Volkov N.M., Degtev D.N., Nikitin S.A., Trufanov M.S., Radchenko I.S. Experimental results of acoustic tests of wheel loader PC 27-02 / Scientific Newsletter Of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering High-tech solutions. Ecology. 2013. № 1. P. 125-127.
5. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.V. Dushkin, S.A. Ivanov. Sound-absorbing materials research results. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2016. pp. 258-266.

УДК 629.3

*Воронежский государственный  
технический университет  
Студенты Дорожно-транспортного  
факультета  
Д.С. Перетрухин, А.А. Феденев, Г.А. Раджабова  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 40-26-096  
e-mail: fedenev-sasha@yandex.ru  
Канд. техн. наук, доц. кафедры  
строительной техники и инженерной меха-  
ники имени профессора Н.А. Ульянова  
Р.А. Жилин  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-59-18  
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

*Voronezh State  
Technical University  
Students of the Road  
and Transport Faculty  
D.S. Peretrukhin, A.A. Fedenev, G.A. Radjabova  
Russia, Voronezh, tel. +7(930) 40-26-096  
e-mail: fedenev-sasha@yandex.ru  
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair  
of construction machinery and engineering me-  
chanics of a name of professor N.A. Ulyanov  
R.A. Zhilin  
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-59-18  
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

Д.С. Перетрухин, А.А. Феденёв, Г.А. Раджабова, Р.А. Жилин

## **НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**

Подготовка специалистов по направлению «Наземные транспортно-технологические средства». Цели, задачи и роль данного направления в развитии современного машиностроения.

**Ключевые слова:** Воронежский государственный технический университет, наземные транспортно-технологические средства, подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование.

D.S. Peretrukhin, A.A. Fedenev, G.A. Radjabova, R.A.Zhilin

## **GROUND TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MEANS**

Training of specialists in the field of «Land transport and technological means». Goals, objectives and role of this direction in the development of modern engineering.

**Keywords:** Voronezh State Technical University, land transport and technological means, hoisting-and-transport, construction, road means and equipment.

В наше время ни строительство гражданских и промышленных объектов, ни строительство автомобильных дорог и мостов не обходится без транспортно-технологических машин и комплексов. Научно-технический прогресс не стоит на месте, следовательно, возникают требования по разработке новых машин и оборудования, его модернизации, а также улучшения качества сборки деталей. Оснащением во всех сферах строительства транспортно-технологических машин занимается машиностроение.

Создание принципиально нового, и модернизация уже используемого оборудования увеличивает эффективность его работы, кроме того, при этом должны сокращаться расходы на эксплуатацию. Главными задачами машиностроения будут являться не только создание машин и технологий полностью удовлетворяющих современным требованиям, но и их эксплуатация в жестких условиях. Решение поставленных задач невозможно без хорошо подго-

товленных инженеров с фундаментальной базой знаний. Таких людей готовят в Воронежском государственном техническом университете, история которого началась еще с 30-х годов 20 века. Отдельная же подготовка инженеров-механиков началась с 1964 года на механическом факультете, который был открыт в 1961 году.

В процессе обучения студенты знакомятся, с дисциплинами, необходимыми инженерам-механикам (сопротивление материалов, теоретическая механика, детали машин и основы конструирования и др.), а также с дисциплинами характерными для дорожно-строительной отрасли (машины для разработки грунтов, грузоподъемные машины и лифты, машины и оборудование непрерывного транспорта и многие другие). Большая часть расчётов и чертежей, а так же курсовых проектов и работ, производится с использованием современных программ по проектированию и созданию 3D моделей – КОМПАС 3D и в системе автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций.

Выпускающей кафедрой направления «Наземные транспортно-технологические средства» является кафедра «Строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова». Кафедра оснащена современными лабораториями, имеет учебный полигон и автомобильные курсы, на которых студенты при прохождении учебной практики получают права на пользование строительной техникой.

Преподаватели являются высококвалифицированными специалистами в своей области и имеют большой практический опыт. Все лаборатории обустроены передовым оборудованием, позволяющим наглядно ознакомиться с изучаемым материалом. На выпускающей кафедре строительной техники и инженерной механики работает тренировочный полигон, на котором учащиеся, проходят учебную практику, закрепляют теоретические знания, изучают конструкцию, принцип работы, обслуживание и эксплуатацию современных строительных, дорожных машин и оборудования. На учебном полигоне студенты обучились управлению строительными машинами и получили квалификационный разряд. Так же, все учащиеся имеют возможность обучения на автомобильных курсах и получения водительского удостоверения.

Во время производственной практики учащиеся данной специальности работают на предприятиях строительной, дорожной и машиностроительной отраслях на передовых предприятиях по всей России. В этом году практика проводилась на заводе «Рудгормаш» г. Воронежа, где учащиеся 3 курса знакомились с производством, оборудованием, основными технологическими процессами и особенностями проектно-конструкторских работ.

Значительное количество студентов изъявляют желание продолжить обучение на кафедре в аспирантуре, решая такие научные проблемы, как: создание подвесок для различной динамики движения транспортных средств; виброзащита и шумоизоляция строительных машин; комфорт и безопасность в управлении транспорта; изменение конструкции для повышения срока службы машин; внедрение новых технологий; влияние протектора шины на разнородную поверхность, а так же эксплуатация её в различных погодных условиях; работа по нагрузке на силовые передачи.

На сегодняшний день транспортно-технологические машины и комплексы используются во многих сферах деятельности человека. С помощью дорожной техники начинают работу с первоначального этапа строительства, от котлована или возведения земляного полотна до итоговых этапов, таких как отделочные работы или устройство асфальтового покрытия в дорожном строительстве.

В настоящее время в нашей стране наблюдается дефицит инженерных кадров. Высококвалифицированные специалисты в области транспортно-технологических машин и комплексов, которых готовят в Воронежском государственном техническом университете всегда востребованы не только в Воронежской области, но и в других регионах нашей страны.

Работа для выпускников предлагается в разных предприятиях по направлению «транспортно-технологические системы», в которых ведется конструирование и моделирование новых машин, а также поступают предложения от транспортных компаний. Первоначально мо-

лодые специалисты начинают свою карьеру от мастера, наладчика специального оборудования или помощника инженера. Перспективной будет должность главного инженера по транспорту, конструктора в СКБ или начальника в области автомобилестроения. Самой востребованной на сегодняшний день в России является должность специалиста в области автотранспортной диагностики. Выпускники также идут и на руководящие посты, как главный инженер предприятия по ремонту машин и автоматических систем. Средняя заработная плата специалистов в данной сфере варьируется от 40000 до 50000 рублей в зависимости не только от региона, но и конкретно взятого предприятия и профиля работы. Основными предприятиями, с которыми есть возможность заключить договор о прохождении производственной практики являются: структурные подразделения ФКУ «Черноземуправдор», ФКУ «Москва – Волгоград», Мос-тоотряд – 81, АО «Дороги Черноземья», ООО «Дорпроект», ООО «Центр-Дорсервис», ООО УК «Рудгормаш», ООО «Обогащительное оборудование», ООО «Высота».

Таким образом, для Воронежской области подготовка и обучение инженеров-механиков играет огромную роль в развитии области машиностроения и эксплуатации транспортно-технологических машин и оборудования. Это обуславливает, прежде всего, зависимость качества преподавания с уровнем подготовки выпускаемых специалистов. С повышением базовой подготовки кадров, растет эффективность рационального использования промышленных ресурсов и экономики машиностроения в целом. А современная программа обучения благоприятно сказывается на развитии технологических процессов в области эксплуатации и ремонта машин и строительного комплекса.

#### Библиографический список

1. Описание профессии инженер [Электронный ресурс]: <http://uchim66.ru/articles/professiya-inzhener>.
2. Актуальность профессии инженер [Электронный ресурс]: [http://www.rabotagrad.ru/articles/\\_aview\\_b20885](http://www.rabotagrad.ru/articles/_aview_b20885).
3. Сайт МГТУ для абитуриента [Электронный ресурс]: <http://magtu.ru/341-abiturientu-novyj-sajt/abiturientu-mgtu-novyj-sajt.html>.
4. Дорожно-транспортный факультет ВГТУ [Электронный ресурс]: <http://cchgeu.ru/education/inst/df/>.
5. Образовательная программа НТТС ВГТУ [Электронный ресурс]: <http://cchgeu.ru/education/programms/ptsdso/>.

#### References

1. Description of the profession engineer [Electronic resource]: <http://uchim66.ru/articles/professiya-inzhener>.
2. The relevance of the profession engineer [Electronic resource]: [http://www.rabotagrad.ru/articles/\\_aview\\_b20885](http://www.rabotagrad.ru/articles/_aview_b20885).
3. MSTU website for the applicant [Electronic resource]: <http://magtu.ru/341-abiturientu-novyj-sajt/abiturientu-mgtu-novyj-sajt.html>.
4. Road Transport Faculty of VGTU [Electronic resource]: <http://cchgeu.ru/education/inst/df/>.
5. Educational program NTTS VGTU [Electronic resource]: <http://cchgeu.ru/education/programms/ptsdso/>.

# **СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**

УДК 625.745.12:625.855.3:539.37+539.4

*Воронежский государственный  
технический университет*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры  
проектирования автомобильных дорог  
и мостов В.П. Волокитин*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры  
проектирования автомобильных дорог  
и мостов А.В. Ерёмин*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры  
проектирования автомобильных дорог  
и мостов О.А. Волокитина*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)2-71-52-02;  
e-mail: [nova.vp@mail.ru](mailto:nova.vp@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University*

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of  
Postgraduate at the Department of Road  
and Bridge V.P. Volokitin*

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of  
Postgraduate at the Department of Road  
and Bridge A.V. Eremin*

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of  
Postgraduate at the Department of Road  
and Bridge O.A. Volokitina*

*Russia, Voronezh, tel. +7(473)2-71-52-02  
e-mail: [nova.vp@mail.ru](mailto:nova.vp@mail.ru)*

О.А. Волокитина, В.П. Волокитин, А.В. Ерёмин

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

Представлен метод определения деформационно-прочностных характеристик асфальтобетонных покрытий на искусственных сооружениях, учет которых в процессе строительства и эксплуатации позволит увеличить их срок службы и повысить безопасность движения.

**Ключевые слова:** искусственное сооружение, покрытие, деформация, прочность, слой, асфальтобетон, сферический штамп.

О.А. Volokitina, V.P. Volokitin, A.V. Eremin,

## **THEORETICAL ASPECTS OF THE TECHNIQUE FOR DETERMINING THE DEFORMATION-STRENGTH CHARACTERISTICS OF ASPHALT-CONCRETE COATINGS AT ARTIFICIAL STRUCTURES**

A method for determining the deformation-strength characteristics of asphalt concrete pavements on artificial structures, the consideration of which during construction and operation will allow increasing their service life and increasing traffic safety.

**Keywords:** spherical stamp; the elasticity module; corner of an internal friction, coupling factor; deformation; strong; a layer.

На основании данных мониторинга искусственных сооружений на автомобильных дорогах покрытием проезжей части большинства из них являются асфальтобетонные слои. Проезжая часть искусственных сооружений, в свою очередь, представляет собой совокупность конструктивных элементов, воспринимающих действие подвижных нагрузок и передающих их на несущую часть пролетного строения.

Функциональными особенностями проезжей части и, в частности, ездового полотна являются:

- восприятие внешних нагрузок от автотранспорта, распределение и передача их на несущую конструкцию мостового сооружения;
- защита нижележащих конструкций от механического воздействия в качестве слоя износа;
- защита нижележащих несущих конструкций от прямых атмосферных воздействий;
- обеспечение комфортности и безопасности движения за счёт ровности и шероховатости покрытия.

За последние годы на дорогах общего пользования наблюдается рост интенсивности движения и увеличение веса автотранспортных средств. В процессе движения автомобиля возникает большой спектр нагрузок и воздействий, которые носят кратковременный характер и подобны ударным импульсам. Вертикальная составляющая нагрузки обычно суммируется с касательными нагрузками, направленными в сторону противоположную движению. При этом касательные нагрузки составляют 3-5% от вертикальной. При торможении автомобилей касательные нагрузки в зависимости от коэффициента сцепления составляют от 1 до 5% при гололеде и 30-50% от вертикальной при сухом покрытии. Все эти воздействия приводят к интенсивному износу покрытия проезжей части автомобильных дорог и мостовых сооружений и образованию следующих дефектов:

- волны, наплывы и колейность;
- одиночные трещины или сетка трещин с различным раскрытием;
- разрушение покрытия по деформационным швам и в зоне контакта с элементами деформационного шва;
- выбоины различных размеров.

По причине дефектов такого рода, приводящих к росту коэффициента динамичности воздействия подвижных нагрузок, срок службы покрытия составляет от 3 до 5 лет, а в некоторых случаях может составлять только один эксплуатационный сезон.

Работа покрытий в процессе эксплуатации происходит при крайне неблагоприятном воздействии транспортных нагрузок и погодно-климатических факторов. В совокупности с автотранспортными воздействиями в результате циклических колебаний температуры, возникающих в покрытии, возникают напряжения, вызываемые давлением льда в порах при переменном замораживании и оттаивании, что приводит к появлению гидравлических импульсов воды в порах при воздействии автомобилей на поверхность покрытия. Это особенно затрудняет оценку их влияния на эксплуатационно-прочностные показатели искусственных сооружений.

В настоящее время большое внимание стало уделяться оценке деформационно-прочностных характеристик асфальтобетонных покрытий на искусственных сооружениях, на основании которых можно определить вероятность возникновения деформаций и разрушений и своевременно принять меры, предотвращающие их развитие [1].

На текущий момент в нормативной литературе отсутствует метод, позволяющий определить основные деформационно-прочностные характеристики без нарушения целостности покрытия в процессе контроля качества строительства искусственных сооружений.

Таким образом, существует необходимость разработки такого метода, который позволил бы на основании полученных благодаря ему характеристик обеспечить сохранение эксплуатационных качеств покрытия на период всего срока службы.

В существующей нормативной базе требования, предъявляемые к асфальтобетону по ГОСТ 9128-2013, ПНСТ 184-2016, и, согласно методике оценки основных показателей его свойств (ГОСТ 12801-98), повлекли за собой определенные несоответствия между показате-

лями свойств, характеризующими асфальтобетон как дорожно-строительный материал, и теми необходимыми характеристиками, которые должны контролироваться в процессе строительства. Такие несоответствия заключаются в том, что асфальтобетон, рассматривается как дорожно-строительный материал, характеризующийся температурой приготовления и укладки, крупностью зернового состава, плотностью, водонасыщением, набуханием и прочностью, определяемой при температурах  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ , и  $50^{\circ}\text{C}$ . Однако к основным характеристикам данного материала относятся: модуль упругости при статическом нагружении при различных температурах, прочность при изгибе, внутреннее трение и сцепление между частицами. И в том, и другом случае используемые схемы испытания образцов существенно отличаются от реальной работы асфальтобетона в покрытии [2-4].

Прочностные показатели асфальтобетона в лабораторных условиях определяются по стандартной методике с использованием образцов цилиндрической формы, однако при этом не предусмотрено определение деформационных характеристик, которые в свою очередь определяются на образцах-балочках. Определение же модуля упругости асфальтобетона при повышенных температурах происходит методом вдавливания плоского штампа в образец.

Существующие методы не позволяют комплексно охарактеризовать реологические свойства асфальтобетона.

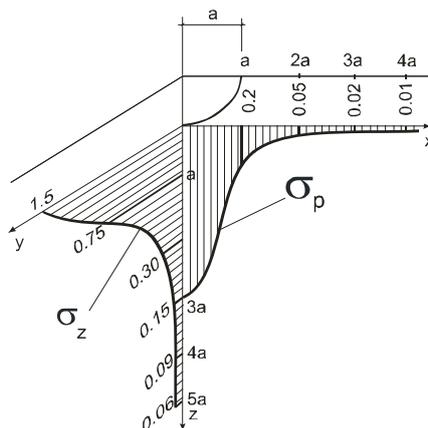
В связи с этим, был проанализирован опыт определения прочностных характеристик асфальтобетона различными методами в полевых условиях. Исследования показали, что необходимо иметь сведения не только о величине максимального прогиба, но и об очертании чаши места нагружения. Эти данные позволяют установить значения максимального и минимального радиусов кривизны, а также растягивающих напряжений. В итоге, была предложена теория определения прочностных и деформационных характеристик асфальтобетонного покрытия на мостовых сооружениях методом вдавливания сферического штампа, который основан на определении деформационно-прочностных свойств упругого полупространства [4,5,6].

Рассмотрим на примере асфальтобетонного покрытия определение его основных деформационно-прочностных характеристик данным методом. Так как асфальтобетон в реальных условиях работает как упруго-вязко-пластичный материал, при вдавливании сферического штампа упруго-вязко-пластические свойства асфальтобетона будут отражаться в соотношении упругих  $\delta$  и остаточных  $\ell_{ост}$  деформаций. Следует также отметить, что в зоне воздействия штампа может быть различное соотношение частиц минеральной составляющей асфальтобетона, поэтому при нагружении штампа статической нагрузкой значения показателей деформаций в различных точках покрытия будут значительно отличаться друг от друга. Этот недостаток можно свести к минимуму при циклическом нагружении сферического штампа ступенчатой нагрузкой в одной точке испытания. В случае неоднократного воздействия на полупространство жестким сферическим штампом с постоянной нагрузкой происходит накопление остаточных деформаций, в месте контакта происходит плотное прилегание штампа к поверхности асфальтобетона, а сформировавшаяся сфера сводит к минимуму влияние неоднородности материала на результаты испытания. Практическое отсутствие остаточных деформаций при последних циклах нагружения позволяет рассматривать асфальтобетон как упругое полупространство, т.е. наблюдается работа материала в упругой стадии.

На основании полученных методом вдавливания сферического штампа результатов, максимальное давление, равное  $1,5r_{ср}$ , зафиксировано в центре площадки соприкасания, а на окружности контакта с поверхностью асфальтобетонного покрытия значение давления обращается в ноль. Эпюра распределения давления представляет поверхность полусфер, что приближается к распределению напряжений от действия колеса автомобиля (рис. 1).

Для определения деформационно-прочностных свойств асфальтобетона и асфальтобетонных покрытий использовался сферический штамп радиусом 63,5 мм с максимально прикладываемой нагрузкой величиной 200 кгс.

При определении деформационно-прочностных свойств в натуральных условиях для слоя покрытия величина погружения и среднее давление на поверхности штампа ограничивалось активной зоной, т.е. не больше толщины слоя. В свою очередь глубина погружения штампа, радиус отпечатка и активная зона будут зависеть от крупности фракции щебеночной составляющей смеси.



**Рис. 1.** Распределение напряжений в долях от  $P_{cp}$  под действием шарового штампа

В лабораторных условиях определение деформационно-прочностных характеристик производилось на стандартных цилиндрических образцах. При этом активная зона не выходила за пределы образцов, и результаты испытаний образцов в лабораторных и натуральных условиях характеризовались достаточно высокой сходимостью [7, 8].

Данный метод позволяет также определить установившиеся напряжения, угол внутреннего трения и сцепление для асфальтобетона как в лабораторных условиях, так непосредственно на покрытиях искусственных сооружений. При этом оценка будет производиться при различных температурах без разрушения покрытия. В местах образования сдвиговых деформаций можно будет оперативно определить источник их возникновения и принять меры необходимые для повышения сдвигоустойчивости.

### Выводы

Предлагаемый метод для оценки прочностных и деформационных характеристик асфальтобетонных покрытий позволит:

1. ускорить оперативность и повысить достоверность оценки качества строительства покрытий, так как предполагается производить сравнение показателей на разных этапах: при подборе смеси; по пробам, взятым из смесителя и непосредственно в натуральных условиях при устройстве покрытия без его разрушения;
2. принимать оперативные решения по внесению изменений в состав смесей, технологию укладки и уплотнения;
3. эксплуатирующим организациям получать полную, объективную и достоверную информацию о транспортно-эксплуатационном состоянии и характеристиках, соответствующих требованиям безопасности движения, а также планировать распределение и использование средств, направляемых на содержание и ремонт искусственных сооружений.

### Библиографический список

1. Овчинников И.Г. Дорожная одежда на мостовых сооружениях: отечественный и зарубежный опыт / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 5 (24). – Сентябрь-октябрь. – С. 1- 30.
2. Волокитин В.П. Испытание асфальтобетона сферическим штампом / В.П. Волокитин, А.В. Еремин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – № 3. –С. 133-138.

3. Волокитин В.П. Испытание асфальтобетона сферическим штампом / В.П. Волокитин, А.В. Еремин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1. – С. 66-71.
4. Еремин В.Г. Метод определения расчетных характеристик конструктивных слоев нежестких дорожных одежд / В.Г. Еремин, О.А. Волокитина // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 3 (28). – С. 228-234.
5. Волокитина О.А. Использование метода вдавливания сферического штампа для определения расчетных характеристик различных конструктивных слоев нежестких дорожных одежд / О.А. Волокитина // Строительство и реконструкция. – 2010. – № 6 (32). – С. 70-77.
6. Еремин В.Г. Определение расчетных характеристик конструктивных слоев нежестких дорожных одежд / В.Г. Еремин, О.А. Волокитина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 17 (36). – С. 61-66.
7. Волокитина О.А. Особенности проектирования и расчета нежестких дорожных одежд на основе реальных расчетных характеристик конструктивных слоев / О.А. Волокитина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – №4(20). – С. 100-106.
8. Еремин А.В. Метод оценки прочностных и деформационных характеристик конструктивных слоев дорожных одежд / А.В. Еремин, О.А. Волокитина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1 (17). – С. 152-157.

#### References

1. Ovchinnikov I.G. Road pavement on bridges: domestic and foreign experience / I.G. Ovchinnikov, I.I. Ovchinnikov // Internet-journal "Naukovedenie". - 2014. - № 5 (24). - September October. - pp. 1-30.
2. Volokitin V.P. Test of asphalt concrete with a spherical stamp / V.P. Volokitin, A.V. Eremin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. - 2008. - № 3. – pp. 133-138.
3. Volokitin V.P. Test of asphalt concrete with a spherical stamp / V.P. Volokitin, A.V. Eremin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. - 2010. - № 1. – pp. 66-71.
4. Eremin V.G. Method for determining the design characteristics of structural layers of non-rigid pavements / V.G. Eremin, O.A. Volokitina // Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering Bulletin. - 2010. - № 3 (28). - pp. 228-234.
5. Volokitina O.A. Using the method of indentation of a spherical stamp to determine the design characteristics of various structural layers of non-rigid pavements / O.A. Volokitina // Construction and reconstruction. - 2010. - № 6 (32). - pp. 70-77.
6. Eremin V.G. Determination of design characteristics of structural layers of non-rigid pavements / VG Eremin, O.A. Volokitina // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. - 2010. - № 17 (36). - pp. 61-66.
7. Volokitina O.A. Features of the design and calculation of non-rigid pavements based on the actual design characteristics of the structural layers / O.A. Volokitina // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. - 2010. - №4 (20). - pp. 100-106.
8. Eremin A.V. Method of assessing the strength and deformation characteristics of the structural layers of pavements / A.V. Eremin, O.A. Volokitina // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. - 2010. - № 1 (17). - pp. 152-157.

*Воронежский государственный  
технический университет  
Кандидат технических наук  
Л.П. Салогуб  
Студент группы М-233 В.В.Быковская  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(920) 4-21-36-17  
e-mail: [salogub.leonid@yandex.ru](mailto:salogub.leonid@yandex.ru)  
e-mail: [neverova.vichka@mail.ru](mailto:neverova.vichka@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Candidate of Technical Sciences  
L.P. Salogub  
Student of N233 V.V.Bykovskaya  
Russia, Voronezh, tel. +7 (920) 4-21-36-17  
e-mail: [salogub.leonid@yandex.ru](mailto:salogub.leonid@yandex.ru)  
e-mail: [neverova.vichka@mail.ru](mailto:neverova.vichka@mail.ru)*

Л.П. Салогуб, В.В. Быковская

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ**

В статье приведены основные тенденции в развитии объемно-планировочных характеристик производственных зданий

**Ключевые слова:** архитектура; производственные здания; современные принципы построения промышленных зданий; инновационная среда.

L.P. Salogub, V.V. Bykovskaya

## **MODERN PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL BUILDINGS**

The article describes the main trends in the development of space-planning characteristics of industrial buildings

**Keywords:** architecture; industrial buildings, modern principles of construction of industrial buildings, innovative environment.

Взаимодействие двух систем - машины и человека - всегда лежало в основе формообразования промышленной архитектуры. Дж. Алои итальянский исследователь промышленной архитектуры, считал, что «разрешение проблемы человек-машина является... компасом в истории промышленной архитектуры» [1].

До сих пор промышленная архитектура пыталась объединить лежащие в основе всех ее функциональных процессов системы машины и человека, добиваясь их паритетности. От этапа к этапу усиливалось присутствие в промышленных объектах человека: от второстепенности к равенству, и, в настоящий период, - к доминированию. Последнее обстоятельство особенно наглядно иллюстрируется в производствах на основе информационных технологий, где доля инженерного труда составляет более 70% [2].

Новые подходы к организационной структуре производственных комплексов рожают следующие тенденции в развитии объемно-планировочных характеристик производственных зданий.

1. Неуклонная и последовательная поляризация промышленной архитектуры, разделение ее объектов на две группы - объектов, полностью зависящих в своем формообразовании и структурно-пространственной организации от технических составляющих производства, и объектов, ориентированных прежде всего на человека. (Рис)

Таким образом, достигнув определенного паритета, факторы, представляющие системы машины и человека, далее не будут действовать совместно в одном объекте. Действие фак-

торов разделится по объектам, и можно предположить, что эти объекты будут предназначены для обеспечения либо системы машины, либо системы человека [3].

2. Поляризация объектов промышленной архитектуры по своей пространственно-планировочной структуре, разделение их на простые и сверхсложные. (Рис)

В связи с нарастающей автоматизацией производства, усложнением технического обеспечения промышленного объекта, вытеснением человека непосредственно из производственного процесса происходит очевидное разделение промышленной архитектуры на уникальные, совершенные во всех отношениях объекты и объекты рядовые, достаточно близкие и действительно утилитарные.

3. Тотальная унификация производственного пространства. (Рис)

Выдвигаемая тенденция тотальной, всеобъемлющей унификации производственного пространства ломает эти отраслевые рамки, и можно предположить, что так долго существовавшее разделение промышленной архитектуры по отраслям, на основе которого развивалась теория и практика промышленного строительства, перестанет существовать.

Объекты всех отраслей должны будут представлять собой унифицированное пространство, где смогут размещаться различные по содержанию процессы. Общая линия развития этой тенденции выглядит так: от объекта-укрытия для машин и механизмов в 18-19 веках, через объект, вмещающий конкретный технологический процесс, в 20 веке, к объекту-оболочке, способной разместить разные процессы [3].

4. Снижение роли конструктивного решения здания как фактора, определяющего его функцию. (Рис)

В последние годы особенно усилилась роль науки и научных разработок. Технологическое оборудование стало компактнее и производительнее, совершенствование возможностей по созданию микроклимата в помещении позволило применять разнообразные конструктивные решения, в результате чего появилось большое количество пространственных решений зданий.

К настоящему времени уже нельзя, в большинстве случаев, ассоциировать какое-либо конструктивное решение промышленного здания с той или иной отраслью производства. Отраслевая типология, определявшая пространственные решения промышленных зданий в промышленных районах индустриального периода, перестает оказывать решающее влияние на конструктивные решения зданий.

5. Оптимизация архитектурно-планировочных схем зданий на основе компьютерного моделирования и использования нелинейной геометрии и появление новых структурообразующих планировочных элементов зданий. (Рис)

В результате новых пространственных и конструктивных решений существенно расширились возможности функционального совершенствования производственных зданий. В последнее время получили развитие и появились новые функциональные зоны, появившиеся в результате совершенствования систем коммуникаций.

Структуризация коммуникативных процессов в виде сети стала отражаться и на составе помещений. Стали формироваться точки неформального общения. Также появились новые и расширились существующие конференц-залы, стали появляться образовательные классы и классы компьютерного обучения. Здания стали центрами обмена идей и информации.

6. Не адекватность производственному процессу, а адекватность его будущим изменениям.

Для сегодняшней практики промышленного строительства можно назвать следующие приемы повышения гибкости, универсальности пространства:

- для объемных объектов - формирование безопорного пространства за счет увеличения размеров пролетов и шагов несущих конструкций;
- обеспечение независимой от строительных конструкций передачи крановых нагрузок;
- создание непрерывного, перетекающего пространства за счет группировки и обособления отдельных функциональных зон, вынесения инженерного оборудования, совершенствования системы горизонтальных и вертикальных коммуникаций;

- для территориальных объектов - многофакторное зонирование;
- модульный принцип организации пространства; использование стандартных объемных элементов.

7. Расширение форм пространственной организации объектов промышленной архитектуры. Снятие ограничений в их использовании, ликвидация обязательной приоритетности их применения. (Рис)

Установка только на несколько вариантов решения промышленных объектов упрощала и обедняла создаваемую среду, в том числе среду в широком смысле - среду районов, городов, населенных мест, где располагались объекты промышленной архитектуры.

Кроме того, свойственная промышленным технологиям динамичность обуславливала тот факт, что рациональные с точки зрения технико-экономических показателей типы и их разновидности в условиях постоянных перестроек теряли свою эффективность. Все это выразилось в имеющей место стагнации в разработке существующих и новых типов и модификаций [3].

8. Интегрированность и полифункциональность объектов. (Рис)

Анализ развития всех типов промышленной архитектуры показывает, что стремление к планировочной и пространственной «изоляции», дистанцированию от объектов гражданской архитектуры было качеством, изначально присущим этим объектам. В то же время во второй половине XX в. многофункциональные объекты стали развиваться в различных областях архитектуры.

Появились научно-обоснованные теории об изначальной полифункциональности архитектурной формы, очевидном несоответствии узкоспециализированных объектов жизненным потребностям человека, необходимости интегративного подхода к организации объектов среды обитания [8].

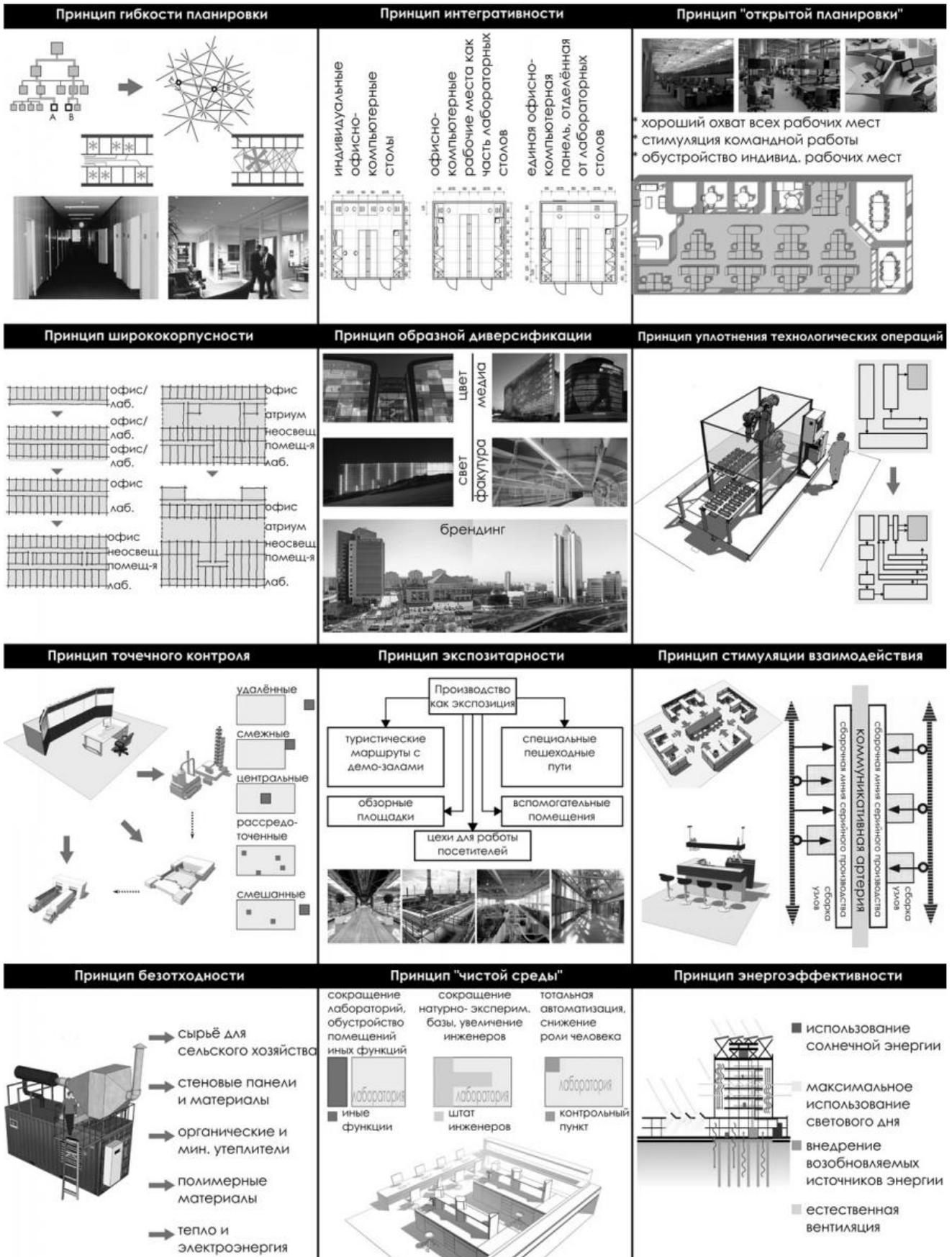


Рис. Принципы строительства

## Выводы

Изложенные принципы способны создать твердую базу инновационной среды в рамках вновь возводимых и реконструируемых индустриальных предметов. Довольно детальные изучения в сфере инженерно-технологического и научно-технического оснащения производственных строений в минувшие года до тех пор, пока никак не обладают подобного рассмотрения в сфере архитектурно-строительных изучений. То что затрагивает проблем объемно-пространственного возведения внутренней структуры производственных зданий и композиционно-художественного нахождения их зодчества, в таком случае данные нюансы, наравне с проблемами финансового результата, менее разработаны, хотя именно от них во многом зависит вероятность последующего улучшения производственных зданий.

## Библиографический список

1. Подсветка зданий и архитектурное освещение фасадов [Электронный ресурс]: Реж. доступа: интернет: [http:// www.ruslightproject.com/](http://www.ruslightproject.com/)
2. Афанасьев, Г. Здания энерго+ / Г. Афанасьев [Электронный ресурс]: Реж. доступа: интернет: <http://energo zone.ru/?cat=2>
3. Шойхет, Б.М. Концепция энергоэффективного здания. Европейский опыт / Б.М. Шойхет // Энергоэффективная Россия. Многофункциональный общественный портал [Электронный ресурс]: Реж. доступа: интернет: [http:// www.energohelp.net/articles/energy\\_solutions/63423/](http://www.energohelp.net/articles/energy_solutions/63423/)

## References

1. Podsvetka zdaniy i arhitekturnoe osveshenie fasadov [Elektronnyy resurs]: Rezhim dostupa: internet: [http:// www.ruslightproject.com/](http://www.ruslightproject.com/)
2. Afanasev, G. Zdaniya energo+ / G. Afanasev [Elektronnyy resurs]: Rezhim dostupa: internet: <http://energo zone.ru/?cat=22>
3. Shoikhet, B.M. Contseptsiya energoeffektivnogo zdaniya. Yevropeyskiy opyt / B.M. Shoikhet // Energoeffektivnaya Rossiya. Mnogofunksionalnyy obshchestvennyy portal [Elektronnyy resurs]: Rezhim dostupa: internet: [http:// www.energohelp.net/articles/energy\\_solutions/63423/](http://www.energohelp.net/articles/energy_solutions/63423/)

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ**

УДК 625.098

*Воронежский государственный  
технический университет  
доц., канд. техн. наук,  
Н.М. Волков  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-59-18  
e-mail: [volkne@bk.ru](mailto:volkne@bk.ru)  
магистрант А.А. Прохоров  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(980)245-48-41  
e-mail: [artem\\_prohor@mail.ru](mailto:artem_prohor@mail.ru)  
Воронежский государственный  
технический университет  
магистрант А.В. Трунов  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(952)558-94-41  
e-mail: [alxtrnv@mail.ru](mailto:alxtrnv@mail.ru)  
Воронежский государственный  
технический университет  
студент А.А. Мишенин  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(952)104-97-49  
e-mail: [aleks-andor97@mail.ru](mailto:aleks-andor97@mail.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
assistant professor, D. Sc. (Engineerin),  
N.M. Volkov  
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-59-18  
e-mail: [volkne@bk.ru](mailto:volkne@bk.ru)  
master student A.A. Prokhorov  
Russia, Voronezh, tel. +7(980)245-48-41  
e-mail: [artem\\_prohor@mail.ru](mailto:artem_prohor@mail.ru)  
Voronezh State  
Technical University  
master student A.V. Trunov  
Russia, Voronezh, tel. +7(952)558-94-41  
e-mail: [alxtrnv@mail.ru](mailto:alxtrnv@mail.ru)  
Voronezh State  
Technical University  
student A.A. Mishenin  
Russia, Voronezh, tel. +7(952)104-97-49  
e-mail: [aleks-andor97@mail.ru](mailto:aleks-andor97@mail.ru)*

Н.М. Волков, А.А. Прохоров, А.В. Трунов, А.А. Мишенин

## **РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ШУМОЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

В статье рассматриваются методы и средства повышения шумоизоляции транспортных средств. Проведен анализ исследуемых материалов влияющих на сокращение шумов в автомобилях. Также рассмотрены технологии по улучшению шумоизоляции в машинах.

**Ключевые слова:** шумоизоляция, возникновение шума, методы улучшения, звукопоглощающая структура, анализ материалов.

N.M. Volkov, A.A. Prokhorov, A.V. Trunov, A.A. Mishenin

## **THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF APPLICATION POSSIBILITIES OF THE PERSPECTIVE ABSORBING MATERIALS FOR NOISE INSULATION TRANSPORT TECHNOLOGY MACHINES**

The article deals with methods and means of improving the noise insulation of vehicles. The analysis of the studied materials affecting the reduction of noise in cars is performed. The technology of improving noise insulation in cars is also considered.

**Keywords:** noise insulation, noise generation, methods of improvement, sound-absorbing structure, analysis of materials.

Шумовое загрязнение практически всегда преимущественно вызывается средствами транспорта. В настоящее время уровень шума на главных магистралях крупных городов превышает 90 дБ и имеет тенденцию к усилению ежегодно на 0,5 дБ, что является наибольшей опасностью для окружающей среды в районах оживленных транспортных магистралей. Исследования показывают, повышенные уровни шумов способствуют развитию невропсихических заболеваний и гипертонической болезни. Шум оказывает пагубное влияние практически на все органы человека, наиболее страдают слуховые органы, ухудшается нервная система. Организм человека негативно реагирует на длительное шумовое воздействие, у него нарушается точность движений, ухудшается зрение, быстро наступает переутомление.

Данная проблема мало исследована, таким образом, наиболее перспективными решениями этой проблемы являются снижение собственных шумов транспортных средств.[1,2,3,4].

Работающий двигатель через элементы крепления передает вибрацию на кузов, панели которого в зависимости от степени вибрации издадут звук - структурный шум. [1,2,3,4]

Источники шума на автомобиле.

Их условно можно разделить на две группы:

а) первичные: двигатель, трансмиссия, система выпуска отработанных газов, шины, потоки воздуха, обтекающие автомобиль при движении.

б) вторичные:

- металлические панели кузова (пол, крыша, крылья, двери, арки колесных ниш и т.д.);
- крупногабаритные пластмассовые детали интерьера а/м (панель приборов, формованные накладки дверей, декоративный кожух переднего пола под рукоятку КПП, накладки стоек);
- мелкие металлические конструкции (тяги привода замков, стеклоподъемников и т.п.).

Традиционным методом послепродажного «обесшумливания» автомобиля до недавних пор считалась оклейка внутренних и некоторых наружных поверхностей шумо/виброизоляционными матами, но последние достижения шведских технологов заставили пересмотреть общепринятую технологию и начать доносить автомобилистам информацию о достоинствах новых методов и материалов. Своего рода революцией стал новый шумовиброизоляционный материал из Швеции, представленный на рынке под именем Noxudol 3100. Продукт концерна «Auson АВ» существенно расширяет возможности шумоизоляционных мер, обеспечивая, кроме прочего, их доступность и упрощение технологического процесса.

Noxudol 3100 представляет собой эластичную микродисперсную полимерную шумо и виброизоляционную пасту, предотвращающую появление на обрабатываемых поверхностях резонансных колебаний и вибраций диапазона акустического восприятия.

Одной из важных характеристик Noxudol 3100 является высокий коэффициент шумопоглощений при сравнительно небольшом удельном весе.

Noxudol 3100 можно наносить методом распыления. Такой способ выполнения работ позволяет существенно сократить время обработки автомобиля (до нескольких часов).

Следующее средство, которое необходимо выделить, это DINITROL 479 — напыляемый шумоизоляционный высоковязкий износостойкий состав чёрного цвета на основе синтетической резины, с содержанием ингибиторов коррозии. Состав исключительно тиксотропен, не содержит агрессивных растворителей и как следствие не влияет на ЛКП, пластиковые и резинотехнические элементы. После высыхания образует эластичную, стойкую к механическому и химическому воздействию среды плёнку со сложной структурой в виде неровной шагрени. Толстая пленка, покрывающая днище и колёсные арки автомобиля, подавляет резонансную вибрацию частей кузова, возникающую от воздействия внешнего шума и изолирует кузов от ударов гравия, камней, песка, что существенно снижает общий уровень шума в салоне автомобиля и объясняет исключительный эффект шумопоглощения.

Сбалансированные физические свойства состава DINITROL 479 (эластичность при различных температурных режимах, отличная адгезия к большинству поверхностей) позволяют ему выдерживать низкие температуры (до -40°C) не растрескиваясь и не отслаиваясь, а также

не плавиться и не стекать при высоких температурах (до +110°C), что позволяет производить окрасочные работы автомобилей, используя высокотемпературные сушильные камеры. DINITROL 479 заменяет пластиковые подкрылки, а в случаях разрушения штатных фетровых формованных подкрылков, является их надежной альтернативой. Состав имеет отличную адгезию к ЛКП, грунтовому покрытию, ПВХ пластизолям и "чёрной" стали и надёжно защищает поверхность от солевых растворов и образования коррозии.

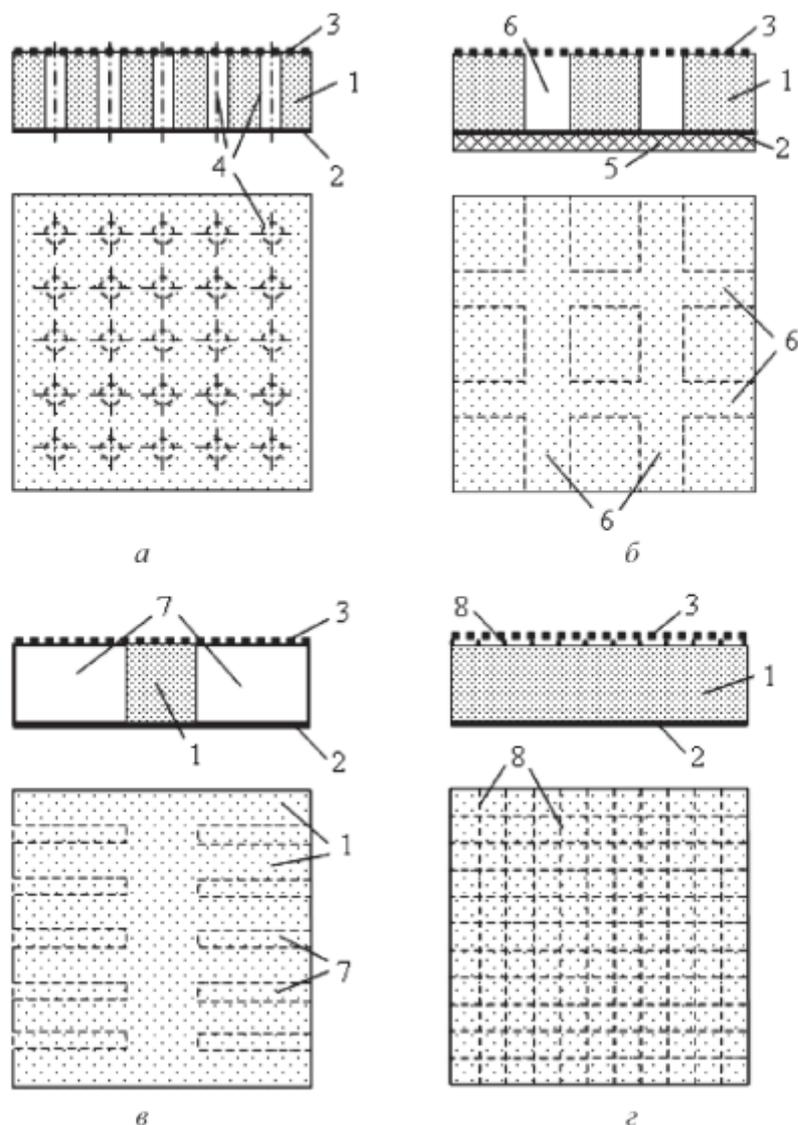
По области применения DINITROL 479 предназначен для снижения шума и вибрации современных автомобилей, а также для защиты от механического воздействия среды и коррозии металла на автомобилях, автобусах, вагонах, прицепной и другой дорожной техники.

DINITROL 479 можно наносить методом воздушного напыления при помощи специального оборудования для мастик различных видов вязкости, а также кистью или шпателем. Состав наносится на чистую сухую поверхность в 2-3 слоя с промежуточной межслойной сушкой не менее 15-20 минут при температуре 15-23°C.

Сплэн — эластичный пористый лист пенопропилена на клеевой основе, покрытый защитной пленкой. Использовать сплэн рекомендуется как второй слой звукоизоляции автомобиля. Производитель заявляет, что из-за своей необычной структуры материал практически полностью убирает шумы любого вида и борется с посторонней вибрацией. Данный материал наносится в качестве второго слоя на виброизолирующий материал. В основном его применяют для обесшумки дверей, колесных арок изнутри салона и боковин. Наносить данный материал нужно в рабочей температуре в диапазоне 18 – 35 градусов Цельсия. Именно так вы сможете обеспечить максимальный уровень адгезии.

Саму клейкую ленту наносят обычно без натяжения, а защитную пленку снимают непосредственно перед проведением работ.

При разработках низкошумных конструкций автомобилей весьма перспективным является и использование модифицированных звукопоглощающих структур пористых материалов и деталей (панелей, прокладок, обивок) с целенаправленно и повышенными звукопоглощающими свойствами (рис.). [5] Это предусматривает выполнение соответствующих дополнительных конструктивно-технологических изменений исходной (штатной) структуры материала или придания заданной геометрической формы деталям (прокладкам, панелям, обивкам, покрытиям, экранам). К таким модификациям с улучшенными акустическими свойствами, предлагаемыми авторами, относятся: рациональная схема перфорации структуры пористого слоя (рис.); преднамеренное расчленение (дробление) крупногабаритных шумопоглощающих панелей на несколько автономных малогабаритных той же суммарной площади лицевой поверхности (рис. б); придание монолитным шумопоглощающим панелям увеличенного периметра внешнего контура (лабиринтной формы) при неизменной (или даже уменьшенной) площади их лицевой поверхности (рис. в); использование звукопоглощающих материалов с пониженной динамической жесткостью лицевого защитно-декоративного слоя (рис. г). Использование эффективного модификационного структурирования звукопоглощающих материалов (конструкций деталей) позволяет достигать определенного снижения массы и, соответственно, стоимости звукопоглощающего материала в составе плосколистовых панелей и формованных обивок интерьера салона, моторного отсека или багажного отделения.



**Рис.** Некоторые технические приемы повышения звукопоглощающих свойств панелей, выполненных из пористых структур материалов (сечение и вид сверху на лицевую поверхность образцов): 1 – пористый звукопоглощающий слой; 2 – монтажный клеевой слой; 3 – лицевой защитный звукопрозрачный слой; 4 – отверстия перфорации в пористом звукопоглощающем слое; 5 – несущая основа (несущая панель); 6 – воздушные зазоры между противоположными торцевыми зонами «дробленных» плосколистовых пористых образцов; 7 – периферические лабиринтные вырезы в структуре пористого звукопоглощающего слоя, образующие увеличенный периметр внешнего контура панели, 8 – звукопрозрачный нитеобразный адгезионный слой, «звукопрозрачносшивающий» внешнюю поверхность пористого звукопоглощающего слоя с встречной поверхностью лицевого защитного слоя, выполненный в виде тонких (сплошных, прерывистых), обособленных пересекающихся линий, или обособленных частиц вещества

Сохранение (или даже существенное повышение) звукопоглощающих свойств достигается путем целенаправленной интенсификации процесса поглощения звуковой энергии. Эффективность перфорирования пористого слоя шумопоглощающих панелей иллюстрируются результатами проведенных экспериментов. Исследовались образцы плосколистовых шумопоглощающих панелей из открытоячеистого пенополиуретана (ППУ) размером 1200x1000 мм с толщиной листов 12,5 и 25 мм, покрытых внешней звукопрозрачной защитной полиэфировой пленкой толщиной 0,012 мм. Также исследовались образцы ППУ аналогичного типа без защитной полиэфировой пленки. Диаметр отверстий перфорации составлял 6 мм с изменением межцентрового шага 12,5, 25,0 и 50,0 мм и соответственным образованием числа от-

верстий, равным 6240, 1520 и 360. Результаты проведенных исследований указывают на рост значений реверберационного коэффициента звукопоглощения  $\alpha$  до 0,3 во всем исследуемом диапазоне частот (500...8000 Гц). При дроблении крупногабаритной шумопоглощающей панели на отдельные, разнесенные на заданное расстояние малогабаритные шумопоглощающие панели, меньшей суммарной лицевой площади поверхности, чем заданная базовая площадь сопоставляемой монолитной лицевой поверхности крупногабаритной шумопоглощающей панели, с соответственно меньшим расходом и стоимостью материала, но имеющие суммарный периметр внешних контуров, превышающий по крайней мере не менее чем в 1,25 раза периметр контура базовой крупногабаритной шумопоглощающей панели, можно достичь такого же звукопоглощающего эффекта, который был получен при применении базовой квадратной панели большей площади лицевой поверхности (соответственно большего расхода материала и его стоимости). Это следует из результатов сравнения реверберационного коэффициента звукопоглощения  $\alpha$  малогабаритных панелей, выполненных в виде 100 идентичных прямоугольников размером 200×50 мм, разнесенных друг от друга, с образованием воздушных зазоров 25 мм по отношению к монолитному квадратному плосколистному образцу той же лицевой площади поверхности равной 1 м<sup>2</sup>.

Из представленных результатов видно, что дробление монолитной звукопоглощающей панели приводит к существенному увеличению реверберационного коэффициента звукопоглощения  $\alpha$ . В частности, в октавной полосе с центром 2000 Гц коэффициент  $\alpha$  увеличивается более чем на 0,5. Данные результаты экспериментальных исследований носят в основном сопоставительный оценочный характер эффектов процесса звукопоглощения, зарегистрированных при изучении плосколистных шумопоглощающих панелей прямоугольной и квадратной формы.

#### Выводы

Проанализированные средства и материалы являются перспективными технологическими приемами повышения звукопоглощающих и эксплуатационных свойств. Освоенные промышленностью современные технологические процессы и используемое сочетание различных средств для шумоизоляции, позволяют формировать наиболее рациональное использование методов для снижения шума в автомобилях. Тем самым может быть обеспечено наиболее рациональное сочетание звукопоглощающих, прочностных, долговечностных, массовых и стоимостных показателей звукопоглощающих материалов.

#### Библиографический список

1. Волков Н.М. Автогрейдеры легкого типа с улучшенными виброакустическими характеристиками. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Воронеж, 2003.
2. Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Анферов П.С., Дружинин Д.Е. Лабораторные испытания звукопоглощающих конструкций из перспективных материалов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 162-164.
3. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Душкин С.В., Иванов С.А. Результаты исследований звукопоглощающих материалов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 258-266.

4. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Щербинин М.И., Чернов М.В., Никитин С.А., Покачалов А.С., Кравченко А.А., Дуплищев С.М., Муравьев А.В., Кондауров Ю.А., Волков Н.М. Звукопоглощающая сотовая панель. Патент на изобретение. RUS 2206458 29.03.2002.

5. Фесина М.И., Краснов А.В. Классификация и методы улучшения шумопоглощающих свойств деталей автомобилей. 2008. С. 18-22

#### References

1. N.M. Volkov. Graders light type with improved vibroacoustic characteristics. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2003.2. K.Fletcher, Numerical methods-based on the Galerkin method. Per. with Engl., M., 1988, 352 sec.

2. Volkov N.M., Dyogtev D.N., Anfyorov P.S., Drujinin D.E. Laboratory tests of acoustic liners promising materials. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High Technologies. Ecology. 2016. pp. 162-164.

3. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.V. Dushkin, S.A. Ivanov. Sound-absorbing materials research results. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2016. pp. 258-266.

4. Ustinov Ju.F., Muravev V.A., Shcherbinin M.I., Chernov M.V., Nikitin S.A., Pokachalov A.S., Kravchenko A.A., Duplishchev S.M., Muravev A.V., Kondaurov Ju.A., Volkov N.M. Sound absorbing honeycomb. / Patent 2206458, published 29.03.2002, abstract, with 6.

5. Fesina M.I., Krasnov A.V. Classification and methods for improving the noise reduction properties of car parts. 2008. pp. 18-22.

*Воронежский государственный  
технический университет д-р. техн. наук,  
проф. кафедры строительной техники  
и инженерной механики В.А. Нилов,  
магистрант А.А. Незовибатько  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29  
e-mail: [vladnil1024@mail.ru](mailto:vladnil1024@mail.ru)*

*Voronezh State Technical University  
Dr. Sci. Tech., prof., building engineering  
and engineering mechanics Dept  
V.A. Nilov,  
Magistracy Chair A.A. Nezovibatko  
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 277-01-29  
e-mail: [vladnil1024@mail.ru](mailto:vladnil1024@mail.ru)*

В.А. Нилов, А.А. Незовибатько

### **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОТОРНОГО КАТКА С ПРОТЕКТОРОМ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ**

В статье рассматриваются вопросы совершенствования уплотнения асфальтобетонных покрытий при уменьшении возможности образования колеи в ходе эксплуатации дороги. Приведена прогрессивная конструкция вальца с протектором направленного действия для формирования в процессе уплотнения асфальтобетона изотропного напряженного состояния, способствующего уменьшению образования колеи.

**Ключевые слова:** моторный каток, изотропное состояние, поперечные деформации.

V.A. Nilov, A.A. Nezovibatko

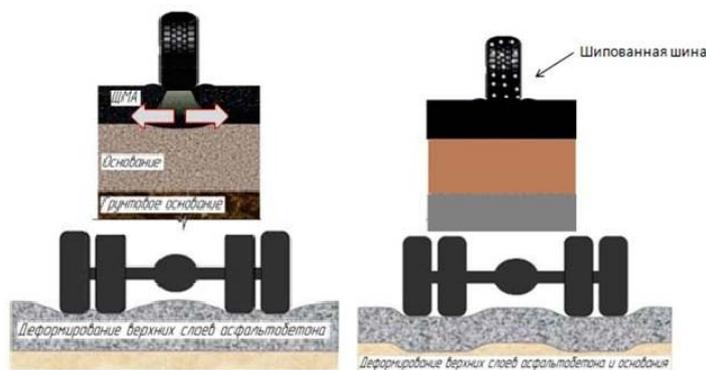
### **JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF THE MOTOR ROLLER WITH THE PROTECTOR DIRECTED ACTION**

The article discusses the issues of improving the compaction of asphalt concrete pavements while reducing the possibility of the formation of ruts during the operation of the road. A progressive design of a roller with a tread of directional action is given to form an isotropic stress state in the process of compaction of asphalt concrete, which helps reduce the formation of gauge.

**Keywords:** motor skating rink, isotropic state, transverse deformations.

Практика эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием столкнулась с проблемой образования колеи, которая снижает срок их службы. Причин, вызывающих такое явление достаточно, но главной из них является анизотропия свойств уплотнённого асфальтного слоя. Технология уплотнения асфальтобетонных покрытий дорожными катками в настоящее время заключается в возвратно-поступательном движении машины вдоль продольной оси дороги. Поэтому использующиеся в процессе строительства дорожные катки не могут выполнять уплотнение асфальтобетонной смеси так, чтобы в результате получалось дорожное покрытие с одинаковыми физико-механическими свойствами по всем направлениям (изотропное).

Проблема рабочих органов уплотняющих машин заключается в том, что их силовое воздействие на асфальтобетонное покрытие находится в плоскости, параллельной продольной оси дороги. В результате формируется различное (анизотропное) сопротивление асфальтобетона на сдвиг в продольном и поперечном направлении, что стимулирует процесс образования продольной колеи и приводит к снижению срока службы дорожного покрытия (рис. 1).

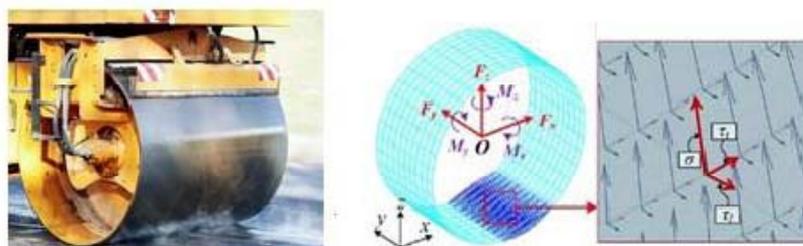


**Рис. 1.** Образование колеи в дорожных одеждах происходит благодаря:  
 а) неустойчивой структуре верхних слоёв покрытия;  
 б) совместной деформации во всех слоях дорожных одежд

Существующие рабочие органы осуществляют воздействие на уплотняемый материал в плоскости параллельной продольной оси дороги и не обеспечивают получение структуры материала с изотропными свойствами. Необходимо создание новых рабочих органов, обеспечивающих создание напряженно деформируемого состояния уплотняемого слоя, способствующего формированию изотропной структуры дорожных покрытий при их уплотнении.

Технологическая анизотропия свойств возникает при деформировании материалов под действием нагрузки и связана с возникновением структуры, определённым образом ориентированной по отношению к ней. Это означает, что для обоснования способов создания рабочих органов, снижающих уровень анизотропных свойств необходимо провести исследования по изучению: изменений деформационных характеристик уплотняемых смесей; направленности силового воздействия со стороны рабочих органов; схем производства работ по уплотнению покрытия.

Исследования показали [1], что достаточно создать укатываемом слое незначительные деформации с помощью уплотняющего воздействия в поперечном направлении, чтобы получить значительное повышение качества уплотнения. Это возможно за счёт большего времени действия и величины деформаций в поперечном направлении. Для этого необходимо создавать при каждом проходе катка сложное напряженное состояние в покрытии (рис. 2).



**Рис. 2.** Сложный режим нагружения рабочим органом катка (ось x со направлена с продольной осью дороги)

Для создания в асфальтобетоне при его уплотнении свойства изотропности необходимо обеспечить под вальцем катка сложное напряженное состояние [1], при котором величина касательных напряжений в поперечном направлении не должна разрушать силы адгезии и когезии, которые связывают частицы между собой в уплотняемом слое (рис. 3).

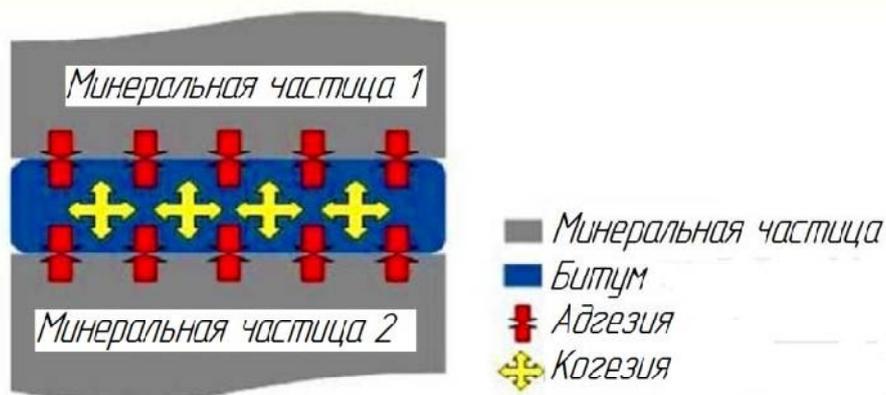


Рис. 3. Микроструктурные связи в асфальтобетоне

Для создания горизонтального воздействия катком на уплотняемую поверхность можно изменять геометрию вальца или создавать иным образом силовое воздействие в поперечном направлении. В настоящее время широко применяют катки на пневматических гладкопрофильных шинах [2]. Замена стандартных шин (рис. 3б) на гладкопрофильные (рис. 3а) в пневматических катках улучшила распределение вертикального давления на асфальтобетон, увеличила время воздействия на него и способствовала уменьшению числа проходов для достижения необходимой степени уплотнения. Однако, при этом существенно уменьшила деформирование материала в поперечном направлении дороги. Для формирования изотропной структуры покрытия целесообразно перейти на стандартные шины, применение которых значительно увеличит напряжения в поперечном направлении. Такое взаимодействие будет способствовать распределению напряжений в области контакта на нормальный компонент  $z$  и сдвиговые компоненты  $x$  и  $y$  в каждой точке. Такая процедура будет способствовать формированию изотропной структуры покрытия.



Рис. 4. Общий вид напряжений под действием пневматического катка, оснащенного: а) гладкопрофильными и б) стандартными шинами

Для создания силового воздействия на асфальтобетон в поперечном направлении рекомендуется установка вибрационного возбуждателя направленного действия [3]. В этом случае создаваемое вибрационным возбуждателем усилие  $P_i$  в поперечном направлении не должно превышать сил  $F_{тр}$  трения вальца с дорожным покрытием (рис. 5).

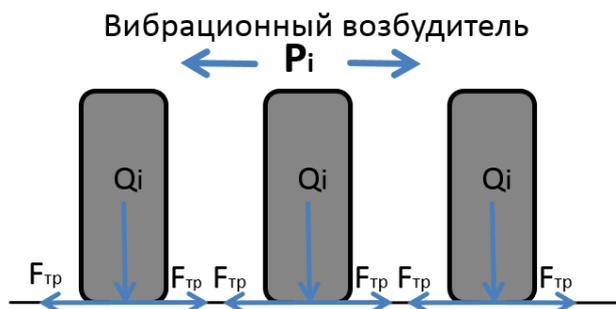


Рис. 5. Установка вибрационного возбуждателя в поперечном направлении

Наиболее перспективным в этом направлении является изменение конструкции вальца таким образом, чтобы он оказывал силовое воздействие не только в вертикальном, но и в боковом направлении [1].

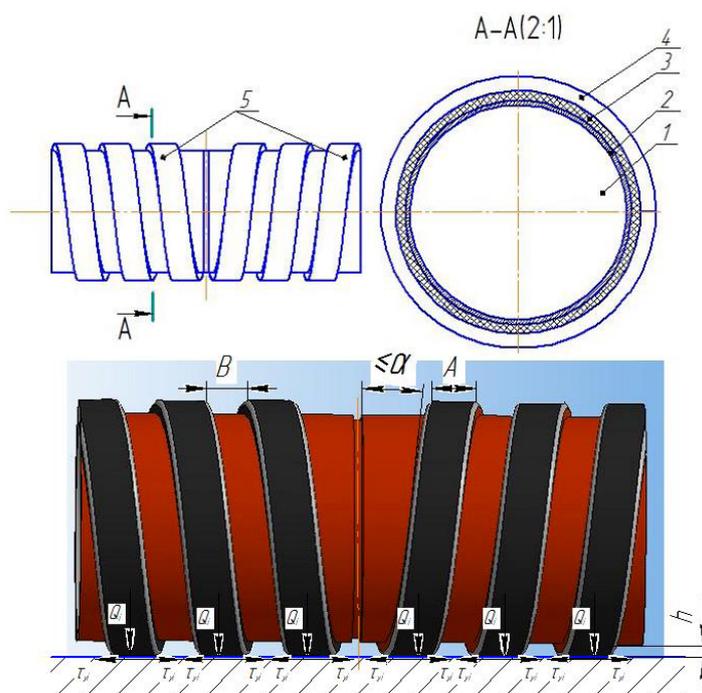


Рис. 6. Валец дорожного катка с эластомерным слоем и протектором направленного действия: общий вид и поперечный разрез

Конструкция такого вальца с изотропным силовым воздействием на укатываемое покрытие (рис. 6) включает барабан 1 с металлической цилиндрической обечайкой 2, на внешнюю поверхность которой нанесён упругий эластомерный материал, который имеет различные свойства по толщине (слой 3 – более твердый, соприкасается с металлической обечайкой 2 и слой 4 – более мягкий, взаимодействующий с покрытием). Упругий материал нанесен на валец по винтовой линии (ленточная резьба), угол наклона которой меньше угла внутреннего трения асфальтобетона. Валец катка состоит из нескольких симметричных модулей 5 для предотвращения изменения траектории движения катка при уплотнении асфальтобетонной смеси.

## Выводы

1. Приведены результаты анализа путей снижения образования колеи в асфальтобетонных покрытиях.
2. Предложены направления для формирования в процессе уплотнения асфальтобетона изотропного напряженного состояния, способствующего устранению образования колеи при эксплуатации автомобильных дорог.

## Библиографический список

1. Бойцов А.В. Методика обоснования параметров вальцов дорожного катка с изотропным силовым воздействием на асфальтобетонную смесь: дис. канд. техн. наук / А.В. Бойцов. Санкт-Петербург, 2017. 142 с.
2. Дорожные катки: развитие, конструкция, расчет: учеб. пособие / В.И. Баловнев, С.Н. Иванченко, Р.Г. Данилов, А.В. Лещинский; под общ. ред. проф. В.И. Баловнева и проф. С.Н. Иванченко. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. – 216 с.
3. Комби: два в одном // Автомобильные дороги. 2014. № 12(997).

## References

1. Boytsov A.V. Methods of substantiation of the parameters of the rollers of the road roller with isotropic force effect on the asphalt-concrete mixture: dis. Cand. Tech. Sciences / A.V. Boytsov. St. Petersburg, 2017. 142 p.
2. Road rollers: development, design, calculation: studies. Manual / V.I. Balovnev, S.N. Ivanchenko, R.G. Danilov, A.V. Leshchinsky; by total ed. prof. V.I. Balovneva and prof. S.N. Ivanchenko. - Khabarovsk: Pacific-Publishing House. State University, 2016. - 216 p.
3. Combi: two in one // Highways. 2014. #. 12 (997).

*Воронежский государственный технический университет  
Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия им. проф.  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,  
Канд. техн. наук, доц., преп. кафедры  
изыскания и проектирования аэродромов  
Ю.В. Федорова,  
e-mail: yvf@inbox.ru  
Канд. техн. наук, проф. кафедры  
изыскания и проектирования аэродромов  
Л.П. Салогуб,  
e-mail: salogub.leonid@yandex.ru  
Канд. техн. наук, преп. кафедры  
изыскания и проектирования аэродромов  
С.Н. Букша,  
e-mail: snbuk@bk.ru  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-44-76-43*

*Voronezh State Technical University Engineer-  
ing  
Military educational center of science  
of Military-air forces  
«Military-air academy of prof.  
N.E. Zhukovsky and JU.A. Gagarin»  
D.Sc. ( Engineerin), Associate Professor of the  
Dept. of research and design of aerodrome  
Y.V. Fedorova,  
e-mail: yvf@inbox.ru  
D.Sc. ( Engineerin), Professor of the  
Dept. of research and design of aerodrome  
L.P. Salogub,  
e-mail: salogub.leonid@yandex.ru  
D.Sc. ( Engineerin), lect. of the  
Dept. of research and design of aerodrome  
S.N. Buksha,  
e-mail: snbuk@bk.ru  
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-44-76-43*

Ю.В. Федорова, Л.П. Салогуб, С.Н. Букша

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

Рассмотрено влияние основных параметров (дорожных и транспорт-ных) на скорость движения автотранспортных средств в наиболее неблаго-приятный период года. Спрогнозировано количество вредных выбросов зи-мой при различных состояниях покрытия транспортных сооружений.

**Ключевые слова:** наземные сооружения, скорость движения транспортных потоков, мате-матическое моделирование, экологическое загрязнение, зимнее содержание дорог.

Y.V. Fedorova, L.P. Salogub, S.N. Buksha

### **ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL CONDITION OF THE ROADSIDE STRIP IN MODELING TRAFFIC FLOW SPEED**

The influence of road and transport parameters in the simulation speed of vehicles in the winter. Determined the amount of harmful emissions in the various states of road surface.

**Keywords:** the speed of traffic, mathematical model, ecological pollution, winter road maintenance.

Существенное влияние на эффективность деятельности наземных сооружений в целом, на их транспортно-эксплуатационные характеристики и режим функционирования оказы-вают условия движения автотранспорта и его состояние.

Изменение скорости движения транспортных потоков объективно влечет за собой изменение количества выбросов в атмосферу, при этом наибольшему воздействию агрессивных веществ подвержена придорожная территория.

Низкое качество содержания дорожного покрытия в зимний и переходные периоды приводит к снижению средней скорости движения транспортных потоков в большинстве регионов нашей страны. Гололедные образования значительно увеличивают возможность возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Кроме этого, скоростной режим всего транспортного потока может затрудняться несоблюдением режима движения специализированной дорожной техники.

Суммарное количество накопленных в придорожной полосе токсичных соединений зависит от периода зимней эксплуатации, в свою очередь соответствующего определенной дорожно-климатической зоне [1].

Особенностью России, кроме многообразия климата, является и то, что сюда ввозится значительное количество подержанных автомобилей, которые имеют более высокое содержание вредных примесей в отработавших газах и ухудшенный скоростной режим. Снижение скорости движения автомобилей при высоких оборотах двигателя обуславливает увеличение количества токсичных газов, в основном, таких как CO и NO<sub>x</sub>.

Кроме вышесказанного, на среднюю скорость движения автотранспорта объективно влияет ряд дорожных условий, таких как: ширина проезжей части и обочин, величины продольных уклонов, расстояние видимости, радиусы кривых в плане. Наличие этих факторов значительно усложняет оценки условий движения и загрязнения придорожной полосы токсичными выбросами [2].

Поэтому моделирование скорости транспортных потоков при различных дорожных и климатических условиях является актуальной многоплановой задачей для прогнозирования уровня выбросов автотранспорта, оценки загрязнения придорожной зоны, выбора оптимальных технологий зимнего содержания.

Основываясь на этом, в рамках научных исследований было осуществлено моделирование скорости автотранспорта в условиях, характерных для Центрально-Черноземной зоны. В последующем полученные результаты сравнивались с имеющимися фактическими данными.

Моделирование выполнено в виде прикладной программы, которая входит в состав программного обеспечения REGIONотраслевого автоматизированного банка дорожных данных АБДД «Дорога». В виде целевой функции рассмотрен итоговый коэффициент обеспеченности расчетной скорости  $K_{p.c.}^{итог}$ . Выбор этого коэффициента предусматривался по параметру, который предполагал его наименьшее значение [3].

Для учета того, что наиболее существенное влияние на изменение скорости потока автотранспорта оказывают ДТП, база данных была разделена на два периода - летний и зимний.

В соответствии с регистрируемым коэффициентом сцепления, соответствующим состоянию покрытия транспортного сооружения, при моделировании вводились ограничения по максимальным скоростям движения автотранспорта в зимний период. Максимально допустимую скорость на горизонтальном участке и на подъеме определяли по формуле, предложенной А.П. Васильевым [4]

$$V_{\phi \max} = \frac{m \cdot \varphi_{20} - f_{20} - i}{m \cdot \beta_{\phi} + k_f} + 20, \quad (1)$$

где  $m$  – коэффициент сцепного веса;

$\beta_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий изменение сцепных качеств от скорости для различных типов и состояний дорожного покрытия;

$\varphi_{20}$  – коэффициент сцепления при скорости 20 км/ч;

$f_{20}$  – коэффициент сопротивления качению.

При статистической обработке результатов моделирования были определены скорости движения транспорта в летний период для I-III категорий дорог. Полученные результаты приведены в таблице 1 [1, 3]:

Таблица 1

Скорость движения автомобильного транспорта в летний период

Категория автомобильной дороги	Средняя скорость, км/ч	Скорость движения при доверительной вероятности, км/ч		
		0,85	0,90	0,95
		I	77,8	68,6...86,8
II-III	57,0	47,2...70,0	45,8...68,4	43,7...70,5

При определении скорости движения автотранспортных средств в зимний период в АБДД «Дорога» были учтены поправочные коэффициенты на все изменяющиеся дорожные параметры. Внесенные изменения представлены в таблице 2.

Параллельно были получены базы данных скоростей движения автотранспорта в зимний период и рассчитаны скорости, соответствующие каждому состоянию покрытия транспортных сооружений.

Таблица 2

Дорожные и транспортные параметры, влияющие на скорость движения автомобильного транспорта в зимний период

Базы данных АБДД «Дорога»		Изменения, внесенные в БД для расчета скорости движения транспортного потока
Наименование БД	Содержание информации	
dtп. dbf	Данные о ДТП	Выделены ДТП за зимний период
intens. dbf	Интенсивность, состав движения	Введены поправочные коэффициенты с учетом изменений в зимний период
oboch l. dbf oboch p. dbf	Данные о ширине и состоянии обочин	Внесены изменения в соответствии с требованиями к уровню содержания дороги
rown. dbf	Данные о ровности покрытия	В зависимости от состояния покрытия
scepl. dbf	Данные о коэффициенте сцепления	В зависимости от скользкости и возможного состояния покрытия
ukrep. dbf	Ширина проезжей части	Внесены изменения в соответствии с требованиями к уровню содержания дороги
widim. dbf	Данные о видимости в плане и продольном профиле	Метеорологическая дальность видимости в зависимости от интенсивности выпадения осадков

При статистической обработке результатов расчетов по скорректированной модели были получены скорости движения автомобильного транспорта в зимний период времени. Указанные результаты представлены в таблице 3.

Скорости движения автомобильного транспорта в зимний период

Состояние дорожного покрытия	Средняя скорость, км/ч	Скорость движения при доверительной вероятности, км/ч		
		0,85	0,90	0,95
		Снежный накат	46,6	32,7...60,5
Гололед	33,8	22,6...45,0	20,5...47,1	18,2...49,4
Рыхлый снег	41,8	29,3...54,4	27,3...56,2	24,5...59,1
Мокрое:				
I категория	67,8	58,4...77,2	56,6...80,0	54,9...80,7
II-III категории	54,5	44,9...64,2	42,9...66,1	41,4...67,6

Полученные данные послужили основой построения номограмм для определения выбросов вредных веществ в атмосферу при различных состояниях дорожного покрытия в зимний период [3]. При использовании номограмм применяется формула

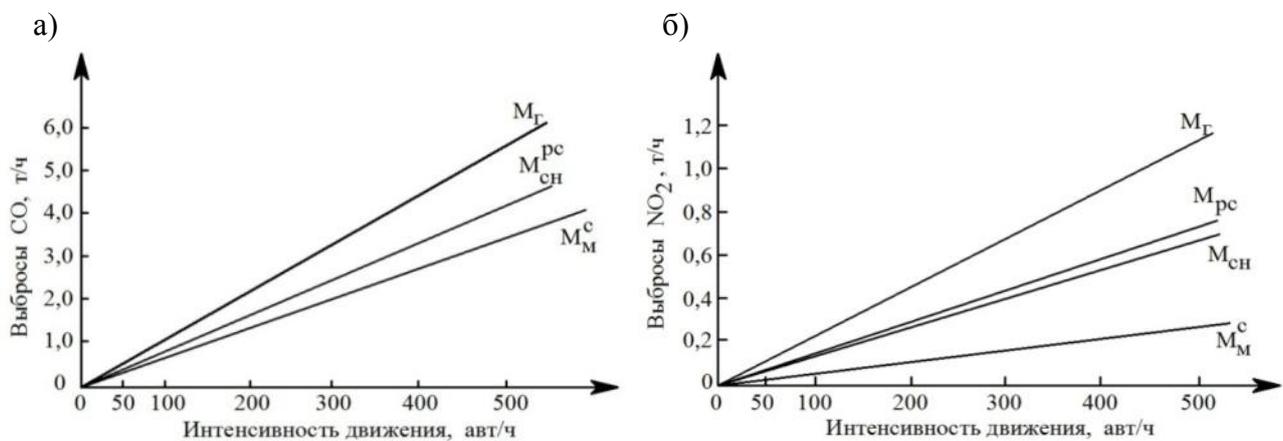
$$M_i = \sum_{j=1}^n A_i m_{ij}, \quad (1)$$

где  $A_i$  – коэффициент относительной агрессивности загрязняющего вещества ( $A_{CO} = 1,0$ ,  $A_{NO_2} = 41,1$ );

$m_{ij}$  – масса  $i$ -го вещества, выбрасываемая  $j$ -м типом двигателя внутреннего сгорания;

$n$  – количество типов автомобилей.

Номограммы приводятся на рисунке.



**Рис.** Количество выбросов CO и NO<sub>2</sub> при различной интенсивности движения на 100 км пробега автотранспорта:

М – количество выбросов (РС – при рыхлом снеге, СН – при снежном накате, Г – при гололеде, С, М – при сухом и мокром состоянии покрытия)

### Выводы

Моделирование изменения скорости движения автотранспорта при различных величинах влияющих факторов позволило:

1. Определить статистические зависимости распределения скоростей движения транспортных потоков в зависимости от состояния покрытия в летнее и зимнее время.

2. Установить количество вредных выбросов по скорректированной модели состояния дорожного покрытия, определяющей скорости движения автотранспорта при различных климатических факторах.

Полученные результаты дают возможность получить объективную оценку существующим стратегиям зимнего содержания транспортных сооружений и выработать рекомендации по мероприятиям, способствующим улучшению экологической обстановки в придорожной полосе.

#### Библиографический список

1. Моделирование скорости транспортных потоков – как критерий оценки экологического состояния придорожной полосы / Салогуб Л.П., Федорова Ю.В., Барабаш Д.Е.// Материалы 3-й международной научно-практической конференции «Стратегии и тренды развития науки в современных условиях» (Уфа 15-16 февраля 2017 г.). Уфа: НИЦ "Ника" 2017. с.59-63.

2. Самодурова Т.В., Федорова Ю.В. Влияние технологий зимнего содержания дорог на экологическое состояние придорожных территорий. – М.: Дорожная держава, 2009. №21. – с. 64-67.

3. Экологические аспекты зимнего содержания дорог/ В.П. Подольский, Т.В. Самодурова, Ю.В.Федорова.–Воронеж: Воронежская государственная архитектурно-строительная академия. – 2000. – 152 с.

4. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника. Т. II/ А.П. Васильев, Э.В. Дингес и др., – М.: Информавтодор, 2004. – 507 с.

#### References

1. Modeling traffic flow speed-as the assessment criterion of ecological condition of roadside strips/SalogubL.P., Fedorova Y.V., Barabash D.E.//Materials of the 3-rd international scientific-practical Conference "Strategies and trends in the development of science in modern conditions» (UFA 15-16 February 2017). UFA: SIC "NIKA" 2017. p. 59-63.

2. SamodurovT.V.,Fedorova J.V. Influence of winter road maintenance technology on ecological condition of roadside areas. -M.: Road Power, 2009. No. 21. - p. 64-67.

3. Environmental aspects of winter maintenance of roads/V.P. Podolsky, T.V. Samodurova, Y.V.Fedorova. -Voronezh: Voronezh State Academy of architecture and civil engineering. -2000. -152 p.

4. Repair and maintenance ofhighways: Reference encyclopedia Jeep. Vol. II/A.P. Vasilev, E.v. Dinges et al.-M.: Informavtodor, 2004. -507 p.

# **ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ**

УДК 504.064.3

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*Канд. хим. наук, доцент кафедры физики и химии Ж.Ю. Кочетова;*

*Канд. техн. наук, начальник кафедры эксплуатации и ремонта средств аэродромно-технического обеспечения полетов А.А. Кравченко;*

*Курсант факультета САТОП А.В. Чалый  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 226-47-52  
e-mail: zk\_vva@mail.ru*

*Military educational and scientific center air force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*Associate Professor Department of physics and chemistry Kochetova Zhanna Yu.;*

*Candidate of technical Sciences, Head of Department of operation and repair of airfield technical support of flights Kravchenko Andrey A.;*

*Student Chaly Alexey V.*

*Russia, Voronezh; tel. +7(473) 226-47-52  
e-mail: zk\_vva@mail.ru*

Ж.Ю. Кочетова, А.А. Кравченко, А.В. Чалый

## **ДАТЧИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕГКОЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОЗДУХЕ**

В статье представлен обзор коммерчески доступных химических сенсоров для определения летучих органических соединений в закрытых помещениях и на открытом воздухе. Приведены метрологические характеристики термokatалитических, ИК-абсорбционных, электрохимических (амперометрических), фотоионизационных и полупроводниковых сенсоров. Показаны направления и перспективы развития химических сенсоров.

**Ключевые слова:** химический сенсор, датчик, летучие органические соединения, загрязнение воздуха, анализ воздуха

Zh. Yu. Kochetov, A.A. Kravchenko, A. V. Chalyy

## **SENSORS FOR DETECTION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN THE AIR**

The article presents an overview of popular commercially available chemical sensors for the determination of volatile organic compounds in indoor and outdoor environments. Metrological characteristics of thermocatalytic, IR absorption, electrochemical (amperometric), photoionization and semiconductor sensors are presented. The direction and prospect of development of chemical sensors are shown.

**Keywords:** chemical sensor, sensor, volatile organic compounds, air pollution, air analysis

Развитие промышленности влечет рост выбросов загрязняющих веществ, количество и качество которых часто превышают возможности саморегенерации окружающей среды и приводит к непредсказуемым последствиям. Летучие органические соединения (ЛОС)

составляют значительную часть загрязняющих веществ над урбанизированными районами, источниками которых являются выхлопные газы, испарение нефтепродуктов и утилизация органических растворителей, переработка твердых бытовых отходов, действие промышленных предприятий. ЛОС участвуют во многих фотохимических реакциях с образованием продуктов более токсичных, чем первичные загрязнители, и характеризующихся канцерогенным, мутагенным или нейротоксическим действием [1].

Загрязнение воздуха закрытых помещений летучими веществами происходит из-за строительства зданий, которые не обеспечивают достаточный воздухообмен; при использовании строительных, отделочных материалов и мебели низкого качества. По статистике люди в развитых странах около 80 % своей жизни проводят в помещениях, поэтому даже относительно низкая концентрация веществ может представлять опасность для их здоровья. Всемирная организация здравоохранения признала летучие органические соединения приоритетными загрязнителями воздуха в закрытых помещениях. Безвредным принято считать воздух, в котором общее содержание ЛОС не превышает  $100 \text{ мкг/м}^3$ . Наибольшую группу выделяемых соединений составляют углеводороды, в том числе ароматические (бензол, толуол, ксилолы, фенол), а также органические кислоты, терпены, формальдегид [2].

Надежная оценка качества воздуха - актуальная задача, основная проблема которой заключается в высокой динамичности воздушных смесей даже в короткий период времени. В связи с этим на современном рынке аналитического оборудования представлен широкий ассортимент инструментов для получения быстрой и достоверной информации о составе внутреннего и наружного воздуха. Однако широкое применение существующих датчиков и анализаторов газов ограничено их высокой стоимостью. Поэтому продолжается разработка альтернативных способов получения информации о качественном и количественном составе загрязненного воздуха. Особое внимание уделяется развитию сенсорных технологий [3]. Многочисленные преимущества химических сенсоров включают в себя: низкую стоимость, простоту конструкции, миниатюрность, а также относительно высокие метрологические параметры (чувствительность, селективность, быстродействие). В статье представлены современные решения химических датчиков для измерения концентраций ЛОС в наружном и внутреннем воздухе, наиболее распространенных на рынке аналитического приборостроения [4-6], а также перспективные направления по созданию новых химических сенсоров.

Серийно выпускаемые химических датчики для обнаружения летучих органических соединений можно разделить на две группы. К первой относятся индикаторы взрывоопасности, включающие термические и ИК-спектрометрические датчики. Ко второй группе, предназначенной для обнаружения токсичных ЛОС, относятся электрохимические, полупроводниковые и фотоионизационные детекторы. Основной задачей производителей в двух случаях является разработка датчиков с наилучшими селективными свойствами и с низким пределом обнаружения (НПО). На рисунке представлен диапазон концентраций ЛОС, присутствующих в окружающем воздухе, воздухе помещений и в отработавших газах автомобилей, а также датчики, их определяющие.

Из рисунка следует, что электрохимические и фотоионизационные датчики характеризуются самыми низкими значениями НПО. Электрохимические датчики входят в состав мобильных лабораторий, их широко применяют в экологическом мониторинге городских и промышленных зон, для определения сопутствующих компонентов природного газа. В таблице 1 представлены диапазоны измеряемых концентраций некоторых токсичных ЛОС и неорганических газов электрохимическими (амперометрическими) сенсорами.

Для повышения электрохимической стойкости сенсоров, увеличения диапазона измеряемых концентраций было предложено традиционный внутренний электролит в электрохимических датчиках замещать ионными жидкостями, основным преимуществом которых является возможность модификации их физико-химических свойств путем подбора подходящих катиона и аниона [7].

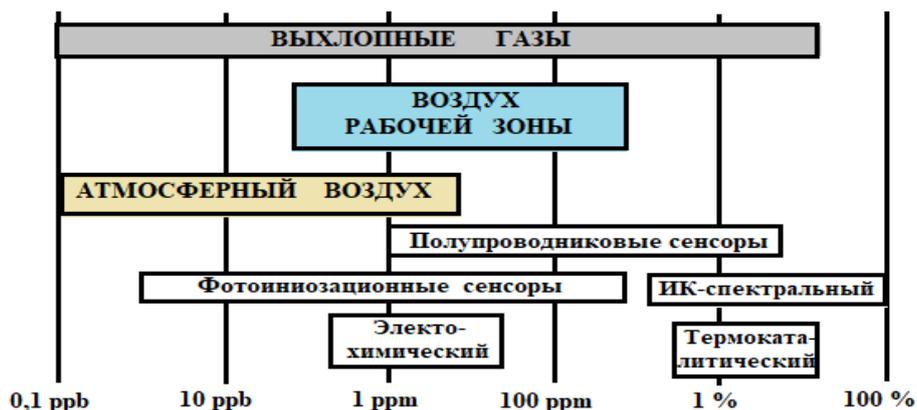


Рис. Диапазоны концентраций ЛОС в отработавших газах, воздухе закрытых помещений и в воздухе рабочей зоны, в атмосферном воздухе и датчики для их определения

Таблица 1

Диапазон измеряемых концентраций загрязняющих веществ в воздухе и разрешение электрохимических сенсоров

Загрязнитель	Диапазон измерений, ppm	Разрешение, ppm	Время отклика, с
Этиленоксид	0-20	0.1	140
Формальдегид	0-30	0.01	60
Глутаровый альдегид	0-20	0.01	60
Аммиак	0-50	0.5	150
Оксид углерода	0-1000	0.5	35
Хлор	0-20	0.1	60
Сероводород	0-50	0.1	30
Оксид азота	0-1000	0.5	10
Диоксид азота	0-20	0.1	35
Диоксид серы	0-20	0.1	15

Фотоионизационные датчики чаще всего применяется для измерения суммарной концентрации летучих органических соединений в промышленном контроле, для детектирования разливов взрывоопасных жидкостей, расследования поджогов.

Полупроводниковые датчики используют для измерения углеводородов и их производных, спиртов, эфиров, кетонов, эфиров, карбоновых кислот, нитроалканов, аминов и ароматических соединений. Механизм работы полупроводниковых датчиков сильно зависит от температуры рецепторно-преобразовательного элемента, так как этот параметр влияет на наиболее важные этапы процесса измерения. В настоящее время проводятся работы по улучшению метрологических характеристик полупроводниковых датчиков. Так, предлагается модифицировать рецепторный слой путем соответствующего легирования и добавления катализаторов для получения требуемой чувствительности, повышения их разрешающей способности и расширения рабочих диапазонов концентраций [8].

ИК-датчики наиболее популярны при детектировании ЛОС, особенно бутана, также их используют для оценки качества воздуха в закрытых помещениях, в процессе сжигания, при производстве биогаза.

Термокаталитические сенсоры в настоящее время незаменимы при обнаружении утечек взрывоопасных жидкостей газов. Взрыв инициируется в смеси горючего газа и воздуха только в определенном соотношении их концентраций. Нижний предел взрываемости (НПВ) определяет минимальную концентрацию вещества, которое может вступать в реакцию в процессе быстрого горения. Значения НПВ различаются для различных веществ и обычно выражаются относительно воздуха. В таблице 2 представлены значения НПВ для отдельных веществ из группы ЛОС [9].

Таблица 2

Нижний предел взрываемости некоторых легко летучих соединений

ЛОС	НПВ (% объемн.)	ЛОС	НПВ (% объемн.)
Ацетон	2.5	Этилацетат	2.0
Бензол	1.2	Стирол	1.0
н. Бутанол	1.7	Толуол	1.1
Циклогексан	1.0	1,3-Бутадиен	1.4
1,4-Диоксан	1.9	н. Бутан	1.4
Этанол	3.1	Метилхлорид	7.6
Диэтиловый эфир	1.7	Диметиловый эфир	2.7
Метанол	6.0	Этиленоксид	2.6
н. Гексан	1.0	Метан	4.4
н. Октан	0.8	Пропан	1.7

Методы определения ЛОС в атмосферном воздухе и воздухе закрытых помещений используют широкий спектр измерительных устройств: от недорогих химических датчиков, которые представлены в данной работе, до дорогостоящих стационарных систем (газовые хроматографы, УФ- и ИК-спектрометры, в том числе с Фурье-преобразованием, масс-спектрометры и др.). Выбор соответствующего датчика зависит от анализируемого газа, предполагаемого интервала его концентрации в воздухе, места проведения измерений (стационарность или мобильность датчика), задачи обнаружения (источник выброса или ареал загрязнения), наличие в воздухе других газов, мешающих идентификации и определению загрязнителя. Представленные датчики характеризуются очевидными преимуществами, такими как экономический фактор, относительно хорошие метрологические показатели, функциональность, простота конструкции, возможность миниатюризации. Однако они имеют и некоторые ограничения применения, обусловленные высокими пределом обнаружения и разрешением (полупроводниковые, ИК-абсорбционные, термокаталитические, электрохимические). Некоторые из них также проявляют плохие селективные свойства. Именно поэтому часто измеряется суммарное содержание ЛОС, присутствующих в наружном и внутреннем воздухе, с помощью фотоионизационных датчиков. Химические сенсоры характеризуются высокими надежностью и функциональностью при непрерывном мониторинге воздуха внутри помещений, воздуха рабочей зоны с сигнализацией о превышении опасных концентрационных порогов веществ при их утечках и выбросах во время технологических процессов, хранения и транспортирования. Это подтверждается разнообразием рынка химических сигнализаторов для обнаружения воспламеняющих и токсических газов группы ЛОС. Несмотря на насыщенность рынка химических сенсоров, поиск новых аналитических решений продолжается. Прежде всего он направлен на оптимизацию эксплуатационных

характеристик измерительных устройств при одновременном снижении затрат на мониторинг воздуха, чтобы сделать его более привлекательным и доступным для широкого круга предприятий и частных лиц. Об этом свидетельствует рост числа публикаций в отечественных и иностранных научных изданиях, посвященных разработке альтернативных типов датчиков для обнаружения ЛОС в воздухе. В таблице 3 представлены преимущества и недостатки предлагаемых новых датчиков, а также перечень определяемых ими ЛОС.

Таблица 3

Альтернативные химические сенсоры для определения в воздухе летучих органических соединений

Тип датчика	Измеряемая величина	+ Преимущества /- Недостатки	ЛОС
Проводящие полимеры	проводимость	+ низкие рабочая температура и энергопотребление; экономичность; миниатюрность; чувствительность зависит от типа покрытия; - чувствительны к перепадам температур и влажности; дрейф базовой линии; короткое время жизни	ацетон, ацетонитрил, бензол, buthylamine, циклогексан, этанол, гексан, изопропанол, метанол, хлорид метилена, толуол, ксилолы [10]
Гибридные наноструктуры	зависит от типа датчика	+ низкие пределы обнаружения; высокая селективность; - сложный процесс изготовления; плохая воспроизводимость	хлорметан, хлороформ, этанол, этилацетат, метанол, октан, толуол [11, 12]
Поверхностные акустические волны	частота	+ миниатюрность; низкое энергопотребление; высокая чувствительность к различным химическим веществам; низкие пределы обнаружения; - чувствительный к влажности; большой шум измерения; сложная система обработки сигналов	этанол, октан, толуол [13]
Оптические	параметры освещения	+ портативный и простой в использовании; возможность визуального обнаружения; быстрое действие; - высокое влияние влажности воздуха и сопутствующих компонентов	бензол, хлорбензол, углеводороды; органические растворители; формальдегид, спирты [14-16]
Кварцевые микровесы	масса	+ низкие пределы обнаружения; высокая чувствительность и селективность; быстрое действие; - плохой сигнал-шум; сложная система обработки сигналов	кетоны, ароматические соединения, спирты, нефтепродукты, влажность воздуха [17-20]
Транзисторные	пороговое напряжение	+ низкая стоимость; миниатюрность; воспроизводимость; - большое время отклика; дрейф базовой линии; высокая рабочая температура; влияние параметров среды	бензол, бутиламин, этанол, формальдегид, гексан, амины, нафталин, триметил-амин, влажность воздуха [21, 22]

Стоит также отметить перспективность разработки сенсорных матриц, называемых электронными носами, которые состоят из различных типов химических сенсоров [23]. К наиболее часто используемым датчикам матриц относятся полупроводниковые, электрохимические и пид-датчики; известны также пьезосорбционные электронные носы. Эти устройства уже применяются во многих областях человеческой деятельности, включая безопасность, загрязнение окружающей среды, медицину, пищевую промышленность, химическую промышленность [11/17, 12/18].

#### Выводы

Постепенно ужесточающиеся правовые нормы, касающиеся здравоохранения, охраны окружающей среды и безопасности на рабочем месте, направленные на контроль за выбросами опасных соединений рядом с промышленными предприятиями, электростанциями, транспортными путями и муниципальными источниками выбросов, такими, как свалки или очистные сооружения, привели к тому, что защита качества воздуха становится одним из важнейших элементов экологической политики Российской Федерации.

Несмотря на то, что известные электрохимические, ИК-абсорбционные, фотоионизационные, полупроводниковые, термокаталитические датчики являются наиболее часто применяемыми, а в некоторых случаях они служат эталонными методами непрерывного мониторинга окружающего воздуха (измерения имиссией), все же в подавляющем большинстве методик химические сенсоры являются лишь дополнительными инструментами, позволяющими принимать превентивные меры. Подводя итог, можно отметить, что химические датчики для обнаружения и измерения ЛОС будут по-прежнему разрабатываться и совершенствоваться по мере роста спроса на них на рынке аналитического оборудования.

#### Библиографический список

1. Kampa M., Castanas E. Human health effects of air pollution // *Environ. Pollut.* 2008, Vol. 151, P. 362–367.
2. Кобзева Н.А., Южакова М.А., Монтина А.Ю. Качество воздуха в помещениях как фактор синдрома больных зданий // *В мире научных открытий.* 2015, № 2-1 (62), С. 660-664.
3. Кучменко Т.А. Химические сенсоры на основе пьезокварцевых микровесов: монография / под ред. Ю. Г. Власова / Научный совет по аналитической химии ОХНМ РАН. М., Наука, 2010, Т. 14, Гл. 4, С. 127-202.
4. Шарапов В.М., Полищук Е.С., Кошевой Н.Д., Ишанин Г.Г., Минаев И.Г., Совлуков А.С. Датчики: справочное пособие. М., Техносфера, 2012, 624 с.
5. Афанасьев Д.С., Бардакова Е.А. Аналитический обзор датчиков летучих веществ для Интернета Вещей // *Информационные технологии и телекоммуникации.* 2016, Т.4, № 4, URL: <http://www.itt.sut.ru/>.
6. Белянкин С.Е. Сенсоры контроля концентрации газовых компонентов (обзор) // *Фундаментальные исследования.* 2006, № 2, С. 49-51.
7. Gebicki J., Koel M. Application of ionic liquids in electronic nose instruments. In *Analytical Applications of Ionic Liquids* // World Scientific Publishing Europe Ltd., London, UK. 2016, P. 339–360
8. Albert K.J., Lewis N.S., Schauer C.L., Sotzing G.A., Stitzel S.E., Vaid T.P., Walt D.R. Cross-Reactive Chemical Sensor Arrays // *Chem. Rev.* 2000, No 100, P. 2595–2626.
9. Справочник инженера пожарной охраны / Под общ. редакцией Д.Б. Самойлова. М., Инфра-Инженерия, 2010, 864 с.
10. Алиева Х.С., Алиева Т.М., Ибрагимова Э.З., Баширова А.М. Газочувствительные

элементы с органическими пленками // Технические науки - от теории к практике. 2012, № 10, С. 147-154.

11. Мир электроники. Нанотехнологии в электронике. Выпуск 3 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. М., Техносфера, 2015, 476 с.

12. Sayago I., Fernandez M.J., Fontecha J.L., Horrilli M.C., Vera C., Obieta I., Bustero I. Surface acoustic wave gas sensors based on polyisobutylene and carbon nanotube composites // Sens. Actuator B Chem. 2011, Vol. 156, P. 1–5.

13. Земляков В.Е. Датчики на поверхностных акустических волнах с управляемой химической селективностью для систем электронного носа и газовой хроматографии: дис. ... канд. технич. наук. Фрязино: РАН Институт радиотехники и электроники, 2002, 123 с.

14. Григорьевский В.И., Любченко Ф.Н., Садовников В.П., Сырых Ю.П. Хабаров В.В. // Радиотехника и электроника. 2010, Т. 55, № 9, С. 1147-1152.

15. Wales D.J., Parker R.M., Quainoo P., Cooper P.A., Gates J.C., Grossel M.C., Smith P.G.R. An integrated optical Bragg grating refractometer for volatile organic compound detection // Sens. Actuator B Chem. 2016, Vol. 282, P. 595–604.

16. Кочетова Ж.Ю., Маслова Н.В., Суханов П.Т. Спектрофотометрическое определение нефтепродуктов в воздухе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018, Т. 84, №9, С. 21-25.

17. Маслова Н.В., Кочетова Ж.Ю., Данилов А.Н., Кучменко Т.А. Экологический мониторинг нефтепродуктов на территории химически опасного объекта с применением флэш-детектора // Медицина экстремальных ситуаций. 2017, Т. 60, № 2, С. 83–88.

18. Kuchmenko T.A., Kochetova Zh.Yu., Korenman Ya.I. Sorption of acetone and phenol on natural film coatings of electrodes of a bulk acoustic wave piezoelectric resonator // Journal of Analytical Chemistry. 2001, Vol. 56, No 11, P. 986–990.

19. Кочетова Ж.Ю. Определение легколетучих органических соединений в газовой фазе с применением пьезосорбционных сенсоров на основе синтетических и природных полимеров: дис. ... канд. хим. наук. Саратов, СГУ, 2002, 143 с.

20. Кучменко Т.А., Кочетова Ж.Ю., Силина Ю.Е. Газоанализатор с открытым входом на основе пьезосенсоров: пат. 2302627 РФ, МПК G01N27/12. 2007, Бюл. № 19, 8 с.

21. Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б. Химические датчики на основе тонких полимерных пленок // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017, №3, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskie-datchiki-na-osnove-tonkih-polimernyh-plenok>.

22. Andersson M., Bastuck M., Huotari L., Lloyd Spetz A., Lappalainen J., Schütze A., Puglisi D. SiC-FET Sensors for Selective and Quantitative Detection of VOCs Down to Ppb Level // Procedia Eng. 2016, Vol. 168, P. 216–220.

23. Кучменко Т.А. Аппаратный комплекс пьезокварцевого микровзвешивания. Новое в мире «Электронных насосов». Воронеж, ВГТА, ООО «Сенсорные технологии», 2009, 155 с.

## References

1. Kampa M., Castanas E. Human health effects of air pollution // Environ. Pollut. 2008, Vol. 151, P. 362-367.

2. Kobzeva N.A., Yuzhakova M.A., Montina A.Yu. The Quality of indoor air as a factor of sick house syndrome // In the world of scientific discoveries. 2015, No 2-1 (62), P. 660-664.

3. Kuchmenko T.A. Chemical sensors based on QCM microUSB: monograph / Under the editorship of Yu. G. Vlasov / Scientific Council for analytical chemistry RAS ohnm. M., Nauka, 2010, Vol. 14, Ch. 4, P. 127-202.

4. Sharapov V.M., Polishchuk E.S., Koshevoyts N.D., Ishanin G.G., Minaev I.G., Sovlukov A.S. Sensors: Handbook. M., Tekhnosfera, 2012, 624 p.

5. Afanas'yev D.S., Bardakova E.A. An Analytical overview of the sensors of volatile substances for the Internet of Things // Information technologies and telecommunications. 2016, Vol. 4, No 4, URL: <http://www.itt.sut.ru/>.
6. Belyankin S.E. Sensors control the concentration of gas components (review) // Fundamental research. 2006, Vol. 2, P. 49-51.
7. Gebicki J., Koel M. Application of ionic liquids in electronic nose instruments. In analytical applications of ionic liquids // World Scientific Publishing Europe Ltd., London, United Kingdom. 2016, P. 339-360.
8. Albert K.J., Lewis N.S., Schauer C.L., Sotzing G.A., Stitzel S.E., Vaid T.P., Walt D.R. Cross-Reactive Chemical Sensor Arrays // Chem. Rev. 2000, No 100, P. 2595-2626.
9. Directory of fire protection engineer / Edited by D.B. Samoylov. M., Infra-Inzheneriya, 2010, 864 p.
10. Alieva Kh.S., Alieva T.M., Ibragimova E.Z., Bashirova A.M. Gas-sensing elements with organic films // Technical science - from theory to practice. 2012, No 10, P. 147-154.
11. World of electronics. Nanotechnology in electronics. Issue 3 / Ed. Yu.A. Chaplygina. M., Tekhnosfera, 2015, 476 p.
12. Sayago I., Fernandez M.J., Fontecha J.L., Horrilli M.C., Vera C., Obieta I., Bustero I. Surface acoustic wave gas sensors based on polyisobutylene and carbon nanotube composites // Sens. Actuator B Chem. 2011, Vol. 156, P. 1-5.
13. Zemlyakov V.E. Sensors on surface acoustic waves with controlled chemical selectivity for electronic nose and gas chromatography systems: Dis. for the candidate of technical Sciences. Fryazino: RAN Institut radiotekhniki i elektroniki. 2002, 123 p.
14. Grigor'yevskiy V.I., Lyubchenko F.N., Sadovnikov V.P., Syrykh Yu.P. Khabarov V.V. // Radio engineering and electronics. 2010, Vol. 55, No 9, P. 1147-1152.
15. Wales D.J., Parker R.M., Quainoo P., Cooper P.A., Gates J.C., Grossel M.C., Smith P.G.R. An integrated optical Bragg grating refractometer for volatile organic compound detection // Sens. Actuator B Chem. 2016, Vol. 282, P. 595-604.
16. Kochetova Zh.Yu., Maslova N.V., Sukhanov P.T. Spectrophotometric determination of petroleum products in the air // Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2018, Vol. 84, No 9, P. 21-25.
17. Kuchmenko T.A. Hardware complex of piezo-quartz micro-weighing. New in the world of Electronic pumps. Voronezh, VGTA, «Sensor technology». 2009, 155 p.
18. Maslova N.V., Kochetova Zh.Yu., Danilov A.N., Kuchmenko T.A. Environmental monitoring of petroleum products on the territory of a chemically dangerous object with the use of a flash detector // Medicine of extreme situations. 2017, Vol. 60, No 2, P. 83-88.
19. Kochetova Zh.Yu. Determination of volatile organic compounds in the gas phase with the use of piezocone sensors based on synthetic and natural polymers: Dis. for the candidate of chemical Sciences. Saratov, SGU, 2002, 143 p.
20. Kuchmenko T.A., Kochetova Zh.Yu., Silina Yu.E. Gas Analyzer with an open entrance on the basis of piezosensors: Pat. 2302627 of the Russian Federation, IPC G01N27/12. 2007, bull. №19, 8 p.
21. Mullagaliev I.N., Safargalin I.N., Salikhov R.B. Chemical sensors based on thin polymer films // Electrotechnical and information complexes and systems. 2017, No 3, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskie-datchiki-na-osnove-tonkih-polimernyh-plenok>.
22. Andersson M., Bastuck M., Huotari L., Lloyd Spetz A., Lappalainen J., Schütze A., Puglisi D. SiC-FET Sensors for Selective and Quantitative Detection of VOCs Down to Ppb Level // Procedia Eng. 2016, Vol. 168, P. 216-220.
23. Kuchmenko T.A., Kochetova Zh.Yu., Korenman Ya.I. Sorption of acetone and phenol on natural film coatings of electrodes of a bulk acoustic wave piezoelectric resonator // Journal of Analytical Chemistry. 2001, Vol. 56, No 11, P. 986-990.

УДК 621.87

*Воронежский государственный  
технический университет  
Студенты 541 группы  
Дорожно-транспортного факультета  
Д.С. Перетрухин, Г.А. Раджабова,  
А.А. Феденёв  
Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-  
тельной техники и инженерной механики  
Ю.И. Калинин  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 40-26-096  
e-mail: [fedenev-sasha@yandex.ru](mailto:fedenev-sasha@yandex.ru)*

*Voronezh State  
Technical University  
Students 541 groups  
of the Road and Transport Faculty  
D.S. Peretruxhin, G.A. Rajabova,  
A.A. Fedenev  
D.Sc.(Engineerin), Associate Professor at the  
Department of Construction Engineering and  
Mechanical Engineering Y.I. Kalinin  
Russia, Voronezh, tel. +7(930) 40-26-096  
e-mail: [fedenev-sasha@yandex.ru](mailto:fedenev-sasha@yandex.ru)*

Д.С. Перетрухин, Г.А. Раджабова, А.А. Феденёв, Ю.И. Калинин

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА КОНФИГУРАЦИЮ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ**

Для оценки относительного влияния формы элементов конструкции на величину давления ветрового потока использовались макеты элементов, устанавливаемые в специальной лабораторной установке «Аэродинамическая труба».

**Ключевые слова:** ветровой поток, ветровое давление, аэродинамический коэффициент, расчеты.

D.S. Peretruxhin, G.A. Rajabova, A.A. Fedenev, Y.I. Kalinin

### **THE STUDY OF THE ACTION OF THE WIND FLOW ON THE CONFIGURATION OF STRUCTURAL ELEMENTS**

When assessing the relative influence of the shape of the element on the magnitude of the pressure of the wind flow, a special laboratory installation «Wind tunnel» was considered.

**Keywords:** wind flow, wind pressure, aerodynamic coefficient, calculations.

При расчете прочности и устойчивости от опрокидывания грузоподъемных машин, работающих на открытом воздухе, необходимо учитывать ветровую нагрузку для рабочего и нерабочего состояния крана. Ветровая нагрузка рабочего состояния учитывается при расчете на долговечность металлоконструкций, механизмов, тормозов, мощности двигателя, грузовой устойчивости кранов. За ветровую нагрузку на кран в его рабочем состоянии принимается предельная ветровая нагрузка, при которой обеспечивается нормальная эксплуатация крана с номинальным грузом. Предельная ветровая нагрузка нерабочего состояния учитывается при расчете на прочность металлоконструкций, механизмов поворота и передвижения, изменения вылета стрелы, осей и валов ходовых колес, противоугонных устройств и собственной устойчивости крана.

Ветровая нагрузка на кран определяется как сумма статической и динамической составляющих. Статическая составляющая, соответствующая установившейся скорости ветра,

учитывается во всех случаях расчета. Динамическая составляющая, вызываемая изменением скорости ветра, учитывается только при расчете на прочность металлических конструкций и при проверке устойчивости кранов против опрокидывания. Для башенных кранов значение динамической составляющей определяется по ГОСТ 13994- 81, а в остальных случаях - по нормам проектирования. Статическая составляющая  $F_B$  ветровой нагрузки, действующая на крановую конструкцию или на груз площадью  $A$ , определяется по формуле:

$$F_B = p \cdot A, \quad (1)$$

где  $p$  – расчетное давление ветра, которое вычисляют по формуле:

$$p = q \cdot k \cdot c \cdot n, \quad (2)$$

$q$  - динамическое давление ветра на высоте до 10 м над поверхностью земли. Это давление связано с плотностью воздуха  $\rho = 1.225 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  и его скоростью  $V$  зависимостью:

$$q = \frac{\rho \cdot V^3}{2}. \quad (3)$$

В расчетах скорость ветра принимается направленной параллельно поверхности земли:

$k$  - коэффициент, учитывающий изменение динамического давления в зависимости от высоты расположения элемента над поверхностью земли;

$c$  - коэффициент аэродинамической силы (коэффициент лобового сопротивления), значение которого ориентировочно принимается по данным ГОСТ 1451-77 в зависимости от конструктивных особенностей элементов крана;

$n$  - коэффициент перегрузки, принимаемый в зависимости от метода расчета: при расчете конструкции крана по методу предельных состояний  $n = 1.1$ , и при расчете по методу допускаемых напряжений  $n = 1$ .

Расчетная площадь  $A$  элемента металлоконструкции принимается в зависимости от конфигурации и расположения элемента по отношению к направлению ветрового потока.

Расчетная площадь механизмов и другого оборудования крана определяется, как проекция наружного контура на плоскость, перпендикулярную направлению скорости ветра.

Динамическое давление  $q$  на высоте 10 м над поверхностью земли для нерабочего состояния крана принимается в зависимости от района на территории РФ согласно ГОСТу 1451-77. На территории РФ определены регионы, где динамическое давление принимают равным 270, 350, 450, 550, 700, 850-1000 Па соответственно. В том случае, если район установки крана точно неизвестен, динамическое давление  $q$  допускается принимать равным 450 Па.

Если предельная ветровая нагрузка рабочего состояния, действующая на груз или элемент крана, ограничена условиями безопасности ведения работ, то допускается принимать значение динамического давления  $q$  в соответствии с техническими заданиями на проектирование, но не ниже 50 Па. При определении ветровой нагрузки на груз коэффициент аэродинамической силы принимается  $c = 1$ ; коэффициент  $k$  при этом берут по максимальной высоте подъема груза.

В настоящее время отсутствуют рекомендации по конкретному учету величины аэродинамического коэффициента  $c$ , который существенно влияет на результаты расчетов по определению действия ветровой нагрузки.

В данной работе сделана попытка оценить относительное влияние формы элемента на величину давления ветрового потока на конструкцию. Для этого была изготовлена специальная лабораторная установка с условным названием «Аэродинамическая труба». Эта установка позволяет оценить влияния формы элементов металлоконструкции на величину аэродинамического коэффициента, с помощью которого вычисляют силу давления воздушного потока на испытываемый элемент.

Лабораторная установка «Аэродинамическая труба» (рис. 1) состоит из трубы 1. На одном конце трубы установлен вентилятор 2, а на другом ее конце консольно укреплен Г-образный кронштейн 3. К нему шарнирно с помощью шариковых подшипников присоединены две тяги 4. К свободным концам тяг шарнирно на шариковых подшипниках прикреплены

горизонтальная платформа 5. На вертикальном плече кронштейна 3 жестко укреплена мерная линейка 6 и дополнительный кронштейн 7 с роликом 8, расположенным на одной линии с платформой. На платформе укреплена указательная стрелка 9 и нить 10, связывающая платформу через ролик 8 с чашкой 11 для помещения в нее разновесов. На платформу во время эксперимента можно устанавливать испытываемые элементы 12. Силу давления воздушного потока на испытываемый элемент определяют по отклонению стрелки 9, относительно линейки 6.

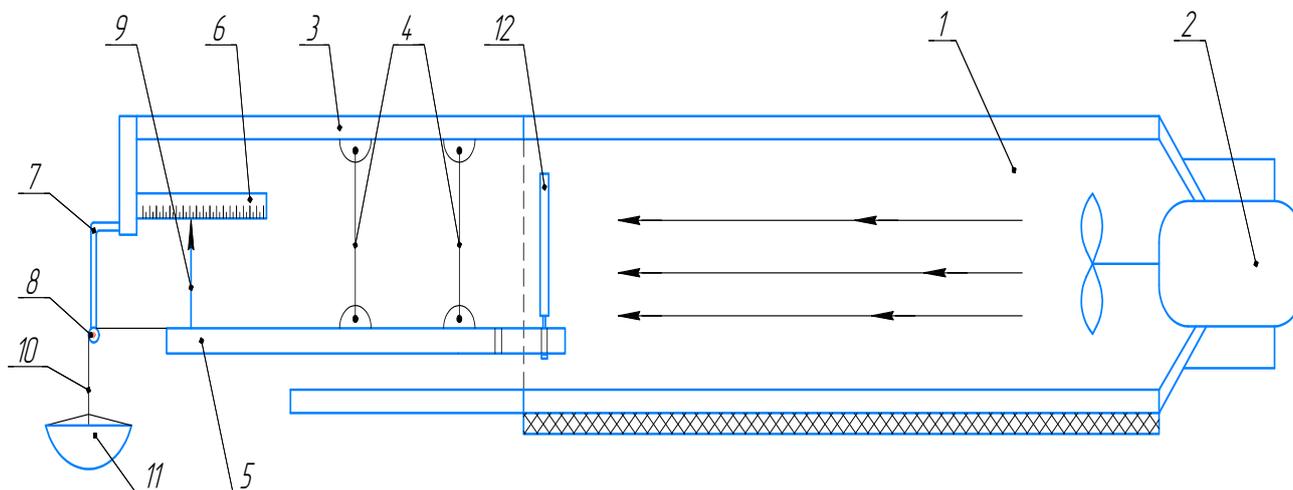


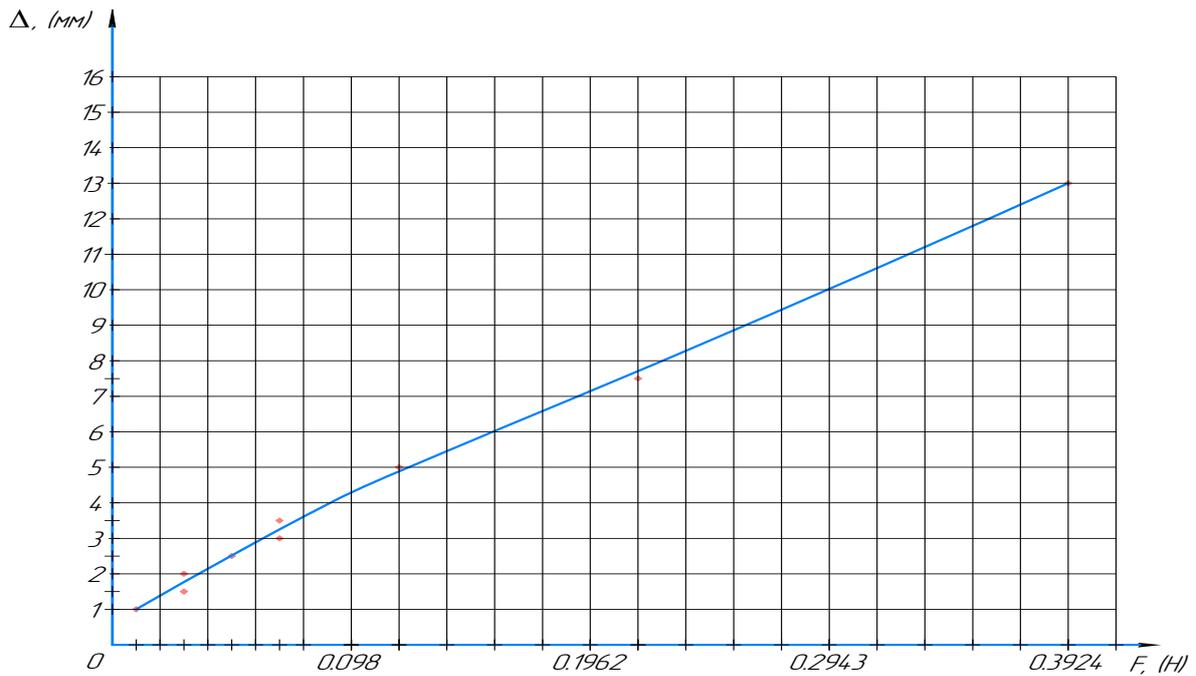
Рис. 1. Стенд «Аэродинамическая труба»

Для оценки силы воздействия воздушного потока на испытываемый элемент была выполнена тарировка перемещения платформы в зависимости от действующей на нее силы. Тарировка осуществлялась путем помещения в чашку 11 лабораторных грузов различной массы и измерения перемещения платформы под воздействием силы тяжести лабораторных грузов. Результаты тарировки представлены в табл. 1. По результатам тарировки построен график зависимости перемещения  $\Delta$  платформы от действующей на нее силы  $F$  (рис. 2).

Таблица 1

Результаты тарировки отклонения платформы

Сила тяжести грузов $F$ , Н	Отклонение платформы $\Delta$ , мм
1	1
2	1.5
5	2.5
7	3.5
12	5
22	7.5
40	13



**Рис. 2.** График зависимости отклонения платформы от действия силы

В опытах, на платформу устанавливались металлические элементы различной конфигурации (рис.3) и измерялось отклонение  $\Delta$  платформы под действием силы воздушного потока, создаваемого вентилятором. По величине отклонения платформы с помощью тарировочного графика определялась величина силы воздействия воздушного потока на испытываемый элемент.



**Рис. 3.** Элементы конструкций для испытаний

В ходе выполнения работы анализировалось влияние воздушного потока на 2 группы элементов.

1-ая группа состояла из элементов со сплошной ветровой поверхностью.

2-ая группа состояла из элементов с отверстием.

Лобовая площадь элементов в каждой испытываемой группе была одинаковой.

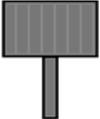
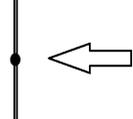
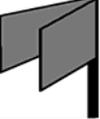
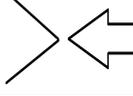
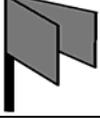
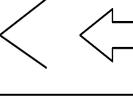
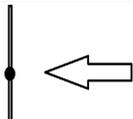
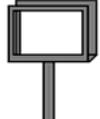
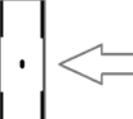
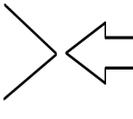
Величина давления воздушного потока на элементы оценивалась только в своей группе относительно базового элемента. За базовые элементы в каждой группе были приняты элементы, которые располагались нормально к воздушному потоку максимальной площадью.

В таблице 2 представлены конфигурация испытываемых элементов, направление действия воздушного потока на испытываемый элемент, величина силы давления воздушного потока, действующего на элемент, и коэффициент влияния формы элемента на величину силы давления (аэродинамический коэффициент).

Анализ результатов эксперимента позволил количественно оценить влияние конфигурации простых элементов на давление воздушного потока.

Таблица 2

Аэродинамические показатели элементов

Конфигурация элемента	Направление потока воздуха	Величина отклонения платформы	Сила давления потока, Н	Коэффициент давления
1-я группа элементов				
		2	0.039	Базовый элемент
		1	0.0098	0.25
		2.4	0.049	1.25
2-я группа элементов				
		2.5	0.05	Базовый элемент
		2.5	0.05	1
		1.5	0.0294	0.59

### Выводы

1. Обтекаемая форма элементов конструкций существенно уменьшает силу давления воздушного потока на конструкцию. В опытах наблюдалось уменьшение давления на элементы обтекаемой V-формы почти на 75 % по сравнению с плоской поверхностью, а на элементы с обратной V-образной формой поверхности наблюдалось увеличение давления почти на 25 %.

2. Решётчатые конструкции элементов несмотря на уменьшение фактической ветровой площади создают повышенную ветровую нагрузку на элементы металлоконструкции машин.

## Библиографический список

1. Анапольская Л.Е. Режимы скоростей ветра на территории СССР, Гидрометеорологическое издательство - Ленинград, 1961, 200 с.
2. Калинин Ю.И. Грузоподъемные машины: лабораторный практикум, Воронежский ГАСУ - Воронеж, 2012, 192 с.
3. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения. ГОСТ 1451-77, Изд-востандартов – Москва, 1978, 15 с.
4. Невзоров Л.А. Выбор ветровых нагрузок при проектировании башенных кранов, ВНИИстройдормаш, 1984, Вып.1 с.20-25.
5. Нормы расчета. Краны башенные строительные. ГОСТ 13994-81, Изд-во стандартов – Москва, 1981, 54 с.

## References

1. Anapolskaya L.E. Modes of wind speeds on the territory of the USSR, Hydrometeorological publishing house - Leningrad, 1961, 200 sec.
2. Kalinin Y.I. Lifting machines: laboratory workshop, Voronezh GASU - Voronezh, 2012, 192 sec.
3. Lifting cranes. Wind load. Norms and method of determination. GOST 1451-77, Standards Publishing House - Moscow, 1978, 15 sec.
4. Nevzorov L.A. The choice of wind loads in the design of tower cranes, VNIISTROYDORMASH, 1984, Vol.1 20-25 sec.
5. The rules of calculation. Construction tower cranes. GOST 13994-81, Standards Publishing House - Moscow, 1981, 54 sec.