

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Научно-технический журнал

№2 2019



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

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**

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, ВГЛУ); 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

© Воронежский
государственный
технический
университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Применение современных технологий ресурсно-календарного планирования при оценке перспективности реализации проектов в сфере транспортного строительства	6
---	---

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Алшахван А., Калгин Ю.И. Преимущества применения технологии теплых асфальтобетонных смесей по сравнению с другими технологиями асфальтобетонных смесей	19
Поляков Р.С., Строкин А.С., Чудайкин А.Д. Шлаковый асфальтобетон на модифицированном вяжущем	26

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Бортникова А.В.; Малеев З.А. Пааметрическая (алгометрическая) архитектура	32
М.Г. Самсонова, Семенова Э.Е. История и тенденции развития объемно-блочного домостроения в России и за рубежом	37

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

Белых С.В., Потапов А.А. Повышение точности расчета теплоснабжения горячей воды в автономных системах теплоснабжения	44
Китаев Д.Н., Михайлов Д.А., Чебуланкин Д.Е. Расчет пароводяного инжектора в котельной	50

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

Строкин А.С., Чудайкин А.Д., Поляков Р.С. Экологические проблемы утилизации снега в городе	56
Тургунбаев М.С. Характеристики прорези разрушения грунта, содержащего обломочно-каменное включение	61
Чудайкин А.Д., Строкин А.С., Поляков Р.С. Энергетический потенциал придорожной полосы	72

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Василенко А.В., Колтаков А.А., Зубков А.Ф., Фролов Д.С., Ширококов Е.В. Оценка тяговых качеств колесного движителя с учетом действия грунтозацепов	80
---	----

Геращенко В.Н., Поздняков Д.Ю. Исследования механизмов ходового оборудования гидравлического экскаватора 5-ой размерной группы	86
Жулай В.А., Еременко Е.Е. Расчетный метод подтверждения показателей надежности сепаратора ПБС-90/210.....	89
Жулай В.А., Куприн Н.П., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н., Хрущев С.А. Подъемники для проведения диагностирования, технического обслуживания и ремонта строительных и дорожных машин	97
Жулай В.А., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н., Щетилов К.С., Жидких Н.С. Варианты технических решений рабочего оборудования прямая лопата одноковшовых экскаваторов	107
Жулай В.А., Феденев А.А., Андрухов Д.И., Перетрухин Д.С. Определение величины смещения оси подвески балансира несимметричного привода автогрейдера.....	113
Федоров Е.В., Кретинин А.И., Ручкин Я.И. Исследование влияния количества вальцов катка на его производительность	119
Шарипов Л.Х., Удалых Н.С. Навесной рабочий орган автогрейдера	125
Щербаков Е.Д., Перетрухин Д.С., Феденев А.А. Современные тенденции развития подметально-уборочных машин.....	129

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Васильев А.В., Васильева Н.А. Корректировка армирования свободноопертой по контуру железобетонной плиты перекрытия в ПК ЛИРА-САПР	133
Назаренко Н.Г. Расчет устойчивости арки, воспринимающей распор от висячего покрытия промышленного здания.....	136

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

Попов Д.А., Волокитина О.А. Применение современных методов устройства дорожной разметки с использованием шумовых полос	141
Тарасов Е.А. Пример заключения специалиста по исследованию причин неисправности гидроблока АКПП в процессе производства автотехнической экспертизы.....	146

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

Василенко А.В., Колтаков А.А., Фролов Д.С., Широбоков Е.В. Оценка влияния особенностей конструкции шины на характер распределения контактных напряжений	157
--	-----

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 69.003, 69.05

*Саратовский государственный
технический университет
имени Гагарина Ю.А.
Аспирант кафедры
«Транспортное строительство»
А.В. Кокодеев,
Россия, г. Саратов,
тел. +7(927) 158-57-24
e-mail: artemkokodeev@gmail.com*

*Саратовский государственный
технический университет
имени Гагарина Ю.А.
Доктор техн. наук, проф. кафедры
«Транспортное строительство»
И.Г. Овчинников, Россия, г. Саратов,
тел. +7(8452) 99-89-22
e-mail: bridgesar@mail.ru*

*Yuri Gagarin
State Technical
University of Saratov
Graduate student at the Department
of Transport Construction,
A.V. Kokodeev
Russia, Saratov,
tel. +7(927) 158-57-24
e-mail: artemkokodeev@gmail.com*

*Yuri Gagarin
State Technical
University of Saratov
D.Sc. in Engineering, Prof. at the Department
of Transport Construction ,
I.G. Ovchinnikov
Russia, Saratov, tel. +7(8452) 99-89-22
e-mail: bridgesar@mail.ru*

А.В. Кокодеев, И.Г. Овчинников

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В связи с тенденцией последнего десятилетия по снижению рентабельности деятельности предприятий, реализующих проекты строительства транспортных сооружений на территории Российской Федерации, особую актуальность приобретает поиск эффективных методов расчета себестоимости и анализа перспективности строительных проектов, в частности с применением современных технологий ресурсно-календарного планирования в рамках системы проектного управления на строительном предприятии.

Ключевые слова: транспортное строительство, управление проектами, расчет себестоимости, планирование, ресурсно-календарный график, Spider Project, анализ рисков.

A.V. Kokodeev, I.G. Ovchinnikov

USAGE OF THE MODERN TECHNOLOGIES OF RESOURCE SCHEDULING AT THE PROSPECT EVALUATION OF THE PROJECTS EXECUTION IN TRANSPORT CONSTRUCTION

In connection with the trend of the last decade to reduce the profitability of companies implementing projects in transport construction in Russian Federation, the search for effective methods of cost estimate and prospect analysis of construction projects, in particular using modern technologies of resource scheduling within the project management system in construction companies, is becoming particularly relevant.

Keywords: transport construction, project management, cost estimate, planning, resource scheduling, Spider Project, risk analysis.

В последние годы вследствие влияния ряда внешних и внутренних факторов российская экономика испытывает серьезные трудности, что напрямую сказывается на развитии отрасли транспортного и инфраструктурного строительства, которая в данный момент переживает затяжной кризис [1-3]. Для строительных предприятий помимо сокращения объемов государственных и частных инвестиций, направляемых на строительство, эксплуатацию, ремонт и реконструкцию объектов транспортной инфраструктуры и, соответственно, снижения предложения на рынке, существует проблема роста себестоимости реализации строительных проектов, ввиду таких причин, как:

- рост затрат на комплектацию строительных участков основными материалами, специальными вспомогательными сооружениями и устройствами (СВСиУ), на мобилизацию техники и оборудования;
- увеличение расходов на фонд оплаты труда персонала компании, на налоги, кредиты и банковские гарантии, на финансирование долгосрочных инвестиционных контрактов;
- повышение объемов накладных расходов на администрирование строительных проектов в части работы с контролирующими органами, документооборота, предоставления всевозможной отчетности заказчику;
- недостаточный уровень авансирования строительства и задержки оплаты выполненных работ со стороны заказчика, влекущие за собой увеличение кредитной нагрузки.

Также серьезной проблемой и барьером для развития российского строительного комплекса является постоянное откладывание проведения реформы системы ценообразования в строительстве, ориентированной в нынешнем виде на минимизацию расходов заказчика (государства) и не покрывающей сметной стоимостью риски подрядчика (курсы валют, инфляция, ужесточение налоговой системы, тарифы монополий и поставщиков, административная работа), рычагов воздействия на которые строитель фактически не имеет. Этому же касаются и накладные расходы подрядчика (формирование квалифицированного персонала, обновление и расширение производственных мощностей, развитие компании в целом).

Стоимость выполнения строительно-монтажных работ (СМР) по госзаказам формируется на основании государственных элементарных сметных норм (ГЭСН), в которых для каждого вида СМР содержится объемная единица измерения, состав операций, звена рабочих, машин и механизмов, следствием из чего возникает норма времени на выполнение единицы объема. Проблема в том, что ГЭСН не претерпевали изменений с 1980-х годов, притом, что за прошедшее время технологии строительства существенно изменились; появились новые строительные материалы, обновились требования к составу и качеству работ, появилась более производительная, но и намного более дорогая техника. При этом, как ни странно, производительность труда рабочих при современной рыночной экономике и повышении требований к условиям труда (по сравнению с СССР), снизилась. Сегодняшние территориальные единичные расценки (ТЕР), федеральные единичные расценки (ФЕР) и нормативы цены конструктивных решений (НЦКР) ситуацию не поменяли, т.к. они зависят от параметров, сохраняющихся в ГЭСН. Поэтому сегодня в сметной документации трудоемкость СМР на порядок отличается от реальной ситуации на строительной площадке подрядчика [2,4,5].

В результате, единственным способом выживания для частной строительной компании становится повышение эффективности, прозрачности и оптимизация бизнес-процессов на всех этапах операционной деятельности предприятия. Следовательно, особую актуальность приобретают исследования, проводимые с целью формирования предложений по совершенствованию методики управления проектами на предприятиях в области транспортного строительства.

Строительный проект – это производственный процесс, имеющий начало и окончание, направленный на достижение запланированного результата в виде создания уникального объекта. Управление строительным проектом – это область деятельности, в ходе которой планируются и достигаются четкие цели проекта при ограниченном бюджете и балансирова-

нии между объемом работ, людскими, материальными, техническими, финансовыми, временными ресурсами и с учетом вопросов качества и рисков. Ключевым фактором успеха управления проектом является наличие четкого заранее определённого плана, минимизация рисков и отклонений от плана, эффективное использование ресурсов и управление изменениями. Как правило, процессы управления проектами классифицируются по пяти группам: инициализация, планирование, выполнение, контроль и завершение [6].

В современных условиях одним из основных условий успешной реализации строительного проекта для подрядной организации является проведение предварительной оценки проекта и определение экономической целесообразности строительства, что и является основой процесса инициализации проекта. Практической задачей данного процесса является расчет себестоимости реализации строительного проекта на этапе тендерной закупки. Проведение данного расчета следует разделить на несколько взаимосвязанных этапов (рис.1).



Рис. 1. Процедура поиска, оценки и принятия решения о реализации перспективного проекта применительно к строительному предприятию (разработка авторов)

Рассмотрим наиболее важный и трудоемкий этап инициализации проекта - разработку ресурсно-календарного графика строительства.

Ресурсно-календарное планирование проекта – это процесс, направленный на определение и согласование наилучшего способа действий для достижения поставленных целей проекта с учетом всех факторов его реализации. Успешная реализация строительного проекта возможна только, когда заблаговременно продумано, в какой последовательности будут выполняться работы, какое количество рабочих, машин и механизмов, материалов и прочих ресурсов потребуется для каждого этапа строительного процесса, и каким образом будут распределены по проекту доходы и расходы в стоимостном выражении [7]. Недостаточная внимательность к процессу ресурсно-календарного планирования влечет за собой большие запасы материалов либо несвоевременную поставку материалов, простой или дефицит техники, перерасход ФОТ по проекту и т.д. В конечном счете, это приводит к срыву утвержденных сроков завершения работ и к удорожанию строительства.

В настоящее время для того, чтобы оставаться конкурентоспособной на рынке транспортного и инфраструктурного строительства, любому предприятию необходимо стремиться к цифровизации и прозрачности своей системы управления проектами и всех принятых в

компании бизнес-процессов. Следовательно, возникает потребность в подборе профессионального программного обеспечения для управления проектами. Сейчас существует целый ряд решений для эффективного управления строительными проектами, их ресурсно-календарного планирования и контроля исполнения: Microsoft Project, Primavera P6, Spider Project, Адванта, TILOS, Powerproject, Bentley, Open Plan, Turbo Planner, и т.д. Различия в программах касаются применяемых к корпоративному управлению проектами конкретных требований: управление ресурсами (персонал, техника, оборудование, материалы, стоимости), рисками, портфелями проектов; возможность использования типовых справочников; расчет операций через длительность и производительность ресурсов; вариативность методик планирования, контроля и анализа проекта [8,9].

Исходя из вышеназванных требований, одним из наиболее перспективных решений в построении эффективной информационной системы корпоративного управления для строительной организации является система управления проектами Spider Project. Разработчик данного ПО - российская компания ООО «Спайдер Продакт», руководитель и основатель компании - В.И.Либерзон. Первая версия программы была выпущена в 1992 г. Spider Project - пакет управления проектами, разработанный с учетом потребностей, особенностей и приоритетов российского рынка, спроектирован для использования в качестве корпоративной системы для управления проектами, программами и портфелями проектов и содержит инструменты для создания и использования в проектах корпоративных стандартов и справочников. Важным дополнительным преимуществом Spider Project является соответствие международному стандарту управления проектами PMBOK Guide.

Компьютерная модель проекта в Spider Project представляет собой диаграмму Гантта - ленточную диаграмму со шкалой выполняемых задач и временной шкалой (рис.2). Основными элементами модели являются операции, их структура, взаимосвязи, объемы и сроки выполнения, а также необходимые ресурсы (персонал, машины и механизмы, материалы, финансы).

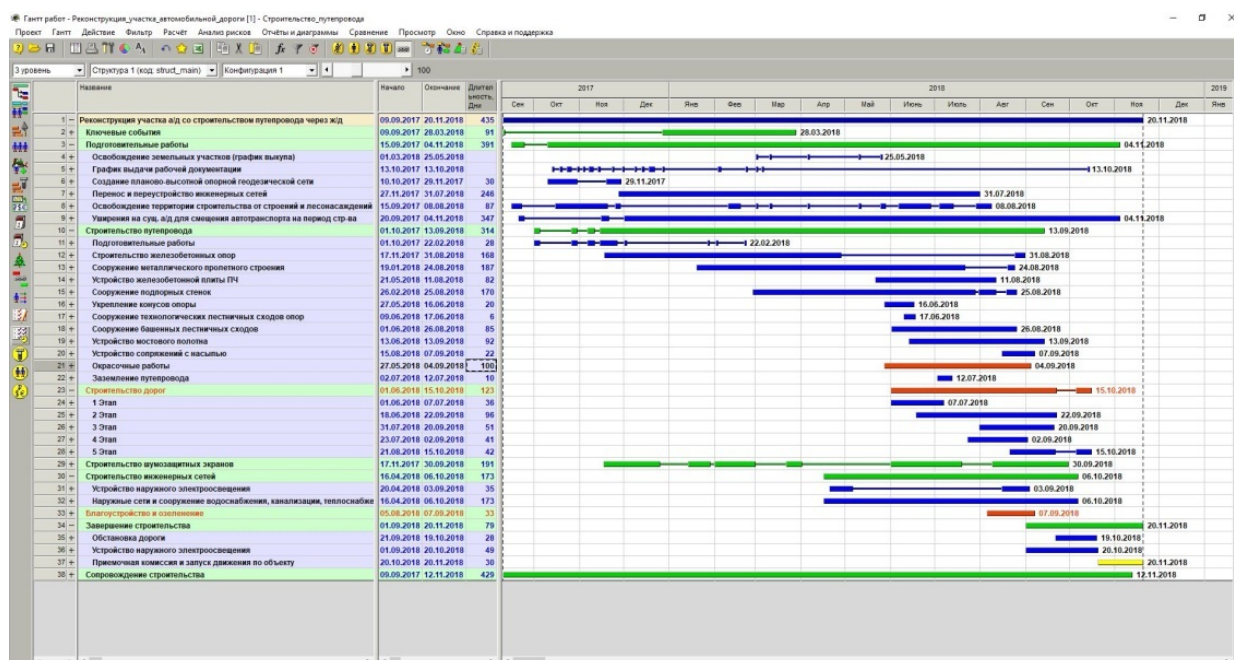


Рис. 2. Пример компьютерной модели ресурсно-календарного графика строительства в системе управления проектами Spider Project (разработка авторов)

Выделим основные характеристики и возможности разработки ресурсно-календарных графиков с помощью Spider Project [2,8,10]:

- моделирование физических объемов неограниченного количества работ и формирование ресурсно-календарного графика на основе производительности назначенных ресурсов;
- использование различных иерархических структур графика и фильтров (по объектам, по конструктивам, по видам работ, по контрагентам, и др.);
- составление и применение корпоративных справочников и кодировки трудовых ресурсов, машин и механизмов, материалов, стоимостных составляющих, календарей;
- возможность создания и использования в проектах всевозможных баз данных, в том числе нормативных расценок и расходов материалов на единицу объема, производительностей и загрузки ресурсов на типовых работах и т.д.
- составление и применение базы типовых фрагментов проектов для ускорения процесса разработки новых графиков;
- создание и работа с портфелями проектов (производственной программой предприятия) с назначением приоритетов проектов и перераспределением ресурсов;
- оперативное моделирование управленческих решений с использованием анализа «ЧТО ЕСЛИ» (при ограниченности наличия ресурсов, финансирования, и др.);
- возможность моделирования рисков (установление контрольных событий, триггеров), определения и контроля надежности достижения поставленных целей;
- ведение архивов проектов, сравнение версий проектов;
- система групповой работы с проектами с возможностью рассылки подпроектов исполнителям на объектах строительства для внесения учета выполненных работ;
- формирование табличных отчетов для план-фактного анализа (диаграммы Ганта для работ и ресурсов; графики затрат и потребности в материалах; гистограммы загрузки ресурсов; сетевые диаграммы; организационные диаграммы; поточные диаграммы).

Далее рассмотрим оптимальную методику расчета себестоимости и анализа перспективности проекта строительства транспортного сооружения на основе ресурсно-календарного графика, разработанного в программном комплексе Spider Project.

Ответственным за разработку графика по перспективному проекту на предприятии следует назначать квалифицированного инженера по планированию, находящегося в штате производственно-технического отдела либо отдела управления проектами.

Этап I. При получении задачи по разработке графика строительства транспортного сооружения и проектной документации (ПД), проводится изучение основных разделов ПД:

- Пояснительная записка (ПЗ);
- Проект полосы отвода (ППО);
- Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения (ТКР);
- Проект организации строительства (ПОС).

Этап II. Проводится исследование местоположения объекта, сбор информации о географических, климатических и логистических особенностях объекта.

Этап III. Производится оценка имеющихся у строительного предприятия производственно-технических мощностей (персонал, техника и оборудование, СВСиУ) и опыта в реализации подобных проектов.

Этап IV. Формируется иерархическая структура работ (рис.3) и производится наполнение ресурсно-календарного графика с учетом следующих требований и условий:

- Структура фаз верхнего, нижнего уровней и операций проекта разрабатывается согласно принятой технологии работ и очередности строительства, а также с учётом факторов внешней среды, оказывающих существенное влияние на срок выполнения работ по проекту.

- На стадии предварительной оценки сроков исполнения работ по проекту допускается укрупненное планирование сроков выполнения отдельных конструктивов, стоимость доходов и расходов по которым существенно не влияет на общие показатели по проекту.

- Степень детализации работ проекта должна обеспечивать возможность назначения на операцию конкретного вида и количества ресурсов (рабочие, техника и оборудование), которые будут использованы полностью от начала и до конца операции.

- Операции проекта должны быть измеряемы и иметь физический объём и единицу измерения объёма (т, м², м³, п.м., и др.). Допускается измерять операции в процентах, в случаях, когда операция не имеет назначенных ресурсов и ее выполнение невозможно оценить физическим объемом (например, динамические испытания свай, откачка воды из котлована, устройство тепляка, работа арматурного цеха, и т.д.) [11].

- Связи между операциями должны быть обусловлены только технологической последовательностью работ, а также поточным методом организации строительства. Жесткая привязка к дате начала работ - начало НРЧ («не раньше чем») – должна использоваться только однажды при создании операции «Начало работ».

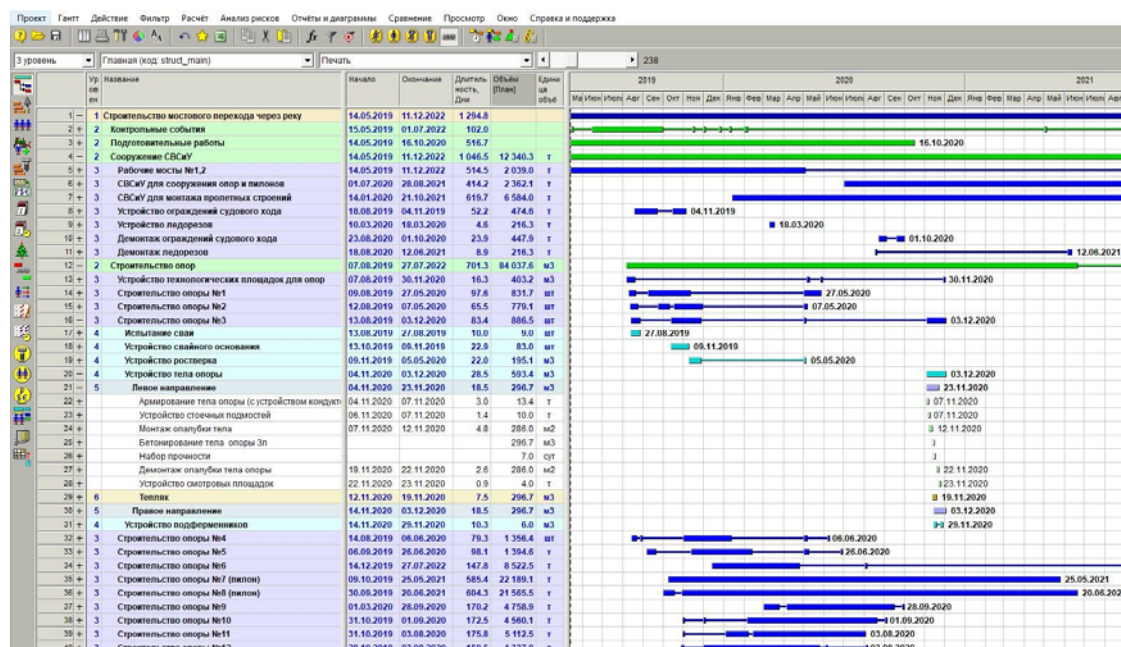


Рис. 3. Иерархическая структура работ ресурсно-календарного графика Spider Project от верхнего уровня до операций (разработка авторов)

Этап V. Производится назначение трудовых ресурсов, машин и механизмов на операции графика (рис.4):

- Операции проекта, длительность которых зависит от производительности назначенных ключевых ресурсов (рабочие, техника и оборудование), должны иметь тип ДПГ – Производительность. В случаях, когда затруднительно определить ведущий ресурс операции и оценить его производительность, необходимо выбирать тип ДПГ – Длительность (или Гамак, если длительность операции зависит от начала и окончания каких-либо двух событий, например, сопровождение строительства с привязкой к началу и окончанию работ).

- Для планирования работы собственных ресурсов на операции проекта необходимо назначить трудовые ресурсы и технику, которые будут ее выполнять, а также указать загрузку ресурсов на операции (отношение количества рабочего времени ресурса на операции к общему времени операции).

- Необходимо учитывать сменный режим работы ресурсов (к примеру, в условиях плотной жилой застройки запрещается выполнение шумных работ в ночное время) и корректно назначать их календари.
- Если тип операции, на которую назначаются ресурсы - производительность, то необходимо определить ведущий ресурс и задать его производительность работы в час.
- Ресурсы проекта должны быть закодированы в соответствии с корпоративными справочниками для возможности сбора портфеля проектов (производственной программы предприятия), формирования план-фактных отчетов по потребности в ресурсах и дальнейшего принятия организационно-управленческих решений.
- Для упрощения оценки трудоемкости операций в Spider Project возможно создавать пользовательские поля с заданной формулой, к примеру, «Темп в смену», «Темп в час» и др.

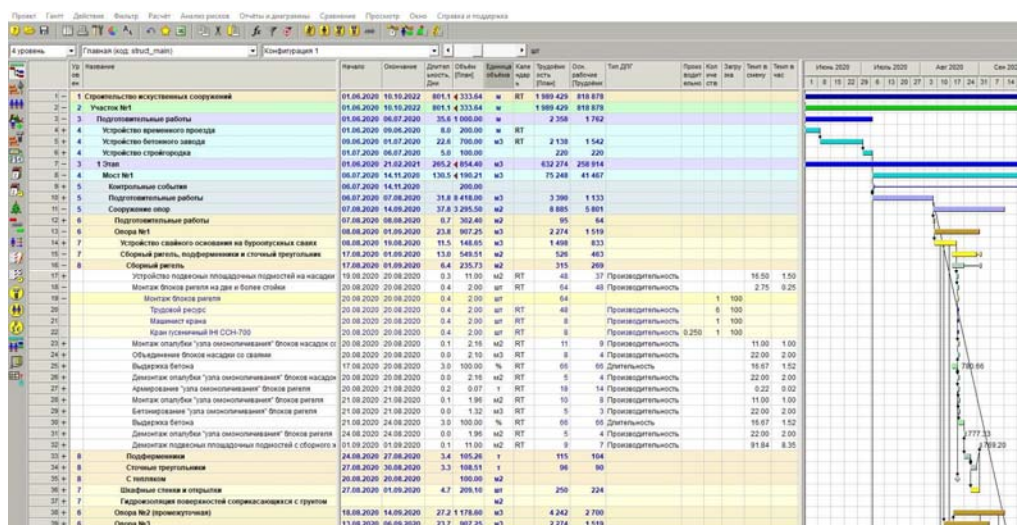


Рис. 4. Назначение трудовых ресурсов, машин и механизмов на операции графика в Spider Project (разработка авторов)

- Для оценки потребности в ресурсах по проекту необходимо создать центры ресурсов (по категориям) и пользовательскую диаграмму. К примеру, формирование графика движения трудовых ресурсов (рис.5) позволяет определить необходимость или ее отсутствие в выравнивании ресурсов во времени для исключения «просадок», или наоборот перегрузок ресурсов. В Spider Project возможно проводить расчет без ограничения на ресурсы либо с ограничением в зависимости от потребности.

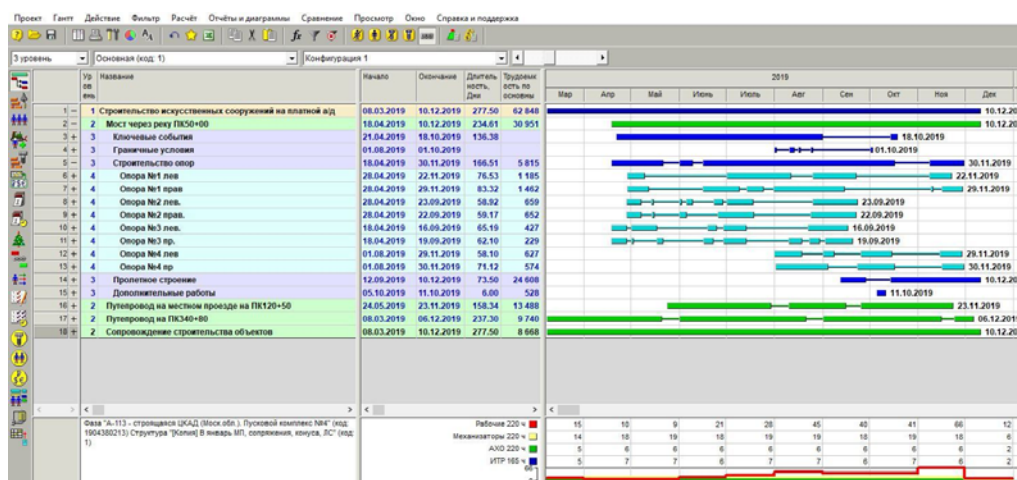


Рис. 5. Диаграмма потребности трудовых ресурсов по категориям в графике Spider Project (разработка авторов)

Этап VI. Осуществляется анализ рисков неисполнения ресурсно-календарного графика с их внесением в модель проекта Spider Project посредством создания операций с типом ДПП «Контрольное событие» или «Триггер», и назначения соответствующих связей между предшествующими и последующими работами (рис.6).

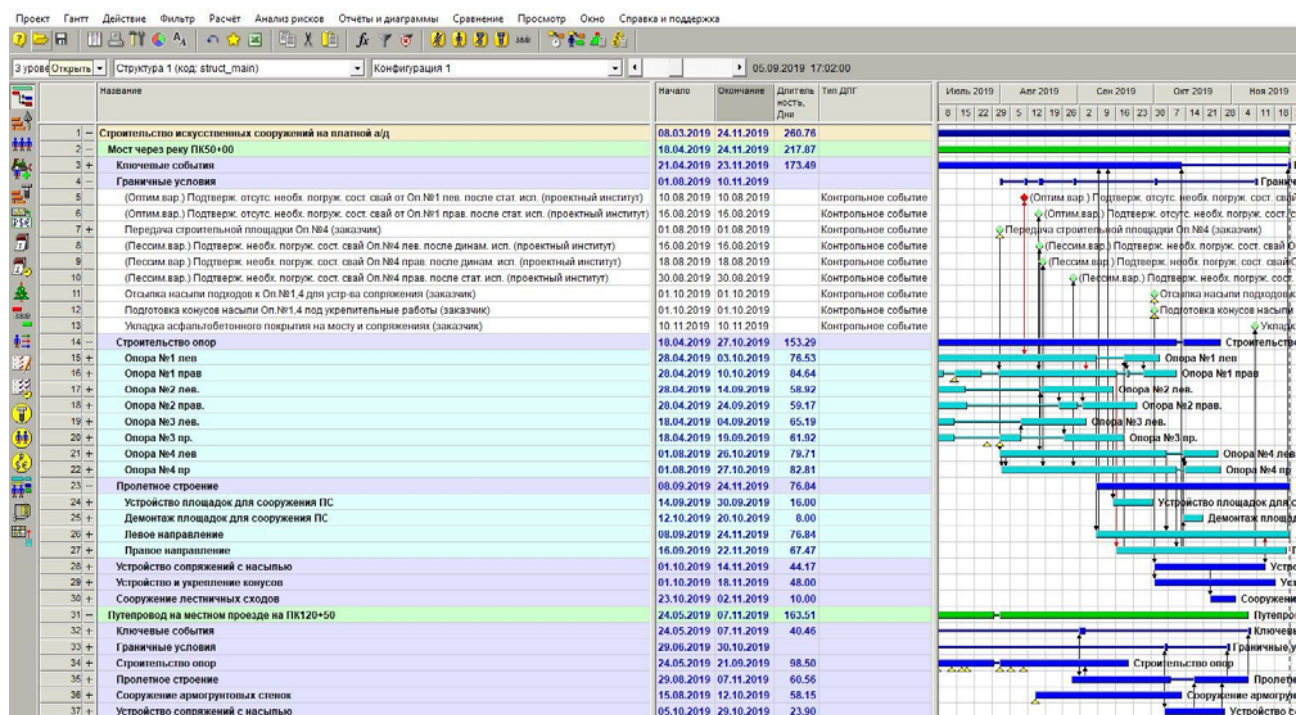


Рис. 6. Пример внесения в график в Spider Project контрольных событий, отображающих риск при планировании сроков передачи фронта работ от генпорядной организации/заказчика, и увязка данных событий с последующими работами подрядной организации (разработка авторов)

К рискам неисполнения ресурсно-календарного графика можно отнести:

- 1) предоставление фронта работ (вероятность несвоевременного отвода земельного участка, отсутствия возможности выполнения работ на отдельном конструктиве или на объекте в целом, сложности подъездных путей к объекту, стесненность условий строительства, сложности с организацией дорожного движения на период строительства);
- 2) инженерные сети и коммуникации (возможность обнаружения неучтенных в ПД инженерных сетей и коммуникаций);
- 3) несоответствие геологических условий при сооружении свайного основания (например, вероятность ошибки проектирования с необходимостью проведения дополнительных динамических и статических испытаний железобетонных свай, дальнейшим ожиданием подтверждения результатов и поставки на объект свай большей длины);
- 4) климатические и гидрологические особенности местности (активированные дни, паводок, подъездные пути по зимнику, сроки навигационного периода, нерест рыб);
- 5) рабочая документация (привязка к графику выдачи томов рабочей документации (РД), вероятность срыва данного графика или обнаружения ошибок и несоответствий в чертежах);
- 6) неучтенные работы (возникновение в процессе сопоставления ПД и РД работ, неучтенных в стоимости договора на строительство);
- 7) работа машин и механизмов (риск выхода из строя, задержка поставки техники в аренду контрагентом);
- 8) комплектация основными материалами и СВСиУ (возможность несвоевременной поставки либо обнаружения брака);

9) перебои в финансировании проекта (вероятность задержки выдачи аванса и оплаты фактически выполненных и подписанных работ по форме КС-3);

10) недобросовестность субподрядчика (риск отставания от утвержденного графика выполнения работ по тем или иным причинам);

11) некачественное выполнение работ (вероятность брака в процессе строительства, требующего дополнительного времени на исправление);

12) конфликт с местным населением (невозможность выполнения работ в связи с претензиями граждан к проекту и проведением митингов, к примеру, при необходимости согласно проекту вырубке деревьев, леса, реконструкции мостовых сооружений или лестничных сходов при отсутствии временной альтернативы для населения).

Этап VII. Для эффективного анализа и поиска оптимальных решений рационально создание сценариев реализации строительного проекта в виде нескольких версий ресурсно-календарного графика с различиями по определенным параметрам (разная производительность ресурсов, «включение» тех или иных рисков, ограниченность/неограниченность машин и механизмов, и т.д.). Таким образом, возможно сравнение версий графика и определение оптимального варианта (рис.7).

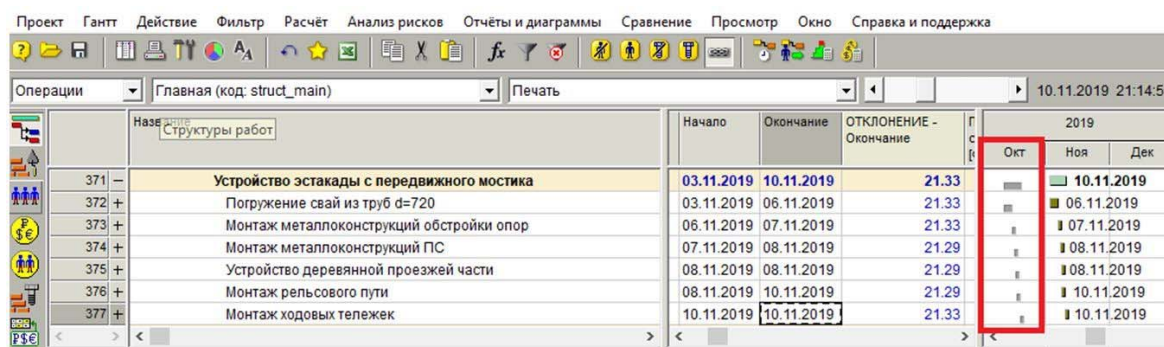


Рис. 7. Пример сравнения нескольких версий графика в Spider Project (разработка авторов)

Этап VIII. Сформированная рабочая группа из числа сотрудников предприятия (инженер по планированию, начальник ПТО, главный инженер, начальник участка, или иные лица) осуществляет анализ строительного проекта и ресурсно-календарного графика на предмет поиска возможностей оптимизации технических и организационных решений при строительстве объекта. К примеру, важно оценить наличие СВСиУ на балансе у предприятия для возможности применения на перспективном проекте, что позволит исключить необходимость **закупки** новых элементов СВСиУ, а также увеличить количество одновременно выполняемых конструктивов в связи с уменьшением периодов оборачиваемости СВСиУ.

Также возможен вариант, что в ПОС по проекту строительства путепровода с металлическим пролетным строением учтено некое количество временных опор и укрупнительная сборка на стендах двух блоков главных балок с дальнейшим монтажом автомобильным краном определенной грузоподъемностью. Т.к. сборка и монтаж металлоконструкций пролетного строения (МК ПС), очевидно, находятся на критическом пути проекта, рационально назначение на операции по монтажу МК ПС крана большей грузоподъемности (либо из собственного парка техники предприятия, либо взятого в аренду), что далее позволит увеличить количество укрупняемых блоков главных балок до трех, и тем самым сократить график строительства.

Этап IX. На этапе расчета себестоимости и анализа перспективности строительного проекта не обязательно вносить основные материалы и СВСиУ в модель графика в Spider Project. Т.к. данный процесс достаточно трудоемок, для ускорения процесса рациональным решением на этом этапе проекта является формирование ведомости потребности основных материалов и конструкций в формате Microsoft Excel (рис.8). В ведомости включены все ос-

новые материалы по проекту с указанием объемов и единиц измерения, в структуре с разбивкой по конструктивам и по видам материалов. Для унификации и синхронизации различных программных комплексов, внедренных на предприятии, для каждого материала применяется соответствующий код согласно утвержденному корпоративному справочнику. На основании данных в ведомости ответственное лицо из числа коммерческих служб компании назначает актуальные цены на материалы.

СОГЛАСОВАНО

Главный инженер

_____ 2019 г.
(дата подписания)

Объектная ведомость потребности строительных материалов и конструкций на объект:
"Путепровод через железную и автомобильную дороги на км 124+659"

ПО ТФ												
Наименование конструктива (элемента)	Наименование группы материалов	Наименование и характеристика материалов	Единица объема	Оп. № ОК-1, ОК-5	Оп. № ОП-2, ОП-3, ОП-4	ПС и МП	Сопряжение с насыпью	Регуля-ые со-я	СВСиУ	Всего	Кoeffици-ент	Итого
СВСиУ												
Опоры												
ПС												
Мостовое полотно												
Сопряжение моста с насыпью (на 2 сопряжения)												
Регуляционные сооружения												
Лестничные сходы (2 шт)												
ИТОГО												
P.1.1.08 Бетон, бетонные смеси, добавки для бетона	MasterEmacoS5400		м3	2,22	7,68					9,90	1,10	10,890
P.1.1.08 Бетон, бетонные смеси, добавки для бетона	Бетон B25 F200 W4 (БНС)		м3	189,20	268,70					457,90	1,20	549,480
P.1.1.01 Металлопрокат и металлоконструкции	Арматура (БНС)		т	31,60	28,20					59,80	1,05	62,790
P.1.1.01 Металлопрокат и металлоконструкции	Арматура A-III d=25		т	4,82	16,00		10,60			31,42	1,05	32,989
P.1.1.01 Металлопрокат и металлоконструкции	Арматура A-I d=10		т	1,76	2,30					4,06	1,05	4,259
P.1.1.08 Бетон, бетонные смеси, добавки для бетона	Цементный раствор B15		м3	6,40	6,00		36,60			49,00	1,03	50,470
P.1.1.08 Бетон, бетонные смеси, добавки для бетона	Бетон B25 F300 W8		м3		65,70	2,70		19,20		87,60	1,03	90,228
P.1.1.01 Металлопрокат и металлоконструкции	Арматура A-III d=20		т	1,31	3,30	3,80				8,41	1,05	8,835
P.1.1.01 Металлопрокат и металлоконструкции	Арматура A-III d=10		т		1,00					1,00	1,05	1,050
P.1.1.08 Бетон, бетонные смеси, добавки для бетона	Бетон B35 F300 W8		м3	54,20	153,70					207,90	1,03	214,137
P.1.1.01 Металлопрокат и металлоконструкции	Арматура A-III d=12		т		3,90	13,71	0,70	0,40		18,71	1,05	19,646

Рис. 8. Фрагмент ведомости потребности основных материалов и конструкций при оценке себестоимости строительства путепровода

Этап X. После утверждения ответственными лицами ресурсно-календарного графика перспективного строительного проекта, специалист планово-экономической службы предприятия выгружает исходные данные из графика в Spider Project отчеты по требуемой среднесписочной численности персонала, количеству и типу машин и механизмов, использует данные по объемам и ценам основных материалов и СВСиУ из ведомости в Microsoft Excel, и далее формирует предварительный бюджет доходов и расходов (БДР) проекта.

№ п/п	Показатель	тыс.руб. без НДС	
		Всего по проекту	
		план	
	Срок реализации проекта (месяцев)	16,37	
1.	Доходы всего, тыс. руб.:	870 000	
	в т.ч. СМР собственные силы, тыс. руб.:	582 263	
	в т.ч. СМР субподряд, тыс. руб.:	287 737	
	в т.ч. Разница индекса по субподрядным работам, тыс. руб.:	0	
2.	Среднесписочная численность (с договорниками) за период, чел.:	101	
	в том числе на услугах строительного характера	49	
2.1	в т.ч. ИТР	4	
2.2	в т.ч. рабочие	97	
3.	ФОТ (с совыплатами), тыс.руб.:	86 841	
4.	План доля ФОТ, % (с учетом услуг строительного характера)	14,9%	
5.	Среднемес. выработка на 1-го работника (без учета буровых АУП), тыс.руб., (с учетом услуг строительного характера и аренды раб.силы)	353	
7.	Доля материалов в СМР (с доставкой), %	42,1%	
11.	Маржинальная прибыль по проекту, тыс.руб.	193 066	
12.	Маржинальная прибыль по проекту, %	22,2%	
13.	Косвенные расходы, тыс.руб.	93 960	
14.	Прибыль до налогообложения, тыс.руб.	99 106	
15.	Прибыль до налогообложения, %	11%	
16.	Чистая прибыль, тыс.руб.	79 285	
17.	Чистая прибыль, %	9,1%	

Рис. 9. Пример предварительного бюджета доходов и расходов строительного проекта, сформированного на основе исходных данных из ресурсно-календарного графика в Spider Project (разработка авторов)

При положительном решении заказчика проекта по коммерческому предложению строительного предприятия касательно стоимости и сроков выполнения работ, происходит заключения государственного контракта или договора субподряда, что является завершающей фазой процесса инициализации проекта.

Выводы

1. Для частного предприятия, реализующего свою деятельность в сфере транспортного строительства в Российской Федерации, существует острая необходимость в проведении процедуры предварительной оценки и анализа перспективности проектов строительства транспортных сооружений на этапе до торгов. Рассмотренные в данной статье вероятные риски для предприятия при реализации строительного проекта подтверждают гипотезу о важности управления рисками и их учета в рамках предварительной оценки проекта. Представляет интерес для дальнейших исследований задача разработки модели ранжирования рисков по степени вероятности их возникновения и влияния на проекты строительства транспортных сооружений в части стоимости, сроков и качества.

Важно отметить, что вероятность реализации рисков достаточно высока, и соответственно невозможно выполнить все этапы строительства сложного линейного инженерного сооружения без хотя бы минимальных отставаний от утвержденного графика. Поэтому крайне важно контролировать ход производства работ в течение всего периода строительства для своевременного принятия управленческих решений. График производства работ должен быть «живым», необходимо максимально часто вносить учетную фактическую информацию в график, пересчитывать график, анализировать, как изменились сроки завершения отдельных этапов и проекта в целом, оперативно принимать управленческие решения для ликвидации возможных отставаний от утвержденного графика.

2. Отмечаются положительные результаты и эффективность применения методики расчета себестоимости и анализа перспективности проекта строительства транспортного сооружения на основе ресурсно-календарного графика, разработанного в программном комплексе Spider Project. Рассмотренные в статье основные функциональные возможности программы иллюстрируют способность решать различной степени сложности теоретические и практические задачи при управлении строительными проектами. Представляет интерес для дальнейших исследований задача создания в структуре строительных предприятий офиса управления проектами на базе Spider Project с формированием корпоративного регламента, включающего разработку:

- единого электронного хранилища данных;
- корпоративных справочников ресурсно-календарного планирования (библиотек трудовых ресурсов, машин и механизмов, материалов, стоимостных составляющих);
- единичных норм ресурсного планирования на основе расчетной производительности и выработки ресурсов по видам работ;
- шаблонов проектов на основе опыта работы предприятия для стандартизации и ускорения процесса создания ресурсно-календарных графиков.

3. Приведенные в данной статье решения резонно использовать при разработке организационно-технологической модели управления проектами в транспортном строительстве, включающей в себя: алгоритмы ресурсно-календарного планирования, формирования бюджета и портфеля проектов; вопросы комплектации основными материалами и СВСиУ; применение принципов бережливого производства; способы контроля хода строительства и формирования производственной отчетности; вопросы применения BIM-технологий; методы управления персоналом. Данные изыскания будут продолжены авторами в дальнейших трудах и в рамках диссертационного исследования

Библиографический список

1. Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Об управлении качеством в организациях сферы транспортного строительства как меры снижения аварийности транспортных сооружений // Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона», СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, 2017 г. – С.355-359.
2. Кокодеев А.В. О необходимости внедрения системы управления проектами в подрядных организациях в области транспортного строительства // Материалы XIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России», ВолгГТУ, г. Волгоград, 21-24 мая, 2019 г. – С.121-126.
3. Строительная отрасль – 2017: взлеты и падения по данным РАСК // Электронный журнал «Геоинфо» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.geoinfo.ru/> (Дата обращения 12.11.2019)
4. Сухачев К.А. Пути качественного улучшения деятельности строительной отрасли России // Экономика России. Взгляд в будущее. М.: Асмо-пресс, 2013. Спецвыпуск. С.116-125.
5. Малахов В.И. Ресурсный метод – последняя надежда спасти российский инжиниринг // Информационно-аналитический журнал «Управление проектами» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.pmmagazine.ru/> (Дата обращения 10.11.2019)
6. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®) Шестое издание, 2017 г. // Project Management Institute, 14 Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA / США. – 762 с.
7. Kam Shadan, P.E. Construction Project Management Handbook // FTA Report No.0015. Federal Transit Administration. Gannett Fleming, Inc., 591 Redwood Highway, Mill Valley, CA 94941-3064. – March, 2012. – 155 p.
8. Арчибальд Р.Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами // Пер. с англ. Мамонтова Е. В. ; Под ред. Баженова А. Д., Арефьева А. О. - 3-е изд. - М. : Компания АйТи ; ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
9. I-Chen Wu, Andre Bormann. Bridge construction schedule generation with pattern-based construction methods and constraint-based simulation // Advanced Engineering Informatics. - 2010. - 10 p.
10. Сайт компании ООО «Спайдер Проджект» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.spiderproject.com/ru/> (Дата обращения 18.11.2019)
11. Kim H., Anderson K., Lee S., Hildreth J. Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology // J. Automation in Construction. - 2013. - Vol. 35. - P. 285-295.

References

1. Kokodeev A.V., Ovchinnikov I.G. About a quality management of organizations in the transport construction field as an action for reduction of transport constructions accident rate number // Compilation of scientific works on the materials of the V International scientific and practical conference «Resource and energy efficient technologies in the construction complex of the region», Yuri Gagarin SSTU, Saratov, 2017 – P.355-359.
2. Kokodeev A.V. The necessity of project management system implementation in contractor companies in transport construction // Materials of the XIII International scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Youth and scientific-technical progress in the road industry of the South of Russia», VSTU, Volgograd, May 21-24, 2019 г. – P.121-126.
3. Construction industry-2017: Ups and downs according to RABS // Electronic journal «Geoinfo» [Electronic resource] / Web-site: <https://www.geoinfo.ru/> (Reference date 12.11.2019).

4. Sukachev K.A. Ways to improve the quality of the construction industry in Russia // Russian Economics. Prospection. M.: Asmo-press, 2013. Special issue. P.116-125.
5. Malahov V.I. Resource method – the last hope to save Russian engineering // Information and analytical journal «Project Management» [Electronic resource] / Web-site: <https://www.pmmagazine.ru/> (Reference date 10.11.2019)
6. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide®) 6th Edition, 2017 // Project Management Institute, 14 Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA. – 762 p.
7. Kam Shadan, P.E. Construction Project Management Handbook // FTA Report No.0015. Federal Transit Administration. Gannett Fleming, Inc., 591 Redwood Highway, Mill Valley, CA 94941-3064. – March, 2012. – 155 p.
8. Russell D. Archibald. Managing High-Technology Programs and Projects // Trans. from English Mamontova E.V.; Editors Bazhenov A.D., Arefiev A.O. – 3th Edition. - M.: IT Company ; DMK Press, 2010. – 464 p.
9. I-Chen Wu, Andre Borrmann. Bridge construction schedule generation with pattern-based construction methods and constraint-based simulation // Advanced Engineering Informatics. - 2010. - 10 p.
10. Web-site of the LLC «Spider Project» [Electronic resource] // Web-site: <http://www.spiderproject.com/ru/> (Reference date 18.11.2019)
11. Kim H., Anderson K., Lee S., Hildreth J. Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology // J. Automation in Construction. - 2013. - Vol. 35. - P. 285-295.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 625.8

*Воронежский государственный
технический университет
Доктор технических наук, профессор
кафедры строительства и эксплуатации
автомобильных дорог
Ю.И. Калгин
Аспирант кафедры строительства и
эксплуатация автомобильных дорог
А. Алшахван
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (900) 957-21-96
электронная почта: alaaalaash@yahoo.com*

*Voronezh State
Technical University
Doctor of technical sciences, professor of the
department of road construction
and operation
Yu.I. Kalgin
PhD student of the department of road
construction and operation
A. Alshahwan
Russia, Voronezh, tel. +7 (900) 957-21-96
e-mail: : alaaalaash@yahoo.com*

А. Алшахван, Ю.И. Калгин

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ДРУГИМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Применение технологии теплой асфальтобетонной смеси (ТАС) – это возможность асфальтовой промышленности улучшения качества своей продукции и производительности труда, эффективности строительства и защиты окружающей среды. Это возможно воплотить благодаря лучшей работоспособности смеси и, следовательно, лучшему ее уплотнению, которое может быть достигнуто в результате применения технологии ТАС. Данная технология способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду, сохранению и улучшению здоровья и безопасности работников асфальтовой промышленности, повышению ее экономической эффективности.

Ключевые слова: битум, теплая асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, технология теплой асфальтобетонной смеси, парниковый газ.

A. Alshahwan, Yu.I. Kalgin

ADVANTAGES OF APPLICATION OF WARM MIX ASPHALT TECHNOLOGY COMPARED TO OTHER ASPHALT MIXES TECHNOLOGIES

The use of technology of warm mix asphalt (WMA) is an opportunity for the asphalt industry to improve the quality of its products and labor productivity, construction efficiency and environmental protection. This can be realized due to the better performance of the mixture and, consequently, its better compaction, which can be achieved as a result of the application of WMA technology. This technology helps to reduce the negative impact on the environment, preserve and improve the health and safety of workers in the asphalt industry, and increase its economic efficiency.

Keywords: bitumen, warm mix asphalt, asphalt concrete, technology of warm mix asphalt, greenhouse gas.

Введение

Понимание вредных и опасных последствий изменения климата и окружающей среды заставило все отрасли промышленности пересмотреть свои методы производства, чтобы минимизировать выбросы парниковых газов (ПГ). Асфальтовая промышленность способствует увеличению выбросов CO₂ в связи с потребностью в энергии на этапе производства.

ТАС – это технический термин, используемый для описания асфальтобетонных смесей, производимых при температурах ниже традиционных ГАС обычно на 10 – 40°C [1, 2].

Преимущества технологий ТАС заключаются в их экономичности и экологичности. Снижение температуры производства асфальта гарантирует экономические и экологические выгоды. Чем ниже температура смешивания, тем ниже выбросы парниковых газов и расход топлива.

До последнего времени для приготовления теплого асфальтобетона наиболее широкое применение находят компаундированные битумы, приготавливаемые непосредственно на асфальтобетонном заводе путем введения в БНД 40/60 или БНД 60/90 пластификаторов или разжижителей. В качестве пластификаторов чаще всего применяют мазут, дизельное топливо, отработавшие масла, а в качестве разжижителей – керосин и лигроин. Действие мазута на битум в значительной степени отличается от действия керосина. Мазут и другие вещества этого класса оказывают влияние как на внутримолекулярную, так и на межмолекулярную пластификацию, в то время как керосин лишь разжижает масла [3].

Теплая асфальтобетонная смесь (ТАС) является лучшим альтернативным вариантом по сравнению с другими типами битумоминеральных смесей: она снижает потребление энергии, сохраняет окружающую среду, помогает продлить строительный сезон, расширить производственные мощности и др.

Технология производства ТАС.

В настоящее время существует три ведущих технологии, которые могут быть реализованы для производства ТАС: использование химических добавок, органических добавок и методов вспенивания [3,4]. Химические добавки улучшают обрабатываемость и компактность за счет уменьшения трения между вяжущим веществом и заполнителем, тогда как органические добавки работают за счет снижения вязкости вяжущего при температуре, превышающей температуру плавления добавки, что позволяет проводить смешивание при более низких температурах. Методы вспенивания работают путем временного изменения состояния вяжущего вещества из жидкости в пену. Это приводит к снижению его эффективной вязкости при перемешивании, что улучшает процесс перемешивания при более низких температурах [5].

Каждая из названных технологий, несмотря на ряд недостатков, имеет много преимуществ как с точки зрения технологии производства, так и с точки зрения технологических и эксплуатационных характеристик. Выбор подходящей технологии связан с экономическим аспектом и рядом факторов (в том числе с классификацией дорог, климатических зон, экологическими и транспортными факторами), которые влияют на качество дорожного покрытия в течение эксплуатационного периода.

Химические добавки – это продукты, которые не зависят от пенообразования или уменьшения вязкости для снижения температуры смешивания и уплотнения. Вместо этого они обычно включают комбинацию эмульгирующих агентов, поверхностно-активных веществ, полимеров и добавок для улучшения покрытия, обрабатываемости смеси и уплотнения, а также стимуляторы адгезии (антискользящие агенты). Количество необходимых добавок и снижение температуры, достигаемое этой технологией, зависят от используемого продукта. Добавки смешивают с битумом перед его загрузкой в асфальтосмеситель. Химические добавки часто используются в США, Франции и Норвегии. Снижение температуры смешивания колеблется в зависимости от типа добавки: например, от 15 до 30°C при применении REVIX и от 50 до 75 °C – при Evotherm ET [5].

Согласно научному докладу, опубликованному Национальным центром исследований асфальта США (NCAT Report 06-02) в 2006 году [6], добавление Evotherm® значительно уменьшило способность асфальтобетонных смесей к колееобразованию по сравнению с контрольными смесями без добавки, полученными при той же температуре, как показано на рисунке 1 [6].

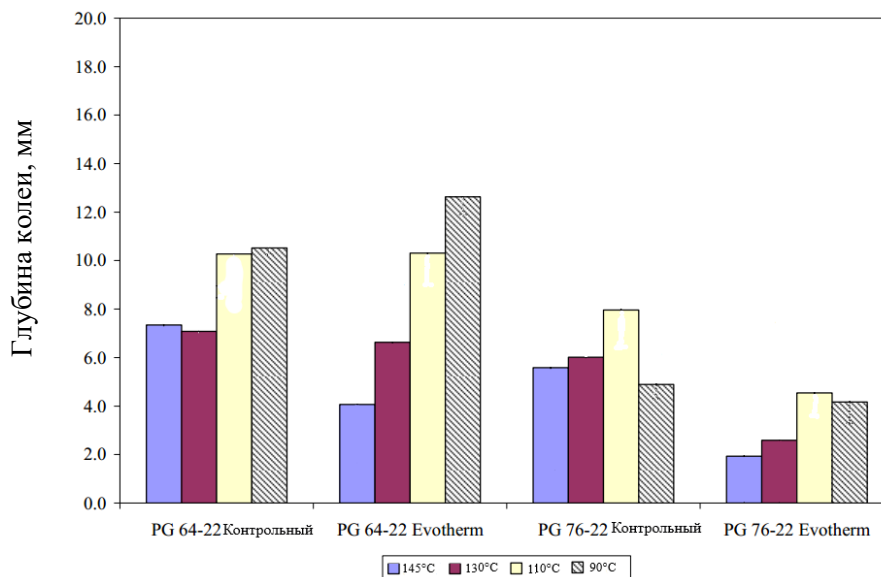


Рис. 1. Глубины колеи для агрегата известняка [6]

Колеи увеличивались с уменьшением температуры смешивания и уплотнения, и это, как полагают, связано с уменьшением старения вяжущего. Однако смеси, содержащие Evotherm®, были менее чувствительны (с точки зрения колееобразования) к пониженным температурам производства, чем контрольные смеси. Улучшенная производительность Evotherm® в некоторых случаях значительно коррелировала с улучшенным уплотнением.

Органические добавки предусматривает применение в смеси воска. По этой технологии выбираются воски, которые представляют собой высокомолекулярные углеводородные цепи с температурой плавления 80 -120°C и способны изменять свойства исходного вяжущего. Температура, при которой воск плавится, находится в прямой зависимости от длины углеводородной цепи (C45 или более) [1]. Количество добавляемого воска обычно составляет 2 – 4% от общей массы. Снижение температуры, обычно достигаемое добавлением этих восков, составляет 20 – 30°C. Кроме того, воски также улучшают деформационную стойкость асфальтобетона [1]. В настоящее время существуют три основные технологии, которые различаются по типу воска, используемого для уменьшения вязкости: воск Фишера-Тропша, амид жирной кислоты и воск Монтана.

Другой технологический процесс с брендовой добавкой Sasobit® был предложен компанией Sasol Wax (бывшая компания Schumann Sasol из Южной Африки). Sasobit называют средством для увеличения текучести битума. Он представляет собой синтетический парафиновый воск, мелкокристаллический алифатический углеводород, получаемый путем газификации угля или природного газа (метана) с использованием технологии синтеза Фишера-Тропша [1, 4].

G. Zhao в 2012 году [7] исследовал образцы горячего и теплого асфальтобетона при температуре смешения соответственно 175°C и 145°C. Исследователь обнаружил, что разница в процентном содержании пустот в горячей и теплой смесях невелика, а добавка Sasobit может снизить температуру уплотнения смеси примерно на 30°C, о чем свидетельствуют данные таблицы [7].

Характеристики образцов

Тип смеси	Температура уплотнения (°C)	Теоретическая максимальная плотность (g/cm ³)	Объемная плотность (g/cm ³)	Процент пустоты (%)
Горячая смесь	165	2,500	2,399	4,04
Sasobit - теплая смесь	135	2,500	2,398	4,08

Технология производства ТАС с использованием методов вспенивания - Эта технология в основном предусматривает добавление небольших количеств воды, либо впрыскиваемой в горячее вяжущего, либо непосредственно в смесительную камеру [1]. Когда вода смешивается с горячим битумом, высокие температуры вызывают ее испарение и захват пара. В результате образуется большой объем пены, который временно увеличивает объем вяжущего и снижает его вязкость. Этот эффект значительно улучшает покрытие и обрабатываемость смеси, но его продолжительность ограничена. Это означает, что смесь должна быть уложена и уплотнена вскоре после производства. Эти методы были испытаны на сортах битума с низкой и средней вязкостью [5, 8].

Водосодержащие технологии для обеспечения процесса вспенивания используют цеолит Aspha-min®. Продукт состоит из алюмосиликатов щелочных металлов (кальция, натрия, калия) и подвергся гидротермической кристаллизации. Кристаллизация – это примерно 20% воды, которая для получения процесса вспенивания высвобождается из цеолитной структуры при повышении температуры, что вызывает эффект микропенообразования в асфальтобетонной смеси, который длится около 6 – 7 часов [5]. Структура цеолитов имеет большие воздушные пустоты, в которых могут быть размещены катионы и даже молекулы или катионные группы (такие как вода). Их способность терять и поглощать воду, не повреждая кристаллическую структуру, является основной характеристикой этого силикатного каркаса [5].

Применяемый для приготовления теплой асфальтобетонной смеси Aspha-min – это цеолит производства Eurova Services GmbH (Германия): синтетический алюмосиликат натрия. Он поставляется в виде шарообразных белых гранул диаметром примерно 0,3 мм [5, 9] в мешках по 25 или 30 кг. При невысокой температуре Aspha-min может содержать до 20 % воды по массе. Если его нагреть до температуры выше 85°C, то поглощенная вода высвобождается.

Согласно научному докладу, опубликованному Национальным центром исследований асфальта (NCAT Report 05-04) в 2005 году [9], хотя прочность и варьировалась в зависимости от времени старения, в контрольной смеси или в теплой смеси не было никаких изменений в конкретном возрасте. Это означает, что нет никаких доказательств, подтверждающих необходимость определенного времени отверждения до разрешения движения по асфальтобетону, содержащему Aspha-min® (результаты показаны на рис. 2 [9]).

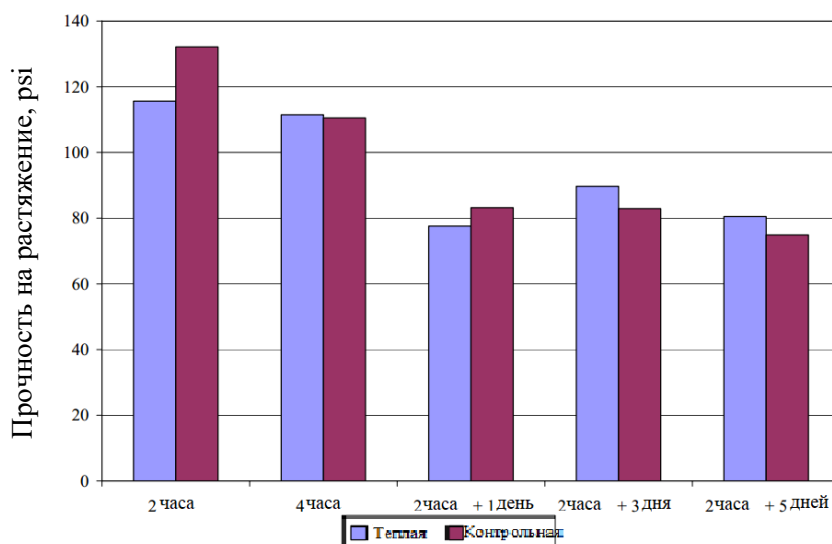


Рис. 2. Результаты увеличения прочности на растяжение

Горячие асфальтобетонные смеси.

Понимание вредных и опасных последствий изменения климата и окружающей среды заставило все отрасли индустрии пересмотреть свои методы производства, чтобы минимизировать выбросы парниковых газов (ПГ). Асфальтовая промышленность способствует увеличению выбросов CO₂ в связи с потребностью в энергии на этапе производства. В настоящее время горячая асфальтобетонная смесь (ГАС) является доминирующим типом среди производимых асфальтобетонных смесей. Производство ГАС проходит в несколько этапов, включая сушку и нагрев агрегата, нагрев вяжущего и смешивание всех компонентов. Конечная температура перемешивания асфальтобетонной смеси обычно составляет около 165°C [10]. При таких повышенных температурах потребляется значительное количество энергии, а в атмосферу выбрасывается большое количество парниковых газов и загрязняющих веществ [11]. Эти недостатки, связанные с ГАС, привели к развитию технологий производства теплой асфальтобетонной смеси (ТАС), поскольку асфальтовая промышленность перестраивается с точки зрения производственных температур.

Горячие асфальтобетонные смеси – это смеси с температурой смешивания в интервале 145 – 160°C, а также температурой их укладки и уплотнения не менее 120 – 130 °C [10, 11]. Интервал времени между выпуском смеси из смесителя и её уплотнением должен быть весьма коротким, что диктует необходимость расположения производственных центров на участках выполнения работ или в непосредственной близости от них с целью сокращения расстояния транспортировки смеси и недопущения её повторного нагрева для достижения необходимой температуры уплотнения. Большая часть существующих ныне дорог создана с использованием энергозатратной технологии производства ГАС. В связи с существующей тенденцией к сокращению потребления топлива и энергии и, следовательно, к снижению экономических затрат, а также в связи с соблюдением экологических норм и необходимостью продления расстояния транспортировки и строительного сезона, указанный вид асфальтобетонных смесей не представляется наиболее перспективным для использования в современных условиях дорог [8].

Холодные асфальтобетонные смеси.

Укладываемые в холодном состоянии благодаря применению в них жидких битумов и существенному снижению количества вяжущего материала, в сравнении с горячим и теплым асфальтобетоном, способны длительное время оставаться рыхлыми. Эта особенность холодных асфальтобетонных смесей дает возможность заготавливать их впрок (они могут храниться в штабелях или упакованном виде до 6 мес.) [4,5,6,8,9,16]. Однако, недостатком этого вида смеси является длительный период формирования в покрытии (1,5 – 3 мес. в зависи-

мости от вязкости жидкого битума, интенсивности движения автомобилей и погодных условий). Вследствие недостаточной плотности и слабых структурных связей холодный асфальтобетон характеризуется низкой водо- и морозостойкостью, поэтому его применяют в условиях холодного климата на дорогах низких категорий или для их ремонта в переходные периоды года [10].

В Конце следует отметить, что остается целый ряд невыясненных вопросов, связанных с процедурой проектирования состава и расчетными характеристиками для проектирования дорожной одежды; устойчивостью к образованию колеи; водо- и морозостойкостью. Для их решения требуется проведение дополнительных исследований с целью изучения и анализа прошлого опыта, а также более точного выбора существующих добавок, необходимых для улучшения эксплуатационных и транспортных характеристик этой многообещающей технологии.

Выводы

1. Конкретные преимущества ТАС связаны с использованием конкретной технологии. По этой причине трудно объединить все технологии ТАС в одну категорию и заявить, что их характеристики превосходят или уступают характеристикам ГАС. Тем не менее, хотя это и неисчерпывающий обзор, мы предлагаем следующую общую классификацию преимуществ ТАС:

- экологические выгоды – снижение выбросов и выхлопных газов на заводах по производству асфальтобетона;
- экономические выгоды – снижение энергопотребления и финансовых затрат;
- технические выгоды – повышение работоспособности смеси и эффективности уплотнения, увеличение расстояний между перевозками смеси и ускорение движения транспорта благодаря сокращению времени ее охлаждения;
- производственные выгоды – наибольшая свобода выбора места расположения завода с возможностью размещения его в городских районах.

2. Результаты предыдущих исследований различных технологий производства ТАС показали, что рабочие характеристики смесей ТАС могут быть, по меньшей мере, эквивалентны ГАС. Это возможно благодаря часто лучшей работоспособности и, следовательно, лучшему уплотнению, которое может быть достигнуто с их использованием. Более низкая температура производства также снижает старение битума на стадии производства, что приводит к повышению стойкости к термическому и усталостному растрескиванию.

3. Наконец, эти преимущества должны быть доведены до сведения политиков, руководителей, транспортных властей, которые должны быть убеждены в преимуществах, предоставляемых технологиями ТАС. Кроме того, технология ТАС должна найти свое отражение в ГОСТ, национальных и местных стандартах. Это будет стимулировать промышленность и предоставит обществу инновационные решения для ТАС.

Библиографический список

1. Jamshidi, A. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit®: State-of-the-art / A. Jamshidi, M. O. Hamza, Z. You // Construction and Building Materials. 2013. No. 38. Pp. 530 –553.
2. Capitão, S.D. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt / S. D. Capitão, L.G. Picado-Santos, F. Martinho // Constr. Build. Mater. 2012. No. 36. Pp. 1016 –1024.
3. Гезенцвей, Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей, Н.В. Горелышев, А.М. Богуславский, И.В. Королев // М.: Транспорт, 1985. 350 с.
4. Almeida-Costa, A. Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt / A. Almeida-Costa, A. Benta // J. Cleaner Prod. 2016. No. 112. Pp. 2308 – 2317.

5. Радовский, Б.С. Технология нового асфальтобетона в США [Электронный ресурс]. URL: https://bitumen.globecore.ru/wp-content/uploads/sites/5/2015/08/tehnologia_tverdogo_asfaltobetona.pdf (дата обращения: 05.06.2018).
6. Hurley, G. C. Evaluation of Evotherm[®] for Use in Warm Mix Asphalt / G. C. Hurley, B. D. Prowell // National Center for Asphalt Technology (NCAT). NCAT Report 06-02– 2006. – P. 49.
7. Zhao, G. Workability of Sasobit Warm Mixture Asphalt // 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. – 2012. – № 16, P. 1230 – 1236.
8. Королев, И. В. Дорожный теплый асфальтобетон. – Киев: Вища школа, 1975. – 156 с.
9. Hurley, G. C. Evaluation of Aspha-min[®] zeolite for Use in Warm Mix Asphalt / G. C. Hurley, B. D. Prowell // National Center for Asphalt Technology (NCAT). NCAT Report 05-04 – 2005. – P. 35.
10. Калгин, Ю.И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов // Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. 272 с.
11. Колбановская, А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов // М.: Транспорт, 1973. 246 с.

References

1. Jamshidi, A., Hamza, M. O., You, Z. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit[®]: State-of-the-art // Construction and Building Materials. 2013. No. 38. Pp. 530 –553.
2. Capitão, S.D., Picado-Santos, L.G., Martinho, F. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt // Constr. Build. Mater. 2012. No. 36. Pp. 1016 –1024.
3. Gezentsvey, L.B., Gorelyshev, N.V., Boguslavsky, A.M., Korolev, I.V. Asphalt concrete. Moscow: Transport, 1985. 350 p.
4. Almeida-Costa, A., Benta, A. Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt // J. Cleaner Prod. 2016. No. 112. Pp. 2308 – 2317.
5. Radovsky, B.S. New Asphalt Technology in the USA. URL: https://bitumen.globecore.ru/wp-content/uploads/sites/5/2015/08/tehnologia_tverdogo_asfaltobetona.pdf (date of treatment: 05.06.2018).
6. Hurley, G. C., Prowell, B. D. Evaluation of Evotherm[®] for Use in Warm Mix Asphalt // National Center for Asphalt Technology (NCAT). NCAT Report 06-02– 2006. – P. 49.
7. Zhao, G. Workability of Sasobit Warm Mixture Asphalt // 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. – 2012. – № 16, P. 1230 – 1236.
8. Korolev, E. V. Warm mix asphalt. – Kiev: High school, 1975. – 156 с.
9. Hurley, G. C., Prowell B. D. Evaluation of Aspha-min[®] zeolite for Use in Warm Mix Asphalt // National Center for Asphalt Technology (NCAT). NCAT Report 05-04 – 2005. – P. 35.
10. Kalgin, Yu.I. Modified Bitumen Road Bitumen-Mineral Materials. Voronezh: Voronezh State Technical University, 2006. 272 p.
11. Kolbanovskaya, A.S., Mikhailov V.V. Road bitumen. Moscow: Transport, 1973. 246 p.

*Воронежский государственный
технический университет
асс. кафедры проектирования автомобильных
дорог и мостов
Р.С. Поляков
e-mail: polyakovro@yandex.ru
Канд. тех. наук, доцент кафедры строитель-
ства и эксплуатации автомобильных дорог
А.С. Строкин
e-mail: alexmech23@gmail.com
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89.
магистр, кафедры строительства и эксплуа-
тации автомобильных дорог
А.Д. Чудайкин
e-mail: a.chudaykin777@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
PhD student of the Dept. of design of roads
and bridges
R.S.Poliakov
e-mail: polyakovro@yandex.ru
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Pulpit
construction and usages of the car roads
A.S. Strokin
e-mail: alexmech23@gmail.com
Russia, Voronezh, ph +7(473) 236-18-89.
PhD student of Pulpit construction and usages
of the car roads
A.D. Chudaikin
e-mail: a.chudaykin777@mail.ru*

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

ШЛАКОВЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ВЯЖУЩЕМ

Произвести оценку возможности применения шлаковых асфальтобетонных смесей с учетом требований современных нормативов. Определены общие требования использования металлургических шлаков в асфальтобетонах – критерии использования битума и минерального порошка, характеристики по физико-механическим свойствам асфальтобетонов в ряде случаев с указанием отличий от традиционных материалов, характеристики покрытия.

Ключевые слова: асфальтобетон, шлак, гранулированные шлаки, битум, полимерно битумное вяжущие.

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

SLAG ASPHALT CONCRETE ON MODIFIED BINDER

To assess the possibility of using slag asphalt mixtures taking into account the requirements of modern standards. The General requirements for the use of metallurgical slags in asphalt concrete – criteria for the use of bitumen and mineral powder, characteristics of physical and mechanical properties of asphalt concrete in some cases, indicating differences from traditional materials, characteristics of the coating.

Keywords: asphalt concrete, slag, granulated slag, bitumen, polymer bitumen binders.

Для формирования основных требований к шлаковым асфальтобетонам были использованы доменные металлургические шлаковые материалы Новолипецкого металлургического комбината НЛМК и Тульского металлургического комбината Тулачермет. Из всех разно-

видностей шлаков черной и цветной металлургии наиболее характерным представителем являются доменные шлаки. На их основе получают различные по структуре и свойствам материалы, которые в меньшей степени подвержены различным видам распада. Отмечено, что решающую роль в процессе кристаллизации играет скорость охлаждения шлакового расплава, которая определяет химическую, гидравлическую активность материала, его физико-механические свойства, структуру и минералогический состав, а также особенности взаимодействия с битумом в асфальтобетоне.

Принятые для исследования материалы по своему химическому и минералогическому составу, а также физико-механическим свойствам являются наиболее типичными представителями шлаков Центра России. Следует отметить, что шлаковые материалы Новолипецкого металлургического комбината достаточно широко исследованы при использовании их в различных разновидностях асфальтобетонов, что дает возможность проанализировать ранее полученные результаты, провести необходимые дополнительные исследования и более обоснованно установить область применения шлаковых асфальтобетонов исходя из потребности получения необходимых деформационно-прочностных и транспортно-эксплуатационных характеристик покрытий.

В зависимости от технологии и скорости охлаждения шлакового расплава различают: гранулированные шлаки; литые и отвалы шлаковые щебни; шлаковую пемзу [1].

Фракции шлакового щебня назначались с учетом возможности использования их для проектирования асфальтобетонной смеси стандартных типов и марок, аналогичных существующим требованиям в соответствии с ГОСТ 9128.

Для различных разновидностей шлаковых материалов все основные свойства и минералогический состав формируются в процессе охлаждения шлакового расплава. При этом основную роль, как отмечалось выше, играет скорость охлаждения. В результате медленного охлаждения ионные группировки шлакового расплава подстраиваются параллельно к соответствующим группам ближайшего центра при медленном охлаждении шлакового расплава имеют вид дендритных или точечных выделений.

В результате из одного и того же шлакового расплава получается широкая гамма шлаковых материалов, характеризующаяся различной структурой, пористым строением и различными физико-механическими свойствами [1-4].

Ярко выраженные вяжущие свойства проявляются у гранулированных доменных шлаков. Быстрое охлаждение расплава шлака приводит к наличию скрытой тепловой энергии при неупорядоченной структуре стекла и тем самым к высокой химической активности быстро охлажденных шлаков. У отвального шлакового щебня гидравлические вяжущие свойства проявляются в меньшей степени, у шлакового песка и отсева практически не проявляются. Щебень для дорожного строительства фракции 0-20 соответствует требованию ГОСТ 3344-83 «Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия».

По результатам исследования, отобранные пробы шлаковых материалов, что он соответствует требованиям действующей нормативной литературе.

Анализ формирования транспортно-эксплуатационных характеристик покрытий автомобильных дорог показал, что решающую роль в обеспечении долговечности и общей прочности дорожной одежды определяют деформационно-прочностные свойства асфальтобетона. В свою очередь основные свойства асфальтобетона обусловлены видом минерального материала, его структурно-механическими свойствами, гранулометрическим составом, маркой и содержанием битума.

Пористая структура и химическая активность шлаковых материалов предопределяют особенности взаимодействия их с битумом в асфальтобетоне.

Отмечено, что все шлаки (кислые, нейтральные и основные по классификации принятой в металлургии) по делению, принятому в геологии, относятся к основным породам. Их высокая химическая активность, наряду с высоким содержанием адсорбционных центров в

виде двух и трехвалентных катионов Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} приводит к образованию сравнительно прочной системы битум – минеральный материал. При взаимодействии битума со шлаковыми материалами образованные физические и химические сорбционные связи прочно удерживают пленку битума на поверхности минерального материала. Высокая пористость шлаковых материалов приводит при объединении с битумом, к фильтрации вяжущего и его компонентов внутрь зерен минерального материала. В процессе фильтрации, масла проникают в зерна на наибольшую глубину, смолы из-за меньшей подвижности и большей активности проникают на меньшую глубину. Поверхностный слой битума на зернах шлаковых материалов обогащен асфальтенами. Избирательная фильтрация компонентов битума приводит к образованию более жестких и менее эластичных битумных пленок на поверхности шлакового заполнителя [4-8]

В целом, взаимодействие битума со шлаковыми заполнителями приводит к реализации физических, механических, химических, электростатических и диффузионных процессов. Адгезионные связи на границе битум – минеральный материал становятся более прочными и устойчивыми к воздействию окружающей среды, как в момент объединения, так и с течением времени.

Несмотря на вышеперечисленные положительные свойства доменных шлаковых материалов, их использование ограничено в асфальтобетоне. Так доменный шлаковый щебень согласно требований ГОСТ 9128 может применяться для приготовления горячего асфальтобетона типа Б и В второй и третьей марки. Шлаковые пески и гранулированные шлаки согласно ГОСТ 9128 не могут использоваться для приготовления асфальтобетона из-за низкой прочности исходного материала.

То есть в соответствии с СП 34.13330.2012 и ОДН 218.046-01 шлаковые асфальтобетоны могут использоваться для устройства нижних слоев покрытий и в основаниях автодорог I и II технических категорий и для покрытий автодорог III и IV технических категорий.

С целью разработки рекомендаций использования шлаковых асфальтобетонов проведены исследования физико-механических свойств смесей, приготовленных с применением шлаковых материалов. При этом, несмотря на то, что прочностные показатели шлакового щебня (80-100 МПа) ниже установленных требований ГОСТ 9128 для марки по дробимости (1200) при использовании для дорог I и II технических категорий, исходили из предположения, что возможная дробимость отдельных разновидностей шлакового щебня не будет оказывать отрицательного воздействия на деформационно - прочностные показатели, аналогично со смесями, приготовленными на основе гранулированных шлаков и шлакопемзовых песков [5-8].

Для исследования были приняты отсеvy дробления и щебень доменного шлака Новолипецкого и Тульского металлургических комбинатов. Рассматривая зерновые составы можно отметить, что отсеvy дробления доменного шлака полученные на дробильно - сортировочной установке комбинатов, близки по процентному содержанию зерен всех фракций. Это свидетельствует о достаточной однородности доменного шлака и о равномерном распределении по объему слабопрочных включений.

С целью изучения влияния состава минеральной части на физико-механические свойства асфальтобетонов были запроектированы асфальтобетонные смеси различных типов: высокоплотные, тип А, тип Б, тип В и тип Г и крупнозернистые. Следует отметить, что зерновые составы отобранных проб удовлетворяют требованиям ГОСТ. Данные отсеvy можно применять для приготовления асфальтобетона без других, каких либо добавок минерального материала.

Асфальтобетонные смеси проектировались с учетом использования шлаковой минеральной части без включения других минеральных заполнителей. Зерновые составы подбирались в соответствии с требованиями ГОСТ 9128, содержание битума определялось опытным путем, в результате сравнения показателей плотности, прочности и водонасыщения. Являясь

искусственным конгломератом шлаковые асфальтобетоны подчиняются закону "створа", то есть при определенном содержании вяжущего имеют наилучшие показатели физико - механических свойств. Процентное содержание битума в смеси назначалось с учетом повышенной битумоемкости шлаковых минеральных заполнителей и колебалось в пределах от 4% до 9% для различных типов смесей. Учитывая региональное расположение Центрального федерального округа с выделением преимущественно III и IV дорожно-климатических зон, для приготовления горячих асфальтобетонных смесей были выбраны битумы БНД 60/90 и БНД 90/130.

В составе минеральной части горячей плотной смеси АІ-1 предусматривалось применение: металлургического доменного шлакового щебня Новолипецкого металлургического комбината фр. 5-20 мм - 60%; металлургического доменного шлакового песка фр. 0-5 мм – 35%; неактивированного минерального порошка МП-1 – 5%. В качестве вяжущего применен битум БНД 60/90 в количестве 5%, 6%, 7% (таблица 1).

Таблица 1

Физико-механические свойства асфальтобетонной смеси

Наименование показателя	Требования ГОСТ 9128-2013	Фактические показатели					
		5,0 %		6,0 %		7,0 %	
		БНД	ПБВ	БНД	ПБВ	БНД	ПБВ
Средняя плотность, г/см ³	не нормируется	2,35	2,3	2,40	2,31	2,40	2,33
Водонасыщение, % по объему	от 1,0 до 2,5	9,17	9,32	5,89	8,62	4,42	6,27
Предел прочности при сжатии, МПа +20 ⁰ С	не менее 2,5	3,18	3,49	3,06	3,43	3,31	5,25
+50 ⁰ С	не менее 1,2	1,56	1,81	1,74	2,12	1,62	3,18
Водостойкость	не менее 0,90	0,96	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00

Результаты исследований позволили установить: минеральная часть асфальтобетонных смесей типа АІ близка по гранулометрическому составу требованиям ГОСТ 9128; по показателям ГОСТ 9128- отступления наблюдаются только в значениях водонасыщения; для полных исследований приняты смеси с содержанием битума 6,5%.

Анализируя полученные значения физико-механических свойств асфальтобетонов с различным содержанием битума установлено, что максимальные значения прочности при различных температурах, плотности, минимальное водонасыщение наблюдаются для асфальтобетонных смесей при определенном количестве битума. Так для смесей типа А – не менее 6,5 - 7,0%.

Границы створа наиболее четко формируются по показателям прочности при 20⁰С и по изменениям плотности образцов. Зависимость изменения прочности при 50⁰С носит более размытый, пологий характер, что свидетельствует о меньшей чувствительности шлакового асфальтобетона к содержанию битума при высоких положительных температурах. Показатели водонасыщения при достижении створа оптимальной структуры асфальтобетона, стабилизируются. Характер изменений свойств шлакового асфальтобетона дает возможность рекомендовать для лабораторий асфальтобетонных заводов осуществлять выбор оптимального содержания битума только по показателям плотности и прочности при 20⁰С, а затем производить проверку остальных показателей в соответствии с требованиями ГОСТ 9128 только для смесей с оптимальным содержанием битума.

В соответствии с требованиями ГОСТ 9128, для смесей с оптимальным содержанием битума были проведены исследования прочностных характеристик при температурах 20⁰С, 50⁰С и 0⁰С, параметры водостойкости при длительном водонасыщении, сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения и сцеплению при сдвиге при температуре 50⁰С, трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе.

Показатели физико-механических свойств в соответствии ГОСТ 9128 с оптимальным содержанием битума представлены в таблице 2 (тип А М I следующего состава: металлургический доменный шлаковый щебень Новолипецкого металлургического комбината фр. 5-20 мм - 60%; металлургический доменный шлаковый песок фр. 0-5 мм – 35%; неактивированный минеральный порошок МП-1 – 5%).

Оценка гранулометрических составов отобранных образцов шлаковых материалов позволила сделать вывод о возможности их применения в асфальтобетонных смесях различных типов.

Представленные шлаковые асфальтобетонные смеси, выполненные только на основе одних шлаковых материалах, отвечают требованиям предъявленным ГОСТ 9128 и могут применяться в верхних и нижних слоях покрытий без ограничений. Прочностные показатели асфальтобетонов соответствуют I и II маркам асфальтобетона для III и IV дорожно- климатических зон.

Таблица 2

Показатели физико-механических свойств горячих асфальтобетонных смесей с оптимальным содержанием битума

Наименование исследуемой шлаковой асфаль- тобетонной смеси	Фактические показатели									
	Средняя плотность г/см ³	Водонасыщение, % по объему	Предел проч- ности при сжатии, МПа, при темпера- туре °С			Водостойкость	Водостойкость длительная	Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость
			+20	+50	0			по коэффи- циенту внутреннего трения	по сцеплению при сдвиге при 50 ⁰ С	
Тип А М І - би- тум БНД 60/90 - 6,5%	2,37	5,75	3,37	1,99	7,56	0,96	1,00	0,89	0,40	2,29
Тип А М І - битум ПБВ 60 - 6,5%	2,33	7,74	4,2	2,45	6,9	1,00	1,00	0,96	0,5	3,5
Тип А М І - битум БНД 60/90 - 6,5%	2,36	4,45	3,96	2,25	6,67	0,95	0,96	0,84	0,49	2,03
Тип А М І - битум ПБВ 60 - 6,5%	2,35	5,0	5,27	2,94	6,3	0,92	0,95	0,87	0,56	2,23

Выводы

1. Асфальтобетон на основе шлаковых материалов может применяться, в отдельных случаях без минерального порошка, необходимое количество мелких фракций для создания асфальтовяжущего имеется в самом шлаковом материале.

2. Мелкозернистые шлаковые асфальтобетонные смеси, приготовленные на основе отсевов доменного шлакового щебня (фр 0-15), а также смеси подобранного состава по показателям свойств относятся к I марке плотных смесей типов А они рекомендованы для устройства покрытий I и II технических категорий во II и III дорожно - климатических зонах.

3. Крупнозернистая шлаковая смесь, исходя из высоких показателей физико - механических свойств, рекомендована для устройства покрытий на опытных, экспериментальных участках. Так как ее применение позволит получить высокоустойчивое к сдвиговым деформациям, шероховатое покрытие.

Библиографический список

1. Резванцев, В.И. Шлаковые асфальтобетонные покрытия: эксплуатационно-прочностные свойства: монография/В.И. Резванцев, А.В. Еремин – Воронеж: ВГУ, 2002. – 160с.
2. Еремин А.В. Эксплуатационно-прочностные свойства шлаковых асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: Дисс....канд.техн.наук: 05.23.11/А.В. Еремин – Воронеж, 2000. - 212 с.
3. Бондарев, Б.А. Асфальтобетоны на шлаковых заполнителях: монография/Б.А. Бондарев – Липецк: ЛГТУ, 2005. – 174с.
4. Самодуров, С.И. Асфальтовый бетон с применением шлаковых материалов/ С.И. Самодуров – Воронеж: ВГУ, 1984. – 108 с.
5. Руденский, А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия/ А.В. Руденский – М.: Транспорт, 1992. – 253 с.
6. Самодуров, С.И. Асфальтовый бетон с применением шлаковых материалов/ С.И. Самодуров – Воронеж: ВГУ, 1984. – 108 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. Илиополов С. К. Органические вяжущие для дорожного строительства: Учеб. пособ. для вузов по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» / С.К. Илиополов, И.В. Мардиросова, Е.В. Углова и др. – Ростов-на-Дону. – 2003. – 428 с.

References

1. Rezvantsev, V. I. Slag asphalt concrete coatings: operational and strength properties: monograph/V. I. Rezvantsev, A.V. Eremin-Voronezh: VSU, 2002. - 160C.
2. Eremin A.V. Operational and strength properties of slag asphalt concrete coatings of roads: Diss.... Cand.tech.Sciences: 05.23.11 / A.V. Eremin-Voronezh, 2000. - 212 p.
3. Bondarev, B. A. asphalt Concretes on slag aggregates: monograph/B. A. Bondarev-Lipetsk: LGTU, 2005. - 174с.
4. Samodurov, S. I. Asphalt concrete with the use of slag materials/ S. I. Samodurov-Voronezh: VSU, 1984. - 108 p.
5. Rudensky, A. B. Road asphalt concrete coatings/ A.V. Rudensky-M.: Transport, 1992. - 253 p.
6. Samodurov, S. I. Asphalt concrete with the use of slag materials/ S. I. Samodurov-Voronezh: VSU, 1984. - 108 p.
7. Rudensky A.V. Road asphalt concrete coatings on modified bitumen. /A.V. Rudensky, Yu. I. Kalgin; Voronezh.state arch.-builds. UN-T.-Voronezh, 2009. - 143 p.
8. Iliopoulou S. K. Organic binders for road construction: Proc. no. for high schools on specialty "Automobile roads and aerodromes" / S. K. Iliopoulou, I. V. Martirosova, E. V. Uglova, etc. – Rostov-on-don. - 2003. – 428 PP.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 625.748.28

*Воронежский государственный
технический университет
Доц. Кафедры дизайна
А.В. Бортникова
Россия, г. Воронеж.
e-mail: bort56@mail.ru
Магистрант гр. мДАС-191
Кафедры Дизайна З.А. Малеев
Россия, г. Воронеж.
e-mail: zakhar974@gmail.com*

*Voronezh State
Technical University
Assoc. Department of Design
A.V. Bortnikova
Russia, Voronezh.
e-mail: bort56@mail.ru
A master student gr. mDAS-191
Department of Design Z.A. Maleev
Russia, Voronezh.
e-mail: zakhar974@gmail.com*

А.В. Бортникова; З.А. Малеев

ПАПАМЕТРИЧЕСКАЯ (АЛГОМЕТРИЧЕСКАЯ) АРХИТЕКТУРА

Каждый период в архитектуре связан с предыдущим стилем либо отрицанием, либо развитием: готика – ренессанс (отрицание), ренессанс – барокко (развитие), и д. Каждый стиль зависит от технологии строительной индустрии того времени. Патрик Шумахер в своей статье «Параметризм» предсказал нашему обществу «войну стилей», победителем в которой станет новый естественный стиль.

Ключевые слова: параметрическая архитектура, цифровое проектирование, цифровые технологии, многофункциональный.

A.V. Bortnikova, Z.A. Maleev

PARAMETRIC (ALGOMETRIC) ARCHITECTURE

Each period in architecture is associated with a previous style or denial or development: gothic - renaissance (negation), renaissance - baroque (development), etc. Each style depends on the technology of the construction industry of that time. Patrick Schumacher in his article "Parametrism" predicted a "war of styles" for our society, the winner of which is no longer new natural style.

Keywords: parametric architecture, digital design, digital technology, multifunctional

В связи с постоянным прогрессом в области инструментов и методов цифрового проектирования современная архитектура является движущейся целью, которую можно закрепить только временно. Поэтому подход к ней одновременно исторический и ориентированный на будущее.

В процессе развития архитектуры, человек стремится создавать многофункциональные объекты. Предпочтения отдаются экономичным и практичным, а не эстетичным и эксклюзивным проектам

Приходит понимание, что эти принципы основаны на определенных догмах, существование которых было оправданно прежними скоростью общественных жизненных процессов и обмена информацией. Новые возможности и ресурсы дизайна, наделенные цифровыми возможностями, которые с тех пор были разработаны, действительно подразумевают новый архитектурный язык и проявили новый стиль с эпохальными амбициями - Параметризм.

Архитектор осваивает новый инструментарий - параметрическое моделирование, анимацию, трансформацию - применение которого делает существование прежних форм просто невозможным. Параметрический дизайн дает возможность симулировать логику мышления природы. В нем взаимосвязаны скульптура, математика, архитектура. Важнейшие труды в области топологии – разделе математики - принадлежат русским и советским математикам — Георгию Вороному (1868–1908) и его ученику Борису Делоне (1890–1989). Но несмотря на то, что параметрический дизайн имеет в каком-то смысле российское происхождение, в России пока незначительное количество объектов, созданных на его основе.

Первое в России сооружение Захи Хадид -DominionTower на Дубровке (рис.1). Облицовка фасадов выполнена из алюминиевых панелей, окраска которых меняет оттенок в зависимости от угла зрения и степени освещённости. Внутри бизнес-центра, кроме офисных пространств, возвели холл-атриум. Планируется, что вокруг здания не будет ни одного забора, а его парковка и зелёные зоны станут доступными общественными пространствами.



Рис. 1. Захи Хадид – DominionTower. Холл-атриум

Параметрическая архитектура – это новый уникальный стиль, претендующий на уместность на всех уровнях и масштабах от архитектуры и дизайна интерьера до крупномасштабного городского дизайна и градостроительства. Этот подход цифрового проектирования за-

мечательно реагирует на множество критериев, влияющих друг на друга, учитывает соотношение между возводимым зданием, окружающей средой и человеческим фактором. Он просто незаменим для быстрого создания сверхкомплексных форм, что нелегко сделать с помощью стандартных методов проектирования.

Данный вид архитектуры приобрел популярность только в последние годы с развитием передовых параметрических дизайнерских систем. Параметризм на данный момент является важнейшим и доминирующим стилем в авангардистской практике. Он в состоянии предоставить все высокоэффективные компоненты для жизни современного человека.

Это создает новые возможности в области искусства, моды, архитектуры и строительной промышленности. Патрик Шумахер в своей статье «Параметризм» предсказал нашему обществу «войну стилей», победителем в которой станет новый естественный стиль. Одно из самых приятных свойств параметрического дизайна - беспрецедентная свобода для творчества.

При создании и проектировании параметрической архитектуры используют новые современные программы, такие как: Grasshopper (рис.2). Эта программа является подходящим инструментом для настройки параметрических моделей, то есть сетей взаимозависимых элементов. Сеть отношений настраивается и визуализируется графически, чтобы разработчик мог отслеживать и вмешиваться в создаваемую им реляционную сеть. Grasshopper также стал предпочтительной платформой для подключаемых модулей со сценариями и для нового мощного набора интегрированных инструментов, которые выводят архитектурный интеллект из архитектуры за пределы простого управления геометрией, включая инженерные логики и доступ в реальном времени к физическим симуляциям, которые обеспечивают сложный поиск форм и процессы оптимизации, которые будут плавно интегрированы в процесс проектирования.

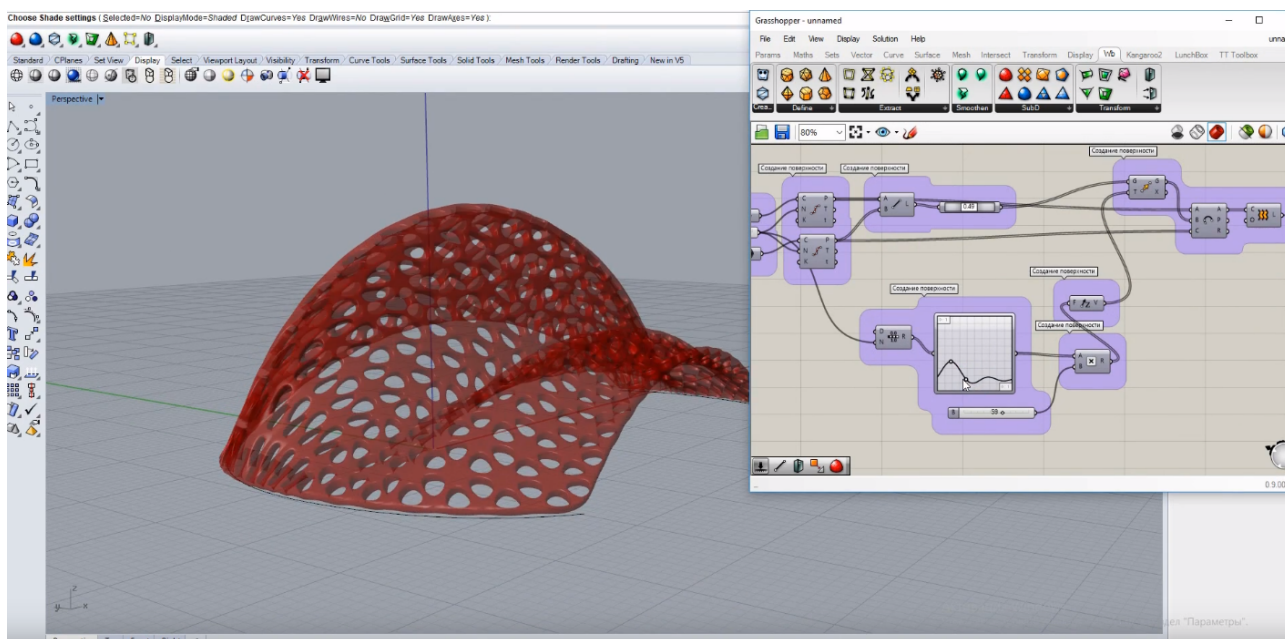


Рис. 2. Создание 3D оболочки в Grasshopper

Многие утверждают, что компьютер не может учитывать и понимать потребности пользователей и экологические требования. В будущем параметрическое проектирование достигнет уровня, когда компьютер будет проектировать сам, на основе заданных правил и задач. Но каждой машиной управляет человек, который устанавливает (правильные/неправильные) параметры для определенного местоположения, функций и самых важных человеческих факторов, связанных с объектом проектирования.

То есть, по факту, использование параметрических инструментов означает гораздо больше ответственности, а роль архитектора значительно увеличивается, хотя ему не пришлось брать карандаш в руку и что-то рисовать.

Раньше архитектура упиралась в каменные структуры — бетон или стекло. Сейчас же появляются различные строительные материалы с различными технологиями их изготовления, например, изогнутый листовый материал, специально разработанные растяжимые ткани, роботизированная резка пресс-форм с помощью горячей проволоки или 3D-бетонная печать, которые дают неограниченные возможности работы с формой, функциями и так далее.

Так при проектировании и строительстве Пекинского аэропорта Дасин (рис.3) по проекту архитектора Захи Хадид и ее бюро Zaha Hadid Architects использовались современные материалы и технологии. Гибкая конструкция терминала стала возможной благодаря восьми параболическим колоннам: изгибаясь от сводчатого купольного потолка и струясь вниз, они поддерживают крышу. Световые люки в них пропускают естественный свет внутрь, направляя его в различные зоны терминала. Аэропорт Дасин оборудован новейшими системами распознавания лиц системой солнечных батарей, а также технологиями по сбору, очистке и хранению дождевой воды.



Рис. 3. Пекинский аэропорт Дасин 2019 г

Параметрическое проектирование все еще находится на ранней стадии развития, но современные исследования показывают, что в ближайшем будущем оно будет внедрено в реальное проектирование. Развитие новых методов становится фундаментальным условием для

будущего успеха. Новый способ проектирования развивается не только благодаря технологии, но также и новому программному обеспечению, которое сделает параметрическое проектирование доступным для архитекторов.

Рисование эскизов планов будет неотделимо связано с точной трехмерной визуализацией. Заказчики будут в состоянии увидеть заказанные ими объекты на ранней стадии проектного процесса. Одновременно в эволюционной архитектуре человеческий фактор станет самым важным. Функциональные ошибки будут невозможны. Однако самое интересное — то, что развитие компьютерной технологии рождает новые архитектурные стили. Инновационный взгляд на проектирование детерминирует свое собственное место в истории.

Благодаря параметрическим технологиям архитектор может обрабатывать большие объёмы данных и результаты долгих исследований и именно на этой основе определять форму здания. Более того, полученные объекты настолько сложны, что создать их традиционными способами было бы невозможно.

Амбициозная концепция Параметризма включает в себя больше, чем новый архитектурный язык; это подразумевает совершенно новую парадигму для дисциплин проектирования, с новыми целями, ценностями и соответствующими методами проектирования, которые соответствуют как поставленным социальным проблемам, так и технологическим возможностям, предлагаемым новой цифровой цивилизацией.

Выводы

1. Внедрение новых, более производительных вычислительных методов и инструментов ведет к следующему этапу развития цифрового проектирования в архитектуре.

2. Цифровые технологии, разумеется, является неотъемлемой частью технологических преобразований, которые охватывают все аспекты нашей цивилизации, влияющих и действительно улучшающих нашу жизнь. Таким образом, цифровая (параметрическая) архитектура неизбежна, должна быть понята, принята и продвинута.

Библиографический список

1. Заха Хадид Архитектура нового времени, пер. с англ.: Мороз А. И., редактор: Дьяченко А., 2019, 284 стр.
2. П. Шумахер DIGITAL - The 'Digital' in Architecture and Design/AA Files No.76, Architectural Association, London 2019.
3. П. Шумахер Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design/AD Architectural Design - Digital Cities, Vol 79, No 4, July/August 2009
4. П. Шумахер The Age of Parametris: Let Style Wars Begin/AJ - The Architects' Journal, Number 16, Volume 231, 06. May 2010.

References

1. Zaha Hadid Architecture of modern times, trans. from English: A. Moroz, editor: A. Dyachenko, 2019, 284 sec.
2. Patrik Schumacher DIGITAL - The 'Digital' in Architecture and Design/AA Files No.76, Architectural Association, London 2019.
3. Patrik Schumacher Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design/AD Architectural Design - Digital Cities, Vol 79, No 4, July/August 2009
4. Patrik Schumacher The Age of Parametris: Let Style Wars Begin/AJ - The Architects' Journal, Number 16, Volume 231, 06. May 2010.

*Воронежский государственный
технический университет
Магистрант кафедры проектирования зда-
ний и сооружений им. Н.В. Троицкого
М.Г. Самсонова
Россия, г. Воронеж, тел. +7(952)-544-67-61
e-mail: samsonova.mary.11@gmail.com
Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. кафедры проекти-
рования зданий и сооружений им. Н.В. Тро-
ицкого Э.Е. Семенова
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-774-339
e-mail: semenova@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University
Magistrate of Dept. of designing buildings
and constructions the name of N.V. Troitsky
M.G.Samsonova
Russia, Voronezh, tel. +7(952)-544-67-61
e-mail: samsonova.mary.11@gmail.com
Voronezh State
Technical University
D.Sc.(Engineerin), professor of Dept. of de-
signing buildings and constructions the name
of N.V. Troitsky E.E. Semenova
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-774-339
e-mail: semenova@vgasu.vrn.ru*

М.Г. Самсонова, Э.Е. Семенова

ИСТОРИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБЪЕМНО-БЛОЧНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

В данной статье рассмотрена история становления отрасли объемно-блочного домостроения до настоящего времени. Проанализированы реализованные проекты с учетом энергоэффективности. Рассмотрен зарубежный опыт модульного строительства. Проанализировано преимущество тенденции развития данной области.

Ключевые слова: объемно-блочное домостроение, модульное строительство, энергоэффективность.

M.G. Samsonova, E.E. Semenova

HISTORY AND TRENDS OF DEVELOPMENT OF VOLUME-BLOCK HOUSING CONSTRUCTION IN RUSSIA AND ABROAD

In this article considered the history of the formation of the industry of block housing construction up to date. The implemented projects are analyzed taking into account energy efficiency. The foreign experience of modular construction is considered. The advantage of the development trend in this area is analyzed.

Keywords: blocked housing, modular housing, energy efficiency.

Введение

Объемные (объемно-пространственные) блоки – крупная объемная конструкция, являющаяся функциональной структурной единицей здания в виде пространственной тонкостенной конструкции, обладающей необходимыми значениями прочности, жесткости и устойчивости, которая может являться: комнатой, лестничной клеткой, пространственной границей между помещениями.

Изготовление блоков в заводских условиях позволяет достичь высочайшей степени готовности единицы (до 85%). Этому способствует производство в заводских условиях таких работ, как: установка оконных и дверных блоков и сан-технического оборудования; производство электротехнической разводки с розетками и выключателями; выполнение отделочных работ. На строительной площадке же остается: смонтировать блоки в соответствии с планами, соединить межэтажные коммуникации и заделать стыки между блоками.

История развития объемно-блочного домостроения в России

В 1931 г. Н.А. Ладовским и В.П. Карауловым впервые были запатентованы объемные блоки и разработана каркасно-блочная система зданий. Первые же серии объемно-блочных жилых домов разработали в 1950х. В 1961 г. Госстроем СССР совместно с Союзом архитекторов и был проведен конкурс на разработку проектов из объемных блоков. Результат показал, что конструктивные особенности объемных блоков существенно не ограничивают их архитектурно-планировочных возможностей (рис.1).

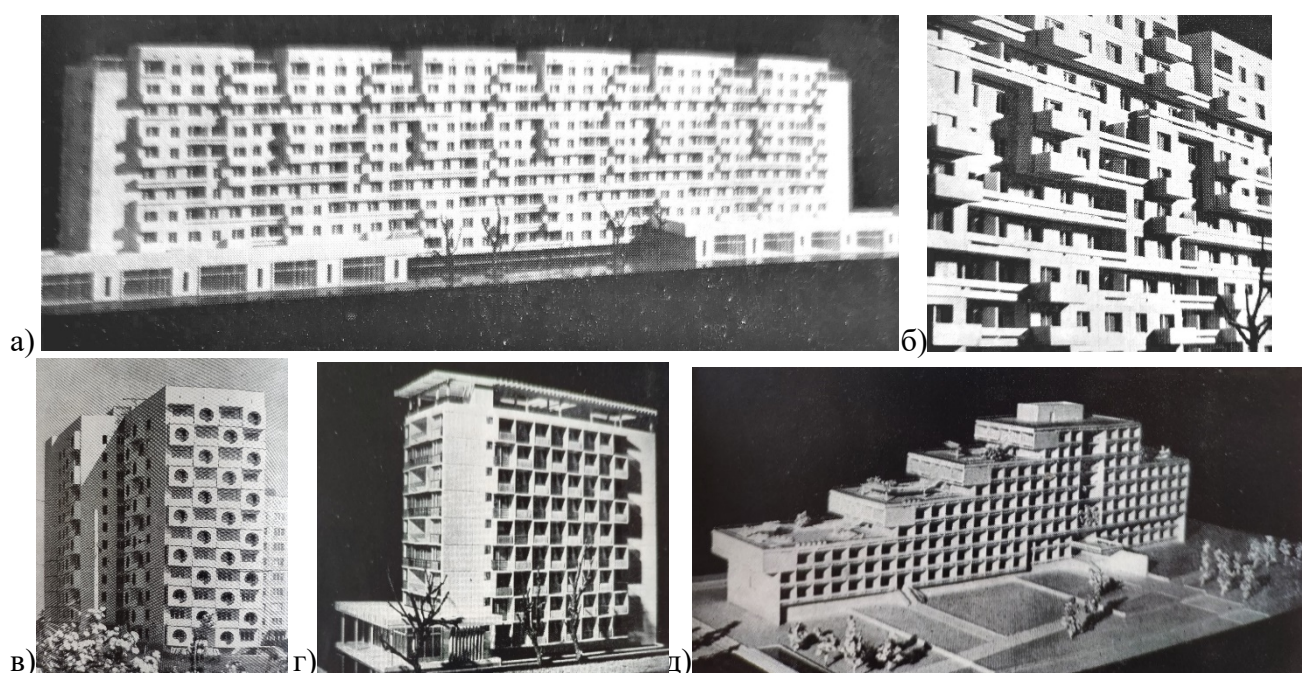


Рис. 1. Проекты зданий из объемных блоков, разработанные в 60х годах:

а,б - проект 10ти этажного жилого дома с квартирами в двух уровнях и пристроенном в первом этаже корпусе общественного назначения; в - реализованный 12ти этажный жилой дом, Краснодар; г,д – курортные здания в районе сейсмичности 8 баллов гостиница и санаторный корпус, соответственно

В дальнейшем после 1969 года были построены предприятия объемно-блочного домостроения [1], а в конце 70х, по данным экономического анализа [2] были выявлены преимущества объемно-блочного домостроения по сравнению с крупнопанельным: существенное сокращение сроков строительства за счет высокой степени готовности строительных единиц; снижение трудоемкости на 20%; количество подъемов при монтаже в 4 раза меньше; расход бетона сокращается примерно на 25%.

Однако объемно-блочное домостроение в 70х не обрело успех, поскольку были выявлены отрицательные стороны: несовершенство оборудования для производства блоков и его дороговизна; потребность в очень больших крытых промышленных площадях; сложность при перевозке и монтаже; несмотря на экономию труда и материала, стоимость квадратных метров была достаточно велика.

Поскольку в России на производствах вводятся в эксплуатацию все новые мощности, преобразовывается транспортное и монтажное оборудование, в настоящее время строительство зданий из объемных блоков является отраслью с большим потенциалом развития. За счет этого, технология объемно-блочного домостроения может стать одним из методов решения проблемы обеспечения граждан качественным и комфортным жильем эконом класса.

Далее, на примере предприятия «Выбор ОБД» проанализирована данная отрасль строительства в России в настоящее время. Завод специализируется на производстве объемных блоков типа «колпак» (рис. 3а), толщина стен составляет 100 мм, толщина верха блока – 160 мм. Наружная стеновая панель утеплена минераловатными плитами, фасад – вентилируемый. Из данных блоков можно построить жилой дом до 17 этажей.

В 2015 году велось строительство первого в Воронеже дома из объемных блоков, произведенных на заводе «Выбор ОБД» (рис.3б). Скорость возведения одного этажа здания достигала 1 дня. На данный момент жилой комплекс уже введен в эксплуатацию.



Рис. 2. Жилой комплекс на ул. Беговая, г. Воронеж: а – габариты объемного блока типа «колпак» от компании «Выбор ОБД»; б – жилой дом на этапе строительства; в – комплекс после завершения строительства.

«Выбор ОБД» успешно реализует в своей застройке принципы энергоэффективных жилых домов. В проектах предусмотрен ряд мер, повышающих энергоэффективность (см. таблицу). Помимо этого, компания применяет энергоэффективные объемно-планировочные решения, жилые дома компактны (рис. 3 б), а сами ограждающие конструкции максимально герметичны, без «мостиков холода» [3]. Объединение блочных частей в общую пространственную систему здания производится стальными сварными связями на закладных деталях, а так же путем замоноличивания стыков.

Таблица

Технологии «Выбор ОБД» направленные на энергосбережение

<i>Снижение потерь тепла</i>	<i>Рациональное потребление энергоресурсов</i>
➤ Утепление жилого дома, в т.ч. цокольного этажа, подвальных помещений, чердак; ➤ Заводская установка высококачественных двухкамерных стеклопакетов; ➤ Оборудование подъездов тамбурами с доводчиками на дверях; ➤ Установка системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла	➤ Установка датчиков движения в подъездах и оснащение помещений общего пользования энергосберегающими светодиодными светильниками; ➤ Установка счетчиков ➤ Применение в чистовой отделке жилых и нежилых помещений дизайнерских решений в светлых тонах

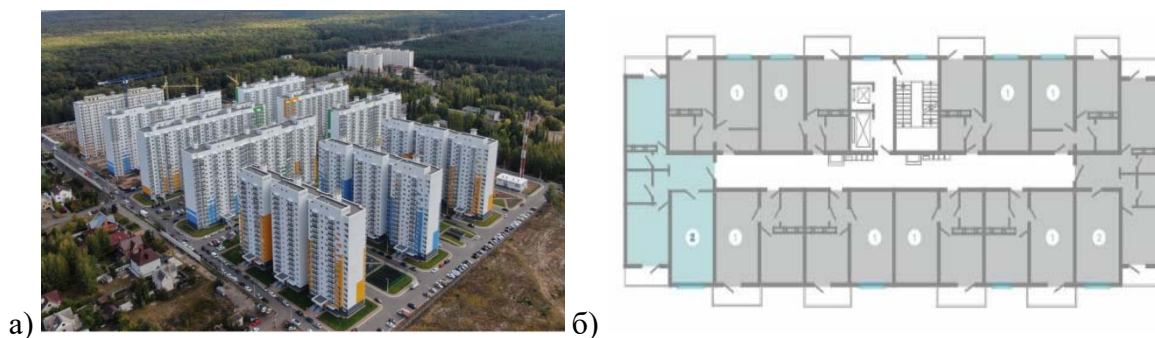


Рис. 3. ЖК «Грин парк», Воронеж: а – квартал на завершающих этапах строительства; б - типовой этаж

История развития модульного строительства за рубежом

История зарубежного опыта в объемно-блочном строительстве началась еще в 1967 году, когда для выставки в Монреале архитектором М. Сафли был запроектирован и построен жилой комплекс из железобетонных объемных блоков (рис. 4а).

Двенадцатизэтажный жилой комплекс демонстрирует, что объемно-блочное домостроение может быть выразительным, нестандартным, а блоки могут располагаться относительно произвольно по отношению друг к другу. Может показаться, что это сложный хаотичный массив, однако его структура упорядочена и состоит из 354 монолитных железобетонных блоков, скомпонованных в различных вариациях (рис 5 б). Смещение модулей друг относительно друга позволило обустраивать террасы на блоках нижерасположенных квартир.

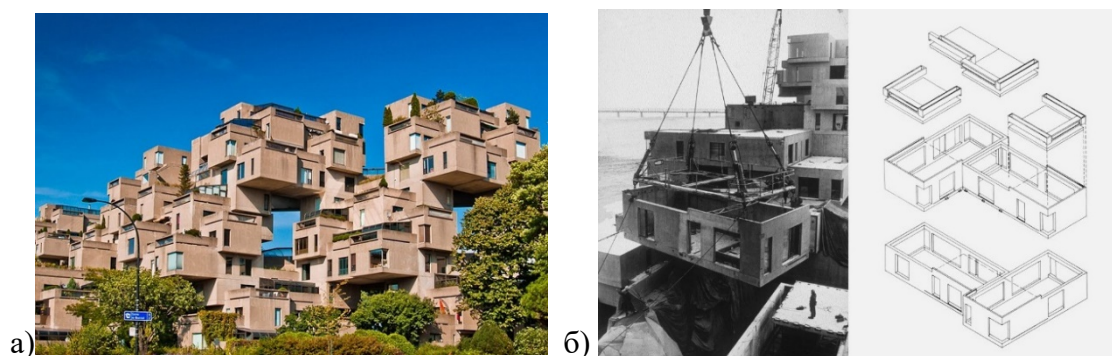


Рис. 5. Жилой комплекс Habitat 67, Монреаль, Канада:

а – дом в настоящее время; б - объемный блок и его установка на строительной площадке

Жилищный вопрос в Европе и США начал назревать еще с начала 2000х. На данный момент там распространена проблема нехватки доступного и комфортного социального жилья и вытеснение малообеспеченной прослойки населения. Поэтому за рубежом не менее заинтересованы в строительстве недорогого жилья с удобствами.

Зарубежный опыт строительства зданий из объемных элементов не менее распространен, однако они используют отличные от нашей страны технологические решения. Их пространственные конструкции называются *модулями*, которые в некоторых случаях состоят из легких панелей в виде каркаса из легкого профильного металла, замоноличенного армогипсом, в других же случаях модули образованы железобетонными стояками и плитами пола с ограждениями из легких листовых материалов. Зачастую ширина модулей равно ширине комнаты, а длина – пролету здания. Они так же оснащены сан-техническим оборудованием и имеют финишную отделку.

В 2003 году в Лондоне был сдан в эксплуатацию многоэтажный жилой дом из объемных блоков, Raines Court (рис. 6), запроектированный архитектурным бюро АНММ (Allford

Hall Monaghan Morris). Данный проект вызвал большой интерес, поскольку являлся первым модульным жилым комплексом в Англии, и был удостоен множества наград.[4]



Рис. 6. Многосекционный жилой дом Raines Court, Лондон: а – наружный фасад; б – внутренний двор

Жилой дом состоит из 3х секций в виде буквы «Т», соединенным одним лестничным узлом. Он включает в себя 42 одно- и двухкомнатные квартиры и 11 трехкомнатных. Все они выполнены из одного и того же сборного модуля, размеры которого соответствуют максимально допустимым размерам, которые можно перевозить на обычном грузовике без сопровождения, а именно 12х3,6 м, высота этажа 2,6 м. Примечательно, что квартиры запроектированы без коридоров, чтобы максимизировать полезную площадь. (рис. 7).

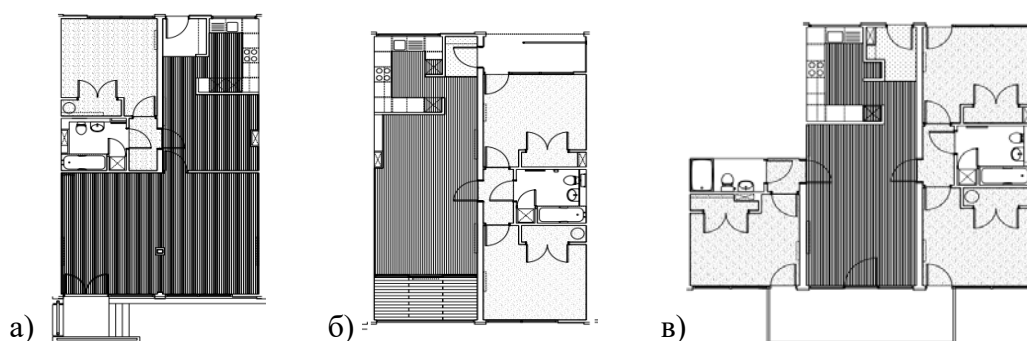


Рис. 7. Поэтажные планы жилого дома Raines Court: а – квартира с 1 спальней; б - квартира с 2мя спальнями; в - квартира с 3мя спальнями

Отделочным материалом фасада были выбраны оцинкованные панели, каждый стык блока обрамлен такими же панелями. Данный прием использовался для разделения общего массивного объема здания на меньшие секции. Оцинкованные панели были выбраны неслучайно: конструкция из них – легкая, долговечная, требует минимального обслуживания в долгосрочной перспективе. Чтобы придать пластики фасаду одинаковые блоки комнат не ставили друг над другом, а ставили их в шахматном порядке, чтобы балконы и окна чередовались как по горизонтали, так и по вертикали (рис.6). [5]

На сегодняшний день одной из лидирующих компаний, производящих модульные системы, является американская фирма Blokable. Они проектируют умные жилые единицы, которые в дальнейшем объединяют и создают недорогие, но высококачественные здания (рис. 8 а).

Блоки сделаны из стальных рам (вместо деревянных, что достаточно распространено в штатах), размер одного блока 10,7х2,7 м, вес порядка 3 т, такой блок легко транспортируется на строительную площадку (рис.8 б). В каждом блоке встроена интеллектуальная система мониторинга, предназначенная для сокращения расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание за счет отслеживания качества воздуха, влажности и др. На данный момент мак-

симально возможная высота дома – 3 этажа. Благодаря заводскому производству компании удалость достичь снижение стоимости квартиры в таком доме в 2,4 раза.



Рис.8. Модули компании Blockable: а – модель многоквартирного дома Blockable в Сиэтле, штат Вашингтон; б – первый блок Blockable доставлен на строительную площадку

Еще одним лидером рынка модульного строительства является компания One Build, США, которая была основана в 2010 году. Одним из известнейших проектов компании стал семиэтажный жилой дом N'Habit: Belltown (рис. 9 а), расположенном в Сиэтле. Он состоит из 49 блоков, основой которых так же является металлический каркас. Размер блока 4,26х19,8 м, что соответствует габаритам трейлера для перевозки, высота блока 4,26 м. Площадь квартир в доме варьируется от 39 м² до 70 м², ширина дома составляет 18,2 м.

Отличительной чертой этого проекта являются двусторонние стенки Abodian, с одной стороны в стене расположен убирающийся письменный или кухонный стол и шкаф, а с другой - кровать, которая так же поднимается, и гардероб. Каждый модуль почти полностью меблирован, сантехнические приборы установлены, на строительной площадке остается только объединить инженерные коммуникации.

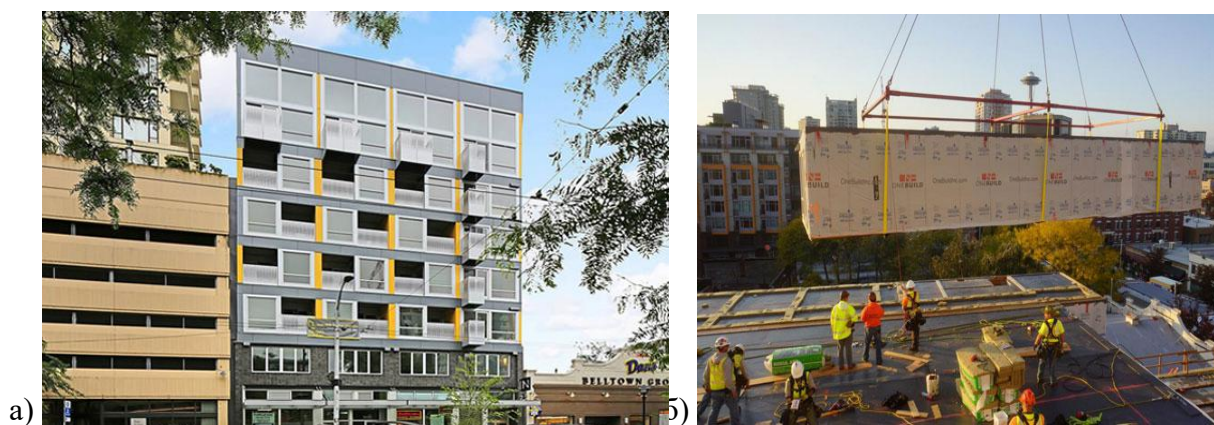


Рис. 9. Жилой дом N'Habit: Belltown, Сиэтл, США: а – фото в настоящее время; б - строительная площадка компании One Build

Может показаться, что экономия модульного строительства происходит за счет экономии затрат на материалы и оплату труда, однако это не так. В модульной конструкции используются те же материалы, которые необходимы для проекта, построенного на строительной площадке с нуля. Конечно, условия труда на заводе намного более эффективны и приводят к снижению порчи материалов и уменьшению отходов производства, но эта экономия компенсируется тем, что модули запроектированы усиленными, поскольку необходимо учесть транспортные и подъемные нагрузки. Фактически в модуле, если он состоит, например, из деревянного каркаса, используется почти в двое больше древесины, чем при тради-

ционном строительстве. Экономия достигается за счет его скорейшего ввода в эксплуатацию, срок строительства с учетом изготовления блоков на заводе сокращается практически 2 раза, так же происходит некоторая экономия за счет масштаба строительства, это позволяет снизить общую стоимость модуля.

Выводы

1. Проанализировав отечественный и зарубежный опыт можно сделать вывод, что применение данного метода строительства, по сравнению со всеми имеющимися на сегодняшний день, позволяет получить максимальное эффективное и качественное жилье, при вложении меньших средств. Поскольку отечественная практика объемно-блочного домостроения на сегодняшний день обладает достаточно высокими показателями энергоэффективности, стоит обратить внимание на зарубежный опыт в плане архитектурного облика зданий и проанализировать фасадные решения.

2. Архитектурной выразительности зданий из объемных блоков можно добиться за счет того, что блоки могут быть относительно свободно ориентированы в пространстве. Угловое и линейное опирание блоков позволяет увеличивать ширину проемов, располагать проемы в любой из стен блоков и выдвигать блоки из плоскости фасадов до 1,5 м. Лоджии, эркеры, коридоры образуются за счет поперечного сдвига относительно продольной оси, в общем ряд блоков выдвигается из плоскости фасадов. Данный способ позволяет разнообразить типы сочетания квартир в секциях. За счет использования глубинно-пространственных приемов появляются различные варианты свето-теневого оформления фасада.

Библиографический список

1. Объемно-блочное домостроение: чудо, которое не состоялось [Электронный ресурс]// URL: <http://www.zestroy.ru/articles/410.htm>
2. Бронников П. И. Объемно-блочное домостроение. М.: Стройиздат, 1979. 160 с.
3. Завод объемно-блочного домостроения «Выбор ОБД» [Электронный ресурс]// URL: <https://vyborstoi.ru/about/ooo-vybor-divisions/vybor-obd/>
4. Raines Court, information pack [Электронный ресурс] // URL: https://www.ahmm.co.uk/resources/res.aspx?p=/D5F3B15EA6AD760B165AC0DBF314A5885B22352923DD1D15F28E2242B09EF48E269B11C9AA9E1260/Raines%20Court%202010_LR.pdf
5. Sightline Institute [Электронный ресурс] // Modular construction: a housing affordability game-changer. URL: <https://www.sightline.org/2018/08/02/modular-construction-a-housing-affordability-game-changer/>

References

1. Bronnikov P.I. Obyomno-blochnoe domostroenie. Moscow: Sroyizdat, 1979. 160 p.
2. Obemno-blochnoe domostroenie: chudo, kotoroe ne sostoyalos [electronic source]// URL: <http://www.zestroy.ru/articles/410.htm>
3. Zavod obemno-blochnogo domostroeniya «Vybor OBD» [electronic source]// URL: <https://vyborstoi.ru/about/ooo-vybor-divisions/vybor-obd/>
4. Raines Court, information pack [electronic source] // URL: https://www.ahmm.co.uk/resources/res.aspx?p=/D5F3B15EA6AD760B165AC0DBF314A5885B22352923DD1D15F28E2242B09EF48E269B11C9AA9E1260/Raines%20Court%202010_LR.pdf
5. Sightline Institute [electronic source] // Modular construction: a housing affordability game-changer. URL: <https://www.sightline.org/2018/08/02/modular-construction-a-housing-affordability-game-changer/>

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

УДК 696.41

*Воронежский государственный
технический университет
Магистрант кафедры теплогазоснабже-
ния и нефтегазового дела
С.В. Белых*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21
e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru*

*Магистрант кафедры теплогазоснабже-
ния и нефтегазового дела
А.А. Потапов*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21
e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru*

Voronezh State

Technical University

*Master student of Department of Heat and Gas
Supply and Oil and Gas Business*

S.V. Belykh

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21

e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

*Master student of Department of Heat and Gas
Supply and Oil and Gas Business*

A.A. Potapov

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21

e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

С.В. Белых, А.А. Потапов

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Проведен анализ рекомендаций СП 373.1325800.2018 в части расчета тепловых нагрузок на нужды горячего водоснабжения и найдены значения теплотребления для многоквартирного жилого дома по месяцам и за год. Выполнено сравнение результатов при использовании расчетного метода и фактических данных по прибору учета. Представлены рекомендации по повышению точности расчетного метода.

Ключевые слова: теплотребление, расчетный метод, горячее водоснабжение, точность расчета.

S.V. Belykh, A.A. Potapov

INCREASING THE ACCURACY OF CALCULATION OF HOT HEAT WATER CON- SUMPTION IN AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEMS

An analysis of the recommendations of SP 373.1325800.2018 regarding the calculation of heat loads for the needs of hot water supply was carried out and the values of heat consumption for an apartment building were found for months and for a year. A comparison of the results using the calculation method and the actual data on the meter is performed. Recommendations on improving the accuracy of the calculation method are presented.

Keywords: heat consumption, calculation method, hot water supply, calculation accuracy.

При отсутствии у потребителя тепловой энергии прибора учета, расчет за ресурс может осуществляться с использованием расчетного метода. Условия применения расчетного мето-

да или статистических данных за предшествующие годы (при их наличии) могут быть указаны в договоре теплоснабжения, например отсутствие переданных показаний приборов учета, поломки и период поверки прибора[1,2].

Используемая расчетная методика должна получать адекватные результаты, т.е. сопоставимые с теми, которые были бы получены прибором учета. За последние десятилетия в области ЖКХ произошли значительные изменения в области нормативно-правовой базы, подходов к проектированию и использованию энергоэффективного оборудования[3,4]. Во многих областях РФ были определены экспериментально и утверждены местной властью удельные нормативы потребления ресурсов[5,6]. Нормативно-правовые акты в области энергосбережения, теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения, способствуют упорядочиванию расчетов и снижению потребления энергии сектором ЖКХ[7]. Многочисленные муниципальные, городские, региональные и общегосударственные целевые программы, имеют целевые индикаторы, указывающие на снижение потребления энергоресурсов и эффективность их использования[8,9]. Современные тенденции должны затрагивать и методики расчета потребления коммунальных ресурсов.

Одним из последних документов, позволяющим рассчитать потребление теплоты зданиями является СП 373.1325800.2018 в котором есть приложение (приложение А), позволяющее рассчитать тепловые нагрузки по статье горячее водоснабжения для жилого здания.

Согласно рассматриваемой методике средний расход количества теплоты на компонент горячего водоснабжения Q_{hm} , Вт может быть определён по формуле:

$$Q_{hm} = \frac{1,2m(a+b)(55-t_c)}{2,4 \cdot 3,6} c, \quad (1)$$

или

$$Q_{hm} = q_n m, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий тепловые потери от стояков и полотенцесушителей, системы горячего водоснабжения;

m – число человек;

a – норма расхода воды, при температуре 65°C, для жилых и общественных зданий на одного человека в сутки, которую принимаем в соответствии с СП 30.13330-2016, л/сут;

b – то же, для общественных зданий;

t_c – температура водопроводной воды используемой на нужды горячей в отопительный период. При отсутствии данных принимают равной 5 °C;

c – удельная теплоёмкость воды, принимаемая равной 4,187 кДж/(кг К);

q_n – укрупненный показатель среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение на одного человека, (принимается по таблице А 2 методики).

Среднюю нагрузку на горячее водоснабжение в летний период Q_{hm}^s , Вт, для жилых зданий определяют по формуле

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \frac{(55-t_c^s)}{(55-t_c)} \beta, \quad (3)$$

где t_c^s – температура холодной (водопроводной) воды в летний период (при отсутствии данных принимают равной 15 °C);

β – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в летний период по отношению к отопительному периоду, принимают при отсутствии данных для жилых домов 0,8.

В формуле (1) осталось старое требование по температуре горячей воды 55°C. В расшифровке обозначений сказано, что норма расхода воды принимается при температуре 65°C. Отсюда следует, что в формуле должно стоять значение 65.

Из равносильности уравнений (1) и (2), приведенных в методике следует, что показатель среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение на одного человека q_n , (принимается по таблице А2 методики), определяется по формуле

$$q_n = \frac{1,2(a+b)(55-t_c)}{2,4 \cdot 3,6} c. \quad (4)$$

Результат расчета по формуле (4) и справочные значения, приведенные в СП представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние укрупненные показатели расхода тепловой энергии за отопительный период
на нужды горячего водоснабжения

СП 373.1325800		Расчет ф.(4), Вт/чел		$t_c, ^\circ\text{C}$
$t=65^\circ\text{C}$, л/сут/чел	q_n , Вт/чел	$t=55^\circ\text{C}$	$t=65^\circ\text{C}$	
72	247	209,4	251,2	63,99
76	259	221,0	265,2	63,60
89	305	258,8	310,5	63,93
97	334	282,0	338,4	64,21

Из табл. 1 следует, что при использовании значения 55°C результаты получаются значительно заниженными в среднем на 43,5 Вт/чел по сравнению с данными СП. При использовании значения 65°C расчетные значения получаются выше приведенных в таблице СП в среднем на 5,1 Вт/чел.

В табл. 1 в последнем столбце приведены значения температур которые позволяют получить справочные данные по СП. Температура горячей воды имеет различные значения и находится в диапазоне от 63,6 до 64,21 °C. Характерно наличие минимума температуры при значении расхода тепловой энергии 259 Вт/м².

При расчетах расходов теплоты в летний период по формуле (3) СП итоговая ошибка расчета увеличивается, т.к. $(55-5)/(55-15) = 0,8$, а $(65-5)/(65-15) = 0,833$.

Диапазон норм расхода горячей воды, приведенный в табл. А2 (см. табл. 1 первый столбец) рассматриваемого СП 373.1325800.2018 с точки зрения СП 30.13330-2016 достаточен, но не охватывает значений действующих нормативов, принятых во многих областях. В городском округе город Воронеж действует приказ управления жилищно-коммунального хозяйства и энергетики воронежской области от 10 июля 2013 года № 116 «Об утверждении нормативов потребления коммунальных услуг по холодному, горячему водоснабжению, водоотведению в жилых помещениях на территории воронежской области» (с изм. 14.11.2016г.). При наличии централизованной сети горячего водоснабжения в жилых домах, оборудованных раковиной, кухонной мойкой, унитазом, ванной с душем норматив составляет 3,07 кубических метра на 1 человека в месяц. С учетом плотности воды имеющей значение 980,5 кг/м³ при температуре 65°C, принимая 365 дней в году, получим значение норматива 98,96 л/сут/чел. Подобные действующие нормативы, например, в областях Ростовской, Белгородской, Московской, Тульской, Орловской, составляют соответственно 101,54, 102,41, 104,12, 107,96, 116,37 л/сут/чел. Как следует из СП 30.13330.2016, нормы расхода воды, утвержденные региональными органами власти, являются приоритетными по отношению к рекомендуемым данным документом.

В таблице 2 представлены результаты расчета потребления теплоты на нужды горячего водоснабжения жилого многоквартирного дома, расположенного в г.Воронеж за период 2018-2019г., полученные расчетным методом по СП 373.1325800.2018. В столбцах 3,4 табл. 2 представлены данные полученные по формуле (1) с учетом местного норматива потребления горячей воды и проектных данных по продолжительности отопительного периода. В столбцах 5 и 7 получены данные с использованием формул (1) для отопительного и (3) для неотопительного периодов и данных по продолжительности отопительного периода, принятых по СП и фактических. В столбцах (6) и (8) данные получены с учетом удельного норматива потребления по СП. При использовании формулы (2) значения укрупненного показателя среднего расхода определялось экстраполяцией. В столбце 9 представлены фактические данные по потреблению зданием горячей воды, взятые с общедомового прибора учета (ОДПУ).

Таблица 2

Результаты расчетов теплоснабжения на нужды горячего водоснабжения, Гкал

период	Месяц	Местный норматив		климат СП ф.(1),(3)	климат СП ф.(2)	климат факт. ф.(1),(3)	климат факт. ф.(2)	Показания ОДПУ	Скорректированная методика
		климат СП	климат факт						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
не отопительный	Апрель	8,16	6,52	6,99	8,22	5,59	6,58	9,81	10,57
	Май	25,28	25,28	21,65	25,48	21,65	25,48	50,67	40,97
	Июнь	24,47	24,47	20,96	24,66	20,96	24,66	51,14	39,65
	Июль	13,05	13,05	11,18	13,15	11,18	13,15	25,93	21,14
	Август	25,28	25,28	21,65	25,48	21,65	25,48	41,68	40,97
	Сентябрь	24,47	24,47	20,96	24,66	20,96	24,66	49,605	39,65
	Октябрь	9,79	4,08	8,38	9,86	3,49	4,11	6,908	6,61
отопительный	Октябрь	24,21	33,13	20,74	24,40	28,38	33,40	46,791	42,95
	Ноябрь	39,50	39,50	33,84	39,82	33,84	39,82	57,71	51,21
	Декабрь	38,23	38,23	32,74	38,53	32,74	38,53	64,29	49,56
	Январь	39,50	39,50	33,84	39,82	33,84	39,82	63,67	51,21
	Февраль	35,68	35,68	30,56	35,96	30,56	35,96	48,14	46,25
	Март	39,50	39,50	33,84	39,82	33,84	39,82	57,15	51,21
	Апрель	25,48	28,03	21,83	25,69	24,01	28,26	38,93	36,34
Итого	За ноп	130,48	123,14	111,76	131,53	105,48	124,13	235,743	199,55
	За оп	242,10	253,57	207,38	244,04	217,20	255,60	376,681	328,73
	За год	372,59	376,71	319,14	375,57	322,68	379,73	612,42	528,28

Из таблицы 2 следует, что использование рекомендаций СП373.1325800.2018 в различных сочетаниях данных климатологии или фактических, а также с учетом местных нормативов, приводит к сильно заниженным значениям, составляющим чуть больше половины действительных.

Самое простое объяснение подобной ситуации, может заключаться в большом количестве незарегистрированных жильцов в доме. Но это число должно быть в 1,5-2 раза больше зарегистрированных, что вызывает сомнение. Объективных данных статистики по превышению фактически проживающих жильцов над зарегистрированными на сегодня нет, да и вряд ли может быть.

В формуле (1) использован коэффициент 1,2 учитывающий тепловые потери от стояков и полотенцесушителей, системы горячего водоснабжения. В ряде ранее используемых методи-

ках этот коэффициент рекомендовалось принимать в зависимости от степени благоустройства в интервале от 1,1 до 1,35. В автономных источниках теплоснабжения исключается возможность наличия сетей горячего водоснабжения на балансе потребителя после ЦТП, т.е. интервал уменьшится от 1,1 до 1,3 при неизолированных стояках в системе с полотенцесушителями.

Результаты расчетов теплопотребления на нужды горячего водоснабжения с учетом корректировки формулы (1) (температура воды принята 65°C, использован местный норматив, фактическая продолжительность отопительного периода, коэффициент тепловых потерь 1,3) представлены в таблице 2 в столбце 10. Из табл. 2 следует, что при использовании скорректированной формулы суммарные значения получаются намного ближе к фактическим. Итоговые данные столбцов 3-8 в среднем составляют только 58,4% от фактического значения, а корректировка позволяет получить 86,3%, т.е. улучшить результат на 27,9%. Тем не менее, разницу в 13,7% тоже нельзя назвать приемлемой.

Выводы

1. Проведен анализ рекомендаций СП 373.1325800.2018 в части расчета теплопотребления на нужды горячего водоснабжения. Установлено противоречие между расчетной формулой и укрупненными показателями среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение, рекомендуемыми СП.

2. По методике СП проведены расчеты теплопотребления многоквартирного жилого дома на нужды горячего водоснабжения с учетом проектных и фактических данных по продолжительности отопительного периода и местного норматива потребления воды. Сравнение данных расчетного метода и фактических, полученных по общедомовому прибору учета, показало значительную разницу.

3. Представлены рекомендации по повышению точности расчета, заключающиеся в использовании в применяемой формуле значения температуры воды 65°C, коэффициента тепловых потерь в диапазоне от 1,1 до 1,3 в зависимости от степени благоустройства системы ГВС, и необходимости учета местных нормативов потребления воды. Использование рекомендаций позволило приблизить результаты расчетного метода на 27,9% к фактическим.

Библиографический список

1. Фролов, Ю.В. Методы расчета теплопотребления на нужды отопления многоквартирных жилых зданий / Ю.В. Фролов, И.Ю. Фильшина, Д.О. Недобежких, В.М. Богданов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2019. - №1(14). – С. 34-39.
2. Китаев Д.Н. Расчет фактического теплопотребления промплощадки / Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. №3(8). – С.40-45.
3. Китаев, Д.Н. Современные отопительные приборы и система теплоснабжения /Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина // Энергосбережение. – 2012. – №6. – С. 59 – 63.
4. Китаев, Д.Н. Погрешность расчета температурного графика тепловой сети при использовании показателей отопительных приборов/ Д.Н. Китаев // Промышленная энергетика. – 2013. – №7. – С.34-37.
5. Мартыненко Г.Н. Перспективы развития системы гозоснабжения городского округа г.Воронеж на период 2035г. / Г.Н. Мартыненко, Д.Н. Китаев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. - №3(51). – С. 11-21.
6. Китаев, Д.Н. Развитие системы теплоснабжения городского округа город Воронеж в долгосрочной перспективе / Д.Н. Китаев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2010. - №2(3). – С.72-77.

7. Семенов, В.Н. Влияние энергосберегающих технологий на развитие тепловых сетей / В.Н. Семенов, Э.В. Сазонов, Д.Н. Китаев, О.В. Тертычный, Т.В. Щукина // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2013. – №8(656). – С. 78-83.

8. Семенов, В. Н. Энергосбережение и повышение энергоэффективности для объектов социальной сферы / В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина, Д.Ю. Королев // Энергосбережение. – 2010. – №6. – С. 38-43.

9. Китаев, Д.Н. Перспективные схемы использования когенерационных установок в системах теплоснабжения / Д.Н. Китаев, А.В. Золотарев, Н.С. Шестых // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – №2(7). – С. 26 – 29.

References

1. Frolov, Yu.V. Calculation methods of heat consumption for heating needs of apartment buildings / Yu.V. Frolov, I.Yu. Filshina, D.O. Nedobezhkih, V.M. Bogdanov // Urban planning. Infrastructure. Communications. - 2019. - No. 1 (14). - p. 34-39.

2. Kitaev D.N. Calculation of actual heat consumption of the industrial site / D.N. Kitaev, T.V. Schukina // Urban planning. Infrastructure. Communications. - 2017. No. 3 (8). - p. 40-45.

3. Kitaev, D.N. Modern heating appliances and heat supply system / D.N. Kitaev, T.V. Schukina // Energy Saving. - 2012. - No. 6. - p. 59 - 63.

4. Kitaev, D.N. The error in calculating the temperature graph of the heating network when using indicators of heating devices / D.N. Kitaev // Industrial energy. - 2013. - No. 7. - p. 34-37.

5. Martynenko G.N. Prospects for the development of the government supply system of the urban district of Voronezh for the period 2035 / G.N. Martynenko, D.N. Kitaev // Scientific journal of construction and architecture. - 2018. - No. 3 (51). - p. 11-21. 6. Kitaev, D.N. The development of the heat supply system of the urban district of the city of Voronezh in the long term / D.N. Kitaev // Scientific journal. Engineering systems and facilities. - 2010. - No. 2 (3). - p. 72-77.

7. Semenov, V.N. The influence of energy-saving technologies on the development of heating networks / V.N. Semenov, E.V. Sazonov, D.N. Kitaev, O.V. Tertychny, T.V. Schukina // News of higher educational institutions. Construction. - 2013. - No. 8 (656). - p. 78-83.

8. Semenov, V. N. Energy conservation and energy efficiency improvement for social facilities / V.N. Semenov, D.N. Kitaev, T.V. Schukina, D.Yu. Korolev // Energy Saving. - 2010. - No. 6. - p. 38-43.

9. Kitaev, D.N. Perspective schemes of using cogeneration units in heat supply systems / D.N. Kitaev, A.V. Zolotarev, N.S. Shestykh // Scientific journal. Engineering systems and facilities. - 2012. - No. 2 (7). - p. 26 - 29.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры теплога-
зоснабжения и нефтегазового дела*

Д.Н. Китаев

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21

e-mail: dim.kit@rambler.ru

*Магистрант кафедры теплогазоснабже-
ния и нефтегазового дела*

Д.А. Михайлов

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21

e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

*Магистрант кафедры теплогазоснабже-
ния и нефтегазового дела*

Д.Е. Чебуланкин

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21

e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

Voronezh State

Technical University

*Ph.D. (Engineerin), Assoc Prof. of Department
of Heat and Gas Supply and Oil and Gas
Business D.N. Kitaev*

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21

e-mail: dim.kit@rambler.ru

*Master student of Department of Heat and Gas
Supply and Oil and Gas Business*

D.A. Mikhailov

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21

e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

*Master student of Department of Heat and Gas
Supply and Oil and Gas Business*

D.E. Chebulankin

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21

e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

Д.Н. Китаев, Д.А. Михайлов, Д.Е. Чебуланкин

РАСЧЕТ ПАРОВОДЯНОГО ИНЖЕКТОРА В КОТЕЛЬНОЙ

Проведен расчет термодинамических параметров пароводяного инжектора, предполагаемого к установке в паровой котельной с целью замены пароводяных подогревателей. Определен рабочий диапазон. Установлено, что для получения расчетных температур воды в тепловой сети, необходимо использовать дополнительное оборудование.

Ключевые слова: пароводяной инжектор, термодинамические параметры, система тепло-снабжения.

D.N. Kitaev, D.A. Mikhailov, D.E. Chebulankin

CALCULATION OF A STEAM-WATER INJECTOR IN A BOILER HOUSE

The thermodynamic parameters of the steam-water injector calculated for installation in a steam boiler to replace steam-water heaters were calculated. The operating range is determined. It was established that to obtain the estimated water temperatures in the heating network, it is necessary to use additional equipment.

Key words: steam-water injector, thermodynamic parameters, heat supply system.

Практически во всех отраслях промышленности применяются струйные аппараты или инжекторы[1-3]. Относительная простота конструкции и изготовления обеспечили широкий диапазон использования подобных устройств. В современной энергетике инжекторы применяются на электростанциях, в теплофикационных установках, в промышленной теплотехнике, в тепловых сетях и т.д.

В последние десятилетия активно совершенствуются и внедряются конструкции пароводяных инжекторов[4]. Струйные аппараты являются энергосберегающей технологией, т.к не используют электроэнергию и сочетают в себе нагнетатель и смешивающий теплообменный аппарат[5-7]. Струйные аппараты в ряде случаев успешно используются в место традиционных теплообменных устройств в системах теплоснабжения городов [8,9]. Их можно использовать при реконструкции и модернизации систем теплоснабжения на ряду с другими энергоэффективными технологиями, что способствует экономии топливно-энергетических ресурсов[10-12]. Разработаны автоматизированные схемы горячего водоснабжения, насосно-нагревательные установки, деаэрационные установки и даже тепловые узлы[2,6]. Тем не менее, потенциал струйных аппаратов не реализован в полной мере. Развитие теплообменного и насосного оборудования, в том числе иностранного производства, сдерживает внедрение пароструйных инжекторов[8].

По методике, изложенной Соколовым Е.Я и Зингером М.Н. [1], был проведен расчет пароструйного инжектора с цилиндрической камерой смешения, схема которого приведена на рисунке 1.

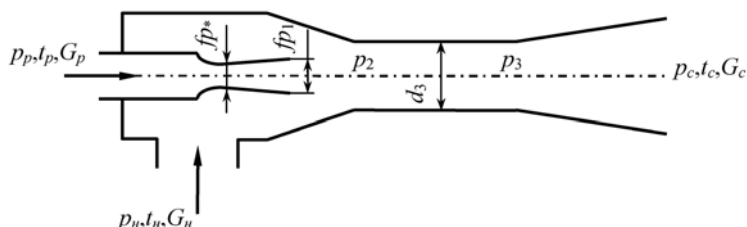


Рис. 1. Пароводяной инжектор с цилиндрической камерой смешения

Инжектор рассматривается для использования в паровой котельной вместо пароводяного подогревателя с выносными охладителями конденсата. В котельной установлено три котла типа ДКВР 4-13, расход инжектируемой воды 70т/ч, а температура и давление соответственно 70°C и 7ат. Расчетное давление после инжектора 10ат.

Алгоритм расчета следующий. Определяется приведенная изоэнтропная скорость пара λ_p по формуле

$$\lambda_p = \sqrt{\left(1 - \frac{p_n}{p_p} \frac{k-1}{k}\right) \frac{k+1}{k-1}}, \quad (1)$$

где k – показатель адиабаты сухого насыщенного пара, принимаемый 1,135[13];
 p_n, p_p – давления инжектируемой среды и рабочего пара соответственно, ат.

Рассчитывается коэффициент C по формуле

$$C = \lambda_p \frac{2K_1}{\varphi_3} \sqrt{\frac{k}{k+1}} \sqrt{\frac{v_p}{v_n} p_p}, \quad (2)$$

где K_1 – коэффициент скорости рабочего потока, принимаемый 0,834;
 φ_3 – коэффициент скорости диффузора, принимаемый 0,9;
 v_p, v_n – удельные объемы рабочего пара и инжектируемой воды, принимаемые соответственно 0,1512 и 0,0010227 кг/м³.

Достижимый коэффициент инжекции u при заданных условиях определяем по формуле

$$u = \frac{C \sqrt{p_n - p_k}}{(p_c - p_n) + (2 - \varphi_3^2)(p_n - p_k)} - 1. \quad (3)$$

Последнее уравнение решается методом последовательных приближений. Задаваясь значением u находим значение давления насыщения при температуре нагретой воды p_k .

Из уравнения теплового баланса определяется значение температуры воды в камере смешения t_{k2} , °C по формуле

$$t_{k2} = \frac{i_p + u c_n t_n}{(1+u) c_n}, \quad (4)$$

где c_n – теплоемкость инжектируемой воды, принимаемая 1 ккал/кг/°C.

Задавая значения u по найденным значениям t_{k2} по таблицам водяного пара определяем соответствующие давление конденсации p_{k2} , линейной интерполяцией. Результаты расчета зависимости p_k , t_{k2} от u и $p_{k2} = f(t_{k2})$ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов по формулам (3), (4) и $p_{k2} = f(t_{k2})$

u	5,07	5,38	6,19	7,10	9,26	10,45	11,37	12,73	13,66	14,01	15,54	15,58	15,21	14,72	14,20
p_k , ат	6,91	6,9	6,87	6,83	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	6	5	4	3	2	1
p_{k2} , ат	7,527	6,704	5,113	3,982	2,560	2,133	1,885	1,609	1,462	1,412	1,229	1,225	1,264	1,322	1,387
t_{k2} , °C	168,0	163,3	152,8	143,5	128,0	122,0	118,1	113,3	110,6	109,6	106,0	105,9	106,7	107,9	109,2

По данным таблицы 1 построены графики функций $p_k = f(u)$, $p_{k2} = f(u)$. На пересечении кривых находятся предварительные значения минимального и максимального коэффициента инжекции и соответствующие давления: $u_{\min} = 5,299$, $p = 6,9026$; $u_{\max} = 14,385$, $p = 1,363$ ат.

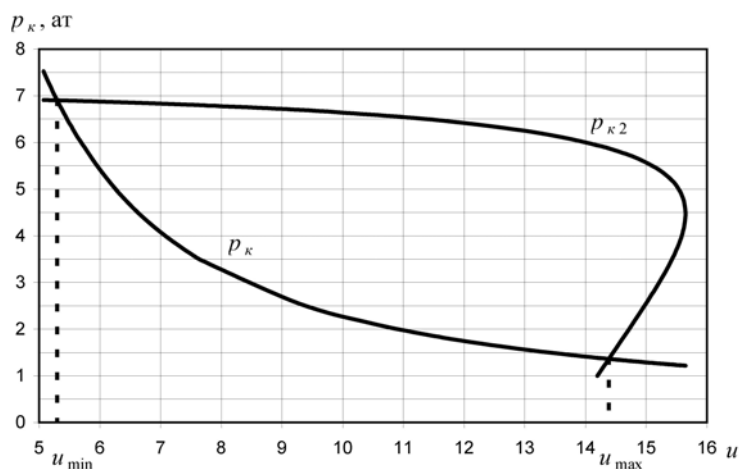


Рис. 1. Функции $p_k = f(u)$, $p_{k2} = f(u)$

Отношение сечений камеры смешения f_3 и критического сечения сопла fp^* , обеспечивающее реализацию достижимого коэффициента инжекции, является основным геометрическим параметром инжектора и определяется по формуле

$$\frac{f_3}{fp^*} = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \sqrt{\frac{p_p}{p_n - p_k}} \sqrt{\frac{v_n}{v_p}} (1+u). \quad (5)$$

Отношение выходного сечения рабочего сопла fp_1 к критическому fp^* , определяется по газодинамической функции $q(\lambda)$, представляющей собой приведенную массовую скорость (отношение массовой скорости изэнтропно текущего потока в данном сечении к массовой скорости этого потока в критическом сечении)

$$\frac{fp_*}{fp_1} = q = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}} \lambda_p \left(1 - \frac{\lambda_p^2 (k-1)}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}}. \quad (6)$$

Значение давления после инжектора p_c определяется как функция u по формуле

$$p_c = p_p \left[\Pi_{p1} \frac{fp_1}{fp_3} + \frac{K_1}{\varphi_3} k \Pi_{p*} \lambda_p \frac{fp_*}{f_3} - (1 - 0,5\varphi_3^2) k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \frac{v_c}{v_p} \left(\frac{fp_*}{f_3} \right)^2 (1+u)^2 \right] + \left(1 - \frac{fp_1}{f_3} \right) p_n, \quad (7)$$

где Π_{p*} - критическое отношение давлений.

С целью определения максимального и минимального коэффициента инжекции, используем зависимость давления в начале камеры смешения p_2 от u вида

$$p_2 = p_n - \frac{k}{2} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \left(\frac{fp_*}{f_3} \right)^2 \frac{v_n}{v_p} p_p (1+u)^2. \quad (8)$$

Предельные значения рабочего диапазона находятся на пересечении кривых p_k и p_2 , представленных на рисунке 2.

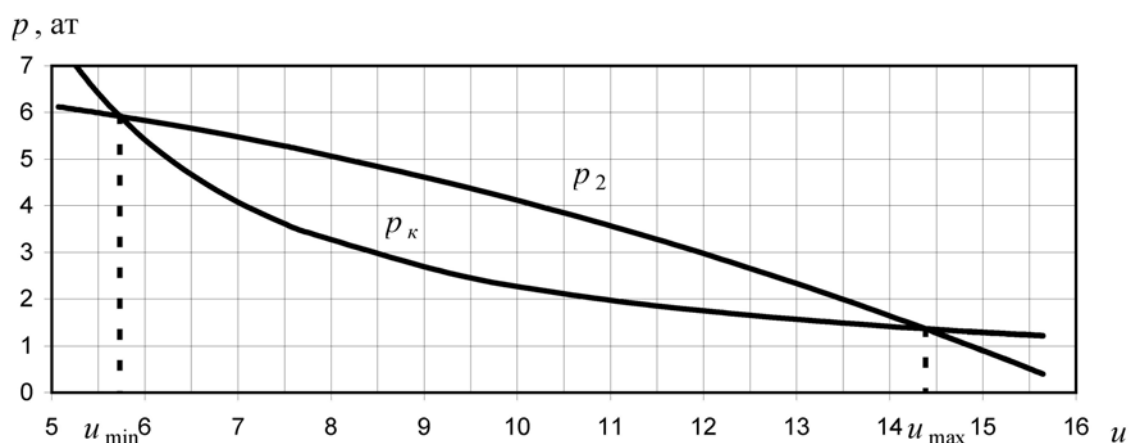


Рис. 2. Функции $p_k = f(u)$, $p_2 = f(u)$

В результате минимальное значение коэффициента инжекции в рабочем диапазоне $u_{\min} = 5,731$, при этом $p_k = p_2 = 5,921$ ат, а максимальное $u_{\max} = 14,385$ при этом $p_k = p_2 = 1,363$ ат.

На рисунке 3 представлены значения температур и давления на выходе из инжектора, рассчитанные по формулам (4) и (7) соответственно.

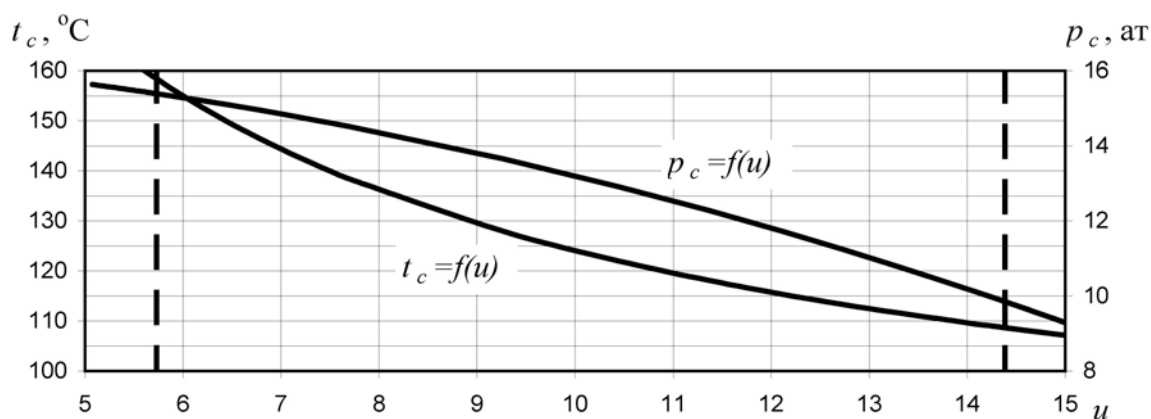


Рис. 3. Функции $t_c = f(u)$, $p_c = f(u)$

Данные расчетов показывают, что в области рабочего диапазона в зависимости от значения u , температура на выходе из инжектора может находиться в диапазоне от 108,68 до 158,42°C а давление от 9,57 до 15,57 атмосфер. Для поддержания температуры на выходе 150°C, необходимо обеспечить коэффициент инжекции 6,44, а давление при этом составит 15,11 ат; для 120°C – $u = 10,9$; для 110 °C – $u = 13,88$. Обеспечить параметры температуры воды меньшей 109°C, в условиях расчета не представляется возможным. Для этого необходимо после инжектора ставить устройства смешения потока горячей воды и, например, обратной из тепловой сети.

Выводы

1. Проведен расчет термодинамических параметров пароводяного инжектора, предполагаемого к установке в паровой котельной с целью замены пароводяных подогревателей. Определен рабочий диапазон инжектора в условиях расчета находящийся при коэффициентах инжекции от 5,731 до 14,385.

2. На основе результатов расчетов установлено, что в условиях исходных данных пароводяной инжектор в системе теплоснабжения можно использовать только для диапазона температур воды на выходе от 109 до 150°C. Для получения более низких температур необходимо использовать многоступенчатую инжекцию, либо дополнительные устройства смешения потоков рабочего пара и воды.

Библиографический список

1. Соколов, Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 352с.
2. Белевич, А.И. О применении паровых инжекторов в теплоснабжении / А.И. Белевич, А.В. Крупцев, В.А. Малафеев // Энергетик. – 2001. - №11. – С. 20-22.
3. Пашенко, Д.И. CFD-моделирование характеристик парового эжектора для разогрева нефти и нефтепродуктов в ANSYS / Д.И. Пашенко, И.С. Наплеков // Экспозиция нефть газ. – 2018. - №2(62). – С. 54-56.
4. Александров, Ю.Б. Влияние входной части камеры смешения на эффективность работы эжектора / Ю.Б. Александров, В.И. Панченко // Вестник МГСУ. – 2011. - №7. – С. 229-235.
5. Практическое применение энергосберегающих технологий: учебное пособие / Д.Н. Китаев, П. Новаковски, Э.В. Сазонов и др.; под общ. ред. В.Н. Семенова и Н.С. Попова. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2014. - 193 с.
6. Китаев, Д.Н. Перспективные схемы использования когенерационных установок в системах теплоснабжения / Д.Н. Китаев, А.В. Золотарев, Н.С. Шестых // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – №2(7). – С. 26 – 29.
7. Лупов, Н.С. Принцип работы эжектора / Н.С. Лупов // Омский научный вестник. – 2015. - №2(140). – С. 167-168.
8. Семенов, В.Н. Влияние энергосберегающих технологий на развитие тепловых сетей / В.Н. Семенов, Э.В. Сазонов, Д.Н. Китаев, О.В. Тертычный, Т.В. Щукина // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2013. - №8(656). – С. 78-83.
9. Аронсон, К.Э. Анализ экспериментальных характеристик многоступенчатых пароструйных эжекторов паровых турбин / К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков, Ю.М. Бродов, Д.В. Брезгин, Н.В. Желонкин, И.Б. Мурманский // Теплоэнергетика. – 2017. - №2. – С. 28-35.
10. Китаев, Д.Н. Погрешность расчета температурного графика тепловой сети при использовании показателей отопительных приборов/ Д.Н. Китаев // Промышленная энергетика. – 2013. – №7. – С.34-37.

11. Мартыненко Г.Н. Перспективы развития системы газоснабжения городского округа г.Воронеж на период 2035г. / Г.Н. Мартыненко, Д.Н. Китаев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. - №3(51). – С. 11-21.
12. Китаев, Д.Н. Современные отопительные приборы и система теплоснабжения / Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина // Энергосбережение. – 2012. – №6. – С. 59 – 63.
13. Курносов, А.Т. Техническая термодинамика / А.Т. Курносов, Д.Н. Китаев. Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2007. - 96 С.

References

1. Sokolov, E.Ya. Inkjet devices / E.Ya. Sokolov, N.M. Singer. - M: Energoatomizdat, 1989. - 352p.
2. Belevich, A.I. On the use of steam injectors in heat supply / A.I. Belevich, A.V. Krupcev, V.A. Malafeev // Energetik. - 2001. - No. 11. - P. 20-22.
3. Pashchenko, D.I. CFD modeling of the characteristics of a steam ejector for heating oil and oil products in ANSYS / D.I. Pashchenko, I.S. Naplekov // Exposition oil gas. - 2018. - No. 2 (62). – P. 54-56.
4. Alexandrov, Yu.B. The influence of the input part of the mixing chamber on the efficiency of the ejector / Yu.B. Alexandrov, V.I. Panchenko // Bulletin of MGSU. - 2011. - No. 7. - S. 229-235.
5. The practical application of energy-saving technologies: a training manual / D.N. Kitaev, P. Novakovsky, E.V. Sazonov and others; under the general. ed. V.N. Semenova and N.S. Popova. Tambov: Publishing House Pershina R.V., 2014. - 193 p.
6. Kitaev, D.N. Perspective schemes of using cogeneration units in heat supply systems / D.N. Kitaev, A.V. Zolotarev, N.S. Sixth // Scientific journal. Engineering systems and facilities. - 2012. - No. 2 (7). - P. 26 - 29.
7. Lupov, N.S. The principle of operation of the ejector / N.S. Lupov // Omsk Scientific Herald. - 2015. - No. 2 (140). - P. 167-168.
8. Semenov, V.N. The influence of energy-saving technologies on the development of heating networks / V.N. Semenov, E.V. Sazonov, D.N. Kitaev, O.V. Tertychny, T.V. Schukina // News of higher educational institutions. Construction. - 2013. - No. 8 (656). - P. 78-83.
9. Aronson, K.E. Analysis of the experimental characteristics of multi-stage steam-jet ejectors of steam turbines / K.E. Aronson, A.Yu. Ryabchikov, Yu.M. Brodov, D.V. Brezgin, N.V. Zhelonkin, I.B. Murmansk // Thermal engineering. - 2017. - No. 2. - P. 28-35.
10. Kitaev, D.N. The error in calculating the temperature graph of the heating network when using indicators of heating devices / D.N. Kitaev // Industrial energy. - 2013. - No. 7. - P. 34-37.
11. Martynenko G.N. Prospects for the development of the government supply system of the urban district of Voronezh for the period 2035 / G.N. Martynenko, D.N. Kitaev // Scientific journal of construction and architecture. - 2018. - No. 3 (51). - P. 11-21.
12. Kitaev, D.N. Modern heating appliances and heat supply system / D.N. Kitaev, T.V. Schukina // Energy Saving. - 2012. - No. 6. - P. 59 - 63.
13. Kurnosov, A.T. Technical thermodynamics / A.T. Kurnosov, D.N. Chinas. Voronezh. state arch-build. un-t - Voronezh, 2007. - 96 p.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет*

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

А.С. Строкин

e-mail: alexmech23@gmail.com

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

*магистр, кафедры строительства и эксплуа-
тации автомобильных дорог*

А.Д. Чудайкин

e-mail: a.chudaykin777@mail.ru

*асс. кафедры проектирования автомобильных
дорог и мостов*

Р.С. Поляков

e-mail: polyakovro@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

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

A.S. Strokin

e-mail: alexmech23@gmail.com

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

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

A.D. Chudaikin

e-mail: a.chudaykin777@mail.ru

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

R.S. Poliakov

e-mail: polyakovro@yandex.ru

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА В ГОРОДЕ

Вывоз и утилизация выпавшего на город снега является основной проблемой зимнего содержания города. Проблемы возникающие при утилизации снега в городе носят экологический характер, т.к. снежная масса вобрала в себя все загрязнения городской среды, противогололедные материалы и химические реагенты. Эта масса, подлежащая вывозу, после применения реагентов и перемешивания колесами транспортных средств, по объему в несколько раз меньше массы выпавшего снега. Следует учесть в расчетах, что снег, подлежащий вывозу, собирается не только с проезжей части, но и с тротуаров, а также сбрасывается с крыш.

Ключевые слова: снежная масса, стационарные снегоплавильные установки, мобильные снеготаялки, утилизация снега.

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

THE ENVIRONMENTAL PROBLEM OF DISPOSING OF SNOW IN THE CITY

Removal and disposal of snow fallen on the city is the main problem of winter maintenance of the city. Problems arising from the disposal of snow in the city are environmental in nature, because the snow mass has absorbed all the pollution of the urban environment, anti-icing materials and chemicals. This mass to be exported, after the use of reagents and mixing by the wheels of vehicles, is several times smaller in volume than the mass of the fallen snow. It should be taken into account in the calculations that the snow to be exported is collected not only from the roadway, but also from the sidewalks, as well as dumped from roofs.

Keywords: snow mass, stationary snow melting plants, mobile snow melting machines, snow recycling.

Значительная часть территории нашей страны характеризуется большим количеством осадков в зимний период. Обеспечить хорошую пропускную способность на дорогах становится непросто. Особенно, эта проблема остро стоит в мегаполисах. В современном мире существует множество методов переработки снежных отходов.

Несмотря на примерно одинаковую величину выпавшего снега, зимнее содержание дорог в городе отличается от содержания загородных дорог. Значительное отличие от внегородских магистралей также связано с ограниченной шириной улиц и наличием так называемых «красных линий» – условных границ, в которых лежит улица, чаще всего это стены зданий. А высокая плотность населения в городе требует своевременной очистки пешеходных зон и остановок общественного транспорта. На автомобильных дорогах и магистралах вне населенных пунктов, снег отбрасывается за пределы проезжей части и обочин патрульными снегоочистителями. В населенных пунктах снег складывается вдоль тротуара на крайне правой полосе, и должен быть вывезен в определенный срок, для дальнейшей утилизации чтобы не занимать полосу движения. Все это требует своевременной утилизации снега. Поэтому вывоз снега самая дорогая составляющая уборки [1-3].

Сколько снега подлежит утилизации в Воронеже? В соответствии с приказом по городскому округу город Воронеж №655-р от 24.08.17, твердые покрытия города имеют площадь 2,410 млн. м². Согласно многолетним наблюдениям, высота снежного покрова в городе 0,6-0,8 м, плотность снега 0,12-0,15 т/м³. Соответственно объем выпавшего снега составляет 2,89 млн. м³. Необходимо учесть, что безреагентная уборка во дворах и внутридворовых проездах, а также снег с крыш добавляет еще 0,76 млн. м³.

Применяемая в городе песко-соленая смесь обладает плавающей способностью при -5 °С, и будет воздействовать на снежную массу высотой до 17 см. Учитывая оттепель, испарение и уплотнение снежной массы под движением городского транспорта, в сезон необходимо вывезти и утилизировать 0,85-1 млн. м³.

Проблемы возникающие при утилизации снега в городе носят экологический характер, т.к. снежные массы содержат различные виды отходов производства и потребления, а также вредные химические вещества.

Снежные массы вывозятся и сваливаются в организованные отвалы на неподготовленные открытые площадки. Противогололедный реагент, представляющая собой смесь строительного песка и технической соли «Галит» согласно паспортным данным содержит: хлористый натрий - 97%; нерастворимый в воде остаток - не более 2%; хлористый магний - не более 0,3%; сернокислый кальций - не более 3,3%; хлористый калий - не более 2, 7% [3-4]/

Согласно Постановления Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» натрий, все растворимые формы магния, кальций, калий имеют статус загрязняющих веществ, и попадание их в окружающую среду будет негативно влиять на её компоненты, и со временем может привести к нарушению экологической безопасности [5]. Ведь в процессе таяния загрязненных снежных масс, на неорганизованных площадках, в окружающую среду попадают химически опасные вещества. При нарушении или вовсе отсутствии гидроизоляции дна площадки для складирования снега, талая вода попадает в почву, вызывая её деградацию и истощение. А, часть попавших в почву загрязняющих веществ вымывается в грунтовые воды.

Сегодня снежные массы не имеют официального юридического статуса, ни как опасное для окружающей среды вещество, ни как "отход производства и потребления". Снег – это атмосферный осадок, выпадающий на земную поверхность. А вот снежная масса не является атмосферными осадками.

Состав твердых загрязнений в вывозимом снеге

Группа	Вес во влажном состоянии, кг/100м ³	Объем занимаемый при выгрузке, м ³ /100м ³
Изделия из резины	12	0,01
Упаковка (тара)	10	0,2
Пищевые отходы	2	0,004
Волокнистые материалы	10	0,015
Прочие	15	0,008
Всего	129	0,337
Итого по плавающему мусору	52	0,135
Итого по оседающим осадкам	77	0,202

Единственным требованием к площадкам является Инструкция по организации и технологии механизированной уборки населенных мест, утвержденная 12.07.1978 Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР [6]. Логично, что за эти годы изменились объемы выброса в атмосферу загрязняющих веществ. Соответственно, необходимо разработать современные требования к утилизации снежных масс, для обеспечения охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Все способы, методы и технологии плавления снежной массы подразделяются:

- «сухие» снегосвалки, газоны и др. свободные территории;
- речные свалки;
- на подземных водотоках;
- в емкостях, водоподогревателях с горячей и перегретой водой;
- погружные горелки, водогрейные котлы – за счет тепла, выделяемого горелкой;
- снегоплавление в канализационных и водных стоках;
- мобильные снегоплавильные установки.

Снегосплавной пункт представляет собой комплекс инженерных сооружений, расположенный на сбрасываемых водах в канализационные или водосточные сети. Такой пункт имеет приемную камеру (или камеры), энергетическое и насосное оборудование, систему трубопроводов и затворов, обеспечивающих круглосуточный прием и плавление снега с отведением талых вод в систему канализации города. Конструктивно, снегосплавные пункты в зависимости от способов подачи и обработки снежной массы и воды для активного плавления, можно разделить на несколько типов: однокоридорный снегосплавной пункт с песколовкой, снегосплавные пункты с погружными горелками, снегосплавной пункт с подачей снежной массы через молотковую дробилку.

Устраивать снегосплав на водосточном коллекторе целесообразно, если тот имеет диаметр не менее 1500 мм и постоянный расход воды 500 л/с, скорость водного потока не менее 0,4–0,5 м/с, загрузка сети сточной жидкостью не должна превышать половины ее диаметра. Прием снега производится через специальную камеру. Устройство камеры непосредственно на водосточном коллекторе или на водотоке промстоков представляется нерациональным.

Площадка должна отвечать следующим требованиям: оборудована искусственным водонепроницаемым и химически стойким покрытием; обвалование площадки по всему периметру; иметь водоприемники с песко-мусоро-уловителями [1,7].

Применение мобильных снеготаялок позволяет исключить согласования на землеотвод, проектирование ССП, строительно-монтажные работы. Кроме того, значительно сократить плечо вывоза, предупредить несанкционированные свалки.

Общую систему городской утилизации снега удачно дополняют существующие мобильные снеготаялки. Применяемые мобильные снеготаялки могут быть классифицированы как: работающие по типу водогрейного котла, по типу теплоносителей за счет непосредственного контакта газообразных продуктов сгорания топлива в водной массе или нагретого воздуха в плавильной камере.

Для решения рассматриваемой проблемы необходимо на законодательном уровне определить статус загрязненных снежных масс, образованных от уборки городских улиц. Это позволит применять в отношении них конкретные требования по обращению с данным видом отходов (сбор, накопление, транспортирование, обезвреживание, хранение, размещение и т.д.).

Для повышения экологической и транспортной привлекательности города Воронежа в зимнее время целесообразно применение комплексного подхода (с применением стационарных снеготаяльных установок и мобильных снеготаялок) к утилизации снежных масс. Рациональными и экологически целесообразными способами является использование снеготаяльных пунктов, подключаемых к объектам центрального водоотведения и мобильных снеготаяльных установок. В дальнейшем отводимые талые воды должны проходить процедуру очистки на канализационных очистных сооружениях, после чего очищенная вода, доведенная до нормативного состояния, подлежит дальнейшему сбросу в водные объекты. В свою очередь образованные после таяния снега различные виды отходов производства и потребления, ранее присутствовавшие в составе загрязнённых снежных масс, должны собираться и вывозиться на специализированные объекты размещения отходов.

Вывод

1. Складирование загрязненных снежных масс, образованных от зимней уборки улиц, на необорудованных специальным образом площадках, способно оказать существенное негативное влияние на практически все компоненты окружающей природной среды, и дальнейшее распространение загрязняющих веществ носит трудно прогнозируемый характер.

2. Выполнение всех вышеуказанных природоохранных мероприятий позволит муниципальному образованию города Воронежа решить проблему загрязнения компонентов природной среды при эксплуатации площадок для складирования снежных масс, образованных от зимней уборки городских территорий.

3. Требуют дальнейшего развития регламентные вопросы зимнего содержания городских дорог, такие как сроки вывоза снежной массы, которые должны сопоставляться с ущербом от снижения скорости транспортного потока и пропускной способности магистрали в результате продолжительности наличия снежного вала в лотковой зоне проезжей части.

Библиографический список

1 Борисюк, Н. В. Зимнее содержание городских дорог: учебное пособие / Н. В. Борисюк. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 146 с.: ил., цв. ил., рис., табл. – ISBN 978-5-9729-0265-1. – Текст: непосредственный.

2 Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог. В 2 томах. Том 1: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Автомобильные дороги и аэродромы" направления подготовки "Транспортное строительство" / А. П. Васильев. – Москва: Академия, 2010. – 314, [1] с.: ил. – (Высшее профессиональное образование. Транспортное строительство). – ISBN 978-5-7695-5342-4. – Текст: непосредственный.

3 Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог. В 2 томах. Том 2: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Автомобильные дороги и аэродромы" направления подготовки "Транспортное строительство" / А. П. Ва-

сильев. – Москва: Академия, 2010. – 318, [1] с.: ил. – (Высшее профессиональное образование. Транспортное строительство). – ISBN 978-5-7695-5344-8. – Текст: непосредственный.

4 Зимнее содержание автомобильных дорог / Г. В. Бялобжеский, А. К. Дюнин, Л. Н. Плакса [и др.]; под редакцией А. К. Дюнина. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва: Транспорт, 1983. – 196, [1] с.: ил., табл. – Текст: непосредственный.

5 Постановление Правительства Российской Федерации от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».

6 Инструкция по организации и технологии механизированной уборки населенных мест, утв. 12.07.1978 Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР

References

1. Borisjuk N. V. Winter maintenance of urban roads: textbook / N. V. Borisjuk. - Moscow; Vologda: Infra-Engineering, 2019. - 146 p.: Il., Col. sludge., rice., table. – ISBN 978-5-9729-0265-1. - Text: immediate.

2. Vasiliev, A. p. Exploitation of highways. In 2 volumes. Volume 1: textbook for students of higher educational institutions, studying in the specialty "Roads and airfields" areas of training "Transport construction" / AP Vasiliev. - Moscow: Akademiya, 2010. – 314, [1] p.: Il. - (Higher professional education. Transport construction.) – ISBN 978-5-7695-5342-4. - Text: immediate.

3. Vasiliev, A. p. Exploitation of highways. In 2 volumes. Volume 2: textbook for students of higher educational institutions, studying in the specialty "Roads and airfields" areas of training "Transport construction" / AP Vasiliev. - Moscow: Akademiya, 2010. – 318, [1] p.: Il. - (Higher professional education. Transport construction.) – ISBN 978-5-7695-5344-8. - Text: immediate.

4. Winter maintenance of roads / G. V. Byalobzhesky, A. K. Dunin, L. N. Plaksa [et al.]; edited by A. K. Dunin. - 2nd ed., additional and pererab. - Moscow: Transport, 1983. – 196, [1] p.: Il., table. - Text: immediate.

5. Resolution of the Government of the Russian Federation of 12.06.2003 No. 344 "about standards of the payment for emissions in atmospheric air of polluting substances by stationary and mobile sources, discharges of polluting substances in surface and underground water objects, placement of production and consumption wastes".

6. Instruction on the organization and technology of mechanized cleaning of settlements, UTV. 12.07.1978 Ministry of housing and communal services of the RSFSR.

*Таласский государственный университет
проректор по учебной и научной работе,
к.т.н., доцент М.С. Тургунбаев
Кыргызская Республика, г. Талас*

*Talas State University
Vice-Rector for Academic Affairs, Ph.D.,
Associate Professor M.S. Turgunbaev
Kyrgyz Republic, Talas*

М.С. Тургунбаев

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРЕЗИ РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТА, СОДЕРЖАЩЕГО ОБЛОМОЧНО-КАМЕННОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ

Площадь каменистых почв в Кыргызской Республике только в зоне земледелия составляет около 3809 тыс. га, в том числе: слабокаменистых – 1477 тыс. га; среднекаменистых – 1495 тыс. га; сильнокаменистых – 10,4 тыс. га. Разработка грунтов, содержащих обломочно-каменные включения землеройными машинами характеризуется значительной энергоемкостью, динамичностью процесса разрушения грунта. На энергетические параметры резания влияют в свою очередь закономерности изменения характеристик прорези разрушения грунта. На изменение формы и размера прорези разрушения влияют геометрические формы и размеры обломочно-каменного включения и его расположение в массиве грунта относительно ширины и глубины резания.

Ключевые слова: обломочно-каменные включения, прорезь разрушения, характеристики прорези разрушения, расположение обломочно-каменной частицы относительно ширины и глубины резания, «активная часть», «пассивная часть» обломочно-каменного включения, уплотненное ядро, выкатывание, вдавливание, объем разрушенного грунта.

M.S. Turgunbaev

CHARACTERISTICS OF THE FRACTURE SLOT OF SOIL CONTAINING DEBRIS-STONE INCLUSION

The area of stony soils in the Kyrgyz Republic only in the agricultural zone is about 3809 thousand hectares, including: slightly stony – 1477 thousand hectares; medium-stony – 1495 thousand ha; very stony – 10.4 thousand ha. The development of soils containing debris-stone inclusions by earth-moving machinery is characterized by a significant energy intensity and dynamic fracture process. In turn, the energy parameters of cutting are affected by the patterns of changes in the characteristics of the soil destruction slot. The shape and size of the fracture slot are affected by the geometric shapes and sizes of the debris-stone inclusion and its location in the soil mass relative to the width and depth of cutting.

Key words: Debris-stone inclusions, fracture, characteristics of the fracture, the location of the debris relative to the width and depth of cutting, “active part”, “passive part” of the debris-stone inclusion, compacted core, rolling out, indentation, volume of the destroyed soil.

Известно, что содержание крупных твердых включений в массиве грунтов изменяется случайным образом, как по количеству, по геометрическим формам и размерам, так и по расположению относительно режущей кромки рабочего органа землеройной машины. Особенностью резания грунта, содержащего обломочно-каменное включение является то, что под влиянием внешнего контура обломка, форма и размеры прорези разрушения изменяются. На изменение формы и размера прорези разрушения влияют геометрические формы и размеры обломочно-каменного включения и его расположение в массиве грунта относительно ширины и глубины резания.

Актуальность исследований отмечается тем, что зная закономерности изменения геометрических параметров прорези разрушения, в зависимости от параметров обломочно-каменного включения грунта, его расположение в массиве грунта относительно ширины и глубины резания можно определить пути снижения энергоемкости и динамичности процесса резания грунта.

Рассмотрим случай, когда резание грунта происходит узкими режущими элементами, параллельно горизонту и дневной поверхности - 4. Отделение слоя - 1 от массива грунта – резание грунта происходит под действием режущего элемента – 2 и силы резания - P_p , под углом резания - α , с геометрическими параметрами: глубины – h и ширины резания – b , со скоростью резания - v_p [1].

Включением грунта является обломочно-каменная частица различных размеров и форм - 3. В нашем случае она имеет близко шаровидную форму [2]. Стружка грунта от массива отделяется под углом – ω в направлении резания, и под углом ω в боковых расширениях – 5.

Геометрические параметры резания однородного грунта характеризуются глубиной (толщиной), шириной резания и геометрическими размерами боковых расширений [3].

Особенностью резания грунта, содержащего обломочно-каменное включение является то, что под влиянием внешнего контура обломка, форма и размеры прорези разрушения могут изменяться [4].

Обломочно-каменное включение может находиться в зоне действия режущего элемента [5]. В этом случае размер обломочно-каменного включения не превышает глубины и ширины резания (рис.1а). Как частными случаями являются: обломочно-каменное включение выступает за глубины и ширины резания с одной стороны (рис.1б,1в,1г,1д).

При рис.1в обломочно-каменное включение выступает за дневной поверхности грунтового массива. В таком случае следует отметить, что выступающая поверхность обломочно-каменного включения лишена структурной связи с грунтовым массивом. Эту часть условимся называть «пассивной частью» обломочно-каменной частицы (высота пассивной части - h_k) [6]. При нарушении симметричного расположения обломочно-каменной частицы относительно центра ширины резания появляется эксцентрик - e (рис.1г,1д).

Глубина залегания обломочного включения определяется формулой

если $h_k \geq h$ (рис.1б)

$$h_k = h + z_h R_k, \quad (1)$$

если $h_k < h$ (рис.1в)

$$h_k = h - z_h R_k, \quad (2)$$

где z_h – коэффициент, влияющий на характер разрушения грунта, определяется экспериментальным путем.

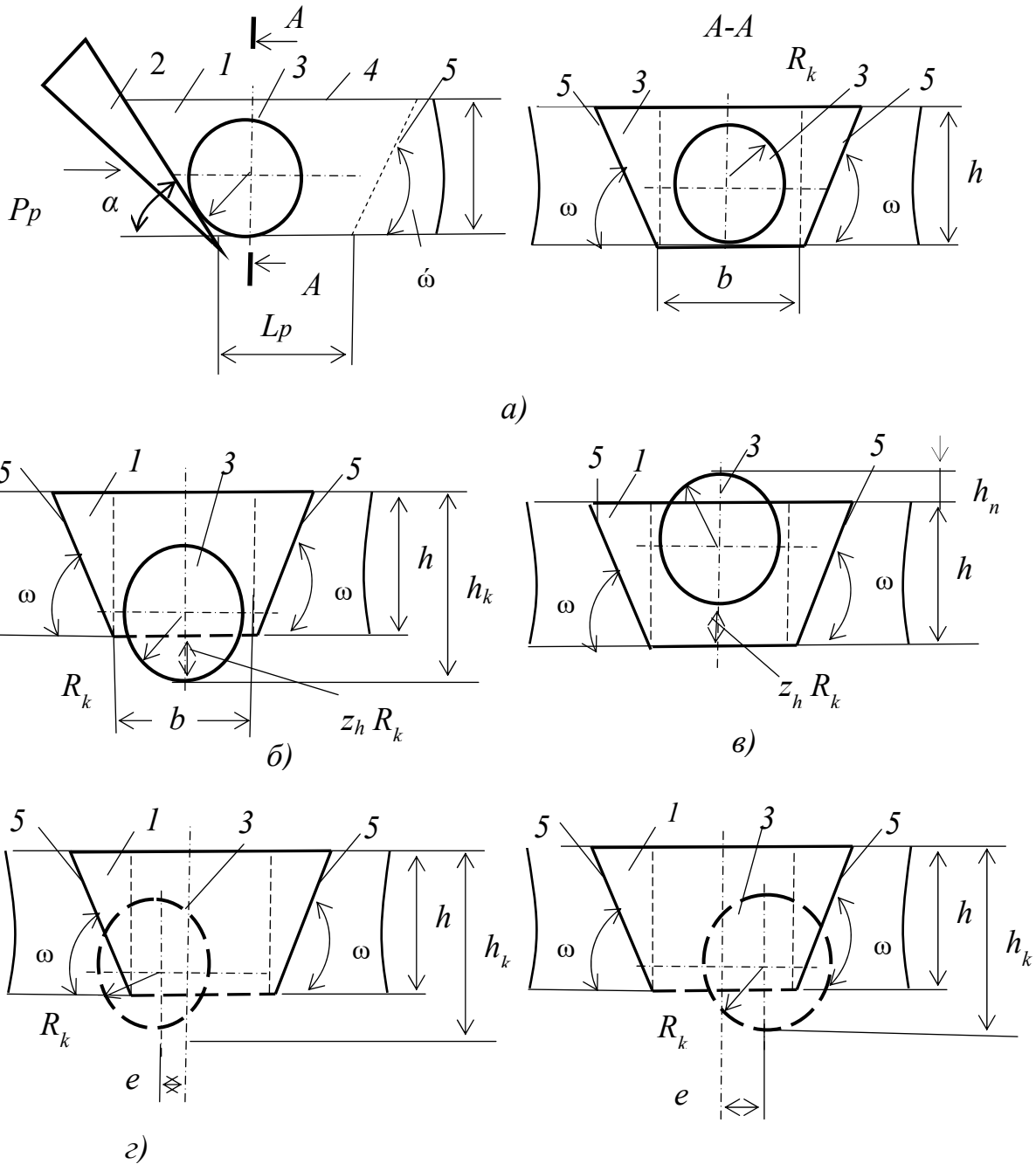


Рис. 1. Схема резания грунта, содержащего обломочно-каменное включение:
 1 – грунт, 2 – режущий элемент, 3 - обломочно-каменная частица, 4 – дневная поверхность,
 5 – поверхность разрушения, P_p – сила резания, α – угол резания, h – глубина резания, b – ширина резания,
 h_k – глубина залегания обломочной частицы, h_n – высота пассивной части, e – эксцентрик,
 ω, ω' – углы наклона поверхности разрушения

Высота «пассивной части» (рис.1в) определяется формулой

$$h_n = 2R_k + z_{h1}R_k - h, \quad (3)$$

Анализ рис.1 показывает, что в зоне действия режущего элемента может находиться «активная часть» обломочно-каменной частицы, определяемая зависимостью

$$V_a = V_k - V_n, \quad (4)$$

где V_k – объем обломочно-каменной частицы,

V_n – объем «пассивной части» обломочно-каменной частицы.

Объем шаровидной обломочно-каменной частицы [9] равен

$$V_k = \frac{4}{3} \pi R_k^3, \quad (5)$$

Объем «пассивной части» обломочно-каменного включения определяется формулой

$$V_n = \pi h_n^2 \left(R_k - \frac{h_n}{3} \right), \quad (6)$$

Объем разрушенного грунта в прорези разрушения равен

$$V_p = V_{op} - V_a, \quad (7)$$

где V_{op} – общий объем разрушенного грунта.

В свою очередь общий объем разрушенного грунта определяется зависимостью

$$V_{op} = F_p L_p, \quad (8)$$

где F_p – площадь прорези разрушения грунта.

Площадь прорези разрушения грунта с обломочно-каменной частицей, в случае блокированного резания (рис.1а, сеч.А-А) определяется выражением

$$F_{po} = bh + h^2 \operatorname{ctg} \omega, \quad (9)$$

Объем разрушенного грунта, в случае наличия «пассивной части» равен

$$V_p = \left(bh + 2 h^2 \operatorname{ctg} \omega \right) L_p - \pi \left[\frac{4}{3} R_k^3 - h_n^2 \left(R_k - \frac{h_n}{3} \right) \right], \quad (10)$$

Объем разрушенного грунта, в случае отсутствия «пассивной части» равен

$$V_p = \left(bh + 2 h^2 \operatorname{ctg} \omega \right) L_p - \frac{4}{3} \pi R_k^3, \quad (11)$$

В случае, когда контуры обломочной частицы находится ниже режущей кромки (рис1.б)

$$F_p = bh_k + 2 h_k^2 \operatorname{ctg} \omega, \quad (12)$$

Объем разрушенного грунта определяется формулой

$$V_p = \left(bh_k + 2 h_k^2 \operatorname{ctg} \omega \right) L_p - \pi \left[\frac{4}{3} R_k^3 - h_n^2 \left(R_k - \frac{h_n}{3} \right) \right], \quad (13)$$

Объем разрушенного грунта, в случае отсутствия «пассивной части» равен

$$V_p = \left(bh_k + 2 h_k^2 \operatorname{ctg} \omega \right) L_p - \frac{4}{3} \pi R_k^3, \quad (14)$$

Размер обломочно-каменного включения превышает глубины и ширины резания (рис.2а) или превышение контура обломочно-каменного включения глубины резания с одной стороны: выступание за дневной поверхности грунта (2б) и кромки режущего элемента (рис.2в).

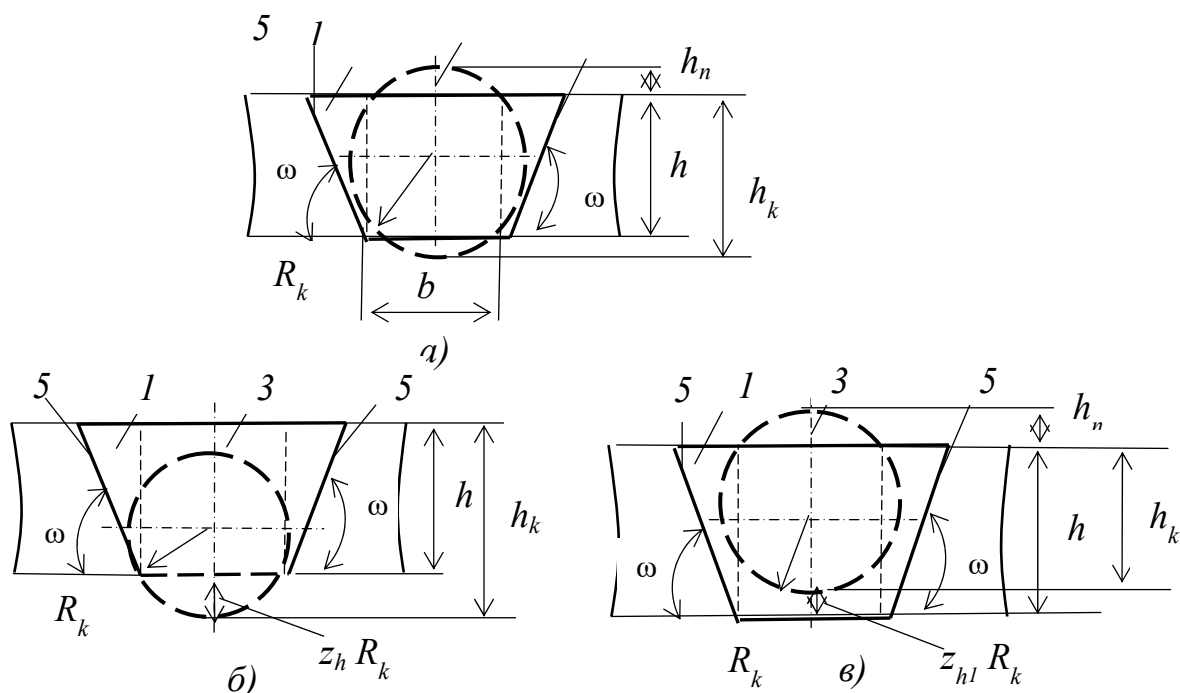


Рис. 2. Расположение обломочно-каменной частицы относительно глубины, ширины резания, когда $R_k > h, b$

На стенде физического моделирования резания грунтов [10] проведены экспериментальные работы по блокированному резанию грунта при следующих режимах (табл.1).

Таблица 1

Вид и параметры резания

Вид разрушения	Заполнитель	Обломочно-каменная частица		Параметры резания			
		R_k , м	z_h	α , град	b , м	h , м	v , м/с
Интенсивный	Суглинок	0,0685	0,25	30	0,08	0,2	0,5
Комбинированный	Суглинок	0,0685	0,5	30	0,08	0,2	0,5
Вдавливание	Суглинок	0,0685	1,75	30	0,08	0,2	0,5

Определены следующие виды разрушений в зависимости от координаты действия режущего элемента на обломочное включение, от значений z_h [5] (табл.2).

Таблица 2

Виды разрушений грунта

№	Коэффициент, z_h	Значение глубины залегания, h_k	Примечание
1	0	$h_k \leq h$	Обломочно-каменная частица находится в зоне действия режущего элемента
2	0...0,25	$h_k = h + (0...0,25)R_k$	Часть обломочно-каменной частицы находится ниже режущей кромки. Грунт разрушается с быстрым (интенсивным) выкатыванием обломочно-каменной частицы из зоны действия режущего элемента
3	0,25...1,75	$h_k = h + (0,25...1,75)R_k$	Часть обломочно-каменной частицы

			находится ниже режущей кромки. Грунт разрушается с медленным (комбинированным) выкатыванием обломочно-каменной частицы из зоны действия режущего элемента
4	1,75...2,0	$h_k = h + (1,75...2)R_k$	Значительная часть обломочно-каменной частицы находится ниже режущей кромки. Грунт разрушается с вдавливанием обломочно-каменной частицы в массив грунта
5	более 2,0	$h_k > h + 2R_k$	Обломочно-каменная частица находится вне зоны действия режущего элемента

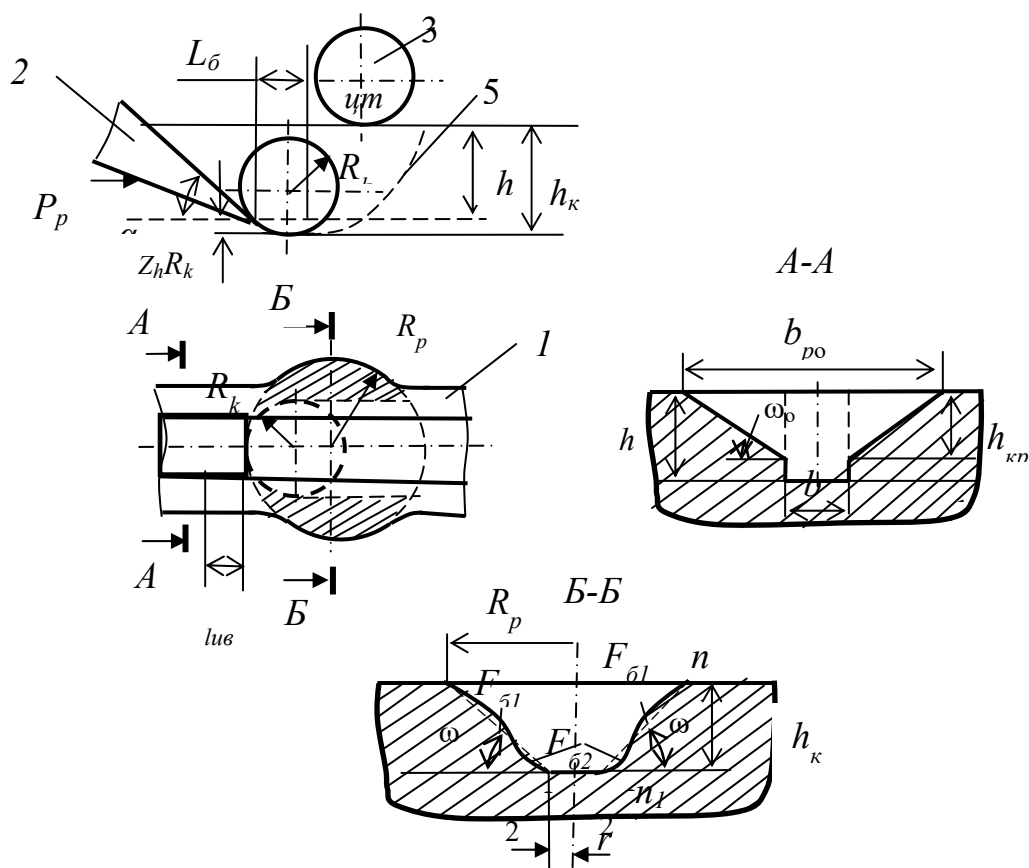
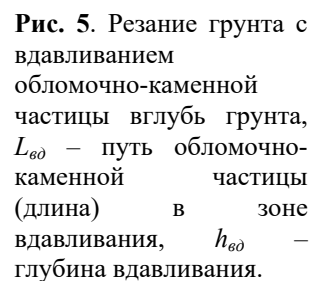
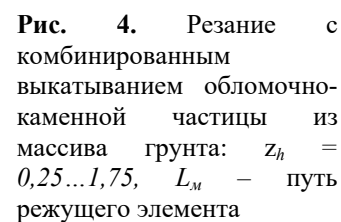


Рис. 3. Резание с интенсивным выкатыванием обломочно-каменной частицы из массива грунта:

$z_h = 0...0,25$, L_6 – путь режущего элемента, $h_{кр}$ – критическая глубина резания,

R_p – радиус расширяющейся части, r – радиус на уровне глубины резания, b_{po} – ширина расширяющейся части, ω – угол наклона боковой поверхности обломочно-каменной зоны



67

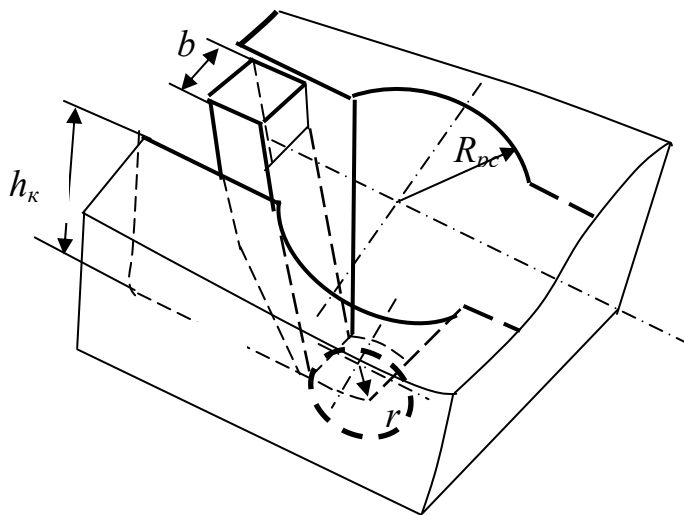


Рис. 6. Геометрические параметры прорези обломочно-каменной зоны:
 R_p – радиус расширяющейся части, r – радиус на уровне глубины резания, h_k – глубина залегания обломочно-каменной частицы

Геометрические формы и размеры прорези зоны, содержащей обломочно-каменную частицу, нарушаются под влиянием внешнего контура обломка. Под влиянием внешнего контура обломочно-каменной частицы геометрические параметры прорези разрушения однородного грунта изменяются: исчезает критическая глубина резания, боковые срезы, форма прорези приобретает форму приближенной усеченному конусу, расширяющийся к поверхности массива грунта (рис.6).

Можно предположить, что под действием сферической (круглой) формы, которую в нашем случае имеет обломочно-каменная частица, боковые разрушения прорези могли бы иметь форму, близкую внешнему контуру обломочно-каменной частицы, но по результатам опыта такое не наблюдается. Боковые поверхности имеют криволинейное очертание, если провести плоскость через точки разрушения на расширяющейся части (точка п) и нижней части прорези (точка п₁) (рис.3, сеч. Б-Б), то можно определить угол наклона поверхности бокового разрушения ω . При этом можно принять, что площади поперечного сечения в расширяющейся и нижней частях прорези приблизительно одинаковы (рис.3, сеч. Б-Б), т.е. $F_{61} \approx F_{62}$ где F_{61} – площадь поперечного сечения в расширяющейся части, F_{62} – площадь сечения в нижней части прорези. В этом случае, при определении площади боковых разрушений не вносятся существенные изменения, так как F_{61} берется со знаком минус, а F_{62} – со знаком плюс [6].

Анализ рис.3 и 4 показывает, что форма прорези в зоне разрушения грунта напоминает форму, приближенной к усеченному конусу. Когда грунт разрушается с быстрым выкатыванием обломочно-каменной частицы радиус расширяющейся части конуса на поверхности грунта – R_p больше, чем в случае разрушения грунта с медленным выталкиванием обломка из зоны действия режущего элемента.

Геометрические параметры прорези обломочно-каменной зоны могут изменяться в зависимости от физико-механических свойств грунта, координаты действия режущего элемента на обломочно-каменное включение, геометрической формы обломочно-каменной частицы и соотношения ширины, глубины резания к диаметру обломочно-каменной частицы.

В экспериментах наблюдалось появление уплотненного ядра из грунта у обломочно-каменной частицы, причем форма и объем ядра становилось больше, когда грунт разрушался с передвижением и последующим (медленным) выкатыванием обломочно-каменной частицы из массива грунта. Это свидетельствует о накоплении разной величины внутренней энергии, при разных видах разрушения грунта с обломочным включением. Объем грунта на стороне дневной поверхности, относительно плоскости резания, преимущественно испытывает

сжатие и сдвиг, а грунт, находящийся на противоположной стороне испытывает преимущественно деформацию смятия под действием обломочно-каменной частицы.

По результатам опытов получены следующие геометрические параметры прорези обломочно-каменной зоны: радиус расширяющейся части прорези R_p , радиус разрушения на уровне глубины резания r , протяженность зоны разрушения L_6 , L_m , угол наклона поверхности боковых разрушений ω , длина участка вдавливания $L_{вд}$, глубина вдавливания $h_{вд}$ (см. рис.3 - 5). Общий объем разрушенного грунта в форме усеченного конуса определяется формулой

$$V_{yk} = \frac{\pi h}{3} (R_p^2 + R_p r + r^2), \quad (15)$$

Радиус расширяющейся части прорези R_p , радиус разрушения на уровне глубины резания R_b определяются на основе опытных работ и находятся во взаимосвязи с радиусом обломочно-каменной частицы R_k . На значения R_p и R_b влияет соотношение b и D_k вид разрушения (табл.3)

Таблица 3

Формулы для определения R_p и R_b

b/D_k	Интенсивное разрушение		Комбинированное разрушение	
$\frac{b}{D_k} < 1$	$R_b = \sqrt{R_k^2 - (0,75 R_k)^2}$	$R_p = k_{R_p} R_k$	$R_b = 0,5 \cdot \left(R_k + \sqrt{R_k^2 - (0,75 R_k)^2} \right)$	$R_p = k_{R_p} R_k$
$\frac{b}{D_k} \geq 1$	$R_b = \frac{b}{2}$	$R_p = k_{R_p} R_k$	$R_b = \frac{b}{2}$	$R_p = k_{R_p} R_k$

где k_{R_p} – коэффициент радиуса расширения определяется опытным путем.

Объем разрушенного грунта, когда обломочно-каменная частица не выступает за дневной поверхности (отсутствует «пассивная часть») определяется выражением

$$V_p = \frac{\pi}{3} [h(R_p^2 + R_p R_b + R_b^2) - 4 R_k^3], \quad (16)$$

Объем разрушенного грунта, в случае наличия «пассивной» части определяется формулой

$$V_p = \pi \left[\frac{h}{3} (R_p^2 + R_p R_b + R_b^2) - \frac{4}{3} R_k^3 + h_n^2 \left(R_k - \frac{h_n}{3} \right) \right], \quad (17)$$

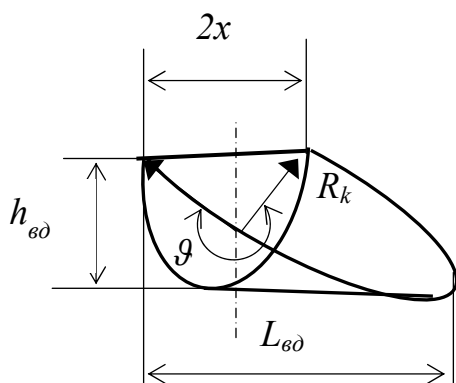


Рис. 7. Схема вдавливания обломочно-каменной частицы вглубь грунта. $L_{вд}$ – длина вдавливания, $h_{вд}$ – глубина вдавливания, $2x$ – хорда, ϑ – угол вдавливания

$$x = \sqrt{R_k^2 - [(z_h - l)R_k]^2}, \quad (18)$$

$$h_{\text{сд}} = (2 - z_h)R_k, \quad (19)$$

$$\vartheta = \arcsin\left(\frac{x}{R_k}\right), \quad (20)$$

Длина вдавливания определяется на основе проведенных экспериментальных работ. Коэффициент длины вдавливания обломочно-каменной частицы может определиться по формуле

$$k_{L_{\text{сд}}} = \frac{L_{\text{сд}}}{R_k}, \quad (21)$$

В случае, когда грунт разрушается с вдавливанием обломочно-каменной частицы вглубь массива режущим органом, объем деформированного грунта под каменной частицей $V_{\text{вд}}$ (рис.5,7) можно определить по формуле

$$V_{\text{сд}} = \frac{L_{\text{сд}}}{3h_{\text{сд}}} \left[x(3R_k^2 - x^2) + 3R_k^2(h_{\text{сд}} - R_k)\vartheta \right], \quad (22)$$

Суммарный объем разрушенного грунта определяется выражением

$$V_p = V_{np} + V_{\text{сд}}, \quad (23)$$

где V_{np} – объем грунта в прорези разрушения.

Объем грунта в прорези разрушения определяется формулами 10,11,13 и 14.

Таблица 4

Геометрические параметры разрушения грунта

№	Вид разрушения	$R_k, \text{м}$	$R_p, \text{м}$	$R_b, \text{м}$	$L_{\text{вд}}, \text{м}$	k_{R_p}	k_{R_b}	$k_{L_{\text{сд}}}$	$V_p, \text{м}^3$
1	Интенсивное	0,0685	0,19	0,04	-	2,77	0,58	-	0,00814
2	Комбинированное	0,0685	0,21	0,067	-	3,07	0,98	-	0,01177
3	Вдавливание	0,0685	-	-	0,043	-	-	0,63	0,0137

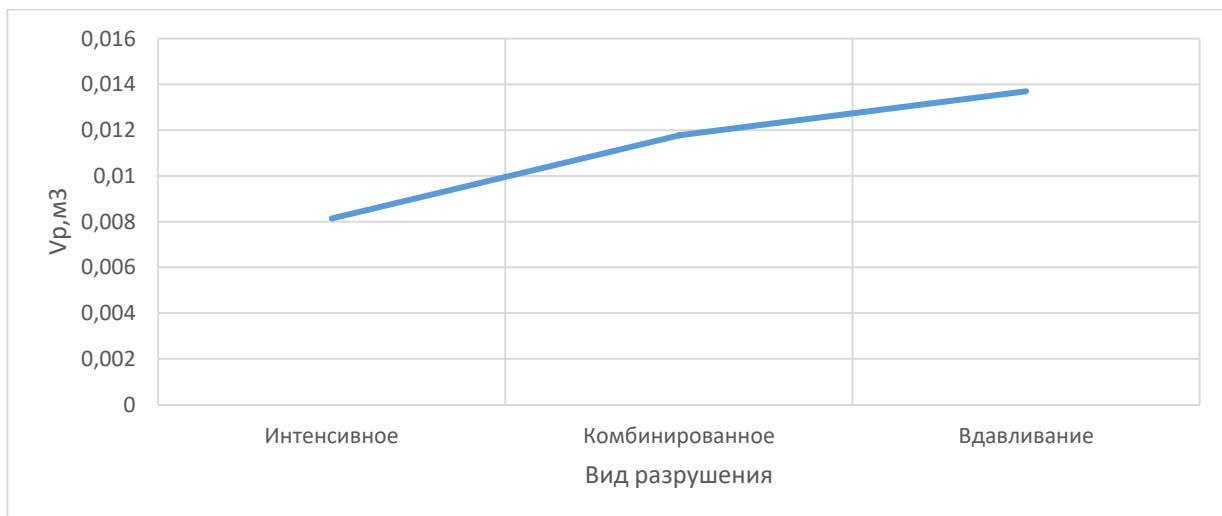


Рис. 8. Изменение объема разрушенного грунта в зависимости от вида разрушения

Анализ табл.4 показывает, что увеличение объема разрушенного грунта в первую очередь связано с увеличением радиусов на поверхности грунта и на уровне залегания обломочно-каменной частицы, а также с объемом “активной части” последней в зоне резания. Уменьшение скорости роста объема разрушенного грунта в случае вдавливания обломочной частицы связано со снижением объема деформированного грунта под обломочно-каменной частицей при разрушении грунта.

Таким образом, установленные закономерности расположения обломочно-каменной частицы в массиве грунта относительно ширины и глубины резания влияют на виды разрушения и объемы разрушенного грунта режущим элементом землеройной машины. Определенные аналитические зависимости объема разрушенного грунта позволяют рассчитать энергоемкость резания грунта, содержащего обломочно-каменные включения.

Библиографический список

1. Мендекеев Р.А., Тургунбаев М.С. К определению силы сопротивления разрушению породы, содержащей каменистое включение, рабочим органом землеройной машины [Текст] // Механизация строительства. М., 2015. № 8 (854). С. 24-26.
2. Мендекеев Р.А., Тургунбаев М.С. Классификационные признаки крупных обломочных включений грунтов [Текст] // Вестник КГУСТА. 2016. № 2 (52). С. 100-104.
3. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. М., 1971, 360 с.
4. Тургунбаев М.С. Особенности разрушения пород, содержащих каменистые включения [Текст] // Горное оборудование и электромеханика. М., 2014. № 11. С. 34-40.
5. Тургунбаев М.С. Теоретические основы определения силы разрушения однородного грунта // Наука и новые технологии, 2013. № 2. Бишкек: Республиканский научно-теоретический журнал. С. 24-27.
6. Тургунбаев М.С. К вопросу особенности разрушения грунта, содержащего обломочно-каменные включения рабочим органом землеройной машины. Интернет-журнал «Наукovedение». Том 9, №3 (2017), URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN317.pdf>.
7. Алиев И.И. Краткий справочник по математике. М., Радиософт, 2006. с. 44-46.
8. Тургунбаев М.С., Шамуратов К.Т. Стенд для исследования процесса резания грунтов. Патент на полезную модель Кыргызской Республики №113 от 30.08.2010.

References

1. Mendekeev R.A., Turgunbaev M.S. To the determination of the resistance to destruction of rock containing rocky inclusion by the working body of the earth moving machine [Text] // Mechanization of construction. M., 2015. No. 8 (854). S. 24-26.
2. Mendekeev R.A., Turgunbaev M.S. Classification signs of large debris inclusions of soils [Text] // Bulletin of KSUST. 2016. No. 2 (52). S. 100-104.
3. Vetrov Yu.A. Soil cutting by earth-moving machinery. M., 1971, 360 p.
4. Turgunbaev M.S. Features of the destruction of rocks containing stony inclusions [Text] // Mining equipment and electromechanics. M., 2014. No. 11. S. 34-40.
5. Turgunbaev M.S. The theoretical basis for determining the destruction strength of a homogeneous soil // Science and New Technologies, 2013. No. 2. Bishkek: Republican Scientific and Theoretical Journal. S. 24-27.
6. Turgunbaev M.S. To the question of the features of the destruction of soil containing debris-stone inclusions by the working body of the digging machine. The online journal "Science of Science". Volume 9, No 3 (2017), URL of the article: <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN317.pdf>.
7. Aliev I.I. A quick reference to mathematics. M., Radiosoft, 2006. 44-46.
8. Turgunbaev M.S., Shamuratov K.T. Stand for researching the process of cutting soil. Utility Model Patent of the Kyrgyz Republic No. 113 of 08/30/2010.

*Воронежский государственный
технический университет
магистр, кафедры строительства и эксплуата-
ции автомобильных дорог
А.Д. Чудайкин
e-mail: a.chudaykin777@mail.ru
Канд. тех. наук, доцент кафедры строитель-
ства и эксплуатации автомобильных дорог
А.С. Строкин
e-mail: alexmech23@gmail.com
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89.
асс. кафедры проектирования автомобильных
дорог и мостов
Р.С. Поляков
e-mail: polyakovro@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
PhD student of Pulpit construction and usages
of the car roads
A.D. Chudaikin
e-mail: 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
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*

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ

Биомасса является весомой составляющей и имеет большой потенциал, доступен для энергетического использования. Путем привлечения этого потенциала к производству энергии в ближайшей перспективе может удовлетворить 13-15% потребности государства в первичной энергии. По объемам энергетического потребления биомассы РФ существенно отстает от многих развитых стран мира. Так, в Европейском Союзе доля ВИЭ в валовом конечном энергопотреблении составляет 15 %, в том числе биомасса – около 9% валового конечного энергопотребление (ВКЭ) или 62 % общего вклада всех ВИЭ

Ключевые слова: биомасса, пеллеты, биотопливо, топливные гранулы, биосырье.

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

THE ENERGY POTENTIAL OF THE WAYSIDE

Biomass is a significant component and has great potential, available for energy use. By attracting this potential to energy production in the near future can meet 13-15% of the state's primary energy needs. In terms of energy consumption of biomass, Russia lags far behind many developed countries. Thus, in the European Union, the share of RES in gross final energy consumption is 15 %, including biomass-about 9% of gross final energy consumption (VCE) or 62 % of the total contribution of all RES

Keywords: biomass, pellets, biofuels, fuel pellets, bio-raw materials.

В настоящее время в России продолжает оставаться актуальной проблема удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода дорог общего пользо-

вания. Рассмотрены и предложены перспективные подходы к переработке нежелательной растительности. На основе анализа выявлены достоинства технологии по производству биомассы, а также сравнительная характеристика теплотворной способности различных видов твердого биотоплива. Предложен технологический процесс производства. Сделан вывод о необходимости внедрения технологии переработки биомассы, обеспечивающей положительное влияние на экологию, а также энергетическую безопасность страны.

Биомасса является весомой составляющей и имеет большой потенциал, доступный для энергетического использования. Путем привлечения этого потенциала к производству энергии, в ближайшей перспективе может удовлетворить 13-15% потребности государства в первичной энергии.

Исследования и разработки, направленные на расширение базы применения биомассы в автономных энергетических установках, усовершенствование технологий изготовления биотоплива, в частности из твердых растительных отходов и композитов на их основе, являются актуальными для решения задач замещения природного газа альтернативными видами топлива и важными для обеспечения энергетической безопасности России.

Биомасса – биологически восстанавливаемое вещество органического происхождения, которое подвергается биологическому разложению, лесного хозяйства и технологически связанных с ним отраслей промышленности, а также органическая часть промышленных и бытовых отходов. На таком определении биомассы базируется определение понятия биологических видов топлива (биотоплива): твердое, жидкое и газовое топливо, изготовленное из биологически возобновляемого сырья (биомассы), которое может использоваться как топливо или компонент других видов топлива.

Главные преимущества биомассы:

- биомасса является местным видом топлива. Использование биомассы приводит к развитию местной экономики; возобновляемости, нейтральности по отношению к эмиссии парниковых газов; относительной простоты добычания и использования;
- биомасса является возобновляемым видом топлива, а следовательно, при рациональном использовании, является неисчерпаемым источником энергии;
- биомасса является экологически чистым топливом. Она содержит мало серы, а ее сжигание при относительно невысоких температурах не приводит к образованию окислов азота. Сжигание биомассы не приводит к усилению парникового эффекта и снижает негативное антропогенное воздействие на окружающую среду;
- биомасса является более дешевым топливом в пересчете на единицу энергии, чем другие виды традиционных энергоресурсов. При этом тенденции последних двадцати лет показывают более быстрые темпы роста цен на традиционные энергоресурсы, чем на возобновляемые, и эта разница с каждым годом увеличивается;
- использование биомассы уменьшает количество отходов и мусора в городах, а в случае использования биогаза приводит к утилизации опасных отходов с полигонов твердых бытовых отходов, что способствует очищению засоренных территорий, возвращению биоразнообразия, общему улучшению экологии;
- внедрение объектов генерации на биомассе способствует привлечению современных, передовых технических решений в сферу теплообеспечения, обновлению технологических парков существующего оборудования, развитию производства нового оборудования, деятельности по его монтажу и обслуживанию.

Наиболее широко применяют твердое биотопливо, изготовленное из твердых растительных отходов в виде пеллет и брикетов [1-3, 5].

Пеллеты – это спрессованные частицы растительного происхождения, имеющие форму цилиндров максимального диаметра до 25 мм и длиной от 10 до 50 мм. Они могут быть изготовлены из древесины, торфа, травы, лузги, соломы, угольной пыли и многих других видов растительного сырья, а также их смесей [6-11].

Топливные брикеты – это спрессованные изделия цилиндрической, прямоугольной, шестигранной или другой формы, длиной 100-300 мм. При изготовлении брикетов цилиндрической формы, их длина не должна превышать диаметр в пять раз, больше чем 25 мм, и обычно составляет 60-75 мм.

Топливные пеллеты и брикеты имеют высокую конкурентоспособность по сравнению с другими видами традиционного топлива. Так, для их производства тратится около 3 % энергии, при этом во время производства нефти эти энергозатраты составляют около 10 %, а при производстве электроэнергии – 60 %. Их теплотворная способность в 1,5 раза больше, чем в обычной древесине и угля. При сжигании 2000 кг пеллет выделяется столько же тепловой энергии как и при сжигании: 3200 кг древесины, 957 м³ газа, 1000 л дизельного топлива, 1370 л мазута. Горение такого топлива в топке котла происходит более эффективно – количество золы не превышает 0,5...1,0 % от общего объема использованного топлива. Кроме того, цены на такое топливо не зависят от роста цен на ископаемые виды топлива и на повышение экологических налогов. Сравнительная характеристика различных видов твердого биотоплива приведена в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика различных видов твердого биотоплива

Вид топлива	Влажность материала, %	Теплотворная способность, МДж/кг	Содержание серы, %	Содержание золы, %
Ветви плодовых деревьев	20	10,5	—	—
Виноградная лоза	20	14,2	—	—
Щепа деревьев, опилки	40-45	10,5-12,0	0	2
Брикеты из древесины	7-8	16,8-21,0	—	—
Пеллеты из древесины	9-10	17,5-19,5	0,1	1
Солома	20	10,5-12,5	—	—
Солома в тюках	14-17	14,2	—	—
Пеллеты из соломы	8-10	16,5-18,8	0,2	4
Брикеты из соломы	6-10	15,4-21,0	—	—
Стебли подсолнечника	20	12,5	—	—
Брикеты из лузги подсолнечника	6-8	21,0-21,8	—	—
Пеллеты из лузги подсолнечника	6-8	18,5-20,0	—	—
Стебли кукурузы	20	12,5	—	—
Брикеты из початков	—	18,0	—	—

Следует отметить, что в последнее время в производстве твердого биотоплива предлагается использовать биомассу в виде опавших листьев деревьев. Даже небольшая доля такого бесплатного источника может быть значительным вкладом в дело сокращения сжигания природных ископаемых.

Листья, что остаются для целей перегнивания или которые собраны и вывезены на свалки, в процессе разложения выбрасывают в атмосферу метан, парниковый газ, который более чем в двадцать раз сильнее углекислого газа. Эффективное решение проблемы утилизации опавших листьев может дать двойной положительный эффект для экологии, поскольку

при горении листьев в атмосферу выделяется углекислый газ, который был отобран деревом из воздуха на протяжении сезона.

Схемное решение производства биотоплива из твердых растительных отходов изображена на рисунке [12].

Полный технологический процесс комплекса по изготовлению биотоплива, приведён на рисунке заключается в следующем. Мелкофракционированное сырьё подвозится автотранспортом и ссыпается на механизированный подвижной состав 1, откуда сырьё с регулируемой скоростью подачи направляется к цепному (скребкового) транспортеру 2 и затем на дисковый сепаратор 3.

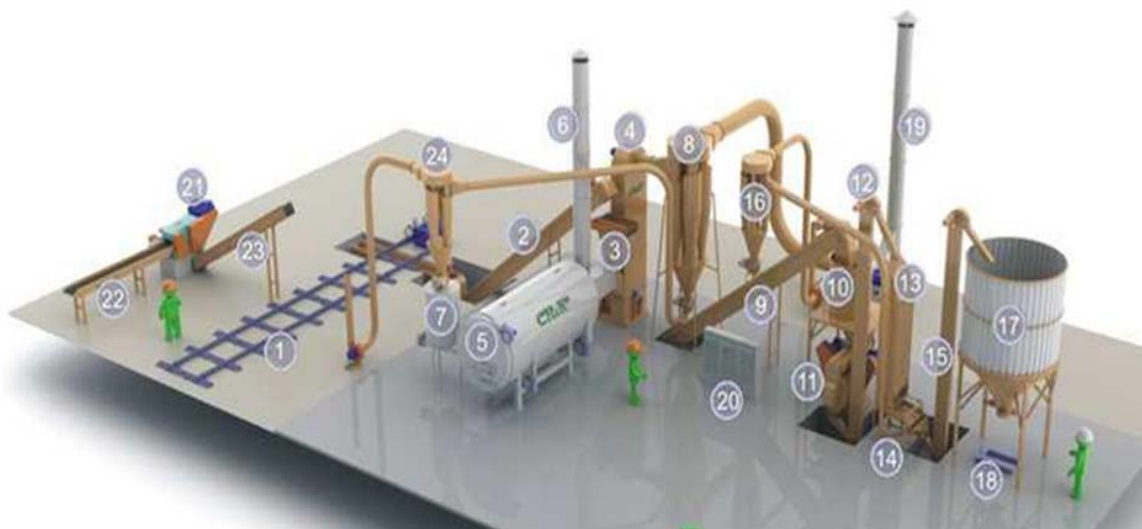


Рис. Схемное решение производства биотоплива из твердых растительных отходов:

- 1 – подвижной состав; 2, 9, 22, 23 – транспортеры; 3 – сепаратор;
4 – сушильно-измельчительный агрегат; 5 – теплогенератор; 6 – труба атмосферного воздуха;
7 – бункер топлива; 8, 16 – циклоны; 10 – бункер пелетообразователя;
11 – пелетообразователь; 12, 15 – нории; 13 – охладитель; 14 – сортировщик;
17 – бункер готовой продукции; 18 – весы; 19 – дымовая труба; 20 – пульт управления;
21 – измельчительная машина; 24 – система пневмотранспорта

На сепараторе от сырья отделяются камни, корни и другие примеси, которые попадают к переносного контейнера (на схеме не показан), а сырьё самотеком попадает в загрузочную секцию агрегата суши-измельчителя 4. К агрегату 4 подаются продукты горения из теплогенератора 5 и засасывается холодный атмосферный воздух через трубу 6. Первоначально смешиваются продукты горения и холодный воздух. Пропорция смешивания регулируется автоматически, что обеспечивает поддержание заданной температуры теплоносителя. Затем теплоноситель смешивается с влажным сырьем и засасывается в агрегат суши-измельчителя 4. В последнем сырьё измельчается и затем высушивается, поднимаясь в потоке теплоносителя к динамическому классификатору, находящемуся в головной секции агрегата суши-измельчителя. Динамический классификатор, частота которого задается с пульта управления 20, пропускает мелкое и сухое сырьё, а крупные и влажные частицы сырья возвращает к ротору агрегата. Такой процесс повторяется до получения необходимой влажности и степени измельчения сырья.

Измельченное и высушенное сырьё засасывается в осадочный циклон 8 за счет разрежения, создаваемого дымососом. В циклоне сырьё осаждается за счет центробежной силы и движется вниз, а отработанный теплоноситель выбрасывается в дымовую трубу 19. Из циклона сырьё через шлюзовой затвор подается в шнековый или цепной транспортер 9, далее

поступает в бункер пелетообразователя 10. Внутри бункера находится устройство, препятствующее слеживанию сырья.

Из бункера сырье подается шнековым питателем с регулируемой скоростью подачи в смеситель (кондиционер) пресса, сюда же подается вода или пар. В смесителе происходит кондиционирование продукта, т. е. доведение влажности сырья до уровня, необходимого для процесса гранулирования. Из смесителя увлажненное сырье через отделитель ферромагнитных примесей выводится в пресс-пелетообразователь 11.

В камере прессования пелетообразователя сырье затягивается между матрицей, вращающейся и прессовочными роликами (вальцами) и продавливается в радиальные отверстия матрицы, где под действием большого давления происходит формирование гранул.

Вытолкнутые из отверстий гранулы срезаются неподвижным ножом, сыплются через рукав кожуха на вертикальный транспортер-норию 12, который подает их в охлаждающую колонку 13. В охлаждающую колонку 13 через слой пеллет вентилятором циклона 16 засасывается воздух, который их охлаждает и одновременно удаляет часть несгранулированного сырья в циклон 16. В процессе охлаждения влажность гранул уменьшается за счет выпаренной влаги, и в них происходят физико-химические изменения. В результате они приобретают необходимую твердость, влажность и температуру. Из охлаждающей колонки гранулы поступают на сортировку 14, где происходит отделение кондиционных изделий от крошки, которая направляется на повторное гранулирование.

Норией 15 гранулы подаются в бункер готовой продукции 17. На нем расположен дозатор, а под ним электронные весы 18. Готовую продукцию загружают в большие мешки (биг-беги), или осуществляющих расфасовку в 15-и килограммовые полиэтиленовые мешки, которые укладываются на поддон. Заполненные биг-бэги или поддоны с мешками погрузчиком или гидравлической тележкой транспортируются на склад готовой продукции.

Теплогенератор 5 загружается топливом в автоматическом режиме из бункера топлива 7. Пополнение бункера топлива происходит автоматически за счет возврата части подготовленной к прессованию сырья от осадочного циклона 8 системой пневмотранспорта 24.

При поступлении на переработку длинных растительных отходов, они подаются в измельчительную машину 21 транспортером 22. Из нее щепа попадает к транспортеру 23 и далее на механизированный подвижной состав 1.

В зависимости от состояния входного сырья, его технологических параметров и физико-механических характеристик, количество технологических операций и последовательность их выполнения может быть изменена в любом отдельно взятом случае.

Основные характеристики биотоплива. Анализ литературных источников и критерии оценки биотопливной продукции показывают, что наиболее важными ее характеристиками является: размеры (диаметр и средняя длина), теплотворная способность, содержание влаги, зольность, удельная и насыпная плотность, содержание химических элементов (хлор, азот, сера) и примесей.

Для пеллет приняты более жесткие требования к габаритным размерам, чем к брикетам. Это обусловлено их применением в энергетических установках с автоматической системой подачи. Наиболее распространенными являются диаметры пеллет 6 и 8 мм. Обусловленная большинством стандартов теплота сгорания пеллет составляет 18,1 МДж/кг, в зависимости от сырья, из которого они изготовлены.

Зольностью называют содержание минеральных веществ в топливе, остающихся после полного сгорания всей горючей массы. Содержание золы в биотопливе, согласно стандарту европейских стран, составляет менее 1,5%. Зола является нежелательной частью топлива, так как снижает содержание горючих элементов и затрудняет эксплуатацию топочных устройств, но при сжигании в промышленных установках с автоматическим золоудалением, зольность пеллет не имеет большого значения.

Влажность биотоплива влияет не только на его качество, но и на теплотворную способность. Низкое содержание влаги обеспечивает качественное горение пеллет.

Удельная плотность качественных топливных гранул составляет 1,0-1,3 кг/дм³, которая изменяется в зависимости от вида сырья и оборудования, на котором они изготавливаются. Плотность является основным фактором, характеризующим механическую прочность, водостойкость и теплотворную способность пеллет. Чем плотнее топливо, тем выше показатели их качества.

Насыпная плотность, что является соотношением между весом материала и количеством занимаемого пространства, при гранулировании биомассы увеличивается со 100 до 650 кг/м³.

Низкое содержание хлора, азота и серы свидетельствует об изготовлении пеллет из экологически чистого биосырья. Повышенное содержание этих элементов в продуктах сгорания может привести к коррозии топливного оборудования.

Примеси в биотопливе используются как соединительные элементы. При применении качественного сырья с оптимальным содержанием влаги и без нарушения технологии изготовления, при прессовании не добавляется никаких примесей.

Стандарты биотоплива. Для получения максимальной экономической эффективности при использовании растительной биомассы на энергетические цели, необходимо обеспечить повышение удельной теплоты сгорания твердого топлива, удобство транспортировки энергетических установок и управляемость процессом горения. Для этого необходимо придерживаться требований технологии изготовления продукции, использовать качественное сырье, которое должно отвечать установленным требованиям, то есть создавать качественное стандартизированное топливо.

Технические условия. Большинство производителей ориентируется на западноевропейские стандарты. В европейских странах в 90-х годах состоялась первая волна стандартизации для предприятий-производителей топливных гранул.

Наиболее жесткие требования установлены для топливных гранул первого сорта А1. Максимально допустимая зольность для таких гранул составляет 0,5 % (пеллеты из хвойных пород дерева) и 0,7% (из лиственных пород). Такие гранулы рекомендовано к использованию в частном секторе. Второй сорт топливных гранул А2 может быть произведен из смешанных сортов деревьев и иметь зольность до 1 %. Пеллеты такого стандарта обычно используются котельными широкого профиля. Так называемые промышленные гранулы по новым нормам отнесены к третьему сорту. Они предназначены для использования на мощных тепловых станциях промышленного типа.

Повысить эффективность использования различных видов твердых растительных отходов для производства биотоплива можно путем предварительного их смешивания и приготовления композитов, включающих другие виды углеродосодержащих материалов, местные виды топлива. При этом можно ожидать достижение синергетического эффекта вследствие более эффективного использования ресурсов биомассы и частичного уменьшения негативного влияния на окружающую среду вследствие утилизации отходов.

Так, известно совместная переработка угля и биомассы, которая охватывает такие виды термохимической переработки твердого топлива: прямое совместное сжигание угля и биомассы и газификация биомассы с последующим сжиганием генераторного газа в угольных котлах [8].

Совместное сжигание биомассы и угля имеет соответствующие преимущества перед их раздельным сжиганием. Главными из них являются:

- использование биомассы вместо основного топлива практически не требует переоборудования. Однако специфические свойства биомассы в особенности их шлаки и коррозионные свойства заставляют ограничить долю их использования в смеси с углем в одной установке. Большинство зарубежных исследователей установлен размер этой доли не более 10-20 %, а наиболее уверенно-5-10 % (конкретная доля определяется в зависимости от характе-

ристик используемой биомассы и от топочного устройства), эти данные совпадают с отечественными исследованиями;

- стабилизация процесса сжигания проходит за счет сжигания угля;
- уменьшение эмиссии SO_2 , NO_x , CO_2 , по сравнению с ископаемыми топливами;
- топливная эластичность котла и отсутствие зависимости производства электроэнергии от доступности биомассы (логистические проблемы), что выгодно для оператора энергетической системы.

Выводы

1. Значительной проблемой в России, как и в мире, является утилизация твердых бытовых отходов, в частности из полимерных материалов. В случаях, когда бытовые отходы, например полиэтилентерефталата (ПЭТФ), не могут быть повторно использованы, возможно их энергетическое применение путем сжигания с утилизацией тепла, образующегося при этом.

2. Но применение вышеупомянутого процесса газификации является более высокотехнологичным для утилизации таких материалов. Поэтому путем создания композитного топлива на основе растительных отходов можно решить двойную задачу по сбережению первичных источников энергии и утилизации вредных бытовых отходов.

Библиографический список

1. Шевчук В. Я. Экологизация энергетики: [Электронный ресурс]: учебное пособие / Шевчук В. Я., Белявский Г. А., Саталкин Ю. М., Навроцкий В. М.-К.: высшее образование, 2002. 111 С
2. Альтернативная энергетика и ресурсоэнергосбережение. [Электронный ресурс] / – Режим доступа к официальному интернет-порталу (Промышленная экология): <http://eco.com.ua>.
3. Гелетуха Г.Г. Подготовка и внедрение проектов замещения природного газа биомассой при производстве тепловой энергии. Практическое пособие/под ред. Г.Г. Гелетуха. – К.: «Полиграф плюс», 2015. – 72 с.
4. Производство пеллет. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://namillion.com/proizvodstvo-pellet.html>
5. Гелетуха Г.Г. Использование местных видов топлива для производства энергии [Гелетуха Г.Г., Железная Т. А., Матвеев Ю. Б. и др.] / Пром. теплотехника. -2006. – № 2. – С. 85-93.
6. Технология производства разных видов биотоплива [Электронный ресурс]. «Биотопливо и котлы», Режим доступа: <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>.
7. Торговля прошлогодними листьями или экологический бизнес [Электронный ресурс] / Великобритания, альтернативные источники энергии.//— Режим доступа: <http://www.ecolive.com.ua/content/blogs/torg-vlya-tor-shn-m-listyam-abo-ekolog-chniibznes?> page=8. 134
8. Матвийчук А. С. Совместное сжигание биомассы и угля: материалы Наук.-техн. конф., (АР Крым), пгт. Николаевка, 2013, С. 64-65.
9. V. Karkanian, E. Fanara, A. Zabaniotou, "Review of sustainable biomass pellets production – A study for agricultural residues pellets' market in Greece," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, no. 3, pp. 1426– 1436, April 2012.
10. Dian Andrianiaand Tinton Дви Atmaja. Alternative mixing scenarios and pretreatment manner to optimize wood fuel pellet. International Conferenceon Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA) Inna Garuda Hotel, Yogyakarta, Indonesia, 6 – 7 November 2012, pp. 21-26.

11. Твердое биотопливо: технологические требования, свойства компонентов и технология производства. [Электронный ресурс] Газета "Агробизнес сегодня" №19(290), 22 октября 2014, под ред. А. Гайдено, К.- : изд-во ООО "Пресс-медиа" 2014.

12. Производство топливных гранул (пеллет) [Электронный ресурс]: Завод по производству топливных гранул мощностью 1 - 1,5 т/час 135 с рубительной машиной. – Режим доступа: http://www.projectservice.ru/ps/tovary_i_uslugi/pererabotka_otxodov_drevesiny/oborudovanie_dlja_proizvodstva_toplivnyx_granul_i_briketov/komplektnye_zavody_po_proizvodstvu_toplivnyx_granul_spiko_pskov/zavod_po_proizvodstvu_toplivnyx_granul_moshhnostju_1_15_tchas_s_rubitelnoy_mashinoy.

References

1. Shevchuk V. Y. Greening energy: [Electronic resource]: a textbook / V. Y. Shevchuk, G. bielawski A., Stalkin Yu. M., Navrotsky V. M.-K.: 2002, 2002. 111 S

2. Alternative energy and resource saving. [Electronic resource] / – Mode of access to the official Internet portal (Industrial ecology): <http://eco.com.ua>.

3. Geletukha G. G. Preparation and implementation of projects of substitution of natural gas by biomass at production of thermal energy. Practical grant/under the editorship of G. G. Geletukha. - K. ""2015", 2015. - 72.

4. Production of pellets. [Electronic resource.] Mode of access: <http://namillion.com/proizvodstvo-pellet.html>

5. Geletukha G. G. the Use of local fuels for energy production [Geletukha G. G., Zheleznaya T. A., Matveev Yu. b., etc.] / Prom. thermotechnics. 2006. - No. 2. Pp. 85-93.

6. Technology of production of different types of biofuels [Electronic resource]. "Biofuels and boilers", - access Mode: <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>.

7. Trade in last year's leaves or ecological business [Electronic resource] / UK, alternative energy sources./— <Http://www.ecolive.com.ua/content/blogs/torg-vlya-tor-shn-m-listyam-abo-ekolog-chnii-bznes?Page=8>. One hundred and thirty four

8. Matviychuk A. S. Joint combustion of biomass and coal: materials of Sciences.- tech. Conf., (AR Crimea), PGT. 2013, 2013,. 64-65.

9. Vee. Karkania, E. Fanara, A. Zabaniotou, "review of sustainable biomass pellet production studies on agricultural residues pellets" market in Greece, " renewable and sustainable energy reviews, vol . 16, no. 3, pp. 1426-1436, April 2012.

10. Dian Andrianaand Tinton At Atmaja. Alternative mixing scenarios and pretreatment manner to optimize Wood fuel pellet. International conference on sustainable energy and applications (ICSEEA) Inna Garuda hotel, Yogyakarta, Indonesia, 6-7 November 2012, pp. 21-26.

11. Solid biofuels: process requirements, the properties of the components and production technology. [Electronic resource] Newspaper "Agribusiness today" №19 (290), October 22, 2014, ed. A. Gaidenko, K. -: publishing house of LLC "Press-media" 2014.

12. Production of fuel pellets (pellets) [Electronic resource]: Plant for the production of fuel pellets with a capacity of 1-1.5 t / h 135 with a chopping machine. - Access mode: http://www.projectservice.ru/ps/tovary_i_uslugi/pererabotka_otxodov_drevesinyoborudovanie_dlja_proizvodstva_toplivnyx_granul_i_briketov/komplektnye_zavody_po_proizvodstvu_toplivnyx_granul_spiko_pskov/zavod_po_proizvodstvu_toplivnyx_granul_moshhnostju_1_15_tchas_s_rubitelnoy_mashinoy.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 629.11.02.012.551

*Воронежский государственный
технический университет
канд. техн. 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. техн. наук, преподаватель
А.А. Колтаков;
А.Ф.Зубков, преподаватель;
Д.С. Фролов, Е.В. Широбоков, курсанты.
Россия, Воронеж, тел.8 (910)342-27-15
E-mail: madf.vgasu@mail.ru*

*Voronezh state technical University
Cand. technical Sciences,
associate Professor A. V. Vasilenko
Military training and research center of the
Air force «Air Force Academy named after
N.E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin»
(Voronezh)
Cand. technical Sciences, teacher
A.A. Koltakov;
A.F. Zubkov, teacher;
D.S. Frolov, E.V. Shirobokov, cadets.
Russia, Voronezh, ph. 8 (910)342-27-15
E-mail: madf.vgasu@mail.ru*

А.В. Василенко, А.А. Колтаков, А.Ф. Зубков, Д.С. Фролов, Е.В. Широбоков

ОЦЕНКА ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ ГРУНТОЗАЦЕПОВ

В статье приводятся результаты моделирования процесса взаимодействия колесного движителя, оснащенного крупногабаритной пневматической шиной (КГШ), и грунтовой поверхностью. В результате получены модель, позволяющая учитывать характер взаимодействия КГШ и основные параметры рисунка протектора.

Ключевые слова: колесный движитель, крупногабаритная пневматическая шина, деформации, грунтозацепы, тяговые качества.

A.V. Vasilenko, A.A. Koltakov, A.F. Zubkov, D.S. Frolov, E.V. Shirobokov

ASSESSMENT OF PERFORMANCE OF WHEEL ENGINE TAKING INTO ACTION

The article presents the results of modeling the process of interaction of a wheeled engine equipped with a large-sized pneumatic tire (KGSh), and a ground surface. As a result, a model is obtained that allows one to take into account the nature of the interaction of the KGSh and the main parameters of the tread pattern.

Keywords: wheel mover, large pneumatic tire, deformations, lugs, traction qualities.

Современные конструкции пневматических шин большого размера, которыми оснащаются самоходные колесные землеройно-транспортные машины (СКЗТМ), снабжены достаточно развитым рисунком протектора внедорожного типа (т.н. "повышенной проходимости"). Как показывают исследования [1,2,3] наличие рисунка протектора оказывает наибольшее

ший эффект при работе колесного движителя (КД) на связных грунтах (глины, суглинки и т.д.), находящихся в переувлажненном состоянии.

Исходя из этого, учет влияния грунтозацепов протектора пневматической шины целесообразно проводить при рассмотрении работы КД в тяговом режиме на деформирующейся опорной поверхности.

В первом приближении можно предполагать, что дополнительные касательные силы в контакте возникают вследствие сдвига грунтовых "параллелепипедов", заземленных во впадинах рисунка протектора.

Для определения величины этих сил воспользуемся методическими положениями, предложенными в работах [1,3,4,5,6].

На рис. 1 представлена схема взаимодействия колесного движителя, снабженного пневматической шиной, с деформирующейся опорной поверхностью, с учетом действия грунтозацепов.

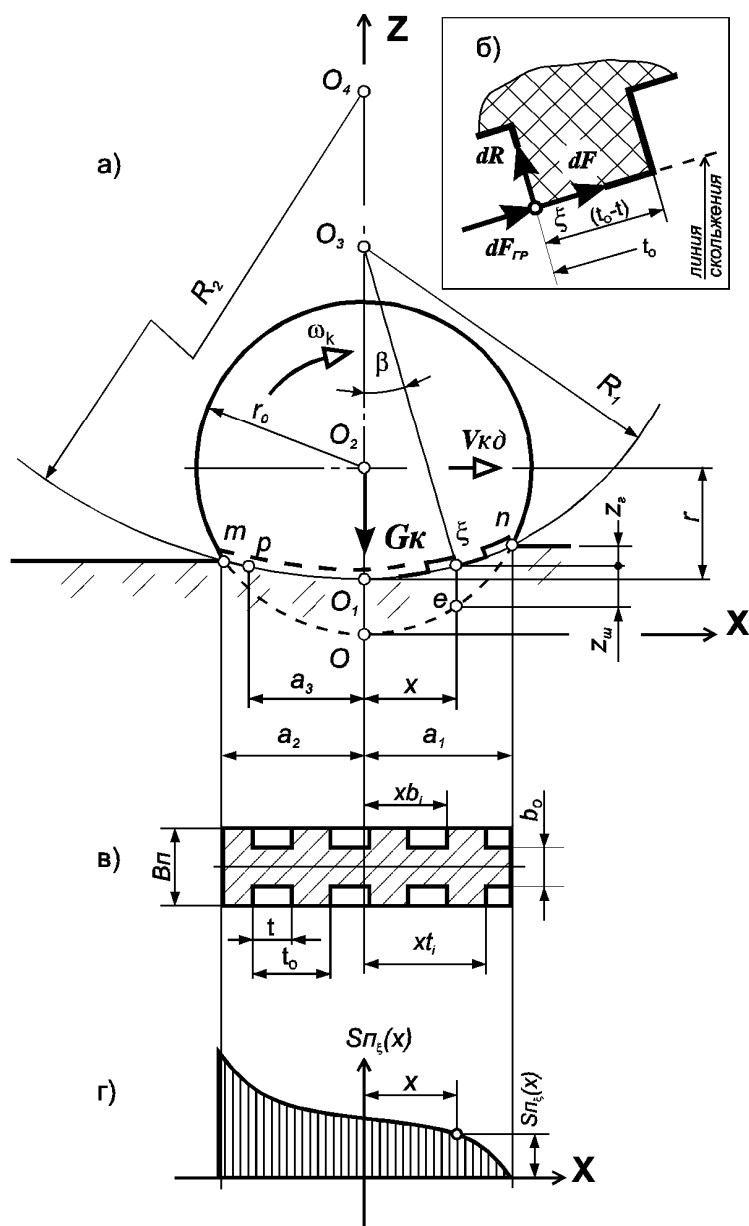


Рис. 1. Схема взаимодействия колесного движителя, снабженного пневматической шиной, с деформирующейся опорной поверхностью, с учетом действия грунтозацепов

Для упрощения, будем полагать, что рисунок протектора симметричен относительно центральной плоскости вращения колеса и его грунтозацепы расположены под прямым углом к направлению движения, а также высота грунтозацепа меньше полной глубины колеи.

Кроме этого, будем полагать, что грунтозацепы и пневматическая шина не деформируются в окружном направлении.

Очевидно, что число и положение грунтозацепов, проходящих контакт за время смещения центра колеса на величину проекции длины контакта на продольную ось, зависит от величины коэффициента проскальзывания центральной опорной точки (ЦОТ) КД.

Сила сдвига, как это было установлено экспериментально [1,3,5], является функцией нормального напряжения, площади и величины сдвига грунтового "параллелепипеда".

Величина силы сдвига грунтового параллелепипеда $F_{ГР}$, заземленного во впадине между j - м и $(j - 1)$ - м грунтозацепами может быть определена как:

$$F_{ом} = (B_n - b_o) \cdot \int_{X_{j-1}}^{X_j} \tau \cdot dl, \quad (1)$$

где t, B_n, b_o - геометрические параметры рисунка (см. рис. 1);

τ - касательное напряжение сдвига грунта j -го грунтозацепа.

Величина касательного напряжения сдвига грунта τ достаточно хорошо описывается зависимостью, предложенной в работе [21/

$$\tau = \left[\sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_o + C_o \cdot \left(1 - \frac{S_{n\xi}}{t} \right) \right] \cdot \left(1 - e^{-\frac{|S_{n\xi}|}{K_\tau}} \right), \quad (2)$$

где σ - нормальное напряжение в контакте, Па;

φ_o - угол внутреннего трения грунта, рад;

K_τ - параметр, характеризующий деформируемость грунта при сдвиге, м;

$S_{n\xi}$ - величина сдвига грунта грунтозацепом (путь проскальзывания), м;

C_o - внутреннее сцепление грунта при сдвиге, Па;

t - расстояние между стенками выступов грунтозацепа ($t = Xt_{j-1} - Xb_j$, см. рис.1), м.

Значения параметров - φ_o, K_τ, C_o , входящих в это выражение, для различных видов грунтов, с учетом области применения и ряда других допущений, описаны в работах [5,7].

Анализ выражения (2) показывает, что при увеличении $S_{n\xi} \rightarrow \infty$ сомножитель

$$\left(1 - e^{-\frac{|S_{n\xi}|}{K_\tau}} \right) \rightarrow 0, \text{ т.е. величина касательной силы грунтозацепа уменьшается до 0.}$$

Поэтому, с достаточной для практики точностью, можно учитывать влияние грунтозацепов в достаточно узком диапазоне изменения коэффициента проскальзывания ЦОТ $\theta_{„e} < \theta_o \leq 2,0$. В практике проектирования рисунка протектора пневматических шин используются значения k_H - коэффициента насыщенности рисунка протектора, как отношение фактической площади контакта к контурной и число шагов рисунка N_P по экватору пневматической шины. Причем число шагов рисунка, в связи с технологическими особенностями изготовления пресс - форм для вулканизации пневматических шин, может принимать только четные значения.

Перечисленные параметры связаны со значениями t и t_0 (см.рис.1) соотношениями:

$$t_0 = \frac{2\pi \cdot r_0}{N_m}, \quad (3)$$

$$t = \frac{t_0(k_H B_n - b_0)}{(B_n - b_0)}, \quad (4)$$

Переходя к определению результирующей силы тяги, возникающей от действия грунтозацепов, можно записать

$$T = k_n T_\mu + \sum_{j=1}^n T_{GJ}, \quad (5)$$

где T_μ - сила тяги из выражения (5); n - число грунтозацепов в контакте; T_{GJ} - сила тяги J - го грунтозацепа, как

$$T_{GJ} = (B_n - b_0) \cdot \int_{X_{t_{j-1}}}^{X_{b_j}} \tau \cdot dx. \quad (6)$$

Для простоты будем полагать, что координата начала выступа грунтозацепа X_{t_j} совпадает с координатой точки начала зоны загрузки a_1 - т.е. рассматриваем наилучшее положение первого грунтозацепа в контакте.

Число грунтозацепов, находящихся в контакте n , можно определить, как отношение длины дуги контакта к шагу развертки рисунка протектора:

$$n = \frac{R_1 \text{Arcsin} \frac{a_1}{R_1} + R_2 \text{Arcsin} \frac{a_3}{R_2}}{t_0}, \quad (7)$$

округлив его до ближайшего наименьшего целого значения.

Зная число грунтозацепов n , можно легко определить значения координат начала выступа X_{t_j} и начала впадины X_{b_j} для каждого из них.

На рис. 2 представлена зависимость нормального контактного напряжения σ от продольной координаты X контакта при движении колесного движителя с пневматической шиной 29,5-29 мод. Ф-114 по рыхлому грунту.

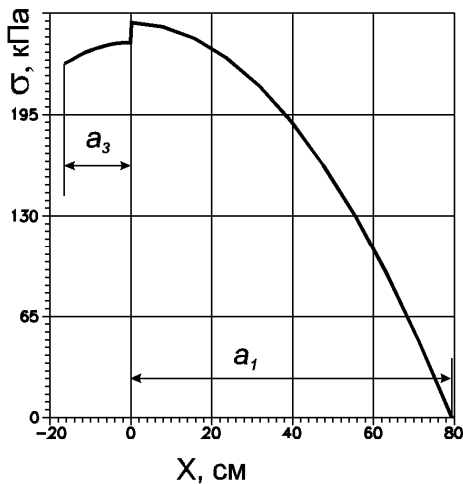


Рис. 2. Зависимость нормального контактного напряжения σ от продольной координаты X контакта при качении колесного движителя с пневматической шиной 29,5-29 мод. Ф-114 по рыхлому грунту

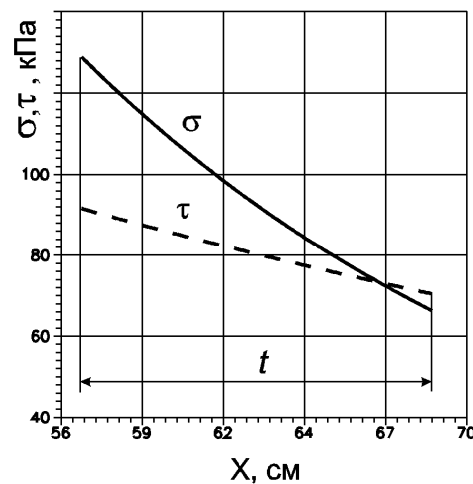


Рис. 3. Зависимости нормального - σ и касательного - τ контактных напряжений от продольной координаты X точек контакта, принадлежащих впадине первого грунтозацепа, при качении колесного движителя с пневматической шиной 29,5-29 мод. Ф-114 по рыхлому грунту

На рис. 3 представлены зависимости нормального - σ и касательного - τ контактных напряжений от продольной координаты X точек контакта, принадлежащих впадине первого грунтозацепа, при качении колесного движителя с пневматической шиной 29,5-29 мод.Ф-114 по рыхлому грунту. Зависимости получены расчетным путем при следующих исходных значениях: $G_k = 134$ кН; $E_{ин} = 670$ кПа/м; $p_w = 0,2$ МПа; $\Theta_0 = 1$; $E_I = 3,0$ МПа; $Np = 22$ шага.

Анализ зависимостей показывает, что распределение нормального напряжения по длине контакта (см.рис.2) носит параболический характер [5, 7, 8, 9], а распределения нормального и касательного напряжений (см.рис.3) в точках, принадлежащих впадине первого грунтозацепа контакта, близки к линейному. Причем величина касательного напряжения в точке начала впадины грунтозацепа превышает величину нормального напряжения, что объясняется наличием внутреннего сцепления грунта при сдвиге.

На рис. 4 представлена теоретическая тяговая характеристика колесного движителя с пневматической шиной 29,5-29 мод. Ф-114 на рыхлом грунте, при прямолинейном движении, с учетом и без учета действия грунтозацепов.

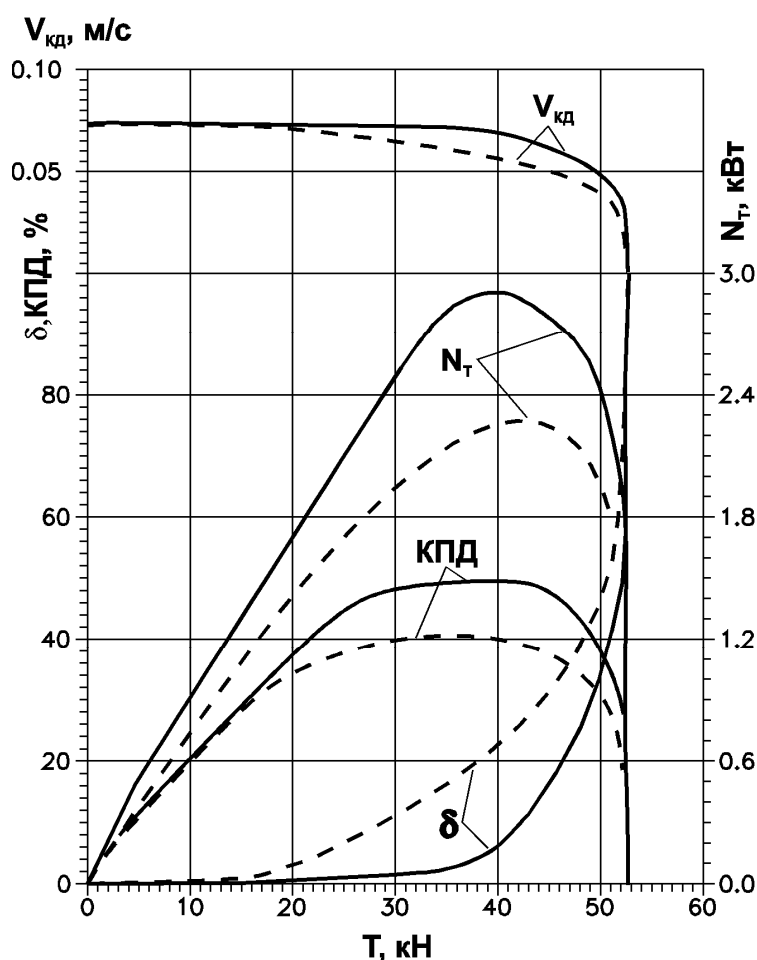


Рис. 4. Теоретическая тяговая характеристика колесного движителя с пневматической шиной 29,5-29 мод.Ф-114 на рыхлом грунте, при $G_k = 134$ кН, $p_w = 0,2$ МПа; ---- с грунтозацепами; - - - без грунтозацепов

Тяговая характеристика получена расчетным путем при следующих исходных значениях $G_k = 134$ кН; $E_{ин} = 670$ кПа/м; $p_w = 0,2$ МПа; $E_I = 3,0$ МПа; $Np = 22$ шага.

Анализ характеристик показывает, что наличие грунтозацепов значительно улучшает тяговые качества КД при работе на рыхлом грунте. Величина силы тяги КД при $\delta = 10\%$ возрастает на 24%, при этом увеличиваются значения N_{Tmax} и $KПД_{max}$ соответственно на 26% и 23%.

Выводы

Предложена уточненная модель взаимодействия КД с грунтовой поверхностью, позволяющая учитывать особенности, присущие шинам больших размеров.

Для определения зависимости силы тяги - T от коэффициента проскальзывания ЦОТ - θ_0 КД при движении на деформирующейся опорной поверхности, получены выражения, учитывающие наличие горизонтальной составляющей деформации опорной поверхности.

Численная реализация уточненной модели взаимодействия колеса, снабженного шиной 29,5-29 больших размеров, с грунтовой поверхностью показала, что наличие грунтозацепов значительно улучшает тяговые качества КД при работе на рыхлом грунте. Величина силы тяги КД при $\delta = 10\%$ возрастает на 24%, при этом увеличиваются значения N_{Tmax} и $KПД_{max}$ соответственно на 26% и 23%.

Библиографический список

1. Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители (теория и расчет).-М.: Машиностроение, 1972.-184 с.
2. Бабков В.Ф., Бируля А.К., Сиденко В.М. Проходимость колесных машин по грунту. - М.: Автотрансиздат, 1959.-188 с.
3. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин: Учеб. для студентов машиностр. спец. вузов. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1990.- 352 с., ил.
4. Антонов А.С. Теория гусеничного движителя. -М.: Машгиз, 1949.
5. Ульянов Н.А. Колесные движители строительных и дорожных машин: теория и расчет. -М.: Машиностроение, 1982.-279 с.
6. Пелевин, Л.Е., Балака, М.Н., Аржаев, Г.А., Василенко, А.В., Устинов, Ю.Ф. // Кинематические соотношения при качении эластичного колеса по плоской деформирующейся опорной поверхности // В сб.- Научн.вест. Воронеж. госунивер. архитектурно-строительного универ. Серия: Высокие технологии.- Экология. – Воронеж, 2013 (1): с.165-174
7. Бируля А.К., К теории качения пневматического колеса по деформируемой поверхности.// Труды ХАДИ, вып.21.-Харьков: Изд-во ХГУ, 1959, с.21-23.
8. Горячкин В.П. Теория колеса. Собрание соч. Т.2.-М.: Сельхозгиз, 1937.-242 с.
9. Работа автомобильной шины / Под ред. В.И.Кнороза. -М.: Транспорт, 1976.-245 с.

References

1. Agaikin I. C. off-road wheeled and combined propulsion (theory and calculation).- Moscow: Mashinostroenie, 1972.-184 PP.
2. Babkov V. F., Birulya A. K., Sidenko V. M. Patency of wheeled vehicles on the ground. - M.: Autotransmit, 1959.-188 PP.
3. Smirnov G. A. Theory of motion of wheeled vehicles: Studies. for students of the region.. spets. Woo-call. - 2nd ed., Rev. and extra -M.: Mashinostroenie, 1990.- 352 p., Il.
4. Antonov A. S. Theory of caterpillar propulsion. - Moscow: Mashgiz, 1949.
5. Ulyanov N. A. Wheel movers of construction and road machines: theory and calculation. - Moscow: Mashinostroenie, 1982.-279 PP.
6. Pelevin, L. E., Balaka, M. N., Arzhaev, G. A., Vasilenko, A.V., Ustinov, Yu. F. // Kinematic relations in the rolling of an elastic wheel on a flat deforming support surface / / in SB. - Nauchn.West. Voronezh state University of architecture and construction. Series: High technology.- Ecology. Voronezh, 2013 (1): pp. 165-174
7. Birulya A. K. on the theory of rolling of a pneumatic wheel on a deformable surface. Works of HADI, vol.21.- Kharkov: Publishing house of KSU, 1959, p. 21-23.
8. Goryachkin V. p. Theory of the wheel. Collection Op. Vol. 2.- Moscow: Selhozgiz, 1937.- 242 PP.
9. The work of the automobile tire / ed. - Moscow: Transport, 1976.-245 PP.

Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. В.Н. Геращенко;
Студент гр. НТС-151 Поздняков Д.Ю.
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-62
e-mail: goncharov@vgasu.vrn.ru

Voronezh State
Technical University
D.Sc. (Engineerin), Prof. V.N. Gerashchenko
student gr. NTS-151 D.Y. Pozdnyakov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-62
e-mail: goncharov@vgasu.vrn.ru

В.Н. Геращенко, Д.Ю. Поздняков

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА 5-ОЙ РАЗМЕРНОЙ ГРУППЫ

Большой объём земляных работ связанных с использованием одноковшовых гидравлических экскаваторов. Производительность данной машины на прямую зависит от эффективности работы всех узлов и механизмов машины, в том числе и от эффективной работы механизма натяжения гусеничной ленты.

Ключевые слова: одноковшовый гидравлический экскаватор, механизм привода хода, механизм натяжения гусеничной ленты, катки опорные и поддерживающие.

V.N. Gerashchenko, D.Y. Pozdnyakov

THE MECHANISM OF TENSION OF A CATERPILLAR TRACK OF A HYDRAULIC EXCAVATOR OF THE 5TH AND DIMENSIONAL GROUP

A large amount of earthwork associated with the use of single-bucket hydraulic excavators. The performance of this machine directly depends on the performance of all components and mechanisms of the machine, including the effective operation of the track tension mechanism.

Keywords: single shear hydraulic excavator, stroke drive mechanism, track tape tension mechanism, support and supporting rollers.

Выполнение большого объема земляных работ одноковшовыми экскаваторами в рамках строительного производства предъявляет повышенные требования к ходовому оборудованию. Натяжные механизмы должны быть компактными с применением гостированных демпфирующих элементов. Конструкции катков опорных и поддерживающих, должны отвечать требованиям прочности и уменьшению трения.

Одноковшовые экскаваторы выполняют большой объем земляных работ в процессе строительного производства. Поэтому вопросам повышения производительности этих машин уделяется большое внимание. В современных условиях решение данного положения не может быть выполнено без конструктивных предложений, а также без общих вопросов машиностроения [1].

Особо следует отметить тяжелейшие условия работы ходового оборудования экскаваторов, подверженного высоким нагрузкам и интенсивному износу. Надежности узлов ходового оборудования в процессе эксплуатации может способствовать следующее:

- трение в узлах должно быть минимальным;

- процессе коррозии при простое оборудования должен быть исключен;
- внедрение унифицированных составных частей для привода хода экскаватора.

В последнее время прослеживается четкая тенденция в области мирового экскаваторостроения внедрения унифицированных составных частей для привода хода экскаваторов. Передовые фирмы, такие как «Hitachi» (Хитаچی) «Komatsu» (Комацу) – Япония; «Caterpillar» (Катерпиллер) – США; «Libher» (Либхер) – Германия и другие переходят на выпуск типоразмерных планетарных модулей, используемых для привода хода и поворота платформы; применение особых конструкций механизмов натяжения и уменьшающих их габариты, и позволяющих в полуавтоматическом и автоматическом режиме регулировать их работы; уменьшение трения в узлах за счет применения жидкой смазки и специальных уплотнений [2].

На основании вышеизложенного задачами исследований в отечественном экскаваторостроении являются увеличение производительности, снижении удельной металлоемкости и вместе с тем увеличение удельного веса машин с полуавтоматическими и автоматическими системами управления.

Повышение конкурентоспособности отечественных экскаваторов непосредственно связано со следующими направлениями в этой работе:

- Широкое применение новых сверхпрочных материалов.
- Увеличение геометрической вместимости рабочих органов.
- Использование новейших технологий, позволяющих увеличить прочность, надежность, износостойкость узлов и деталей.
- Применение энергосберегающих систем охлаждения, управления и контроля.

Резервы в улучшении характеристик экскаваторов, выпускаемых отечественной промышленностью, безусловно есть и их необходимо внедрять в экскаваторы, выпускаемые в настоящее время.

Учитывая тяжелейшие условия работы гусеничного движителя экскаватора на деформируемой опорной поверхности, подверженного постоянным перегрузкам, интенсивному износу, постоянному контакту с грунтом, что требует для его защиты выполнения следующих направлений, которые будут способствовать надежности хода:

- отвод тепла, возникающего в результате трения соприкасающихся уплотняемых поверхностей, должен осуществляться посредством доступа смазочных средств;
- трение должно быть минимальным;
- забиваемость гусеничного пространства грязью, грунтом, ухудшающего условия его обслуживания, должна быть минимизирована конструктивными мероприятиями, что может быть достигнуто консольно установленными катками большего диаметра.

Механизм натяжения гусеничной цепи должен конструктивно увеличивать свободное гусеничное пространство.

Конструктивные особенности привода хода зарубежных экскаваторов рекомендуют применение планетарных передач, что объясняется рядом достоинств по сравнению с простой зубчатой передачей:

- возможность получения большего передаточного числа при небольших габаритах передачи;
- имеют меньшую массу по сравнению с рядовыми передачами;
- планетарные передачи работают с меньшим шумом, удобно встраиваются в электродвигатели, ходовые колеса, барабаны [3].

Недостатком таких передач является сложность изготовления, что связано с повышенной точностью и требует специального совершенного оборудования [3-4].

Таким образом, наиболее перспективными конструкциями привода хода экскаватора является привод, осуществляемый с помощью планетарных редукторов, унифицированных с механизмом привода поворота платформы. Достоверность данного суждения подтверждается

проведенными исследованиями и анализом существующих конструкций привода хода экскаваторов, выпускаемых в мире. Практика создания машин нового поколения показывает, что применение планетарного привода объясняется тем, что благодаря небольшому числу типовых размеров модулей экономически эффективно их поточное производство, позволяющее обеспечить высокий технический уровень приводов и снизить не менее чем в 2 раза по сравнению с выпускаемыми цилиндрическими редукторами массу привода.

Механизмы натяжения гусеничных лент должны быть компактными с применением в качестве демпфирующих элементов гостированных тарельчатых пружин. Что касается катков опорных и поддерживающих, то надо особое внимание уделить их смазке и требованиям, предъявляемым к материалам, из которых изготавливаются контактные кольца и уплотнения.

Целесообразно применять в ходовом оборудовании гусеничные ленты тракторного типа, что увеличивает срок службы и надежность.

Таким образом с уверенностью можно сказать что модернизация механизма натяжения гусеничных лент гидравлических экскаваторов благотворно повлияло на надёжность и производительность экскаваторов.

Библиографический список

1. Башкиров В.А., Геращенко В.Н. «О некоторых проблемах экскаваторостроения и путях их решения» // Строительные и дорожные машины. 1993 №10. стр. 6-8.
2. Геращенко В.Н. «Влияние конструктивных элементов гусеничного ходового оборудования экскаватора на эффективность его работы». Научно-образовательный форум. Инновации в сфере науки, образовании и высоких технологий ВГАСУ, Воронеж – 2013 г.
3. Геращенко В.Н. «О некоторых проблемах экскаваторостроения в современных условиях». Инновации в сфере науки, образования и высоких технологий. 65-ая научно-практическая конференция ВГАСУ. Воронеж – 2010 г.
4. Геращенко В.Н. Вдовин П.С. «Исследование элементов ходового оборудования гидравлических экскаваторов 5-ой размерной группы». Высокие технологии. Экология. 15-ая межрегиональная научно-практическая конференция, ВГАСУ, Воронеж – 2012 г.

References

1. Bashkirov V.A., Gerashchenko V.N. "On some problems of excavation and ways to solve them" // Construction and road machines. 1993 No.10.p.6-8.
2. Gerashchenko V.N., "The influence of the structural elements of the tracked undercarriage equipment of the excavator on the efficiency of its work". Scientific and educational forum. Innovations in the field of science, education and high technology, Voronezh State Aviation Technical University, 2013.
3. Gerashchenko V.N. "On some problems of excavation in modern conditions." Innovations in science, education and high technology. 65th scientific-practical conference Voronezh-2010.
4. Gerashchenko V.N., Vdovin P.S. "Study of elements of running equipment of hydraulic excavators of the 5th dimensional group." High tech. Ecology. 15th Interregional Scientific and Practical Conference VGASU, Voronezh 2012.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
строительной техники
и инженерной механики В.А. Жулай;
Магистрант кафедры строительной техники и
инженерной механики гр. мСДМ-181
Еременко Е.Е.
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: zhulai@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University
Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of con-
struction machinery and engineering me-
chanics V.A. Zhulai;
Master student of the department of construc-
tion equipment and engineering mechanics
gr. mSDM-181
Eremenko E.E.
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-77-01-29
e-mail: zhulai@vgasu.vrn.ru*

В.А. Жулай, Е.Е. Еременко

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СЕПАРАТОРА ПБС-90/210

Рассмотрим расчетный метод подтверждения показателей надежности модернизации сепаратора, в частности ведущего вала первой ступени двух-ступенчатого мотор-редуктора.

Ключевые слова: надежность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сепаратор, мотор-редуктор.

V.A. Zhulai, E.E. Eremenko

CALCULATING METHOD OF CONFIRMING INDICATORS RELIABILITY OF THE SEPARATOR PBS-90/210

The calculation method for confirming the reliability indicators of the modernization of the separator, in particular the drive shaft of the first stage two-stage gear motor.

Keywords: reliability, durability, maintainability, separator, gear motor.

Основным требованием к решению задач анализа и оценки безопасности машин является наличие оперативной и достоверной информации о техническом состоянии основных комплектующих конструктивных элементов. Оценка и прогнозирование надежности ТТМ и рисков возникновения отказов является важнейшим требованием международных стандартов по обеспечению безопасности их использования. Существующие методы определения показателей надежности и оценки рисков базируются на статистической информации об отказах и неисправностях, возникающих в процессе эксплуатации машин и оборудования. Сбор, накопление и обработка статистической информации об отказах машин и оборудования традиционными методами не обеспечивает необходимой оперативности и достоверности полученных данных.

Современные диагностические системы обладают широкими возможностями накопления и передачи информации о техническом состоянии машин, которая может быть использована для решения поставленных задач. Для строительной и дорожной отрасли прогнозирование надежности и оперативная оценка работоспособности машин в условиях эксплуатации невозможны без применения устройств, выполняющих мониторинг критических значений диагностических пара-

метров в непрерывном режиме. Эффективное управление надежностью и рисками машин и оборудования с помощью методов технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию также базируется на результатах считывания этих же параметров при выполнении регламентных работ.

Было принято решение повысить надежность сепаратора ПБС-90/210 с помощью модернизации ведущего вала мотор-редуктора. Далее произведен расчетный метод подтверждения и повышения показателей надежности модернизируемого оборудования.

Для организации работ по выполнению целевых задач надежности создаваемого или модернизируемого изделия в составе конструкторской документации разрабатывается программа обеспечения надежности (ПОН) этого изделия [1]. ПОН призвана упорядочить работы по достижению заданного уровня надежности изделий при минимальных затратах. В зависимости от степени совершенства технологии производства, отлаженности процесса обеспечения надежности изделий на этапах их жизненного цикла, а также от новизны проектируемого изделия ПОН может разрабатываться с личным содержанием. В частности, могут разрабатываться общие программы на весь жизненный цикл изделия, а могут охватывать только отдельные этапы этого цикла. При этом ПОН может составляться на любом этапе создания техники.

В ПОН изделия формулируются задания для организаций и предприятий, участвующих в создании данного изделия. Эти задания зависят от назначения изделия, степени отработки отдельных ее элементов, насыщенности конструкции изделия серийно выпускаемыми комплектующими, степени соответствия реальных и предполагаемых условий и режимов эксплуатации.

Расчетное подтверждение гамма-процентного ресурса СЕ является задачей подчиненной, поскольку основной задачей является подтверждение ресурса оборудования в целом. Но эта основная задача не может быть решена расчетным путем без подтверждения ресурса основных и базовых СЕ. Поэтому для решения этой задачи прежде всего необходимо по рабочим чертежам и данным прочностных расчетов выполнить расчеты ресурсов деталей. По этим исходным данным определяются значение вероятности обеспечения ресурса каждой детали (γ_j) и значение их гамма-процентного ресурса (T_{pji}).

Дальнейший расчет выполняется в следующей последовательности.

Гамма-процентные наработки i -той СЕ до первой замены j -ой детали определяются по формуле

$$T_{ji} = \frac{T_{pji}}{K_j}, \quad (1)$$

где K_j — коэффициент использования j -той детали в рабочем времени i -той СЕ.

Для каждой детали устанавливаются вид распределения ресурса и коэффициент его вариации (V_{ji}), а с помощью номограмм [2,3] определяются коэффициенты K_{ji} для вычисленного значения V_{ji} каждой детали.

Средняя наработка до первой замены j -той детали в i -той СЕ определяется по формуле

$$T_{cpji} = T_{ji} \cdot K_{ji}, \quad (2)$$

Если для неосновных деталей $T_{cpji} \leq T_{p.cpi}$ то определяется число (f_j) замен j -той детали в ремонтном цикле i -той СЕ,

$$f_j \approx \frac{T_{p.cpi}}{T_{cpji}}, \quad (3)$$

которое округляется до ближайшего большего числа.

Для подтверждения ресурса СЕ все распределения неосновных деталей, заменяемых внутри ремонтного цикла СЕ с периодичностью T_{cpji} , принимаются в расчет со значениями своих наработок до f -той замены близких к значению ресурса СЕ в целом.

Средняя наработка до f -той замены j -той детали будет равна

$$T_{cpji}^{(f)} = f_j \cdot T_{cpji}, \quad (4)$$

а коэффициент вариации распределения наработки при f -той замене j -той детали определяется по выражению

$$V_{ji}^{(f)} = \frac{V_{ji}}{\sqrt{f_j}}, \quad (5)$$

где V_{ji} — коэффициент вариации наработки до первой замены j -той детали в i -той СЕ.

Подтверждение гамма-процентного ресурса (T_{pji}) i -той СЕ осуществляется либо путем вычисления вероятности обеспечения этого значения ресурса по структурной формуле надежности, либо путем построения кривой убыли ресурса СЕ.

Для определения вероятности обеспечения наработки каждой детали, соответствующей гамма-процентному ресурсу СЕ (T_{pji}), вычисляется отношение этого ресурса к средней наработке

до первой (или f -той) замены каждой детали $\frac{T_{pji}}{T_{cpji}}$ или $\frac{T_{pji}}{T_{cpji}^{(f)}}$.

Полученное отношение находится на оси ординат номограммы [1,2], с помощью которой для принятого значения коэффициента вариации (V_{ji}) распределения ресурса детали на оси абсцисс находится значение искомой вероятности $P_j(T_{pji})$.

В соответствии со структурной формулой надежности СЕ и по данным расчета $P_j(T_{pji})$ вычисляется вероятность обеспечения нормируемого гамма-процентного ресурса СЕ

$$P(T_{pji}) = \bigcap_{j=1}^m [P_j(T_{pji})], \quad (6)$$

где $\bigcap_{j=1}^m [P_j(T_{pji})]$ — символ структурной формулы надежности i -той СЕ, состоящей из t деталей ($j=1, 2, \dots, m$).

Если $P(T_{pji}) \geq \gamma_i/100$, то нормируемый гамма-процентный ресурс СЕ подтверждается.

Если $P(T_{pji}) < \gamma_i/100$ то нормируемый гамма-процентный ресурс СЕ не подтверждается.

При подтверждении гамма-процентного ресурса СЕ путем построения кривой убыли задаются нижний и верхний пределы размаха распределения ресурса СЕ; принятый диапазон распределения ресурса разбивается на интервалы; вычисляются вероятности обеспечения наработки всех учитываемых (основных) деталей для значений наработки СЕ на границах интервалов: по структурной формуле вычисляется вероятность обеспечения ресурса СЕ для каждого значения наработки, и по полученным координатам строится кривая убыли ресурса СЕ.

Нижний и верхний пределы размаха распределения ресурса определяются по выражениям

$$\begin{aligned} T_{min} &\geq T_{p.cpi} \cdot (1 - 3 \cdot V_i) \\ T_{max} &\leq T_{p.cpi} \cdot (1 + 3 \cdot V_i) \end{aligned} \quad (7)$$

где V_i — предполагаемое значение коэффициента вариации ресурса ($V_i = 0,2 \dots 0,4$).

Пример. Конструкция ведущего вала мотор-редуктора и схема действующих нагрузок показаны на рис. 1, а значения этих нагрузок и ординаты эпюр изгибающих и крутящих моментов в каждом из четырех расчетных режимов работы приведены в табл. 1 для каждого расчетного сечения в зоне концентраторов напряжений.

Расчетные нагрузки и реакции опор А и В

Параметры режимов работы	Обозначение	Единица измерения	Режимы работы			
			I	II	III	IV
Относительная продолжительность работы	q	-	0,05	0,15	0,2	0,6
Частота вращения вала	n_b	мин ⁻¹	3,92	13,09	24,93	45,69
Тяговое усилие	P_T	кН	21	19	13	4
Боковая нагрузка	P_6	кН	7,2	7,2	-	-
Вертикальная реакция	R_K	кН	46,66	46,66	46,66	46,66
Реакция опор в соответствующих плоскостях	R_{ax}	кН	26,58	24,05	16,54	5,06
	R_{ay}	кН	34,72	35,5	49,67	53,21
	R_{bx}	кН	9,93	8,99	6,15	1,89
	R_{by}	кН	55,04	49,45	44,49	19,32
Нагрузка (окружное усилие и поперечная сила на ведущей шестерне)	P_x	кН	15,51	14,04	9,6	2,96
	P_y	кН	66,98	60,6	41,47	12,76

Вал изготовлен из стали 40Х с термообработкой поверхности до твердости HB241...302. Для такого термообработанного материала предел прочности и предел текучести при изгибе равны $\sigma_b = 690$ МПа, $\sigma_T = 704$ МПа.

Согласно требованиям к надежности мотор-редуктора сепаратора, 90%-ный ресурс вала должен быть не менее $T_{p90} = 1800$ ч.

Поскольку вал работает в условиях переменной нагрузки, то наиболее вероятная форма его деформации – это усталостное разрушение. Поэтому можно считать, что распределение ресурса будет подчинено закону Вейбулла с коэффициентом вариации $V_b = 0,3$, для которого соответствующие характеристики K_b и b распределения могут быть определены по рис. 2.3 ($K_b = 0,9$; $b = 3,8$).

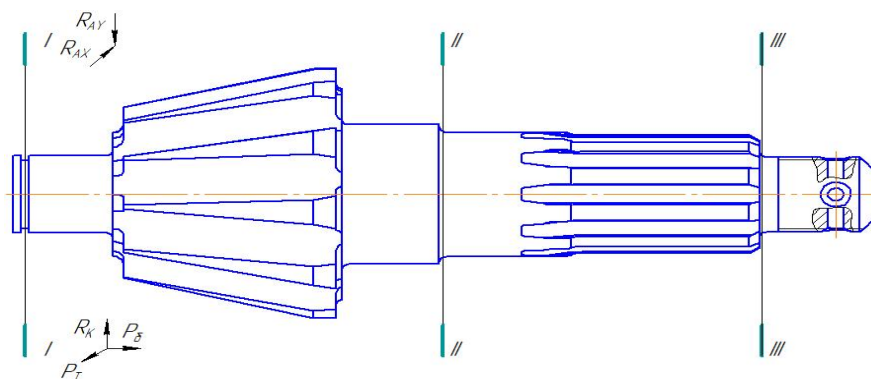


Рис. 1. Ведущий вал мотор-редуктора сепаратора ПБС-90/210 и схема его нагружения

По рис. 2 видно, что вал имеет три концентратора напряжения, в сечениях которых определяются нормальные и касательные напряжения. Расчетные значения этих напряжений представлены в табл. 2 для четырех режимов работы.

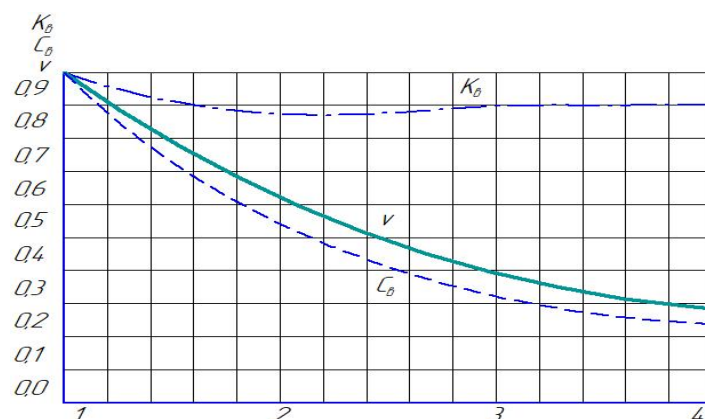


Рис. 2. Коэффициенты распределения Вейбулла

Таблица 2

Нормальные и касательные напряжения в расчетных сечениях вал

Нормальные напряжения в расчетных сечениях σ_a , МПа				
I-I	24,2689	23,994	19,341	18,701
II-II	14,6280	14,014	26,212	12,337
III-III	7,7530	6,6505	17,652	12,691
Касательные напряжения в расчетных сечениях τ_a , МПа				
I-I	59,1353	53,503	36,607	11,263
II-II	55,1767	49,921	34,167	10,509
III-III	46,0989	41,708	28,537	8,7808

Следуя методам, изложенным в работе [1], определяются пределы выносливости вала в каждом расчетном сечении концентратора напряжений (табл. 3). При расчете на усталостную прочность учитываются те максимальные напряжения, которые превышают или равны половине предела выносливости вала по данному виду нагружения.

Таблица 3

Пределы выносливости вала в расчетных сечениях

№ сечения	Вид концентратора напряжения	Вид нагружения	$\bar{\sigma}_{-1Д}$, $\bar{\tau}_{-1Д}$, МПа	$\bar{\sigma}_a^{max}$, $\bar{\tau}_a^{max}$, МПа	$K_{изг}$, $K_{кр}$
I-I	Выточка	Изгиб, кручение	80,3 78,2	24,3 59,1	5,07 3,12
II-II	Галтель	Изгиб, кручение	88,1 81,1	26,2 55,2	4,62 3,01
III-III	Галтель	Изгиб, кручение	151,9 95,7	17,7 46,1	2,68 2,55

В предпоследней графе табл. 3 приведены максимальные $\sigma_a^{\max}, \tau_a^{\max}$ рассчитанные значения нормальных и касательных напряжений в сечениях (см. табл. 1). В последней графе табл. 3 даны коэффициенты концентрации в каждом сечении для каждого вида нагружения ($K_{изг}, K_{кр}$).

Как видно из табл. 3, нормальные напряжения во всех сечениях ниже половины предела выносливости вала при изгибе, поэтому далее эти значения в расчетах не учитываются.

Касательные напряжения учитываются во всех сечениях, кроме сечения IV—IV, где действующее напряжение в 3 раза меньше предела выносливости, и сечения VI—VI, где касательных напряжений нет.

Для всех учитываемых режимов нагружения и для всех расчетных сечений: показатель кривой усталости $m = \frac{I}{K_{кр}} \cdot \left(5 + \frac{\sigma_b}{80} \right)$; средние запасы усталостной прочности при различных

значениях действующего напряжения $n = n_p \cdot \frac{\tau_{l0}}{\tau_a^{\max}}$ при $n_p = 0,5 \dots 1,2$; квантили нормального

распределения вероятностей разрушения вала $U_p = \frac{I-n}{\sqrt{n^2 \cdot V_{\tau-l0}^2 + V_\varepsilon^2}}$ при $V_{\tau-l0} = 0,1$ и $V_\varepsilon = 0,15$;

вычисляются вероятность разрушения вала Q_p , и вероятность обеспечения ресурса $P(N_\gamma)$ в каждом месте концентрации по найденному значению квантили и соответствующему этим вероятностям коэффициенту K_γ для распределения Вейбулла с коэффициентом вариации $V_B = 0,3$ [4]

$$K_\gamma = \frac{K_b}{\sqrt[n]{- \ln \cdot P(N_\gamma)}}, \quad (8)$$

Расчетное число циклов нагружения в каждом месте концентрации напряжений для каждого значения вероятности $P(N_\gamma)$ обеспечения ресурса вала определяется по формуле

$$N_{\gamma i} = \frac{N_0 \cdot \left(\frac{\tau_{l0}}{\tau_a^{\max}} \right)^m}{K_\gamma}, \quad (9)$$

где N_0 – базовое число циклов нагружения ($N_0 = 2 \cdot 10^6$ циклов).

Расчет координат кривой убыли повторяется для каждого расчетного режима нагружения и по этим координатам строятся соответствующие кривые.

Координаты результирующей («приведенной») кривой убыли ресурса вала определяются как средневзвешенные значения для всех режимов нагружения: выбирается ряд значений аргумента приведенной кривой – числа циклов $N_{\gamma пр}$; и для каждого значения $N_{\gamma пр}$ подсчитывается величина вероятности обеспечения ресурса

$$P(N_{\gamma пр}) = \frac{P_1(N_{\gamma пр}) \cdot q_1 + P_2(N_{\gamma пр}) \cdot q_{P_1(N_{\gamma пр})q_1} + \dots + P_r(N_{\gamma пр}) \cdot q_r}{\sum_{k=1}^n q_k}, \quad (10)$$

где k – порядковый номер режима нагружения, учтенного в расчете приведения кривой убыли ресурса вала.

По полученным координатам $N_{\gamma пр}$ и $P(N_{\gamma пр})$ строится приведенная кривая убыли ресурса вала.

Расчет координат приведенной кривой убыли представлен в табл. 4.

Таблица 4

Расчет координат кривой убыли ресурса вала

Расчетные режимы нагружения				1		2	
Доли работы в расчетах режимах				q ₁ = 0,05		q ₂ = 0,15	
Расчетные значения вероятностей обеспечения ресурса	Расчетные значения наработок вала						
	Ig(N _{γпр})	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6
	N _{γпр} · 10 ⁶	3,981	10,0	25,12	63,1	158,5	398,1
P ₁ (N _{γпр})		0,99	0,96	0,89	0,77	0,52	0,12
P ₂ (N _{γпр})		0,98	0,92	0,82	0,57	0,20	0,05
P ₁ (N _{γпр}) q ₁ /(q ₁ +q ₂)		0,248	0,24	0,222	0,193	0,13	0,03
P ₂ (N _{γпр}) q ₂ /(q ₁ +q ₂)		0,735	0,69	0,615	0,43	0,15	0,038
P(N _{γпр})		0,983	0,93	0,837	0,623	0,28	0,068

По построенной кривой убыли находятся расчетные значения ресурса N_{90} и $N_{50}=N_{cp}$, после чего значения ресурса в часовом измерении определяются по выражениям:

$$T_{p90} = \frac{N_{90}}{60 \sum_{k=1}^r n_{Bk} \cdot q_k}; T_{p,cp} = \frac{N_{cp}}{60 \sum_{k=1}^r n_{Bk} \cdot q_k}, \quad (11)$$

где n_{Bk} – частота вращения вала при работе в k -том режиме, мин^{-1} .

Результаты расчета значений 90%-ного и среднего ресурсов приведены в табл. 5, а кривая убыли показана на рис. 3.

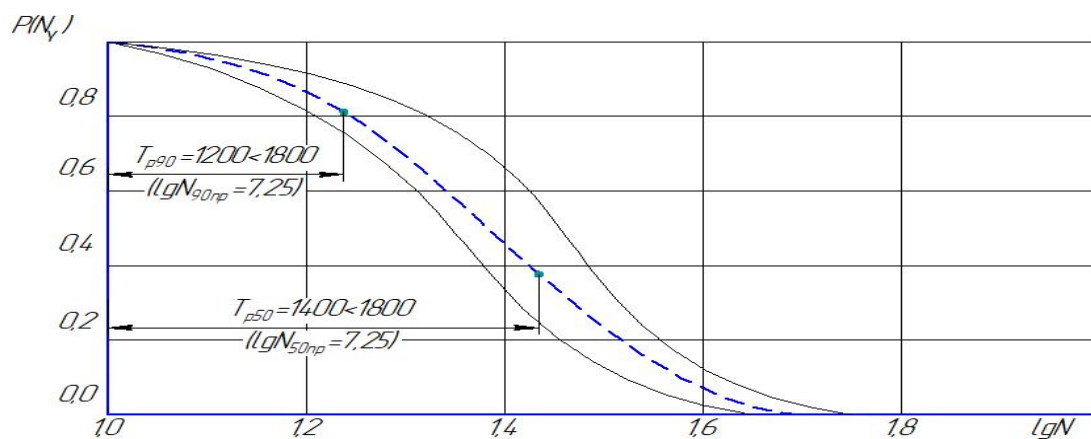


Рис. 3. Кривая убыли ресурса вала

Таблица 5

Расчетные значения ресурса вала

$\gamma, \%$	$60 \sum_{k=1}^r n_{Bk} \cdot q_k$	$Lg(N_{\gamma пр})$	$N_{\gamma} \cdot 10^6$	$T_{py}, \text{ ч}$	Требуемые значения $T_{py}, \text{ ч}$
90	1083	7,25	17,8	1200	1800
50	1083	8,375	237	1400	-

Гамма-процентный ресурс СЕ подтверждается, если его значение по кривой убыли превышает нормируемое значение гамма-процентного ресурса этой СЕ.

Вывод

После того как было проведено исследование ведущего вала мотор-редуктора сепаратора ПБС-90/210 по параметрам надежности, расчеты показали, что его ресурс меньше, требуемого значения. Это влияет на такие свойства надежности, как долговечность и безотказность, так как сопротивляемость конструкции ведущего вала подвержена разрушению и износу. Принято решение модернизировать ведущий вал при этом, повысив его надежность, а сделать это можно следующими способами, увеличив вал в размерах или заменив материал. Увеличивать вал в размерах будет проблематично, так как корпус мотор-редуктора сделать это не позволит, а если заменить материал вала со стали 40Х на сталь 45, то получим более прочную конструкцию. Сталь 45 по физико-механическим показателям выше стали 40Х. Таким образом при минимальной модернизации повысится надежность ведущего вала мотор-редуктора. Помимо этого данная модернизация не будет финансово затратной, а так же такое важнейшее свойство надежности, как ремонтпригодность будет повышено. Уменьшатся повреждения мотор-редуктора, а производительность повысится.

Библиографический список

1. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования: учебн. пособие. – М.: Высш. школа, 1979. – 400с.
2. Шарипов Л.Х. Технологические схемы и оборудование дробильно-сортировочных предприятий: выбор и расчет: учеб. пособие / - 2-е изд., испр. и доп. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2008. - 215 с.
3. Зорин В.А. Надёжность механических систем. Учебник. М: Изд-во «ИНФРА-М» / Москва 2015. – 380 с.
4. Зорин В.А., Косенко Е.А., Штефан Ю.В. Управление рисками при производстве и эксплуатации транспортно-технологических машин: учебное пособие. – М.: МАДИ, 2019. – 186 с.
5. Еременко Е.Е. Повышения надежности сепаратора ПБС-90/210А / Еременко Е.Е., Жулай В.А. // Научно-технический журнал Высокие технологии в строительном комплексе – 2019. – № 1. – 119-124 с.

References

1. Volkov D.P., Nikolaev S.N. Reliability of construction machinery and equipment: textbook. allowance. - M.: Higher. School, 1979. - 400p.
2. Sharipov L.Kh. Technological schemes and equipment of crushing and screening enterprises: selection and calculation: textbook. allowance / - 2nd ed., rev. and add. - Voronezh: Publishing house of Voronezh. state University, 2008. -- 215 p.
3. Zorin V.A. Reliability of mechanical systems. Textbook. M: Publishing house "INFRA-M" / Moscow 2015. - 380 p.
4. Zorin V.A., Kosenko E.A., Stefan Yu.V. Risk management in the production and operation of transport-technological machines: a training manual. - M.: MADI, 2019. -- 186 p.
5. Eremenko E.E. Improving the reliability of the separator PBS-90 / 210A / Eremenko E.E., Zhulay V.A. // Scientific and technical journal High Technologies in the Construction Complex - 2019. - No. 1. - 119-124 p.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строи-
тельной техники и инженерной механики
В.А. Жулай;*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
Н.П. Куприн;*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
В.Л. Тюнин;*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко;*

*Магистрант кафедры строительной техники
и инженерной механики гр. мСДМ-181
С.А. Хрущев.*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: zhulai@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University*

*Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of construc-
tion machinery and engineering mechanics 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
N.P. Kuprin;*

*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. Shchienko;*

*Master student of the department of construction
equipment and engineering mechanics gr.
mSDM-181 S.A. Khrushchev.*

*Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-77-01-29
e-mail: zhulai@vgasu.vrn.ru*

В.А. Жулай, Н.П. Куприн, В.Л. Тюнин, А.Н. Щиенко, С.А. Хрущев

ПОДЪЕМНИКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

В данной публикации рассмотрены конструкции подъемников для проведения диагностирования технического состояния карданных передач, технического обслуживания и ремонта строительных и дорожных машин.

Ключевые слова: ремонтно-эксплуатационная база, техническое обслуживание и ремонт, строительные и дорожные машины, карданная передача, вибродиагностирование, эксплуатационные дефекты, подъемники.

V.A. Zhulay, N.P. Kuprin, V.L. Tyunin, A.N. Shchienko, S.A. Khrushchev

HOIST FOR DIAGNOSTIC, MAINTENANCE AND REPAIR OF CONSTRUCTION AND ROAD MACHINES

This publication discusses the construction of lifts for diagnosing the technical condition of cardan gears, maintenance and repair of construction and road vehicles.

Keywords: repair and maintenance base, maintenance and repair, construction and road machines, cardan transmission, vibration diagnostics, operational defects, hoist.

Ремонтно-эксплуатационные базы (РЭБ) выполняют техническое обслуживание (ТО) и ремонт (Р) строительных и дорожных машин, снабжают их запасными частями топливосмазочными и другими эксплуатационными материалами, выполняют текущие ремонты всех машин, приписанных к базе, капитальный ремонт несложных и сложных (до 25%) машин на базе сборочных единиц, отремонтированных заводами.

В настоящее время в стране увеличилось количество строительных и дорожных машин (СДМ), в которых используются более мощные силовые установки, универсальные рабочие органы, многоступенчатые механические и гидромеханические коробки перемены передач и другие агрегаты, узлы и механизмы, соединенные между собой карданными передачами [1, 2].

Абразивный износ является одной из основных причин выхода из строя карданных передач строительных и дорожных машин, которые работают в неблагоприятных условиях воздействия окружающей среды с повышенной запыленностью абразивными микрочастицами и динамических нагрузок в трансмиссии вызываемых неустановившимися нагрузками, а также частыми пусками и остановками. Абразивное изнашивание нарушает микрогеометрию профилей рабочих поверхностей шлицев, приводя к увеличению бокового зазора и снижению изгибной жесткости, что в свою очередь вызывает повышение динамических нагрузок и вибрации. Вибрация не только оказывает негативное воздействие на оператора, но и несет в себе информацию о дефектах ее вызывающих. Выявление взаимосвязей параметров колебаний конструкций машины, с параметрами эксплуатационных дефектов карданных передач, и их изменения в процессе эксплуатации позволит оперативно проводить диагностирование и прогнозирование технического состояния элементов трансмиссий СДМ. Таким образом, разработка безразборных вибрационных методов диагностирования эксплуатационных дефектов и прогнозирования работоспособности карданных передач позволит уменьшить трудоемкость обслуживания и ремонта, а также повысить надежность и безопасность строительных и дорожных машин [1, 2].

Большие сроки ремонтов, плохое качество и низкая производительность труда являются следствием устаревшего технологического оборудования. С целью сокращения сроков и улучшения качества проведения ТО и Р возникла необходимость укомплектования базы новым прогрессивным универсальным оборудованием для ТО и Р машин, а также внедрением новых современных безразборных методов диагностирования.

При проведении вибродиагностирования эксплуатационных дефектов и прогнозирования работоспособности карданных передач, строительных и дорожных машин, исследуемая передача должна работать без нагрузки, т.е. диагностируемая машина должна находиться в вывешенном состоянии, а это целесообразно осуществить с помощью подъемников, которые находят все большее применение на РЭБ.

Существует большое количество самых разнообразных конструкций подъемников, которые могут быть классифицированы по шести характерным признакам. Классификация подъемников представлена на рисунке 1.

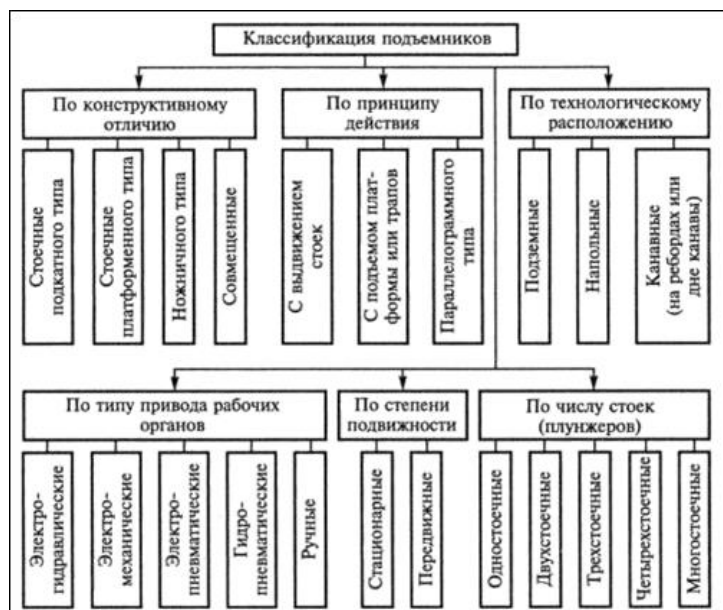


Рис. 1. Классификация подъемников

После изучения различных литературных и интернет-источников, содержащих информацию о конструкциях напольных подъемных устройств для автомобилей, в т.ч. и для СДМ, рассмотрим несколько конструкций подъемников.

Подъемник гидравлический платформенный параллелограммный на 12 тонн 12Г272М, который представлен на рисунке 2 [3]



Рис. 2. Подъемник гидравлический платформенный параллелограммный на 12 тонн 12Г272М

Подъемник гидравлический параллелограммный 12Г272М предназначен для подъема легковых и грузовых автомобилей, автобусов при выполнении работ по техническому обслуживанию ремонту и диагностике и инструментальному контролю. Выпускается в напольном исполнении и в исполнении «ровный пол». Может комплектоваться люфт-детектором, гидравлической навесной траверсой, въездными скатами. Это позволяет на одном стенде

производить оценку состояния подвески автомобиля при повышенных нагрузках, а также осуществлять без использования дополнительного оборудования диагностику осей путем подвешивания одной оси автомобиля. Это существенно расширяет функционал грузового подъемника и его потенциальную эффективность при работе ремонтников. Управление всеми дополнительными устройствами и самим грузовым подъемником может осуществляться с одного централизованного пульта. Наличие этой функциональной особенности позволяет использовать одного оператора для осуществления всех видов операций на одном стенде.

Технические особенности:

- универсальная платформа в форме параллелограмма предназначена для ремонта автомобилей с различной колесной базой и шириной колеи;
- гидравлический привод;
- удобный доступ к автомобилю обеспечивается отсутствием боковых стоек;
- безопасность обеспечивается применением гидрозамков на каждом гидроцилиндре и дублируется механическими стопорными приспособлениями на правой и левой стороне платформы;
- варианты исполнения: «напольный» и «ровный пол».

Техническая характеристика:

Грузоподъемность, кг	12000
Высота подъема, мм	1500
Время подъема, мин	2,5
Время опускания, мин	1
Высота в сложенном состоянии, мм	660
Длина подъемной платформы, мм	7300
Потребляемая мощность, кВт	4
Габариты подъемника (Длина x Ширина x Высота), мм	8900x2600x500
Вес подъемника, кг	4500

Подъемник четырехстоечный электромеханический (платформа) ПЛ-10, который представлен на рисунке 3 [4]



Рис. 3. Подъемник четырехстоечный электромеханический (платформа) ПЛ-10

Подъёмник платформенный ПЛ-10 предназначен для всех типов автомобилей общей массой до 10 тонн, четырёхстоечный, платформенный, электромеханический. Привод ходового винта через червячный мотор-редуктор. Устанавливается на бетонное в пол основание.

Техническая характеристика:

Грузоподъемность, т	10
Максимальная высота подъема платформы над уровнем пола, мм	1600
Минимальная высота платформы от уровня пола, мм	300
Напряжение питающей сети, В	380
Установленная мощность, кВт	6
Количество стоек/двигателей, шт.	4
Время подъема на полную высоту, сек	160
Расстояние между платформами, мм	1000
Ширина платформы, мм	700
Длина платформы, мм	7000
Габариты подъемника (Длина x Ширина x Высота), мм	9000x4060x2100
Вес подъемника, кг	3300

Подъемник шестистоечный электромеханический (платформа) ПЛ-25, который представлен на рисунке 4 [5]



Рис. 4. Подъемник шестистоечный электромеханический (платформа) ПЛ-25

Подъем всех автомобилей общей массой до 25 тонн. Устанавливается на бетонные в пол рамы, по отдельному заказу может быть укомплектован данными рамами. Предусмотрена возможность регулировки расстояния между платформами. Рабочие гайки повышенной прочности и износостойкости. Многоуровневая система безопасности. Привод ходового винта от червячного мотор-редуктора.

Техническая характеристика:

Максимальная грузоподъемность, т	25
Максимальная высота подъема платформы над уровнем пола, мм	1600
Минимальная высота платформы от уровня пола, мм	320
Установленная мощность, кВт	13,2
Напряжение питающей сети, В	380
Количество стоек, шт	6
Количество электродвигателей, шт	6
Время подъема на полную высоту, с	160
Расстояние между платформами, мм	800...1000
Ширина платформы, мм	900
Длина платформы, мм	7000
Габариты подъемника (Длина x Ширина x Высота), мм	3100x1100x840
Вес подъемника, кг	4850

Подъемник четырехстоечный электромеханический ПС-16, который представлен на рисунке 5 [6]



Рис. 5. Подъемник четырехстоечный электромеханический ПС-16

Подъемник ПС-16 – электромеханический, четырёхстоечный, стационарный для грузовых автомобилей и автобусов. Управление производится одновременно всеми стойками. В случае остановки электродвигателя одной из стоек, отключается питание всех электродвигателей. Подъемники комплектуются страховочными подставками. Подъемник имеет четыре стойки. Подъем за раму грузовых автомобилей общей массой до 16 тонн. Рабочие гайки из полиамида повышенной износостойкости. Подъемник оснащен концевыми выключателями нажимного действия ограничивающими ход каретки вверх и вниз и многоуровневой системой безопасности. По отдельному заказу комплектуется установочными рамами.

Техническая характеристика:

Максимальная грузоподъемность, т	16
Максимальная высота подъема подхватов от уровня пола, мм	2100
Способ подъема автомобиля	за раму
Минимальная высота подхватов от уровня пола, мм	410
Количество стоек, шт	4
Время подъема на полную высоту, с	160
Напряжение питания, В	380 3 фазы
Установленная мощность, кВт	8,8
Габариты подъемника (Длина x Ширина x Высота), мм	7000x4250x2930
Вес подъемника, кг	2550

Подъемник шестистоечный электромеханический ПС-24, который представлен на рисунке 6 [7]



Рис. 6. Подъемник шестистоечный электромеханический ПС-24

Подъемник имеет шесть стоек. Рабочие гайки из полиамида повышенной износостойкости. Подъемник оснащен концевыми выключателями нажимного действия ограничивающими ход каретки вверх и вниз и многоуровневой системой безопасности.

По отдельному заказу комплектуется установочными рамами.

Техническая характеристика:

Максимальная грузоподъемность, т	24
Максимальная высота подъема подхватов от уровня пола, мм	2100
Способ подъема автомобиля	за поддомкратные площадки
Минимальная высота подхватов от уровня пола, мм	320
Установленная мощность, кВт	13,2
Количество стоек, шт	6
Количество электродвигателей, шт	6
Время подъема на полную высоту, с	160
Габариты подъемника (Длина x Ширина x Высота), мм	10800x4250x2930
Вес подъемника, кг	3130

Из всего разнообразия конструкций подъемников можно увидеть то, что наиболее сложной частью подъемников является привод подъемного механизма. В электромеханических подъемниках это передача винт-гайка, редуктор и электродвигатель, в гидравлических это гидроцилиндр и насосная станция. В условиях РЭБ изготовить подобные узлы не представляется возможным, а их покупка дорога. Из этого следует, что простота подъемного механизма, возможность его изготовления и ремонта в условиях РЭБ является в конечном счете определяющим условием работоспособности подъемника.

Поэтому рассмотрев все типы приводов, останавливаемся на подъемнике с пневматическим элементом. Подъемник с пневмоэлементом обладает рядом существенных преимуществ перед иными, он прост по конструкции, надежен в работе, безопасен (по сравнению с электрическим), а также имеет возможность применения в полевых условиях.

Предлагаемая конструкция подъемника представлена на рисунке 7, а принципиальная пневматическая схема подъемника – на рисунке 8 [8]

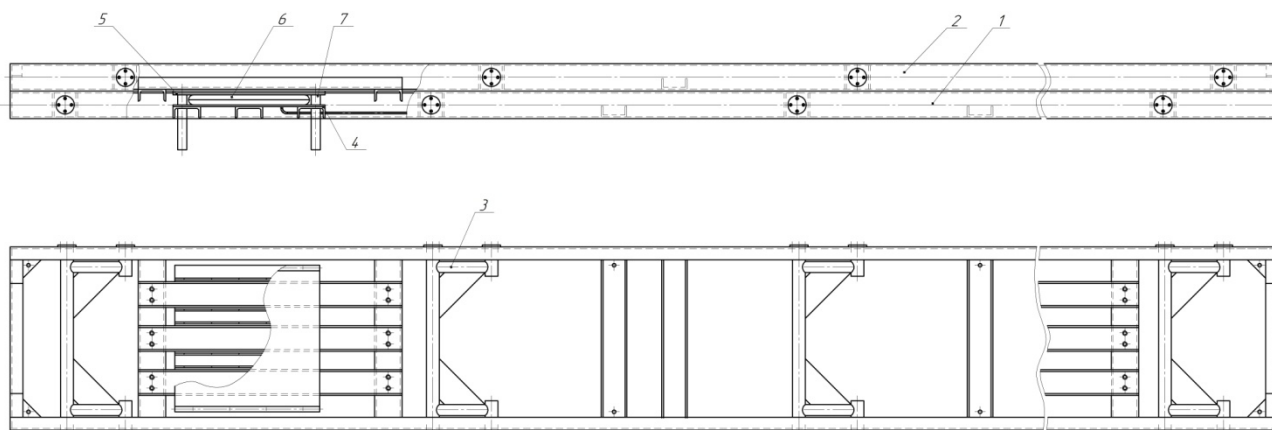


Рис. 7. Подъемник пневматический:

1 – рама нижняя; 2 – рама верхняя; 3 – шарнир;
4 – опорная платформа; 5 – верхняя платформа; 6 – пневмобалон; 7 – направляющая

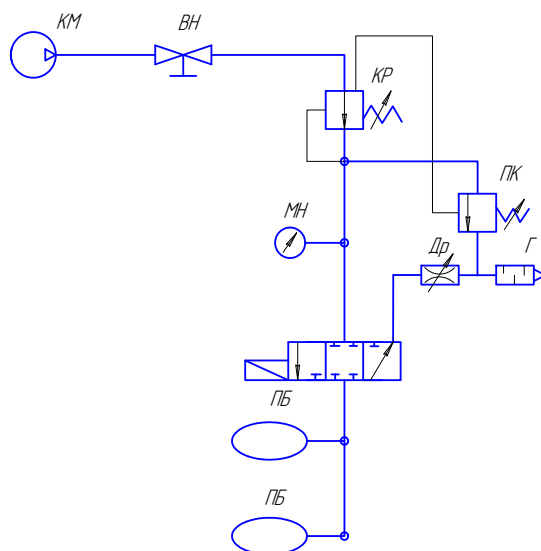


Рис. 8. Схема пневматическая:

КМ – компрессор; ВН – вентиль; КР – клапан регулировочный;
ПК – клапан предохранительный; МН – манометр; Др – дросель регулируемый; Г – глушитель;
Р – распределитель трехсекционный электроклапаном; ПБ – пневмобаллон

Подъемник предназначен для вывешивания СДМ при диагностировании эксплуатационных дефектов карданных передач. Подъемник монтируется в помещении на полу и представляет собой жесткую металлическую конструкцию, состоящую из двух рам: нижней неподвижной 1 и верхней подвижной 2. Они соединены между собой шарниром 3. Подъемный механизм состоит из двух платформ: нижней неподвижной 4 и верхней подвижной 5, между которыми помещен пневмоэлемент 6. Пневмоэлемент представляет собой квадратный мешок, на одну сторону которого вулканизируется вентиль. Верхняя и нижняя платформы подъемного механизма связаны направляющими 7, по которым перемещается верхняя платформа. Шарнирное соединение, верхняя и нижняя рамы образуют параллелограмм, что обеспечивает равномерное поднятие верхней рамы при неравномерных нагрузках в разных ее частях.

Подъемник имеет следующие технические характеристики:

Грузоподъемность – 20000кг.

Привод – пневматический.

Рабочее давление воздуха, МПа(кг/см²) – 0,5(5).

Высота подъема – 350мм.

После установки машины на подъемник, поворотом рукоятки пневмораспределителя открывается доступ сжатого воздуха в пневмобаллон. Пневмобаллон, наполняясь воздухом, поднимает верхнюю платформу подъемного механизма, которая в свою очередь через роликовую опору поднимает верхнюю раму, вывешивая машину. Высота подъема ограничивается длиной шарниров. В вывешанном состоянии автомобиль удерживается сжатым воздухом. Для того, чтобы при резком падении давления воздуха, не произошло резкого падения автомобиля в питающую пневмосеть установлен обратный клапан.

В целях поддержания рабочего давления в сети установлен клапан регулирования давления, а для контроля за давлением – манометр.

Для опускания машины нужно повернуть ручку распределителя в обратном направлении, при этом пневмобаллон соединится с атмосферой и, по мере выпуска воздуха, верхняя рама начнет опускаться. Для обеспечения плавности опускания, в выпускную сеть установлен регулируемый дроссель. При наладке подъемника дроссель регулируется таким образом, чтобы машина опускалась не менее чем за 20 секунд.

Для глушения ударов рам, при опускании подъемника, между ними крепится полоса резиновая, поглощающая энергию удара.

Вывод

Предлагаемая конструкция подъемника с пневмоэлементом обладает рядом существенных преимуществ перед иными – простотой, надежностью в работе, безопасностью (по сравнению с электрическими), может применяться в полевых условиях, в то время как, рассмотренные конструкции подъемников широко используются для работы только на СТО, ПТБ, РЭБ.

Библиографический список

1. Жулай В.А. Возможность вибрационной диагностики эксплуатационных дефектов карданных передач СДМ / В.А. Жулай, В.И. Енин, А.Н. Щиенко // Строительные и дорожные машины. – 2009. – № 2. С. 46-47.
2. Жулай В.А. Прогнозирование работоспособности карданных передач с помощью методов вибродиагностики / В.А. Жулай, В.Ф. Бабкин, В.И. Енин, А.Н. Щиенко // Строительные и дорожные машины. – 2010. – № 1. С. 50-53.
3. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-gidravlicheskij-parallerogramnyj-12t>.

4. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-chetyrehstoechnyj-elektromehanicheskij-platforma>.
5. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-shestistoechnyj-elektromehanicheskij-platforma-pl>.
6. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-chetyrehstoechnyj-elektromehanicheskij-16t>.
7. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-shestistoechnyj-elektromehanicheskij-24t>.
8. <https://vmasshtabe.ru/transport/trucks/podemnik-dlya-vyiveshivaniya-avtomobiley-marok-maz-kamaz-i-avtobusov-liaz.html>.

References

1. Zhulay V.A. Possibility of vibration diagnostics of operational defects of CRM cardan transmissions / V.A. Zhulay, V.I. Enin, A.N. Shchienko // Construction and road machines. – 2009. – № 2. P. 46-47.
2. Zhulay V.A. Predicting the performance of cardan gears using vibrodiagnostic methods / V.A. Zhulay, V.F. Babkin, V.I. Enin, A.N. Shchienko // Construction and road machines. – 2010. – № 1. P. 50-53.
3. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-gidravlicheskij-parallerogramnyj-12t>.
4. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-chetyrehstoechnyj-elektromehanicheskij-platforma>.
5. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-shestistoechnyj-elektromehanicheskij-platforma-pl>.
6. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-chetyrehstoechnyj-elektromehanicheskij-16t>.
7. <https://www.garo.cc/katalog/avtomobilnye-podemniki/dlja-gruzovyh-avtomobilej/podemnik-shestistoechnyj-elektromehanicheskij-24t>.
8. <https://vmasshtabe.ru/transport/trucks/podemnik-dlya-vyiveshivaniya-avtomobiley-marok-maz-kamaz-i-avtobusov-liaz.html>.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строи-
тельной техники и инженерной механики*

В.А. Жулай;

*Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова*

В.Л. Тюнин;

*Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова*

А.Н. Щиенко;

*Студенты дорожно-транспортного фа-
культета К.С. Щетилов, Н.С. Жидких;*

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 277-01-29

Voronezh State

Technical University

*Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of construc-
tion machinery and engineering mechanics*

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 engineer-
ing mechanics of a name of professor N.A.*

Ulyanov A.N. Shchienko;

Students of the road and transport faculty

K.S. Shchetilov, N.S. Zhidkikh

Russia, Voronezh, tel. 8(473) 277-01-29

В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.Н. Щиенко, К.С. Щетилов, Н.С. Жидких

ВАРИАНТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЯМАЯ ЛОПАТА ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

В статье представлены варианты модернизации рабочего оборудования
прямая лопата одноковшовых экскаваторов направленных на повышение
эффективности эксплуатации.

Ключевые слова: экскаватор, рабочее оборудование, прямая лопата.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.N. Shchienko, K.S. Shchetilov, N.S. Zhidkikh

VARIANTS OF TECHNICAL SOLUTIONS OF WORKING EQUIPMENT DIRECT SHOVEL OF SINGLE BUCKET EXCAVATORS

The article presents the options of modernization of working equipment
straight shovel single bucket excavators aimed at improving the efficiency of op-
eration.

Key words: excavator, working equipment, straight shovel.

Основной машиной, используемой на строительных площадках для производства земля-
ных работ, перегрузки сыпучих и кусковых материалов и выполнения других работ, в зависи-
мости от установленного дополнительного оборудования, является экскаватор.

Основной рабочий орган экскаватора – ковш, но благодаря широкой номенклатуре на-
весного оборудования (грейферы, погрузочные ковши, гидромолоты, гидронажиги и др.)
экскаватор становится машиной универсальной. Экскаваторы бывают циклического (одноков-
шовые) и непрерывного действия (многоковшовые), также они классифицируются по типу ме-
ханизма передвижения: на колесном и гусеничном ходу.

Среди основных направлений развития техники ведущие производители называют повышение производительности и эффективности экскаваторов [1, 2]. В конкретных моделях эти характеристики реализуются за счет увеличения скорости рабочих операций и усилий копания, что, в целом, обеспечивает повышение цикловой производительности; совершенствования геометрии и кинематики стрелы и рукояти, что увеличивает рабочую зону экскаватора; использования быстродействующих захватов для сменных рабочих органов; автоматического программирования режимов работы двигателя; снижения частоты и объема технических обслуживаний. Производители обращают внимание также на улучшение проходимости, на безопасность при транспортном перемещении и рабочих режимах.

В изобретении итальянской фирмы FAI [3] разработана телескопически – сочлененная стрела, которая позволяет максимально увеличить параметры копания, т.е. стрела может выдвигаться и вдвигаться с помощью сигнала поданного из кабины машиниста (рис. 1).

Один палец стрелы данной конструкции шарнирно прикреплен к базовой машине, а другой конец имеет внутреннюю полость с роликами, в которую входит рукоять данного рабочего оборудования. Выдвигаясь и вдвигаясь в эту плоскость при помощи роликового хода по желобам на рукояти, максимально увеличиваются параметры копания данной модели, тем самым определяя цель изобретения.

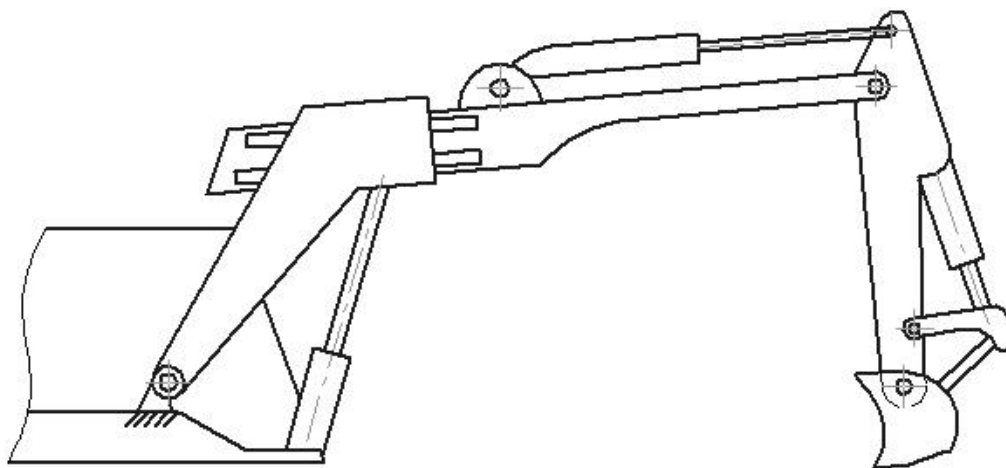


Рис. 1. Схема рабочего оборудования итальянской фирмы FAI

Целью изобретения японской фирмы Hitachi [4] является увеличение участка планировки. Это достигается тем, что на стреле установлен дополнительный плунжерный гидроцилиндр, выполняющий роль звена жесткого гидравлического треугольника (рис. 2).

Плунжерный гидроцилиндр, который одним кольцом закреплен на стреле, а другой его палец соединен с рукоятью, при работе стреловых гидроцилиндров совершает перекачку жидкости со всей штоковой полости в штоковую полость стреловых гидроцилиндров. В связи с тем, что жидкость является веществом несжимаемым в данной системе образуется гидравлический треугольник.

При работе происходит проседание стрелы, что обеспечивает необходимую траекторию планировочного участка.

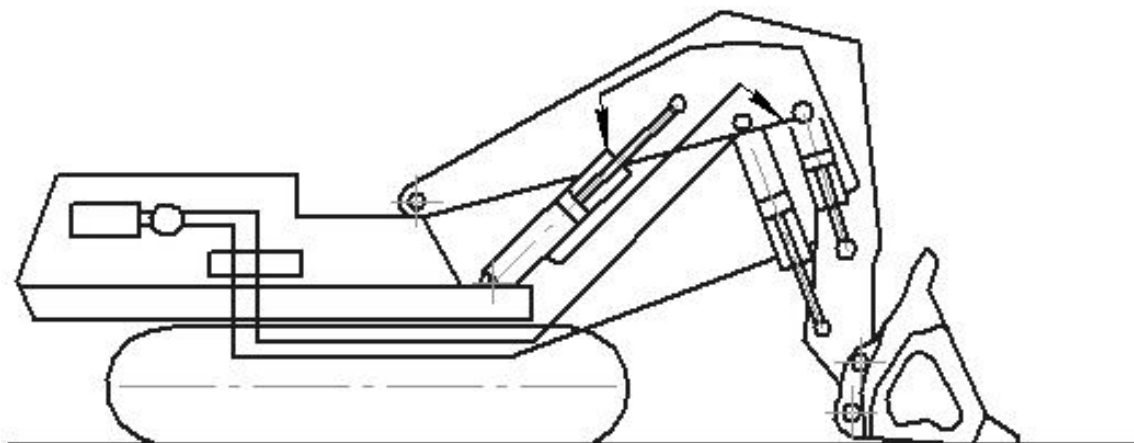


Рис. 2. Схема рабочего оборудования японской фирмы Hitachi

Модель экскаватора японской фирмы Komatsu [5] с вращающейся рукоятью позволяет достигнуть дополнительные степени свободы, тем самым производить эффективное и точное копание смещенных траншей (рис. 3). Копание траншей любой конфигурации может выполняться без изменения позиции машины.

Можно производить очистку земли вокруг свай с любого направления, при повороте рукояти на определенный угол, можно производить рытье траншей вдоль бетонного фундамента или панельного забора. При повороте рукояти данный экскаватор быстро превращается из обратной лопаты в прямую. Оптимальные углы рычага и ковша независимо от движения стрелы и поворота кузова достигается с помощью автоматизированной системы управления.

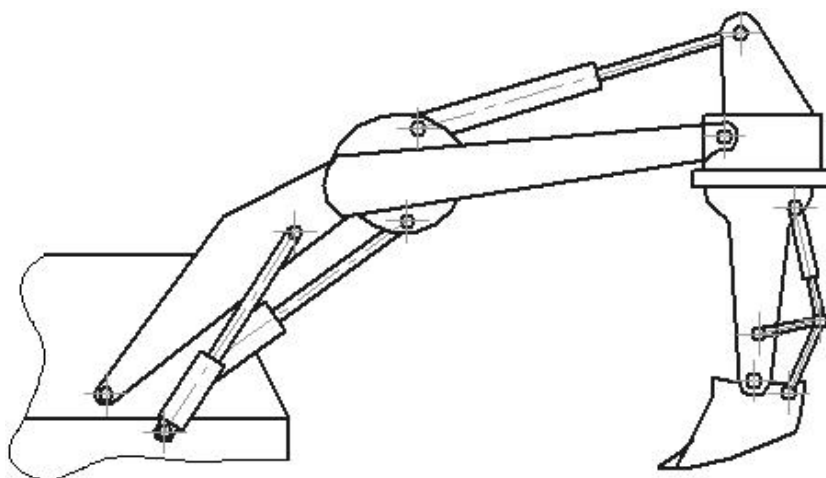


Рис. 3. Схема рабочего оборудования японской фирмы Hitachi

Цель изобретения описанного в авторском свидетельстве № 386077 [6] заключается в повышении линейной траектории на планировочном участке работы экскаватора. Цель достигается тем, что стрела и рукоять связаны между собой посредством шарнирно соединенных друг с другом тяг, одна из которых закреплена на стреле, а другая на рукояти. В шарнире соединения этих двух тяг закреплена так же и шток силового гидроцилиндра подъема стрелы, а силовой цилиндр поворота ковша шарнирно монтирован на стреле (рис. 4). При работе стреловых гидроцилиндров образуется силовой треугольник рычажной системы, который позволяет увеличивать длину планировочного участка.

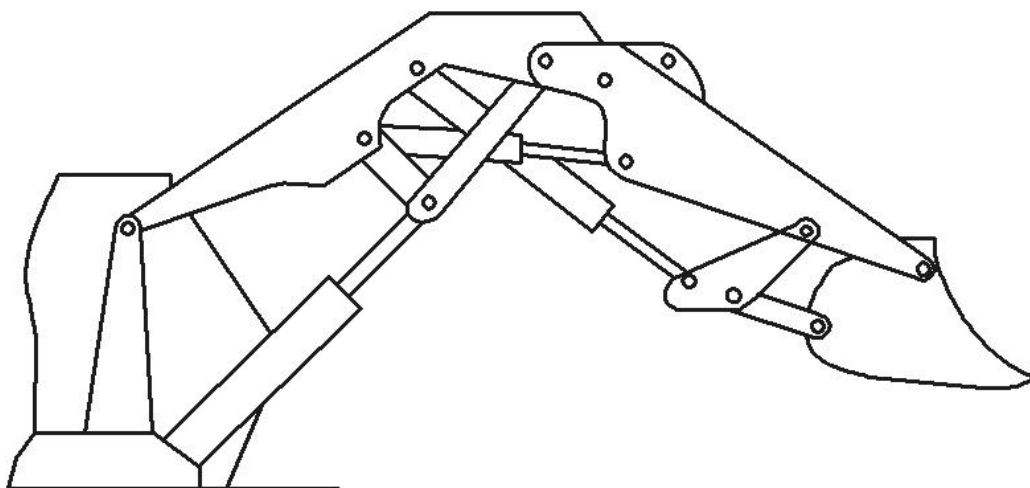


Рис. 4. Схема рабочего оборудования по авторскому свидетельству № 386077

Цель изобретения описанного в авторском свидетельстве № 604914 [7] заключается в увеличении глубины копания и увеличение высоты подъема ковша на выгрузку. Цель достигается за счет тяги, которая своим вторым пальцем соединена с платформой экскаватора таким образом, что стрела, задний конец стрелы, тяга и участок поворотной платформы экскаватора, заключенный между собой крепления стрелы и тяги образуют собой шарнирный четырехзвеной, у которого меньшим неподвижным звеном является указанный участок поворотной платформы, перекрещивающимися являются звенья: стрела и тяга, а ведущим звеном является стрела (рис. 5).

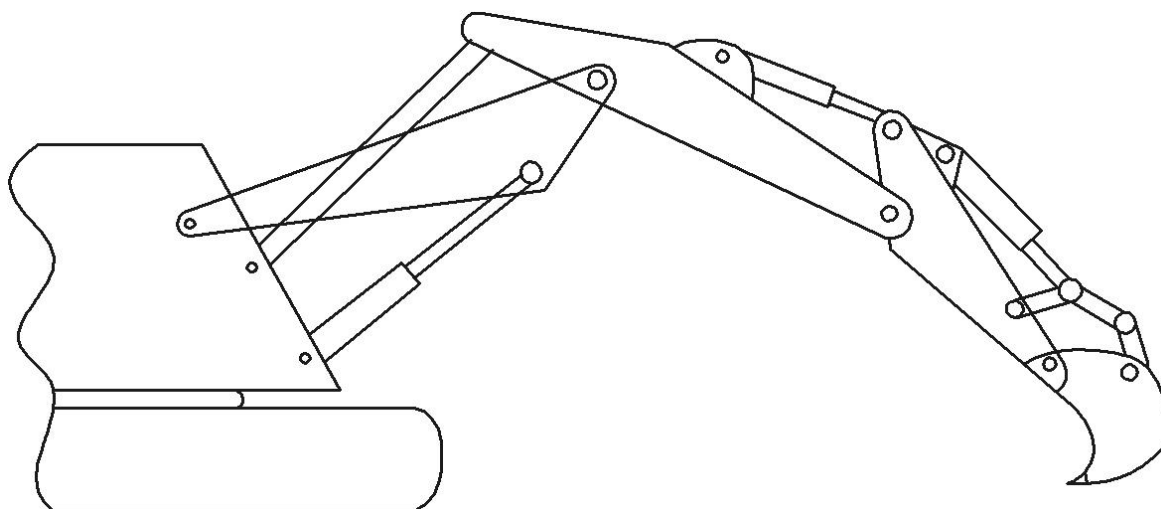


Рис. 5. Схема рабочего оборудования по авторскому свидетельству № 604914

Система «TriPover» [8] является важным отличием гидравлического карьерного экскаватора Cat в конфигурации с прямой лопатой. Она позволяет упростить работу благодаря автоматическому управлению ковшом, увеличить производительность за счет поддержания постоянного вращающего момента стрелы и повысить безопасность путем предотвращения отката ковша.

Цель изобретения – повышение эксплуатационной характеристики машины:

- увеличение режущего усилия на 50 % и усилия подъема стрелы на 46 %. Достигается это за счет силовых треугольников, которые монтируются с двух сторон нижней части стрелы и соединены с помощью шатунов с рамой поворотной части.

К этим треугольникам крепятся гидроцилиндры ковша и гидроцилиндр стрелы (рис. 6).

Когда ковш врзается в забой, а так же при подъеме стрелы после заполнения ковша эти силы передаются на раму поворотной части через шарнирные треугольники. Преимущество этой системы в том, что она обеспечивает размещение ковша в «плавающем» положении при работах по выемке грунта и автоматическом ограничении поворота ковша.

Данная модернизация (рис. 6) позволила улучшить кинематику рабочего оборудования за счет того, что ковш находится в «плавающем» положении при выемке грунта, увеличить режущее усилие на кромке ковша на 50 % и усилие подъема стрелы на 46 %.

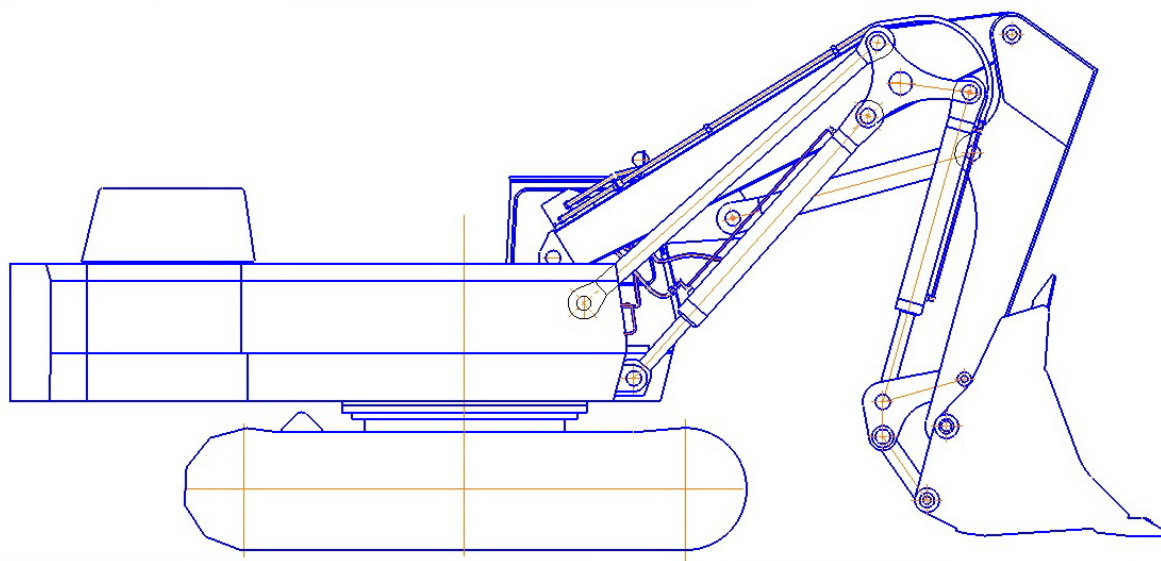


Рис. 6. Схема рабочего оборудования прямая лопата с шарнирными треугольниками

На основании проведенного анализа существующих конструкций и проведенных патентных исследований формулируем следующие основные направления модернизации рабочего оборудования прямого копания:

- увеличение силы копания и подъема;
- почти постоянный момент подъема по всему ходу движения стрелы;
- оптимальное использование момента устойчивости на всех диапазонах вылета стрелы;
- уменьшение трения в нижней части ковша благодаря его автоматическому переводу в плавающее положение;
- экономия энергии благодаря поддержанию постоянного угла резания ковша.

Библиографический список

1. Тюнин В.Л. Модернизация рабочего оборудования прямая лопата экскаватора массой 40 тонн / В.Л. Тюнин, А.Г. Галстян, А.Э. Климентов, И.Н. Волков // Научно-технический журнал «Высокие технологии в строительном комплексе». 2018. №1. С. 136-139.
2. Жулай В.А. Комплект мобильной цифровой аппаратуры для обеспечения проведения экспериментальных исследований землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай, А.В. Василенко, В.Л. Тюнин, А.В. Крестников // Механизация строительства. 2015. №8 (854). С. 14-16.

3. Специализированный международный портал по продаже сельскохозяйственной, строительной, складской, погрузочной, лесозаготовительной, коммунальной спецтехники, транспортных средств: [сайт]. URL: <https://www.mascus.ru/stroitel'naya-tehnika/componenty-stroitel'noy-tehniki/fai-2000-gravemaskine-til-ophug/qvmmorlr.html>.

4. Hitachi Construction Machinery [сайт]. URL: <https://www.hitachicm.ru/produkcija/ekskavatory/gornye-ekskavatory/ex1900-6/>

5. Komatsu [сайт]. URL: <https://www.komatsu.ru/>

6. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 386077, МПК E02F 3/38. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора [Текст] / Изаксон А.А., Глухов В.И., Болтыхов В.П., Касьянов П.Д., Забазнов В.К., Дедяева М.А., Волков Б.Н., Полесицкий А.Л., Раннев А.В., Беркман И.Л., Перлов А.С., Куперман М.Л. и Лобанов В.М., заявитель и патентообладатель Специальное конструкторское бюро по землеройным машинам и Всесоюзный научно-исследовательский институт строительного и дорожного машиностроения - № 1691511/29-14, заявл. 04.11.1971, опубл. 20.10.1973, Бюл. № 26. - 3 с.: ил.

7. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 604914, МПК E02F 3/38. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора [Текст] / Забазнов В.К., заявитель и патентообладатель Специальное конструкторское бюро по землеройным машинам - № 2357692/29-03, заявл. 07.05.1976, опубл. 30.04.1978, Бюл. № 16. - 3 с.: ил.

8. TriPover [сайт]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=MxUYnuuSb4s>.

References

1. Tyunin V. L. Modernization of working equipment straight shovel excavator weighing 40 tons / V. L. Tyunin, A. G. Galstyan, A. E. Klimentov, I. N. Volkov // Scientific and technical journal "High technologies in the construction complex". 2018. No. 1. Pp. 136-139.

2. Zhulai V. A. Set of mobile digital equipment for experimental research of earthmoving and transport machines / V. A. zhulai, A.V. Vasilenko, V. L. Tyunin, A.V. Krestnikov // Mechanization of construction. 2015. No. 8 (854). Pp. 14-16.

3. Specialized international portal for the sale of agricultural, construction, warehouse, loading, logging, municipal machinery, vehicles: [site]. URL: <https://www.mascus.ru/stroitel'naya-tehnika/componenty-stroitel'noy-tehniki/fai-2000-gravemaskine-til-ophug/qvmmorlr.html>.

4. Hitachi Construction Machinery [website]. URL: <https://www.hitachicm.ru/produkcija/ekskavatory/gornye-ekskavatory/ex1900-6/>

5. Komatsu [website]. URL: <https://www.komatsu.ru/>

6. Copyright certificate of the USSR for the invention № 386077, IPC E02F 3/38. Working equipment of hydraulic excavator [Text] / Izakson A. A., Glukhov V. I., Boltykhov V. P., Kasyanov P. D., Zabaznov V. K., Dedyayeva M. A., Volkov B. H., Polesitsky A. L., Rannev A.V., Berkman I. L., Perlov A. S., Kuperman M. L. and Lobanov V. M., applicant and patentee Special design Bureau for earthmoving machines and all-Union research Institute of construction and road engineering - no.1691511/29-14, declared. 04.11.1971, publ. 20.10.1973, Byul. No. 26. - 3 p.: Il.

7. Copyright certificate of the USSR for the invention № 604914, IPC E02F 3/38. Working equipment odnokovshovogo hydraulic excavator [Text] / Zabaznov V. K., applicant and patentee Special design Bureau for earthmoving machines-No. 2357692/29-03, zayavl. 07.05.1976, publ. 30.04.1978, Byul. No. 16. - 3 p.: Il.

8. TriPover [website]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=MxUYnuuSb4s>.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
строительной техники
и инженерной механики В.А. Жулай;
Студенты группы НТС-151 и ПНТК-161
Дорожно-транспортного факультета
А.А. Феденев, Д.И. Андрухов,
Д.С. Перетрухин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(912)91-34-020
e-mail: fedenev-sasha@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of
construction machinery
and engineering mechanics V.A. Zhulai;
Students of the NTS-151 and PNTC-161 group
of the Road and Transport Faculty
A.A. Fedenev, D.I. Andruhov,
D.S. Peretruxhin
Russia, Voronezh, tel. +7(912)91-34-020
e-mail: fedenev-sasha@yandex.ru*

В.А. Жулай, А.А. Феденев, Д.И. Андрухов, Д.С. Перетрухин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ПОДВЕСКИ БАЛАНСИРА НЕСИММЕТРИЧНОГО ПРИВОДА АВТОГРЕЙДЕРА

Приведены результаты определения рациональной величины смещения
оси подвески балансира с учетом характерных режимов работы автогрейdera.

Ключевые слова: автогрейдер, балансирный привод.

V.A. Zhulai, A.A. Fedenev, D.I. Andruhov, D.S. Peretruxhin

DETERMINATION OF THE OFFSET AXLE SUSPENSION BALANCER ASYMMETRIC DRIVE MOTOR GRADER

The results of determining the rational value of the shift of the suspension
axle axis are given taking into account the characteristic operating modes of the
auto grader.

Keywords: motor grader, balancer drive.

Большинство современных автогрейдеров имеют колесную формулу 1х2х3 и балансирную подвеску колес задней тележки [1]. Их тяговый привод отличается многообразием. Наряду с механической трансмиссией, широко применяют гидромеханические и регулируемые гидрообъемные в сочетании с редукторами. Балансиры снабжены зубчатыми либо цепными передачами, в качестве остановочных используют как колодочные, так и дисковые тормоза. Колесные полуоси, в большей части, подвергаются действию изгибающих моментов, но отдельные машины могут иметь разгруженные от изгибающих моментов колесные полуоси. Балансиры подвешивают к основной раме симметрично и несколько выше относительно осей ходовых колес.

Основным недостатком такого балансирного привода является снижение полезной мощности на создание силы тяги автогрейdera вследствие возникновения циркуляции паразитной мощности, возникающего от:

- перераспределения вертикальных реакций, действующих на ведущие колеса, вследствие действия реактивных сил, разворачивающих балансирный привод вокруг точки подвеса

воздействия крутящего момента, из-за несовпадения центров колес подвески балансира привода;

- изменения силового радиуса пневматических шин из-за изменения вертикальной нагрузки на них.

Для устранения этого недостатка можно выполнить балансир без эксцентриситета и с определенным передаточным числом его привода [2, 3], или сделать его несимметричным [4, 5].

Рассмотрим аналитическое определение рациональной величины смещения оси подвески несимметричного привода автогрейдера ДЗ-122, на основе тяговой характеристики, определяющей характерные режимы работы тягового привода этой машины.

Для достижения поставленной цели воспользуемся общепринятой расчетной схемой нагружения несимметричного балансира в тяговом режиме работы автогрейдера [2, 3]. Рассмотрим балансир, эксцентрично подвешенный к основной раме посредством шарнира, центр которого установлен в сторону от заднего более нагруженного колеса несимметричного балансира привода со смещением ε .

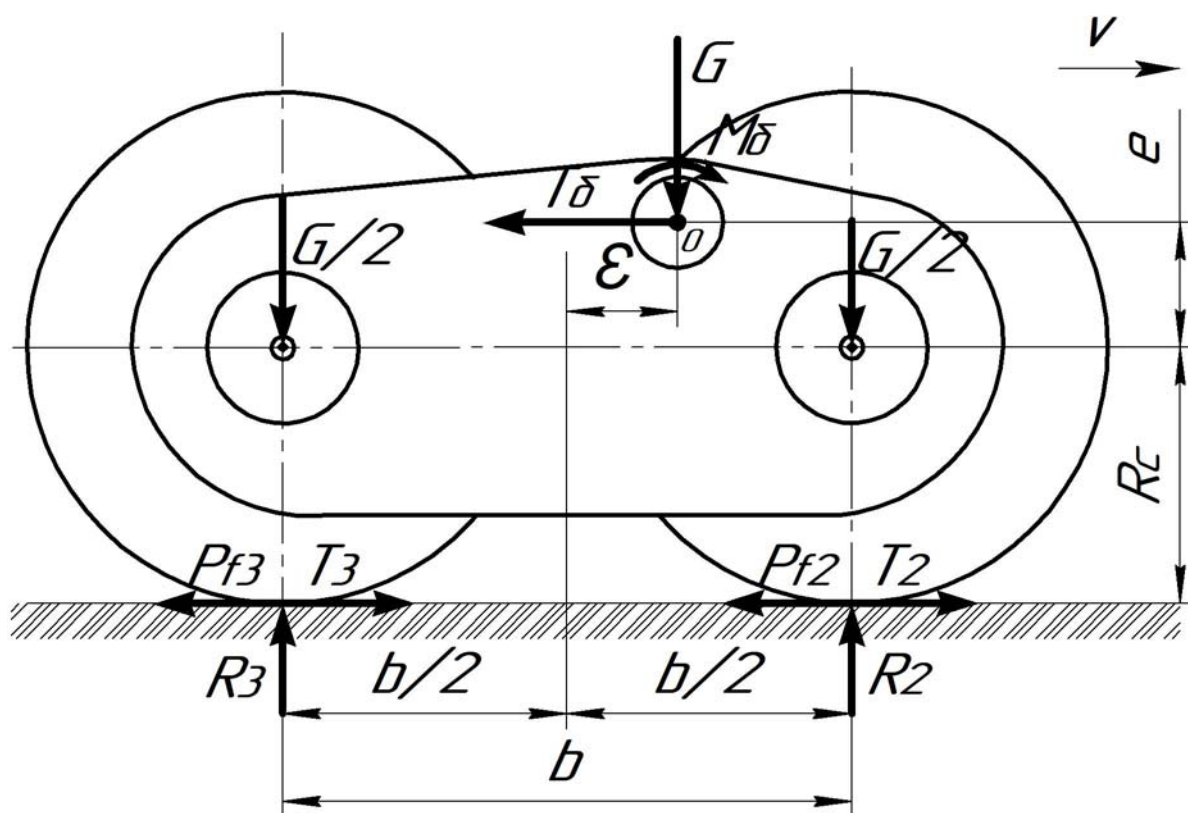


Рис. 1. Расчетная схема несимметричного балансира привода

Для определения реакций на ведущие колеса составим уравнение моментов

$$\sum M_{O_3} = 0, \quad (1)$$

$$R_2 b - G \left(\frac{b}{2} + \varepsilon \right) + T_2 (r_k + e) - M_\delta = 0, \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{G \left(\frac{b}{2} + \varepsilon \right) - T_2 (r_k + e) + M_\delta}{b}, \quad (3)$$

$$\sum M_{o2} = 0, \quad (4)$$

$$R_3 b + G \left(\frac{b}{2} - \varepsilon \right) + T_B (r_k + e) - M_{\sigma} = 0, \quad (5)$$

$$R_3 = \frac{G \left(\frac{b}{2} - \varepsilon \right) + T_B (r_k + e) - M_{\sigma}}{b}, \quad (6)$$

Определим величину смещения ε обеспечивающую выравнивание вертикальных реакций. Для этого необходимо, чтобы нагрузки на ведущие колёса балансира были равны, т.е.

$$R_2 = R_3, \quad (7)$$

или

$$R_2 - R_3 = 0, \quad (8)$$

$$\frac{G \left(\frac{b}{2} + \varepsilon \right) - T_B (r_k + e) + M_{\sigma}}{b} - \frac{G \left(\frac{b}{2} - \varepsilon \right) + T_B (r_k + e) - M_{\sigma}}{b} = 0, \quad (9)$$

Преобразуем

$$G \left(\frac{b}{2} + \varepsilon \right) - G \left(\frac{b}{2} - \varepsilon \right) - 2T_B (r_k + e) + 2M_{\sigma} = 0, \quad (10)$$

$$G \left(\frac{b}{2} + \varepsilon - \frac{b}{2} - \varepsilon \right) - 2T_B (r_k + e) + 2M_{\sigma} = 0, \quad (11)$$

$$2G\varepsilon - 2T_B (r_k + e) + 2M_{\sigma} = 0, \quad (12)$$

где $T = T_2 + T_3$ – общая сила тяги ведущих колёс балансира,

$M_{\sigma} = \frac{(T + P_f) r_k}{i_{\sigma} \eta_m}$ – момент на ведущей полуоси привода балансира;

$P_f = G \cdot f$ – сопротивление качению колёс балансира;

f – коэффициент сопротивления качению;

i_{σ} – передаточное отношение передач балансира;

η_m – КПД передач балансира;

e – эксцентриситет балансира;

r_k – радиус колёс автогрейдера;

G – вес, приходящий на балансирный движитель;

b – расстояние между центрами колёс,

ε – смещение оси подвески балансира.

Учитывая, что

$$T_{\sigma} = T, \quad (13)$$

получаем

$$2G\varepsilon - T(r_k + e) + \frac{(T + P_f) r_k}{i_{\sigma} \eta_m} = 0, \quad (14)$$

т.е. условие $R_3 = R_2$ будет выполняться при значении

$$\varepsilon = \frac{T(r_k + e) - \frac{(T + P_f)r_k}{i_0 \eta_m}}{G}, \quad (15)$$

Таким образом, величина смещения оси подвески балансира, обеспечивающая выравнивание вертикальных реакций на его ведущие колеса, зависит от значений его конструктивных характеристик – передаточного отношения передач балансира, КПД передач балансира, эксцентриситета балансира, радиуса колес автогрейдера, веса, приходящегося на балансирный движитель, расстояния между центрами колес и режима нагружения тягового привода – величин T и P_f .

Оптимальным режимом работы автогрейдера считается режим максимальной тяговой мощности, [6 - 9] при котором достигается максимальная производительность и минимальный удельный расход топлива. Поэтому, рациональной величиной смещения оси подвески балансира автогрейдера будем считать значение ε обеспечивающее равенство реакций при силе тяги ведущих колес соответствующее режиму максимальной тяговой мощности $T_{Nt \max}$.

Для определения значения $T_{Nt \max}$ с помощью программы [10] была построена тяговая характеристика автогрейдера ДЗ-122 на грунте III категории по ударнику ДорНИИ, представленная на рис. 2.

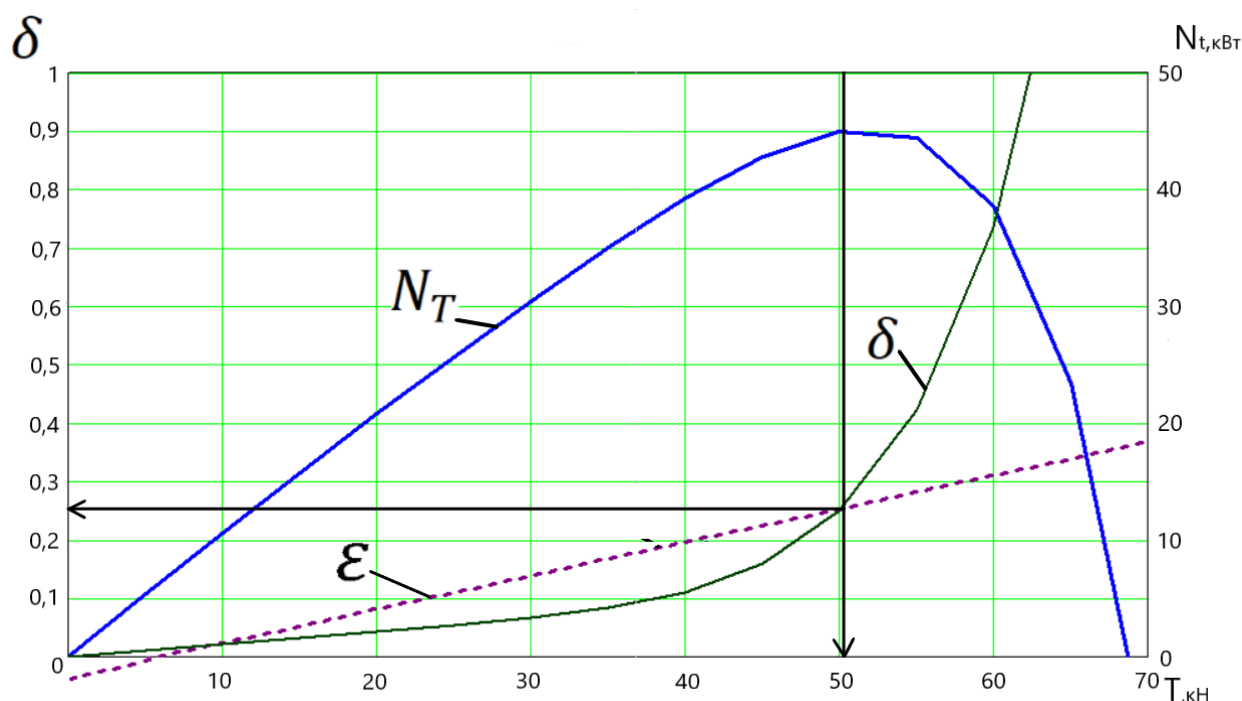


Рис. 2. График тяговой характеристики автогрейдера ДЗ-122 на грунте III категории:
 N_T – тяговая мощности; δ – коэффициент буксования колесного двигателя; η – тяговый КПД;
 ε – смещение оси подвески балансира

Из представленных зависимостей видно, величина смещения оси подвески балансира, обеспечивающая выравнивание вертикальных реакций на его ведущие колеса, прямо пропорционально зависит от значения общей силы тяги ведущих колес балансира T , при $T = 0$ ее величина будет отрицательной. Т. е. для транспортного режима смещение оси подвески балансира должно быть в противоположную сторону, чем для тягового.

Режим максимальной тяговой мощности автогрейдера ДЗ-122 при работе на грунте III категории достигается при силе тяги $T_{Nt\ max} = 51$ кН, которому соответствует рациональная величина смещения оси подвески несимметричного привода $\varepsilon = 0,25$ м.

Вывод

Рациональной величиной смещения оси подвески балансира несимметричного привода автогрейдера ДЗ-122, обеспечивающей выравнивание вертикальных реакций на его ведущие колеса при работе на грунте III категории в режиме максимально тяговой мощности будет $\varepsilon = 0,25$ м.

Библиографический список

1. Дорожный виртуоз. Краткий обзор современных автогрейдеров [Электронный ресурс]: <https://os1.ru/article/4580-kratkiy-obzor-sovremennyh-avtogreyderov-dorojniy-virtuoz>
2. Ульянов Н.А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин. М.: Машиностроение, 1969. - 519 с.
3. Ульянов Н.А. Колесные движители строительных и дорожных машин: Теория и расчет. М.: Машиностроение, 1982. - 279 с.
4. Гудков В.В., Сокол П.А., Ляпич Е.Н. Несимметричный балансирный привод ведущих колес автогрейдера: пат. 2563468 Российская Федерация, 2015. Бюл. №26
5. Гудков В.В., Сокол П.А., Ляпич Е.Н. Несимметричный балансирный привод ведущих колес землеройно-транспортных машин: пат. 2544247 Российская Федерация, 2013. Бюл. №8
6. Жулай В.А. Моделирование работы автогрейдера с объемным гидроприводом переднего моста / В.А. Жулай, В.И. Енин, А.А. Серов // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 10. – с. 44 - 45.
7. Жулай В.А. О производительности землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай // Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 3. – с. 37-39.
8. Жулай В.А. Оценка топливной экономичности самоходных колёсных землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.В. Крестников // Механизация строительства. – 2016. – Т. 77. – № 8. – с. 27-31.
9. Устинов Ю.Ф. Повышение эффективности планировки грунта основным отвалом автогрейдера /Ю.Ф. Устинов, В.А. Жулай, А.А. Кононов // Механизация строительства. – 2009. – № 8. – с. 12-14.
10. Программа для ЭВМ «Аналитическое построение тяговой характеристики самоходной колесной землеройно-транспортной машины с механической трансмиссией». [Электронный ресурс] / Жулай В.А., Тюнин В.Л. // Инв. номер ВНИИЦ 50201251188 от 03.10.2012

References

1. Road virtuoso. A brief overview of modern graders [Electronic resource]: <https://os1.ru/article/4580-kratkiy-obzor-sovremennyh-avtogreyderov-dorojniy-virtuoz>
2. Ulyanov N.A. Theory of self-propelled wheeled earth moving vehicles. M.: Mashinostroenie, 1969. - 519 sec.
3. Ulyanov N.A. Wheel movers of construction and road machines: Theory and calculation. M.: Mashinostroenie, 1982. - 279 sec.

4. Gudkov V. V., Sokol P. A., Lapi E. N. Asymmetrical balance the drive wheels of the motor grader: Pat. 2563468 Russian Federation, 2015. Bull. No. 26
5. Gudkov V. V., Sokol P. A., Lyapich E. N. Asymmetric balancing drive of driving wheels of earthmoving vehicles: Pat. 2544247 Russian Federation, 2013. Bull. No. 8
6. Zhulai V.A. Modeling the operation of a motor grader with volumetric hydraulic drive of the front axle / V.A. Zhulai, V.I. Yenin, A.A. Serov // Construction and road machines. – 2007. – № 10. – sec. 44 - 45.
7. Zhulai V.A. On the performance of earth moving vehicles / V.A. Zhulao // Construction and road machines. – 2013. – № 3. – sec. 37-39.
8. Zhulai V.A. Evaluation of the fuel economy of self-propelled wheeled earth moving vehicles / V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.V. Krestnikov // Mechanization of construction. – 2016. – T. 77. – № 8. – sec. 27-31.
9. Ustinov Y.F. Improving the efficiency of soil planning by the main dump of the motor grader / Y.F. Ustinov, V.A. Zhulai, A.A. Kononov // Mechanization of construction. – 2009. – № 8. – sec. 12-14.
10. Computer program "Analytical construction of the traction characteristics of a self-propelled wheeled earth-moving vehicle with mechanical transmission." [Electronic resource] / Zhulai V.A., Tyunin V.L. // Inv. VNTIC number 50201251188 from 03.10.2012.

*Воронежский государственный
технический университет
Студент группы HTC-151 Кретинин А.И.
Россия, г. Воронеж, тел. +7-980-782-92-94
e-mail: kretinin.97@mail.ru
Студент группы нмс-151 Ручкин Я.И.
Россия, г. Воронеж, тел. +7-908-146-41-70
e-mail: yaroslav9719@mail.ru
Кандидат технических наук
Федоров Е.В.
Россия, г. Воронеж, тел. +7-980-341-21-69
e-mail: geka.fv@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student group HTC-151 A.I. Kretinin
Russia, Voronezh, tel. +7-980-782-92-94
e-mail: kretinin.97@mail.ru
Studentgroup HTC-151 Y.I. Ruchkin
Russia, Voronezh, tel. +7-908-146-41-70
e-mail: yaroslav9719@mail.ru
Candidate of Technical Sciences
Fedorov E.V.
Russia, Voronezh, tel. +7-980-341-21-69
e-mail: geka.fv@mail.ru*

Е.В. Федоров, А.И. Кретинин, Я.И. Ручкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВАЛЬЦЕВ КАТКА НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Работа посвящена исследованию влияния количества вальцев дорожного катка на его производительность. Приведены аналитические расчеты влияния количества вальцев катка на необходимое число проходов и его производительность при уплотнении различных поверхностей.

Ключевые слова: количество вальцев, число проходов, производительность.

E.V. Fedorov, A.I. Kretinin, Y.I. Ruchkin

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF WALKS ROLLER FOR ITS PRODUCTIVITY

The work is devoted to the study of the influence of the number of rollers of a road roller on its performance. Analytical calculations of the effect of the number of rollers on the required number of passes and its performance in the compaction of various surfaces are presented.

Keywords: number of rollers, number of passes, productivity.

В нашей стране из года в год увеличивается объем строительства автомобильных и железных дорог, гидротехнических и других сооружений. К основным факторам, определяющим эффективность механизации строительства автомобильных дорог, относится совершенствование конструкции дорожных катков, повышение уровня технического обслуживания и организации ремонта, а также квалификация персонала, эксплуатирующего эти машины.

В дорожном строительстве особое место занимают работы по совершенствованию методов уплотнения дорожно-строительных материалов, так как от качества их уплотнения дорожного полотна и щебеночного основания во многом зависит долговечность и другие эксплуатационные показатели автомобильных дорог.

Дорожные катки – это высокоэффективные машины для уплотнения оснований грунтов и других дорожно-строительных материалов [1]. Они, кроме качественного уплотнения, обеспечивают требуемую ровность поверхности уплотняемого материала.

Рабочими органами этих машин являются металлические вальцы или пневматические колеса.

По размеру и весу катки можно разделить на следующие типы:

Легкие – вес которых не превышает 6 тонн. Такие катки имеют удельное линейное давление не более 40 кН/м. Они оснащаются двигателями мощностью до 20 кВт. Используются подобные катки для укатки тротуаров и площадок, которые не будут подвержены большим нагрузкам. Кроме этого, их можно применять для предварительного уплотнения любых дорожных объектов.

Средние – это катки, оснащаются двигателями мощностью от 20 до 30 кВт. Вес находится в диапазоне от 6 до 10 тонн. Удельное линейное давление – от 40 до 60 кН/м. Применяются для уплотнения большинства типов дорог.

Тяжелые – катки, вес которых превышает 10 тонн. Оснащаются двигателями, которые имеют мощность более 30 кВт. Тяжелые катки создают удельное линейное давление более 60 кН/м. С помощью них уплотняют слои из щебня или гравия, так же уплотняют и асфальтное или асфальтобетонное покрытие.

По количеству вальцов катки можно разделить на:

Одновальцовые – оснащаются вальцом с одной стороны, рис. 1. Другая сторона катка поддерживается при помощи колес.



Рис. 1. Каток одновальцевый

Двухвальцовые – имеют сразу два вальца, спереди и сзади. Оба вальца могут быть ведущими, а может ведущим быть только один валец, рис. 2.

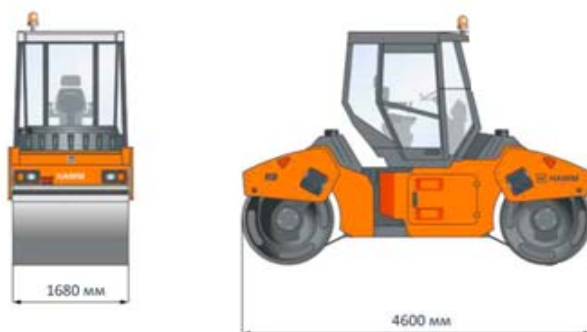


Рис. 2. Каток двухвальцевый средний

Трехвальцовые – имеют три вальца, которые объединены одной жесткой рамой. Такие катки применяют преимущественно для окончательной безволновой укатки асфальтобетона, рис. 3.



Рис. 3.Трехвальцевый каток ДУ-49

По виду вальцов катки делятся на:

Пневмоколесные – создают длительную нагрузку на поверхности, тем самым хорошо ее уплотняя. Качество их работы усиливают путем установки разных вальцев, рис. 4.

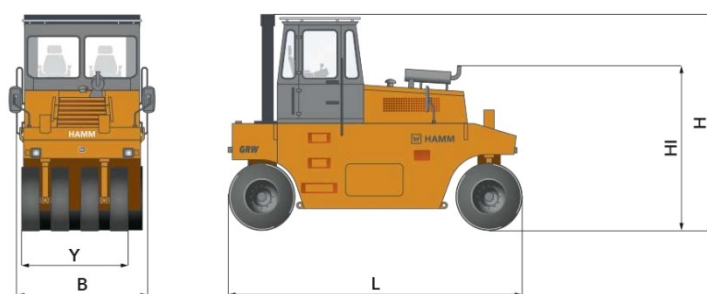


Рис. 4. Каток пневмоколесный

Вибрационные – оснащенные вибравальцами, которые позволяют достичь максимальной эффективности в уплотнении асфальтобетонного покрытия, рис. 5.

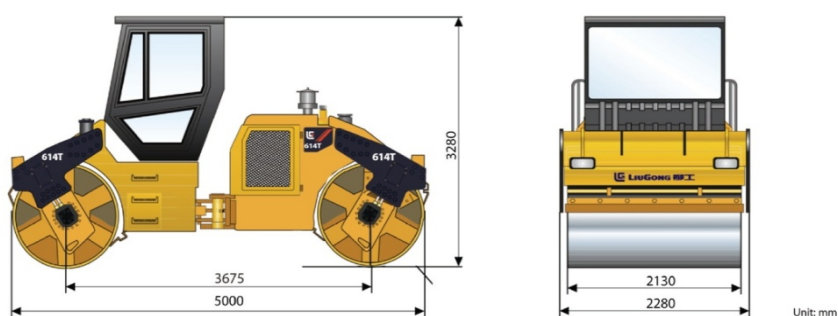


Рис. 5. Каток вибрационный

Производительность катка вне зависимости от его конструктивных особенностей определяется зависимостью [2]

$$\Pi = \frac{L \cdot (B - A) \cdot H_0 \cdot K_в}{\left(\frac{L}{V} + t \right) \cdot n}, \quad (1)$$

где L - длина укатываемого участка, м;
 B - ширина укатываемой полосы, м;
 A - величина перекрытия, м ($A=0,2$ м);
 H - оптимальная толщина укатываемого слоя, м;
 $K_в$ - коэффициент использования рабочего времени ($K_в=0,85$);
 V - рабочая скорость катка, м/ч;
 t - время, затрачиваемое на разворот катка в конце участка, ч ($t=0,02$ ч);
 n - необходимое число проходов катка.

При этом из теории уплотнения грунтов, щебня и асфальтобетонных покрытий известно, что после каждого прохода вальца катка увеличивается несущая способность укатываемой поверхности. Поэтому для максимального увеличения производительности, исходя из формулы (1) необходимо:

1. Увеличивать ширину вальца, B ; оптимальную толщину укатываемого слоя, H_0 ; коэффициент использования рабочего времени, $K_в$; длину укатываемого участка, L .
2. Уменьшать величину перекрытия, A ; время, затрачиваемое на разворот катка, t ; число проходов катка, n ; увеличивать рабочую скорость катка, V .

Из всех перечисленных параметров наименее исследовано только число проходов катка, необходимое для достижения заданной степени уплотнения.

Анализ методических рекомендаций... [3, 4] позволяет установить, что при уплотнении асфальтобетонного покрытия среднее число проходов катка массой 11...18 т составляет 8...10 при степени уплотнения 0,97...0,96. Для грунтовых поверхностей: связный грунт 10...12 (жесткий валец) и пневматические катки 5...6; несвязный грунт 4...6 (жесткий валец) и пневматические катки 3...4.

Поэтому одним из наиболее эффективных способов увеличения производительности катков является **сокращение числа проходов катка по одному следу**. При этом его реализация (при прочих одинаковых условиях) возможна как за счет увеличения массы катка (что имеет место на практике), так и числа воздействий каждого вальца (вопрос наименее исследован).

Первый способ нашел своё воплощение в создании легких, средних и тяжелых катков и реализован повсеместно на практике применением преимущественно двухвальцовых катков, у которых каждый валец за один проход **дважды** воздействует на уплотняемую поверхность.

Если изменить конструкцию серийного двухвальцевого катка и на его базе сконструировать каток с **тремя** вальцами, то число воздействий каждого вальца на уплотняемую поверхность у нового катка будет уже **три**, а число проходов такого трехвальцевого катка для достижения прежней степени уплотнения уменьшится и составит

$$n_2 = (2 \cdot n_1) / 3, \quad (2)$$

где n_1 – необходимое число проходов двухвальцевого катка по одному следу; n_2 – необходимое число проходов трёхвальцевого катка по одному следу.

При этом увеличение производительности катка можно рассчитать по зависимостям

$$\Pi_{нов} / \Pi_{баз} = n_{баз} / n_{нов} \quad \text{или} \quad \Pi_{нов} = \Pi_{баз} (n_{баз} / n_{нов}). \quad (3)$$

В таблице приведены результаты расчета числа проходов и увеличения производительности для новых трехвальцовых катков.

Последовательное увеличение силового воздействия катка на укатываемую поверхность можно реализовать не только традиционным методом, применяя катки с последовательно увеличивающимся весом (сначала легкие, затем средние и, наконец, тяжелые). Эту рекомендацию теоретических исследований многих авторов целесообразно реализовать и в конструкции одного трехвальцевого катка.

Влияние количества вальцев на число проходов катка

Параметры	Вид уплотняемой поверхности				
	Асфальтобетон (слой верхний и ниж- ний)	Грунт			
		несвязный		связный	
		Валец			
		Жест- кий	Пневма- тиче- ский	Жест- кий	Пневма- тиче- ский
Катки с двумя вальцами					
Число проходов катка, $n_{\text{баз}}$	8-10	4-6	3-4	10-12	5-6
Количество воз- действий на 1 ва- лец	16-20	8-12	6-8	20-24	10-12
Катки с тремя вальцами					
Число проходов катка, $n_{\text{нов}}$	5,3-6,6	2,6-3	2-2,6	6,6-8	3,3-4
Увеличение производительно- сти $n_{\text{баз}}/ n_{\text{нов}}$	1,5-1,51	3-4	3-3	3-3	3-3,3

Выполненные расчеты показывает простой путь существенного увеличения технической производительности катков вне зависимости от их массы и типа вальца.

Выводы

1. Применение катков трехвальцовых вместо двухвальцевых при одинаковой массе увеличивает техническую производительность катков в 1,5 раза при уплотнении асфальтобетона и в 3 раза при уплотнении грунтов (вне зависимости от типа вальца: пневматический или жесткий).

2. Очень желательно, чтобы вертикальную нагрузку на вальцы катка можно было бы увеличивать после каждого прохода в соответствии с увеличением несущей способности уплотняемой поверхности.

3. Соответствующие конструкторские и патентные разработки по созданию трехвальцевых катков с изменяемой вертикальной нагрузкой [5, 6] на вальцы ведутся на кафедре СТИМ ВГТУ.

Библиографический список

1. 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.

2. Алексеева Т.В. и др. Машины для землеройных работ (Теория и расчет). М.: Машиностроение, 1972.

3. <http://www.gosthelp.ru/text/Metodicheskierekomendacii275.html>

4. Методические рекомендации по укладке и уплотнению асфальтобетонных смесей различного типа при использовании высокопроизводительных асфальтоукладчиков и катков / Союздорнии, Москва. 1984.
5. Нилов В.А. Скреперные агрегаты с изменяемым сцепным весом и шириной резания, обеспечивающие самонабор грунта [Текст] // Наука производству. – 2006. - № 5. – С.84-87.
6. Нилов В.А., Федоров Е.В. Комбинированная ножевая система скрепера / В.А. Нилов, Е.В. Федоров, // Строительные и дорожные машины. 2015. №4. С. 13-16.

References

1. Road rollers: development, design, calculation: tutorial / V.I. Balovnev, S.N. Ivanchenko, R.G. Danilov, A.V. Leshchinsky; under the general. ed. prof. V.I. Balovneva and prof. S.N. Ivanchenko. – Khabarovsk: Publishing House of the Pacific. State University, 2016. – 216 p.
2. T.V. Alekseeva and other. Machines for excavation work (Theory and calculation). M.: Engineering, 1972.
3. <http://www.gosthelp.ru/text/Metodicheskierekomendacii275.html>
4. Guidelines for the laying and compaction of various types of asphalt mixtures when using high-performance asphalt pavers and rollers/ Soyuzdorniya, Moscow. 1984.
5. V.A. Nilov Scraper aggregates with variable grip and cutting width, providing soil self-collection [Text] // Science of production. - 2006. - No5 – p. 84-87.
6. V.A. Nilov, E.V. Fedorov Combined knife system of a scraper / V.A. Nilov, E.V. Fedorov, // Construction and road cars. 2015. No4 – p. 13-16.

Воронежский государственный технический университет

Канд. техн. наук, проф Л.Х. Шарипов;;

Студент 551 группы Н.С. Удалых;

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 277-01-29

e-mail: stim@vgasu.vrn.ru

Voronezh State Technical University

Cand. of Tech. Science, Associate prof.

L.H. Sharipov;

The student of group 551 N.S. Udalykh;

Russia, Voronezh, tel. 8(473) 277-01-29

e-mail: stim@vgasu.vrn.ru

Л.Х. Шарипов, Н.С. Удалых

НАВЕСНОЙ РАБОЧИЙ ОРГАН АВТОГРЕЙДЕРА

Представлен анализ вариантов технических решений сменных рабочих органов для повышения тягово-сцепных качеств колесных машин. Предложен вариант сменного рабочего органа, обеспечивающего повышение производительности за счет дополнительной силы тяги к колесному движителю.

Ключевые слова: шины, сила тяги, сцепление, грунтозацепы.

L.H. Sharipov, N.S. Udalykh,

HINGED WORKING BODY OF THE GRADER

Presents an analysis of the technical solutions of replaceable working bodies for increase in traction and coupling qualities of machine is submitted. The option of the replaceable working body providing increase in productivity at the expense of the additional force of draft is offered.

Keywords: tyres, traction force, cohesion, grousers.

Технико-экономические показатели автогрейдера в значительной степени зависят от эффективности взаимодействия пневматических шин колесного движителя с обрабатываемой средой, так как 80-85% общего времени работы машины приходится на наиболее тяжелый – тяговый режим, результативность которого, в свою очередь, определяется, главным образом, геометрическими параметрами шин.

Тягово-сцепные качества колесных тяговых машин зависят от следующих показателей: размеров, расположения и насыщенности грунтозацепов; диаметров наружного и внутреннего; ширины профиля; основных видов деформаций; давления воздуха.

В ряде случаев для повышения силы тяги колесного движителя, машины оборудуются сдвоенными колесами. Однако сдваивание колес вызывает дополнительные потери энергии на преодоление сопротивлений качению. Вследствие разных сопротивлений при качении колес на поворотах и разных радиусов из-за износа шин и давления воздуха в них возникает кинематическое несоответствие. По причине этих и ряда других причин сдвоенные колеса не нашли применения на автогрейдерах. Некоторые колесные тяговые машины для защиты и повышения сцепления шин с опорной поверхностью оснащаются цепями противоскольжения и зацепами. Шины, оснащенные цепями, применяются, главным образом на карьерной пневмоколесной спецтехнике, эксплуатируемой в специфических условиях – погрузчиках, автосамосвалах, работающих на твердых абразивных поверхностях.

Использование цепей противоскольжения и защиты от абразивного износа на автогрейдерх не практикуется, за исключением тех случаев, когда они работают в забоях, рудниках и бездорожье, например, на лесозаготовках.

Вследствие интенсивного взаимодействия шин с опорной поверхностью они подвергаются быстрому износу и снижению сил сцепления, что приводит к сокращению срока службы, увеличению расхода топлива, снижению производительности и других технико-экономических показателей машины. При этом необходимо отметить, что стоимость шин в общих эксплуатационных расходах составляет значительную часть. Отмеченное свидетельствует о необходимости исследований, результаты которых могли бы улучшить тягово-сцепные качества шин и повысить срок службы их.

Один из возможных способов, способствующих увеличению срока службы и силы тяги шин автогрейдера за счет снижения буксования может быть реализован с помощью сменного рабочего органа, содержащего ротор с лопатками-грунтозацепами (в дальнейшем – грунтозацепы), устанавливаемого консольно на переднем мосту машины (рис. 1).

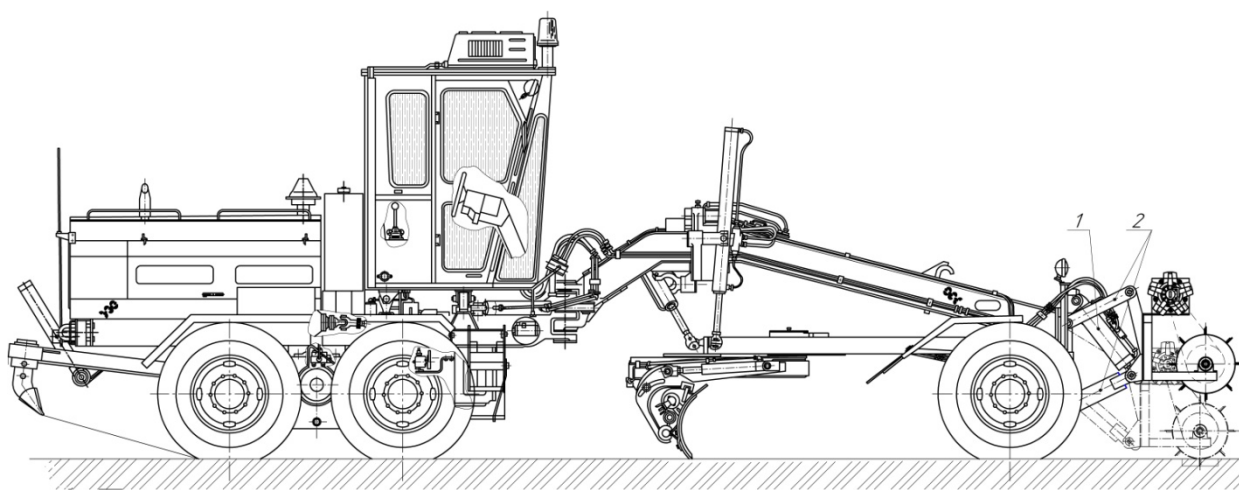


Рис. 1. Автогрейдер с навесным оборудованием:
1 – силовой гидроцилиндр; 2 – система рычагов

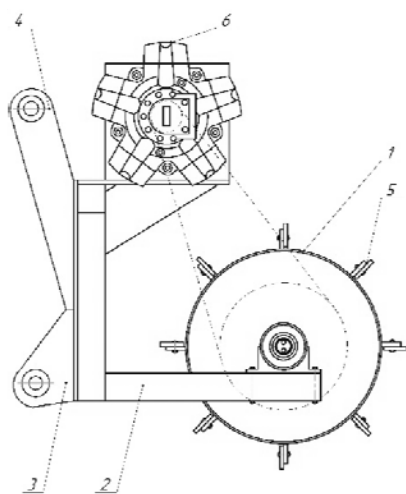


Рис. 2. Рабочий орган:
1 – ротор; 2 – рама; 3, 4 – проушины;
5 – элементы взаимодействия с грунтом;
6 – гидромотор

Рабочий орган (рис. 2) состоит из рамы 2, на котором установлены: ротор 1, оснащенный элементами 5 взаимодействия с грунтом – грунтозацепами, гидромотор 6 с цепной передачей (показана штриховыми линиями) на вал ротора 1, проушин 3, 4, посредством которых рама навешивается на передний мост – подвеску, состоящую из системы рычагов 2 и силового гидроцилиндра 1 подъема-опускания, используемых для монтажа различного сменного оборудования, например, бульдозера.

Ротор (рис. 3) представляет собой сварную стальную конструкцию, состоящую из цилиндрического барабана 1 с торцевыми стенками 2, вала 3 с подшипниками 4, звездочки ведомой 5, грунтозацепов 7, закрепляемых болтами на ребрах 6.

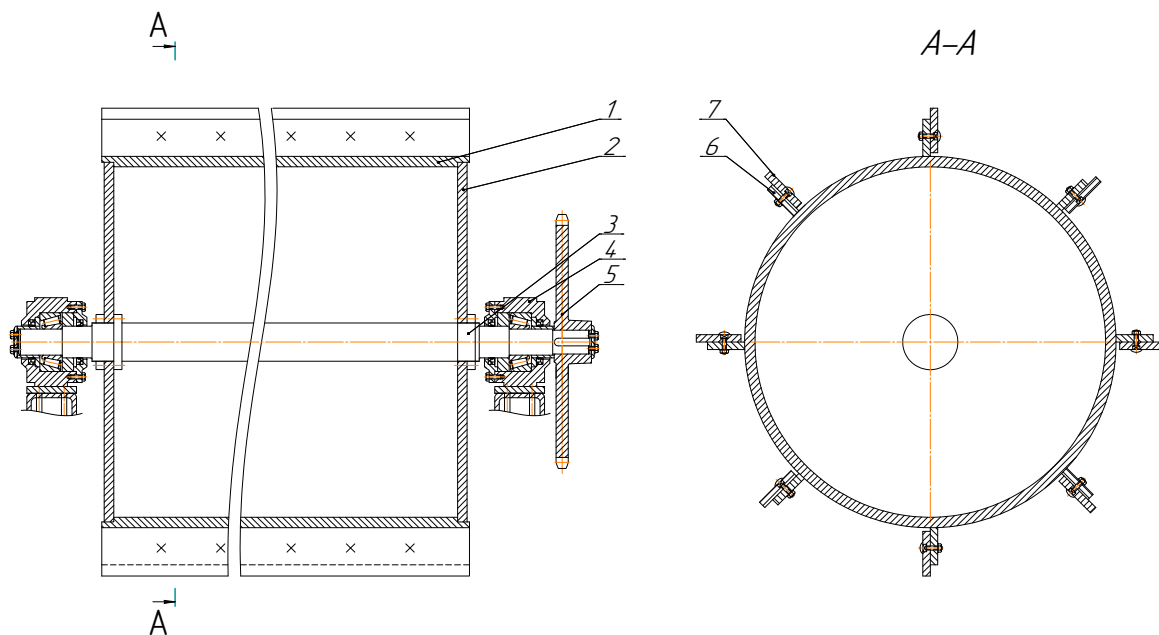


Рис. 3. Ротор:

1 – цилиндрический барабан; 2 – торцевые стенки; 3 – вал; 4 – полуось с подшипниками;
5 – ведомая звездочка; 6 – рёбра; 7 – лопатки-грунтозацепы

Рабочий процесс автогрейдера с навесным оборудованием заключается в следующем. Включается первая рабочая передача, и, при максимальной подаче топлива в цилиндры двигателя, автогрейдер начинает движение и после завершения разгона начинается рабочий процесс – резание и перемещение грунта отвалом совместно с приведенным в действие ротором, создающим грунтозацепами эффект тягача.

Поскольку радиусы взаимодействия грунтозацепов ведущего колеса автогрейдера и грунтозацепов ротора разнятся, то для работы рабочего органа, как тягача, окружная скорость грунтозацепов v_r принимается такой, чтобы условная поступательная скорость v_0 оси ротора была несколько выше скорости v_0 движения автогрейдера. При такой скорости v_r происходит срыв грунта грунтозацепами, обеспечивая этим максимальную силу тяги и активное рыхление грунта. Тогда, рассматривая ротор, как дорожную фрезу, можно, задаваясь значениями v_r и v_0 в зависимости от грунтовых условий, регулировать высоту грунтозацепов (глубину погружения) и, следовательно, величину тягового усилия, развиваемого ими.

При $v_r > v_0$, высоту h грунтозацепов рассчитывают по формуле, m ,

$$h = \frac{36v_0}{n \cdot i} \text{ ,} \quad (1)$$

где n – частота вращения грунтозацепов, c^{-1} ;

i – количество грунтозацепов.

Из формулы следует: чем меньше значение отношения v_0/n или v_0/v_r , тем меньше величина глубины погружения грунтозацепов; если скорость движения автогрейдера постоянна, глубина погружения грунтозацепов уменьшается при увеличении частоты вращения ротора и числа грунтозацепов.

Для создания грунтозацепами наибольшей силы тяги значение отношения v_a/v_0 должно быть максимальным.

Мощность, Bm , необходимую для привода ротора можно рассчитать, используя методику А.Д. Далина. В данном случае она складывается из двух основных составляющих: мощности N_1 , расходуемой на резание грунта грунтозацепами и мощности N_2 , потребляемой на перемещение ротора

$$N_1 = l \cdot h \cdot v_a \cdot k_p \text{ ,} \quad (2)$$

где l – длина грунтозацепа, м;

v_0 – скорость поступательного движения ротора (автогрейдера), м/с;

k_p – сопротивление грунта резанию, Н/м².

Значение коэффициента сопротивления грунта резанию в расчетах принимают в пределах: 0,7 – 0,8; 1,3 – 1,4; 2,0 – 2,2 соответственно для грунтов I, II, III категорий.

$$N_2 = 0.7 \cdot k_n \cdot N_1, \quad (3)$$

где k_n – поправочный коэффициент, принимаемый в пределах 0,15 – 0,2.

Суммарная мощность, с учетом потерь на преодоление сил трения и привод ротора, может быть определена приближенно по формуле, Вт,

$$N = \frac{0.8(N_1 + N_2)}{\eta}, \quad (4)$$

где η – КПД передачи, равный 0,95 – 0,98.

Библиографический список

1. А.Г. Иноземцев, В. А Меркулович и др. Пат.№ 395550. СССР, М. кл.: Е 02F3/76. Рабочий орган автогрейдера. – заявл. 18.01.72, опубл. 07.01.74, бюл. № 35.
2. Н.В. Езерский, В.А. Скоробогатый, Н.Е. Карпович Пат.№ 787571. СССР, М. кл.:Е 02F3/76. Самоходная землеройная машина. – заявл. 25.12.78, опубл. 15.12.80, бюл. № 46.
3. Г.А. Желнов, А.А. Мамедов, Г.Н. Жураховский и др. Пат. № 2128268.РФ,М. кл.: Е 01C23/09. Фреза дорожная на базе автогрейдерного шасси. – заявл. 01.06.97, опубл. 27.03.99, бюл. № 25.

References

1. A.G. Inozemtsev, V.A. Merkulovich, etc. Rabochyorganavtogreidera [Workingbodyofthegrader]. Patent USSR, no. 395550, 1974.
2. N.V. Ezersky, V.A. Skorobogaty, N.E. Karpovich. Samohodnaya zemleroinaya mashina [Self-propelled earthmoving machine]. Patent USSR, no. 787571, 1980.
3. G.A. Zhelnov, A.A. Mamedov, G.N. Zhurahovsky. Freza dorozhnaya na baze avtogreidernogo shassi [Road milling cutter based on grader chassis]. Patent RF, no. 2128268, 1999.

*Военно-воздушная академия им. профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
Преподаватель кафедры 21
Е.Д. Щербаков
Воронежский государственный
технический университет
Студенты группы НТС-151
дорожно-транспортного факультета
Д.С. Перетрухин, А.А. Феденев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(930)40-26-096
e-mail: Inaugurated@yandex.ru*

*Military and air academy of professor N.E.
Zhukovsky and Yu.A. Gagarin
Senior Lecturer of the chair 21
E.D. Shcherbakov
Voronezh State
Technical University
Students of the NTS-151 group
of the Road and Transport Faculty
D.S. Peretruxhin, A.A. Fedenev
Russia, Voronezh, tel. +7(930) 40-26-096
e-mail: Inaugurated@yandex.ru*

Е.Д. Щербаков, Д.С. Перетрухин, А.А. Феденев

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПОДМЕТАЛЬНО-УБОРОЧНЫХ МАШИН

Рассмотрены современные тенденции развития подметально-уборочных машин и проанализированы конструктивные параметры рабочего оборудования поливомоечных машин высокого давления.

Ключевые слова: подметально-уборочная машина, субкомпактные подметально-уборочные машины, поливомоечные машины.

E.D. Shcherbakov, D.S. Peretruxhin, A.A. Fedenev

MODERN TENDENCY IN THE DEVELOPMENT OF SWEEPER-CLEANING MACHINES

The current development trends of sweeping machines are considered and the design parameters of the working equipment of high-pressure water-jetting machines are analyzed.

Keywords: sweeper-cleaning machines, subcompact sweeping machines, watering machines.

Задача содержания автомобильных дорог заключается в обеспечении безопасного и непрерывного движения в любое время года. Содержание автомобильных дорог включает в себя комплекс инженерно-технических мероприятий, проводимых в течение года, по уходу за дорогой, дорожными сооружениями и полосой отвода, по предотвращению и устранению постоянно возникающих незначительных повреждений, а также по зимнему обслуживанию и благоустройству дороги. Дорожные покрытия систематически очищаются от пыли, грязи, снега, а также посыпаются песко-соляной смесью, для уменьшения скользких свойств покрытия в зимнее время года. Выполнение работ по содержанию в полном объеме и с высоким качеством замедляет процесс ухудшения транспортно-эксплуатационных показателей дороги.

Для этих целей используются специальные машины: поливомоечные и подметально-уборочные, дорожные щетки, снегоочистители, пескоразбрасыватели и другие. Кроме того,

используется оборудование, навешиваемое на некоторые автомобили и тракторы (щетки, откосники, косилки и т. п.).

Рынок подметальных-уборочных машин развивается так же, как и автомобильный рынок, где модели «растут» после каждой модернизации, увеличиваясь в размерах и освобождая места для новых «мини»-моделей, которые занимают вакантную нижнюю нишу на рынке. По этой причине в последние несколько лет субкомпактные подметально-уборочные машины стали появляться в линейках мировых производителей.

Рост спроса на мини-подметальные машины на мировом рынке возник с начала 1990-х годов и продолжается по сей день, прежде всего в Европе. Компактные и субкомпактные подметально-уборочные машины частично заменяют в эксплуатации подметальные машины на шасси грузовых машин, и спрос на последние несколько снижается, что приводит к изменению структуры рынка подметальной техники.

Среди главных особенностей субкомпактных машин – ёмкость бункера до 1 м³ и полезная грузоподъемность приблизительно до 500 кг. Эти уборочные машины также характеризуются габаритной высотой менее 2 м, и габаритной шириной менее 1 м, благодаря чему машина может свободно перемещаться в местах с ограничениями по высоте и по ширине, и может работать на тротуарах и парковых дорожках. И в то же время, эксплуатационная масса машины не превышает 2 т, тем самым, оказывая меньшее влияние на твёрдое покрытие парковых дорожек и тротуаров. Одновременно с этим, уборочная машина обладает достаточной грузоподъемностью для собираемого смета или рабочего оборудования.

В современных машинах существенное внимание уделяется условиям работы оператора, и субкомпактные подметальные машины не являются исключением. Комфортабельная кабина обеспечивает великолепный круговой обзор и позволяет выполнять работы во все времена года. Гидродинамические опоры уменьшают вибрации и уровень шума в кабине. Элементы управления, расположенные на эргономичном подлокотнике, позволяют удобно управлять отдельными щетками. Кабины водителя таких машин в большинстве моделей одноместные.

Субкомпактные подметально-уборочные машины имеют жесткую или шарнирно-сочлененную раму и достаточно высоко поднимающийся бункер для разгрузки, сделанный полностью из нержавеющей стали. Машины поставляются с дизельным двигателем и гидростатической трансмиссией, которая расположена под ним, обычно привод тормозной системы гидравлический. Благодаря небольшой колесной базе эти машины чрезвычайно маневренны, что важно при работе в условиях тесноты на парковках, узких улицах и пешеходных парковых дорожках. Производители уделяют повышенное внимание надежности и ремонтнопригодности оборудования этих машин, стараясь поднять этот показатель до уровня грузовых автомобилей.

У субкомпактных подметальных машин, обычно, не имеется дополнительного двигателя, поэтому при высокой производительности эффективность использования топлива выше, чем у больших «собратей по цеху». А также, для малогабаритных подметальных машин отмечаются наименьшие эксплуатационные расходы и затраты на техническое обслуживание, и, соответственно, общая стоимость владения уменьшается, что является значительным преимуществом субкомпактных подметальных машин.

Экономически невыгодно применять большую подметальную машину для очистки пешеходных парковых дорожек – там нет такого количества мусора, а ее высокая производительность не будет востребована. Для уборки автостоянок, парковых дорожек и не очень загрязненных производственных территорий субкомпактные подметальные машины могут быть более экономным и удобным решением. Кроме того, субкомпакты работают более производительнее, чем ручные уличные вакуумные уборочные машины-пылесосы. Субкомпактные машины выполняют уборку так же эффективно, как их большие подметально-уборочные «коллеги», и более универсальны, поэтому их можно применять и для уборки

автомагистралей. И, наконец, управлять малогабаритной машиной проще, это облегчает проблему поиска квалифицированных специалистов подметально-уборочных машин и обучения молодых операторов.

Помимо уборки дорог и тротуаров, требуется их мойка и обеспыливание воздушного бассейна над ними. Эту задачу позволяет решить поливомоечная машина, которая, в комплексе с подметально-уборочной машиной существенно улучшает экологическую обстановку в городах.

В настоящее время, в зависимости от типа поливомоечных машин, применяются два способа мойки. Первый заключается в отделении и смыве загрязнений плоскими веерообразными струями, формируемыми двумя насадками гидравлической системы машины. Вторым способом предусматривается отделение загрязнений и дальнейшую их транспортировку с помощью струй выходящих с высокой скоростью под большим давлением из отверстий рабочего органа, представляющего собой фронтально расположенную рампу. С целью формирования компактных струй относительно большой длины и малыми потерями энергии используются в основном различные насадки сходящейся конической или коноидальной форм.

В результате расчётов, проведённых авторами статьи [2], было установлено, что эффективность использования в рабочем оборудовании поливомоечных машин высокого давления коноидального и сходящегося конического насадка с оптимальной геометрией примерно одинаковая, но для того, чтобы обеспечить наибольшую эффективность работы поливомоечных машин высокого давления угол конусности сходящего конического насадка, установленного в моющей рампе, должен составлять 10° . Для увеличения эффективности отделения загрязнений от дорожного покрытия и дальнейшего их удаления струя должна быть наклонена вперед по направлению движения на угол $\alpha \approx 60^\circ$.

Дорожное хозяйство оснащается новыми наукоемкими технологиями, инновационными управленческими решениями и высокоэффективной техникой. В настоящее время можно выделить основные тенденции развития дорожной техники: компьютеризацию технологических процессов и дистанционное управление оборудованием; освобождение оператора от опасных и вредных операций, рутинных и утомительных работ; повышение производительности машин на базе новых информационных технологий. Эти тенденции характеризуются реализацией ряда технико-экономических мероприятий:

- машины оснащаются эффективными компьютеризированными системами управления на базе широкого использования космических систем навигации и контроля ГЛОНАСС и GPS;
- новые машины оснащаются оборудованием, обеспечивающим более высокий уровень механизации работ при существенном меньших ресурсозатратах на основе использования многоцелевой компьютеризированной техники, способной за один рабочий ход выполнять весь цикл технологических операций.

Дальнейшее значительное повышение эффективности машин для содержания дорог связано с реализацией перспективных направлений развития машиностроения: компьютеризации (широкое использование бортовых компьютеров), интеллектуализации (создание самообучающейся и самотрансформирующейся техники), гибридизации (создание многоцелевой техники), экологизации (создание машин с безотходной технологией работ), эргономизации (обеспечение высокого уровня комфорта и безопасности оператора), повышения надёжности и ресурса техники, обеспечения сервисного сопровождения и запасными частями в течение срока службы машины, оптимизации параметров машин.

Большое значение в системе широкого использования GPS и ГЛОНАСС имеет решение проблемы оптимизации параметров и режимов работы машин в зависимости от условий эксплуатации. Использование существующей техники в тех условиях, где она даёт наибольший эффект, является наиболее доступным и менее затратным методом организации рабочих процессов. На современном этапе развития дорожной техники появилась возможность интеллектуализации процесса уборочных работ. Встраиваемые в рабочие органы датчики по-

зволяют с помощью системы спутниковой навигации определять не только место нахождения машины, производить диагностику основных её систем, но и передавать на центральный пункт управления такие важные сведения об эксплуатации машины, как характеристики обрабатываемой среды, оптимальные режимы работы двигателя и машины в целом, продолжительность работы и простоя машины.

Библиографический список

1. Баловнев В.И., Данилов Р.Г., Селиверстов Н.Д., Подметально-уборочные машины. Устройство, основы расчёта: учеб. пособие, под общ. ред. Г.В. Кустарёва, Издательство МАДИ - Москва, 2016 г., 144 с.
2. Жулай В.А., Юрков А.Д., Щербаков Е.Д., Бородаев Е.Ю. К расчёту поливомоечных машин высокого давления // «Высокие технологии в строительном комплексе», Научно-технический журнал, №1, 2018, с. 98-103.
3. Субкомпакты. Субкомпактные подметально-уборочные машины [Электронный ресурс]: <https://os1.ru/article/16096-subkompaktnye-podmetalno-uborochnye-mashiny-subkompakty>.

References

1. Balovnev V.I., Danilov R.G., Seliverstov N.D. Sweeping machines. Device, basics of calculation: tutorial, edited by G.V. Kustareva, Publishing "MADI" – Moscow, 2016, 144 sec.
2. Zhulai V.A., Yurkov A.D., Scherbakov E.D., Borodaev E.Yu. To the calculation of high-pressure water-jetting machines // «High Technologies in the Construction Complex», Scientific and Technical Journal, №1, 2018, p. 98-103.
3. Subcompacts. Subcompact sweepers-cleaning [Electronic resource]: <https://os1.ru/article/16096-subkompaktnye-podmetalno-uborochnye-mashiny-subkompakty>.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 624.073

*Воронежский государственный
технический университет
Ст. пр. кафедры строительных
конструкций, оснований и фундаментов
имени профессора Ю.М. Борисова
А.В. Васильев
Россия, г. Воронеж, тел.: +79515602676
e-mail: v_ay@mail.ru
Магистрант Н.А. Васильева
Россия, г. Воронеж, тел.: +79202101050
e-mail: nechay.n@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Senior lecturer of chair of building,
bases and foundations
of a name of professor U.M. Borisov
A.V.Vasiljev
Russia, Voronezh, tel. +79515602676
e-mail: v_ay@mail.ru
Master student N.A. Vasiljeva
Russia, Voronezh, tel. +79202101050
e-mail: nechay.n@mail.ru*

А.В. Васильев, Н.А. Васильева

КОРРЕКТИРОВКА АРМИРОВАНИЯ СВОБОДНООПЕРТОЙ ПО КОНТУРУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ В ПК ЛИРА-САПР

В программном комплексе ЛИРА-САПР смоделирован расчет для свободнолежащей плиты с податливым опорным контуром. Безопасность и надежность возведения плит перекрытий, свободнолежащих по контуру, обеспечивается благодаря учету возможностей изменения расчетной схемы из-за осадки стен.

Ключевые слова: свободноопертая железобетонная плита; конечный элемент упругой связи, податливый контур.

A.V. Vasiliev, N.A. Vasiljeva

ADJUSTING THE REINFORCEMENT FREE-LYING CONTOUR REINFORCED CONCRETE SLAB IN THE SOFTWARE COMPLEX LIRA-SAPR

In the LIRA-SAPR software package, the calculation for a free-lying slab with the elastic support contour is simulated. The safety and reliability of the construction of floor free-ended slabs along the contour is ensure by taking into account the possibility of changing the design scheme due to wall subsidence.

Keywords: reinforced concrete free-ended slab; end element elastic tie, suppl contour.

При строительстве сборных зданий и сооружений необходимо решить задачу конструирования свободнолежащей по контуру железобетонной плиты перекрытия. Игнорирование важности этой задачи может привести к аварийному состоянию конструкций. Использование программных комплексов (ПК) ускоряет работу проектировщика и делает ее более точной.

Целью работы было произвести расчет свободноопертой плиты с податливым опорным

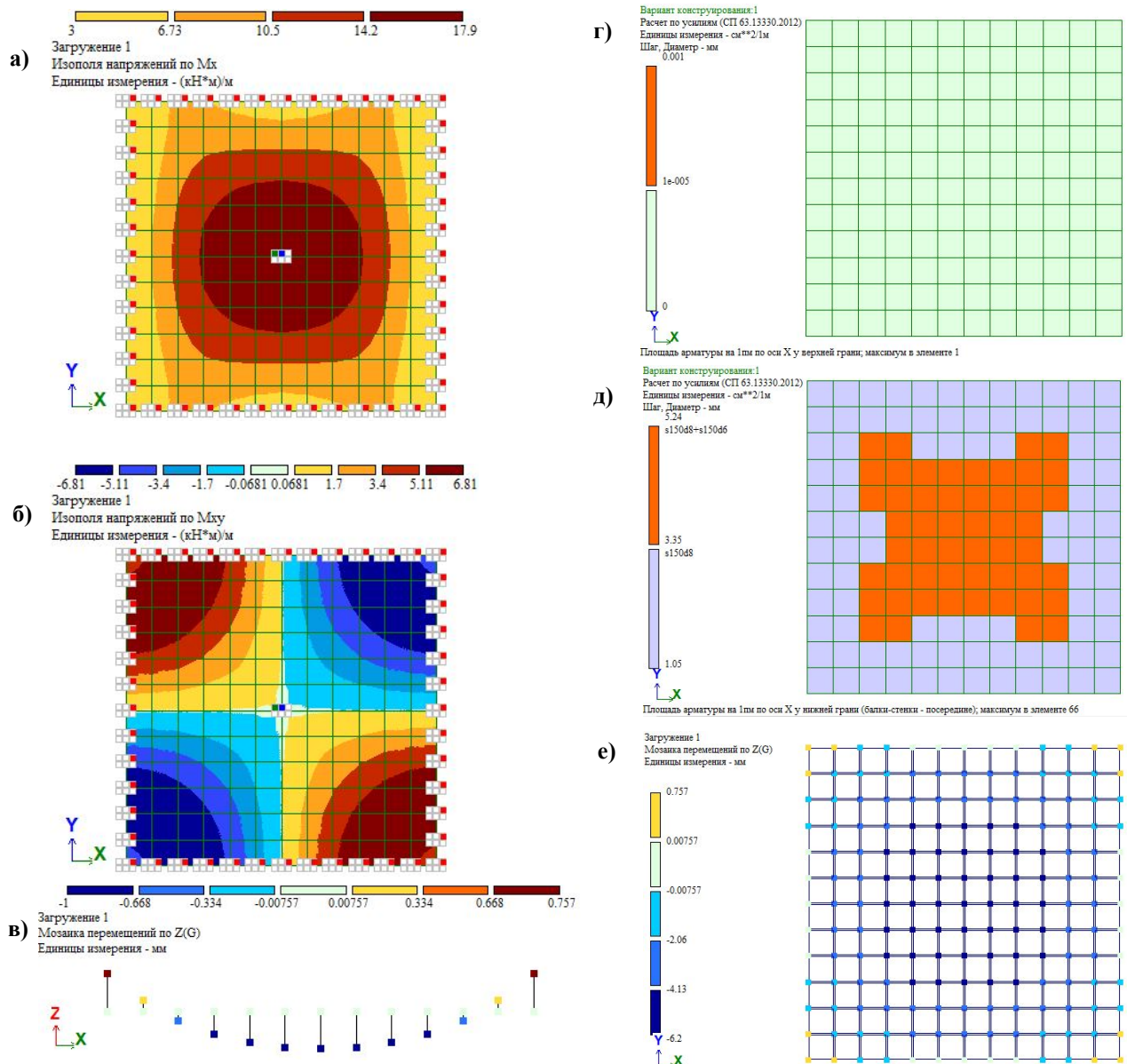


Рис. 1. Свободнолежащая плита в ПК, опертая податливо по контуру с КЭ 55, моделирующим упругую связь между элементами вдоль оси Z:

а) изополя напряжений M_x ; б) изополя напряжений M_{xy} ; в) перемещения по оси Z узлов одной стороны контура; г) мозаика армирования плиты по оси X у верхней

контуром при помощи конечных элементов КЭ 55 и получить усилия и армирование.

Например, рассмотрим квадратную монолитную плиту с размерами пролетов 6×6 м (рис.1.). Рекомендуемая толщина плоской плиты – 160 мм [1]. Задаемся расчетной нагрузкой на плиту 10 кН/кв.м , где учтены собственный вес плиты, нормативные нагрузка от пола и кратковременная нагрузка. Класс бетона В30. Продольная арматура в плите класса А400. Защитный слой – 30 мм.

Для решения задачи определяем величину податливости контура для плиты перекрытия, которая составила 1 мм от опирания на стену [2]. Вместо обычного наложения связей на перемещение по оси Z на узлы контура, моделируем его двухузловыми КЭ 55. Проводим предварительный расчет, выделяем группы конечных элементов и определяем их жесткость, соответствующую перемещениям в 1 мм. Затем получаем усилия и армирование

свободнолежащей квадратной в плане плиты по предложенной методике и сравниваем результаты расчета с расчетом аналитическим способом [3] и с расчетом, произведенном при контуре, в котором узлы имеют связи на перемещение по оси Z .

Все расчеты производились в ПК LIRA-SAPR. Изгибающие моменты в пролете плиты M_x увеличились (рис.1.а) по сравнению с расчетной схемой, где на узлы контура накладывали связи на перемещение по оси Z , а крутящие моменты M_{xy} (рис.1.б) уменьшились почти вдвое. Прогибы узлов контура равны 1 мм от опирания на стену (рис.1.в). Получено требуемое армирование плиты [4].

Выводы

Произведен расчет свободнолежащей плиты с податливым опорным контуром в расчетном программном комплексе. Опорный контур создан двухузловыми конечными элементами, моделирующими линейную податливую связь вдоль оси Z глобальной системы координат. При создании контура конечные элементы группировались по значениям жесткости, различающимся на порядок. По результатам расчета податливость контура соответствует заданным исходным значениям и составляет 1 мм без учета выгибов углов плиты.

Получены усилия и армирование свободнолежащей квадратной в плане плиты по предложенной методике с расчетом, где узлам контура задаются связи на перемещение по оси Z . В результате изгибающие моменты M_x увеличились на 12%, а крутящие моменты M_{xy} уменьшились в 1,9 раз. При этом армирование верхней зоны плиты не требуется, но увеличивается армирование нижней зоны. Общий расход арматуры для плиты по предложенной методике изменился на 1% по сравнению с упрощенной схемой. При этом учитывается изменение расчетной схемы из-за просадки стен, тем самым обеспечивается безопасность и надежность возведения плит перекрытий и покрытий, свободно опертых по контуру.

Библиографический список

1. СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2007. – 18 с.
2. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. – М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. – 82 с.
3. Тимошенко, С.П. Пластины и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М.: Наука, 1966. – 636 с.
4. СП 63.13330.2012 Бетонные и Железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. – 156 с.

References

1. SP 52-103-2007 Reinforced concrete monolithic structures of buildings. – M.: Federal State Unitary Enterprise "Research Center" Construction ", 2007. - 18 sec.
2. SP 15.13330.2012 Stone and armostone structures. – M.: Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2012. – 82 sec.
3. Timoshenko, S.P. Plates and shells / S.P. Timoshenko, S. Voinovsky-Krieger. - M.: Nauka, 1966 . – 636 sec.
4. SP 63.13330.2012 Concrete and Reinforced Concrete Structures. The main provisions. - M.: Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2012. - 156 sec.

*Воронежский государственный
технический университет
Старший преподаватель кафедры строи-
тельных конструкций, оснований и фунда-
ментов имени профессора Борисова Ю.М.
Н.Г. Назаренко
Россия, г. Воронеж, тел. +7(920) 422-05-65
e-mail: ua3qkc@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Senior Lecturer, Department of Building
Structures, bases and Foundations named af-
ter Professor Yu.M. Borisov
N.G. Nazarenko
Russia, Voronezh, tel. +7(920) 422-05-65
e-mail: ua3qkc@mail.ru*

Н.Г. Назаренко

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ АРКИ, ВОСПРИНИМАЮЩЕЙ РАСПОР ОТ ВИСЯЧЕГО ПОКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Рассматривается решение задачи устойчивости сжатой опорной конструкции висячего покрытия. Опорная конструкция представляет собой «опрокинутую» арку, продольная ось которой совпадает с очертанием кровли. Задача устойчивости арки из ее плоскости решается энергетическим методом. Получены формулы для определения критической силы и коэффициента расчетной длины арки.

Ключевые слова: висячие покрытия, восприятие распора, устойчивость опорных конструкций.

N.G. Nazarenko

CALCULATION OF STABILITY OF AN ARCH TAKING A DISPUTE FROM DANGEROUS COVERING OF THE INDUSTRIAL BUILDING

The solution of the stability problem of a compressed support structure of a hanging coating is considered. The supporting structure is an «op-cast» arch, whose longitudinal axis coincides with the outline of the roof. The problem of stability of an arch from its plane is solved by the energy method. Formulas for determining the critical force and coefficient of the calculated arch length are obtained.

Key words: hanging coatings, perception of thrust, stability of supporting structures.

При проектировании висячих железобетонных оболочек на прямоугольном плане одним из основных вопросов является выбор наиболее экономичного конструктивного решения элементов, воспринимающих распор. Как показывает опыт строительства висячих мостов и покрытий, стоимость анкерных элементов, передающих усилия от висячих конструкций на фундаменты, вместе со стоимостью фундаментов составляет 50-70% от общей стоимости сооружения [1-5]. Такое соотношение в стоимости анкеров и пролетной висячей конструкции объясняется тем, что анкерные устройства и фундаменты представляют собой трудоемкие и материалоемкие части сооружения, связанные с большими затратами труда на строительной площадке. Одним из возможных решений, приводящих к снижению этих затрат, является передача распора в уровне висячей оболочки на «опрокинутые» арки, опирающиеся на колонны по продольным сторонам сооружения. Данный способ передачи рас-

пора применен в проекте висячего комбинированного покрытия промышленного здания с подвесными кранами в с. Стрелица Воронежской области.

Здесь приводится вывод формул для определения расчетной длины параболической арки из ее плоскости с учетом горизонтальной отпорности колонн, на которые она опирается (рис.1а). В качестве предпосылок расчета принято, что крайние опоры арки из плоскости ее являются шарнирно неподвижными, что обеспечивается созданием жесткого торцового фак-верка, развязанного диагональными связями. Все промежуточные опоры являются упругими. Принимая во внимание определенную жесткость сопряжения арки с колоннами, влиянием кручения на устойчивость арки в первом приближении пренебрегаем. Также не учитывается влияние сдвигов [6]. Для решения задачи применяется энергетический метод [7, 8]. За возможную форму потери устойчивости арки принимается синусоида (рис.1,б)

$$y_x = a_k \sin \frac{k\pi x}{l}, \quad (1)$$

где a_k – амплитуда прогибов арки в момент потери устойчивости;

k – число полуволн, по которым происходит потеря устойчивости;

x – абсцисса рассматриваемого сечения;

l – пролет арки.

Кривая прогибов в виде (1) удовлетворяет граничным условиям арки:

$$y(0) = y(l) = y''(0) = y''(l) = 0.$$

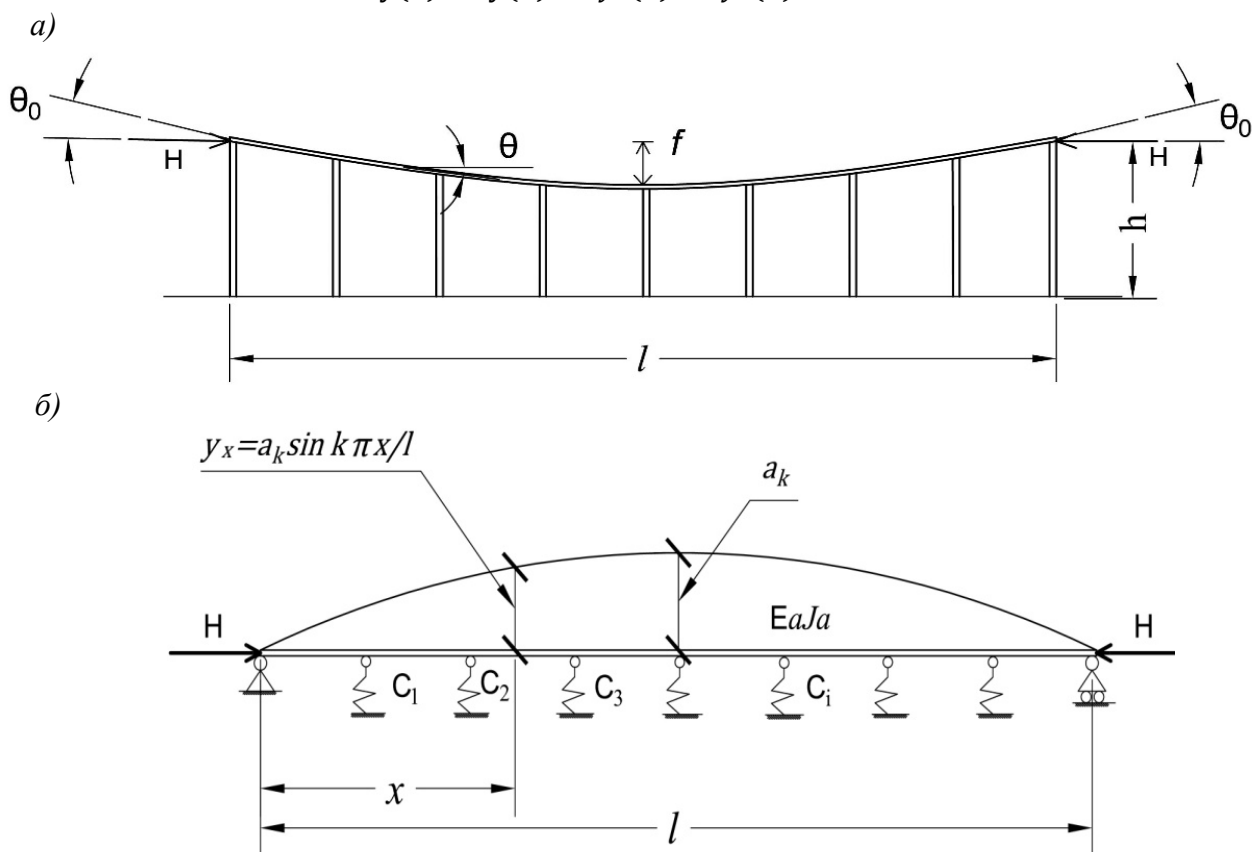


Рис. 1. Расчетная схема опорного контура

Работа внешних сил на перемещениях, связанных с искривлением оси арки в момент потери устойчивости, приравнивается работе внутренних сил в арке – δV_1 и реакции упругих опор – δV_2

$$\delta T = \delta V_1 + \delta V_2. \quad (2)$$

Раскрывая равенство (2), получим

$$\frac{1}{2} H \int_0^l (y'(x))^2 dx = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{E_a J_a}{\cos \theta} (y''(x))^2 dx + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{j-1} c_i (y_i)^2, \quad (3)$$

где H – горизонтальная составляющая сжимающего усилия, передаваемого на арку от висячего покрытия;

$E_a J_a$ – изгибная жесткость арки в горизонтальной плоскости;

θ – угол наклона оси арки к горизонту;

c_i – жесткость i -ой упругой опоры,

$$c_i = \frac{3E_i J_i}{\tilde{h}_i^3 l^3} \left(1 - \frac{P_i}{P_{\text{э}i}}\right), \quad (4)$$

$E_i J_i$ – изгибная жесткость i -ой колонны из плоскости арки;

i – номер промежуточной колонны;

j – число панелей арки;

P_i – сжимающее усилие, действующее на i -ую колонну,

$$P_i = H \frac{4}{K_0} \left|1 - 2 \frac{i}{j}\right|, \quad (5)$$

K_0 – отношение пролета арки (l) к стреле ее провеса (f);

$P_{\text{э}i}$ – эйлерова критическая сила для i -ой колонны,

$$P_{\text{э}i} = \frac{\pi^2 E_i J_i}{(\mu_i \tilde{h}_i l)^2}, \quad (6)$$

μ – коэффициент расчетной длины i -ой колонны;

$$\tilde{h}_i = \frac{h}{l} - \frac{4}{K_0} \frac{i}{j} \left(1 - \frac{i}{j}\right), \quad (7)$$

h – высота угловых колонн.

Конструктивно участки арки между колоннами могут выполняться в виде прямолинейных элементов. При этом сжимающие усилия в промежуточных колоннах будут определяться по формуле

$$P_i = \frac{H}{j}, \quad (8)$$

а в угловых колоннах от действия распора H возникнут растягивающие усилия

$$P_{\text{угл}} = H \frac{\Delta h}{b}, \quad (9)$$

где Δh – разница в отметках верха угловой колонны и первой промежуточной;

b – шаг колонн.

Подставим (1), (4), (6), (5) или (8) в (3). После интегрирования получим выражение для критической силы арки

$$H_{\text{кр}}^a = \frac{\pi^2 \kappa^2 E_a J_a}{l^2} \left[\left(1 + \frac{8}{3K_0^2}\right) + \frac{6}{\pi^4 \kappa^4} \sum_{i=1}^{j-1} \frac{E_i J_i (1 - P_i/P_{\text{э}i})}{E_a J_a \tilde{h}_i^3} \sin^2 \frac{\kappa \pi i}{j} \right] \quad (10)$$

и коэффициент расчетной длины арки из ее плоскости

$$\mu_a = \frac{1}{K} \cdot \sqrt{\frac{1}{\left[\left(1 + \frac{8}{3K_0^2}\right) + \frac{6}{\pi^4 \kappa^4} \sum_{i=1}^{j-1} \frac{E_i J_i (1 - P_i/P_{\text{э}i})}{E_a J_a \tilde{h}_i^3} \sin^2 \frac{\kappa \pi i}{j} \right]}} \quad (11)$$

На рис. 2 и рис.3 даны зависимости коэффициента расчетной длины арки от соотношения изгибных жесткостей колонн и арки.

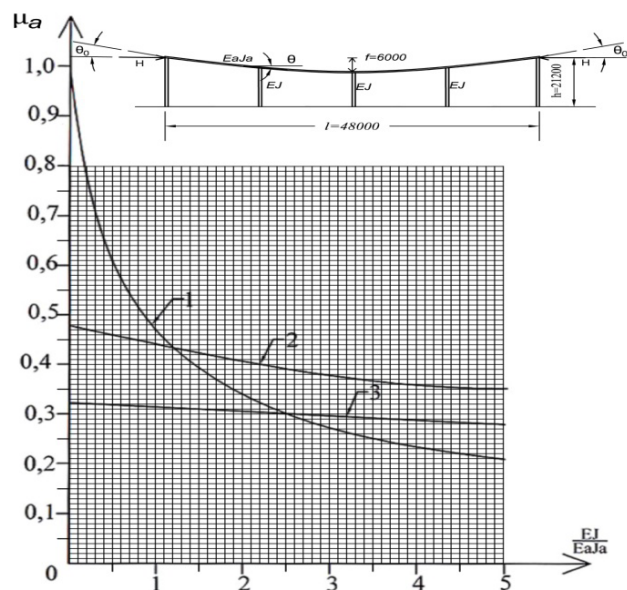


Рис. 2. Зависимости коэффициентов расчетной длины арки от соотношения изгибных жесткостей колонн и арки при $j=4$: 1) $K=1$; 2) $K=2$; 3) $K=3$

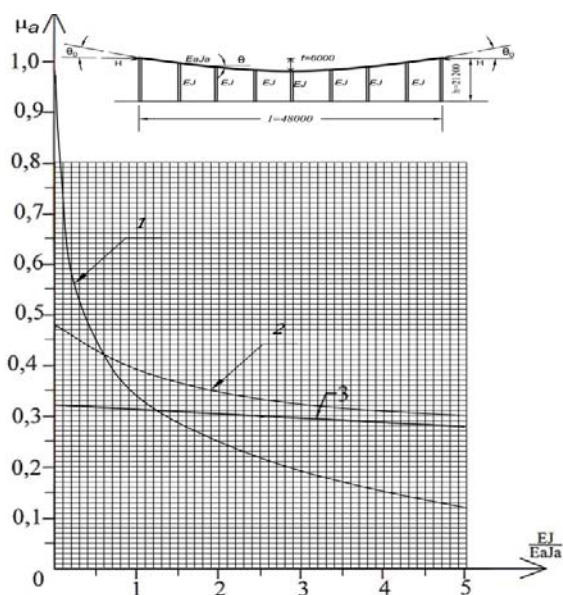


Рис. 3. Зависимости коэффициентов расчетной длины арки от соотношения изгибных жесткостей колонн и арки при $j=8$: 1) $K=1$; 2) $K=2$; 3) $K=3$

Из графиков видно, что отпорность колонн значительно снижает расчетную длину по сравнению с неподкрепленной аркой. Вначале наблюдается потеря устойчивости арки из ее плоскости по первой форме, то есть, по одной полуволне – $k=1$. Для случая $j=4$ это имеет место, когда $\frac{EJ}{EaJa} < 1,2$, а для $j=8$, если $\frac{EJ}{EaJa} < 0,6$. Дальнейшее увеличение соотношения изгибных жесткостей колонн и арки приводит к смене формы потери устойчивости арки, к потере устойчивости арки по двум полуволнам – $k=2$. При реальных параметрах рассматриваемых сооружений соотношение $\frac{EJ}{EaJa}$ превышает 1,2, поэтому можно предложить считать вторую форму потери устойчивости арки из ее плоскости определяющей. Значения коэффициентов расчетной длины арки, взятые из рис.2, рис.3 или вычисленные по формуле (11), затем учитываются при определении критической силы по формуле Эйлера [7].

Библиографический список

1. Байков В.Н. и др. Железобетонные конструкции. Специальный курс. М., «Стройиздат», 1974, 800 с.
2. Кирсанов Н.М. Висячие системы повышенной жесткости. М., «Стройиздат», 1973, 116 с.
3. Кирсанов Н.М. Висячие и вантовые конструкции. М., «Стройиздат», 1981, 158 с.
4. Кирсанов Н.М. Висячие покрытия производственных зданий. М., «Стройиздат», 1990, 128 с.
5. Сobotka З. Висячие покрытия. М., «Стройиздат», 1964, 151 с.
6. Динник А.Н. Устойчивость арок. М.-Л., «Гостехиздат», 1946, 126 с.
7. Киселев В.А. Строительная механика. Специальный курс. «Стройиздат», М., 1969, 431 с.
8. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. М.- Л. «Гостехиздат», 1955, 567 с.

References

1. Baykov V.N. and other reinforced concrete structures. Special course. M., «Stroyizdat», 1974, 800 sec.
2. Kirsanov N.M. Hanging systems of increased rigidity. M., «Stroyizdat», 1973, 116 sec.
3. Kirsanov N.M. Hanging and cable-stayed structures. M., «Stroyizdat», 1981, 158 sec.
4. Kirsanov N.M. Hanging coatings for industrial buildings. M., «Stroyizdat», 1990, 128 sec.
5. Sobotka Z. Hanging cover. M., «Stroyizdat», 1964, 151 sec.
6. Dinnik A.N. Stability of arches. M.-L., «Gostekhizdat», 1946, 126 sec.
7. Kiselev V.A. Structural mechanics. Special course. «Stroyizdat», M., 1969, 431 sec.
8. Timoshenko S.P. Stability of elastic systems. M.- L., «Gostekhizdat», 1955, 567 sec.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет
Студент группы, БАД-161 Попов Д.А.
Россия, г. Воронеж, тел.:
+7-961-185-36-18
e-mail: dahbka_97@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент Волокитина О.А.
Россия, г. Воронеж, тел.: +7-910-349-72-56
e-mail: dixi.o@mail.ru*

*Voronezh state technical University
Student group ,БАД-161 D. A. Popov
Russia, Voronezh, tel.:
+7-961-185-36-18
e-mail: dahbka_97@mail.ru
Cand. of Tech. Science, Associate prof.
O.A. Volokitina
Russia, Voronezh, tel.: +7-910-349-72-56
e-mail: dixi.o@mail.ru*

Д.А. Попов, О.А. Волокитина

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШУМОВЫХ ПОЛОС

С целью повышения безопасности движения на автомобильных дорогах общего пользования и снижения количества ДТП рассматривается вопрос применения средств инженерных конструкций - шумовых полос в качестве дорожной разметки.

Ключевые слова: безопасность, автомобильные дороги, шумовые полосы, дорожная разметка, вибрация, полимер.

D.A. Popov, O.A. Volokitina

APPLICATION OF MODERN METHODS OF DEVICE FOR ROAD MARKING USING NOISE STRIPES

In order to improve traffic safety on public roads and reduce the number of accidents, the issue of using means of engineering structures is considered - noise bars as road markings.

Keywords: safety, roads, noise lanes, road markings, vibration, polymer.

Первая дорожная разметка на территории России была применена в тридцатые годы 20 века, чтобы упорядочить движение автотранспорта в центре города Москвы. Позднее дорожная разметка стала появляться и в других городах. Продолжительное время Россия и другие мировые страны не имели единых правил, определяющих ее нанесение.

С течением времени количество автомобилей непрерывно росло, и одной лишь разделительной полосы стало просто не хватать для организации движения. На этом этапе начала формироваться горизонтальная дорожная разметка нескольких типов. В разных городах дорожные инспекции предлагали свои варианты и реализации той или иной разметки. В конечном итоге пришли к выводу, что в данной области необходима некая стандартизация. Разметка должна была быть везде одна, чтобы не вводить водителей в заблуждение.

После этого решения модификация дорожной разметки прошла достаточно быстро, так как все подчинялось единому стандарту [1].

И на данный момент мы имеем специальный ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования [2], в соответствии с которым и производится нанесение всей дорожной разметки. Данный ГОСТ содержит четкое определение всех возможных типов разметки.

На сегодняшний день ГОСТ Р 51256-2018 [2] по дорожной разметке является актуальным, однако, что касается вопроса нанесения шумовых полос на покрытия дорог общего пользования применяется ГОСТ 33025-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Полосы шумовые. Технические условия [3].

Данный ГОСТ [3] предполагает нанесение шумовых полос в следующих случаях:

- 1) **поперечные шумовые полосы** обычно устанавливают: перед нерегулируемыми переходами для пешеходов, примыканиями и пересечениями; на участках высокой концентрации ДТП и при подъезде к ним; перед железнодорожными переездами, не имеющими шлагбаума; на отрезках автодорог, радиус кривых которых меньше нормативного; на участках автодорог с плохой видимостью; на крутых спусках и подъемах.
- 2) **продольные шумовые полосы** наносят в следующих случаях: на участках автодорог с запрещенным обгоном (по оси дороги); на краевых укрепительных полосах обочин дороги.

Не разрешается устройство шумовых продольных полос на дорожных участках:

- на путепроводах, мостах и подходах к этим объектам;
- в зоне сужения проезжей части автодороги;
- на участках 2-полосных дорог, если на них разрешен обгон;
- на примыканиях и пересечениях: на расстоянии до 10 м от начала перекрестка;
- на участках автодорог с ограничением уровня шума.

Разметка широко используется в России и других странах с целью повышения безопасности дорожного движения. Особенностью такого вида разметки является то, что наезжая на нее, водитель испытывает значительное шумовое и вибрационное воздействие, что привлекает внимание к неблагоприятной дорожной ситуации. В отличие от «лежачих полицейских», нанесенная на дорогу шумовая разметка не наносит вред подвеске транспорта, а только создает дискомфорт водителю [4].

Это действительно дешевый и эффективный способ повысить безопасность дорожного движения, поэтому важно выбрать правильную технологию ее изготовления и нанесения.

По виду используемого материала и технологии нанесения различают шумовые полосы [4]:

Из холодного пластика и термопластика. Это блок из 5 элементов шириной 10 см или из 4 элементов шириной 15 см. Между блоками имеются равные промежутки. Шумовые полосы из прочного термопластика часто окрашивают в красный или желтый цвет, чтобы оказать визуальное воздействие на проезжающего водителя.

Из покрытий противоскольжения. Шумовые полосы этого вида представляют собой сплошной блок без промежутков шириной 5 см, выполненный из противоскользящего цветного материала.

Выполненные методом фрезерования асфальтного покрытия. Установка фрезерованной шумовой полосы выполняется при помощи навесной или самоходной дорожной фрезы. Продольная шумовая разметка включает чередующиеся элементы глубиной 10-20 мм, длиной 10-20 см, шириной 20-40 см. Интервал между осями — не меньше 2 длин элементов, но не больше 1,2 м. При фрезеровании дорожного покрытия толщина верхнего слоя должна быть больше глубины нарезки шумовых разметок, тогда не нарушится целостность верхнего и следующих слоев (рис. 1).



Рис. 1. Шумовая полоса, выполненная методом фрезерования асфальтного покрытия

Шумовая полоса, выполненная особым методом монтажа металлических скоб. Она часто используется при установке продольных шумовых разметок на цементобетонном покрытии дороги.

При большой высоте дорожных выступов вместо шумовой полосы используется структурная дорожная разметка, которая выполняет те же функции. Она выполняется из холодного пластика или термопластика и наносится не сплошным слоем, а отдельно расположенными фрагментами, похожими внешне на капли (рис. 2).



Рис. 2. Структурная дорожная разметка

В зависимости от места нанесения, шумовые разметки бывают [4]:

Осевые. Шумовые полосы, которые служат разделительной полосой и размещаются на оси автодорожного полотна. Они предотвращают выезд автотранспорта на встречную полосу (рис. 3).



Рис. 3. Осевая шумовая разметка

Краевые. Они наносятся на укрепленной зоне обочины и предотвращает съезд автотранспортного средства на обочину (рис.4).



Рис. 4. Краевая полоса обочины

Средние. Располагаются на 2-полосных дорогах, по оси полосы движения и предотвращают съезд транспортного средства влево или вправо от основного направления движения [4].

В настоящее время многие автомобили комплектуются специальными датчиками безопасности, которые в случае резкой смены траектории движения сигнализируют водителю и тот, в свою очередь, может быстро среагировать и вернуться в полосу движения. Но далеко не все автомобили в транспортном потоке так оснащены. Поэтому с целью повышения безопасности движения, особенно в ночное время суток на опасных участках, когда утомляемость водителя возрастает и следствием является возникновение аварийных ситуаций на дорогах, необходимо разработать варианты решения данного вопроса по средствам применения в качестве дорожной разметки инженерных конструкций - шумовых полос.

Вывод

Применение шумовых полос в качестве дорожной разметки позволит снизить количество ДТП на наиболее опасных участках автомобильных дорог общего пользования.

Библиографический список

1. История появления дорожной разметки [Электронный ресурс] <https://sdmontag.ru/blog/2-istoriya-poyavleniya-dorozhnoj-razmetki.html>
2. ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования.
3. ГОСТ 33025-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Полосы шумовые. Технические условия.
4. Шумовые полосы на дороге [Электронный ресурс] <https://rovnayadoroga.ru/dorogi/shumovye-polosy-na-doroge.html>

References

1. The history of the appearance of road markings [Electronic resource] <https://sdmontag.ru/blog/2-istoriya-poyavleniya-dorozhnoj-razmetki.html>
2. GOST R 51256-2018 Technical means of traffic management. Road marking. Classification. Technical requirements.
3. GOST 33025-2014 General automobile roads. Noise bands. Technical conditions.
4. Noise lanes on the road [Electronic resource] <https://rovnayadoroga.ru/dorogi/shumovye-polosy-na-doroge.html>

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University
D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova E.A. Tarasov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Е.А. Тарасов

ПРИМЕР ЗАКЛЮЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТИ ГИДРОБЛОКА АКПП В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Представлен пример заключения специалиста по исследованию причин неисправности гидроблока АКПП в процессе производства автотехнической экспертизы.

Ключевые слова: автотехническая экспертиза, гидроблок, АКПП.

Е.А. Tarasov

AN EXAMPLE OF THE CONCLUSION OF A SPECIALIST IN THE STUDY OF CAUSES FAULTS HYDRAULIC AUTOMATIC TRANSMISSION IN THE PRODUCTION PROCESS AUTO TECHNICAL EXPERTISE

An example of the conclusion of a specialist on the study of the causes of malfunction of the automatic transmission hydroblock in the production of automotive expertise is presented.

Keywords: the technical expertise, the hydraulic unit, automatic transmission.

На разрешение специалисту поставлены следующие вопросы:

1. Свидетельствовала ли неисправность автомобиля, а именно причина обращения «пробуксовка при движении на 4, 5, 6 передачах, зарегистрированы ошибки по 5, 6 передачам» о неисправном гидроблоке?
2. Если собственник автомобиля проводил ремонт гидроблока, то после ремонта могли ли проявиться новые неисправности (как было после установки восстановленного б/у гидроблока - не включалась задняя передача, а также переключение передач вниз происходило не корректно (с 4-й на 1-ю)? Что могло послужить появлению данных неисправностей?
3. После повторного ремонта гидроблока у а/м были выявлены уже новые неисправности: нечеткое переключение вверх 2-3, 3-4, а также двойной удар при включении задней передачи, отличные от первоначальных (в день обращения) и возникших после установки гидроблока после первого ремонта. Свидетельствовали они неисправному гидроблоку?
4. Могла ли неисправность восстановленного б/у гидроблока повторно привести к быстрому истиранию фрикционных?

Исходные данные.

В специализированный сервис Volvo обратился собственник автомобиля Volvo XC 90 2008г., двигатель B6324S (238л.с) АКПП TF-80SC AWD (далее по тексту а/м). Причина обращения была следующая: пробуксовка при движении на 4, 5, 6 передачах, зарегистрированы ошибки по 5, 6 передачам.

Специализированным сервисом Volvo была дана рекомендация по ремонту АКПП и замена гидроблока. Собственник а/м в виду высокой стоимости нового гидроблока принял решение по предоставлению в специализированный сервис Volvo восстановленного б/у гидроблока для установки. После установки восстановленного б/у гидроблока у а/м не включалась задняя передача, а также переключение передач вниз происходило не корректно (с 4-й на 1-ю).

После этого клиент своими силами провел ремонт гидроблока заново, после установки второго восстановленного б/у гидроблока при наработке адаптаций АКПП выявлено нечеткое переключение вверх 2-3, 3-4, а также двойной удар при включении задней передачи. Собственнику а/м была дана рекомендация: «При сохранении данных неисправностей в процессе эксплуатации рекомендуется замена гидроблока».

Собственник а/м уехал из специализированного сервиса Volvo спустя какое-то время, собственник а/м вернулся в сервис. При разборке АКПП обнаружено, что сгорел пакет сцепления 4-5-6 передач – указана вероятная причина – неисправность гидроблока. Собственником а/м было принято решение о восстановлении АКПП своими силами.

===== ИССЛЕДОВАНИЕ =====

На рассматриваемом автомобиле установлена автоматическая коробка переключения передач (АКПП). АКПП - представляет собой разновидность КПП, которая обеспечивает автоматизированный выбор скорости, согласно условиям езды (рис.1).

Автоматическая трансмиссия отличается от механической автоматизированным переключением скоростей и другим принципом действия всей механической части. Здесь речь идет об использовании планетарных устройств и гидромеханического механизма, вместо обычного механического в стандартной КПП.

Что касается привычных «автоматов», то по своей структуре они состоят из:

- гидротрансформатора;
- устройств — планетарных редукторов;
- движущихся и обгонных муфт;
- различных шкивов и барабанов, соединяющихся между собой;
- тормозного ремня, предназначенного для торможения одного из барабанов, относительно кузова автоматической КПП, во время переключения скорости. Такая структура практически у всех автоматических трансмиссий.

Гидротрансформатор в «автоматах» устанавливается таким же образом, как сцепление в «механике». Сам корпус этого агрегата с ведущей турбиной устанавливается на маховике мотора так же, как корзина сцепления. Главное предназначение данного устройства заключается в передаче момента с проскальзыванием при трогании с места. Если транспортное средство движется на повышенных оборотах мотора — на 3-й или 4-й скорости — устройство выполняет блокировку, благодаря движущейся муфте, что делает проскальзывание фактически невозможным. Таким образом, в автоматических КПП пропадают лишние затраты энергии и расхода бензина на трение трансмиссионной жидкости в турбинах.

Принцип работы планетарного ряда с редукторами заключается в создании передаточных чисел. По сути, все остальные компоненты трансмиссионной системы предназначены для помощи планетарному ряду выполнять эту функцию. Сам гидротрансформатор включает в себя несколько компонентов:

- входная турбина;
- выходная турбина;
- статор.

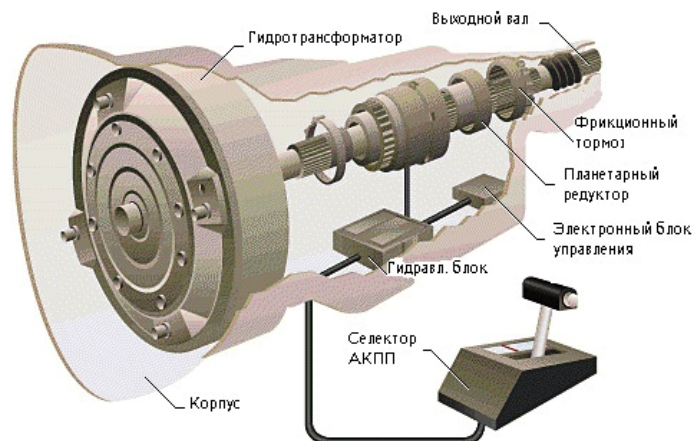


Рис. 1. Устройство автоматической коробки переключения передач

Зачастую статор заторможен на корпус агрегата, но иногда затормаживание этой турбины активируется движущейся муфтой для максимально эффективной эксплуатации гидротрансформатора в любом диапазоне оборотов двигателя. Сами движущиеся муфты во время движения транспортного средства осуществляют переключение скоростей при помощи соединения или разъединения компонентов «автомата». В частности, здесь речь идет о входном и выходном валах и компонентах планетарного ряда. Визуально муфта представляет собой что-то среднее между сцеплением и синхронизатором в традиционной «механике».

Принцип действия муфты заключается в сжатии пакета этих кольцеобразных дисков гидравлическим поршнем, который находится непосредственно в барабане. Трансмиссионная жидкость подходит к цилиндру по патрубкам, расположенным в барабане, валах и корпусе «автомата». В свою очередь, принцип работы обгонной муфты заключается в проскальзывании в одном направлении и в заклинивании с передачей крутящего момента в другом. Как правило, такая муфта состоит из нескольких колец — внешних и внутренних, а также находящегося между ними устройства с роликами. Обгонные механизмы используются для снижения уровня ударов в движущихся муфтах в момент переключения скоростей.

Сама же передача крутящего момента осуществляется при увеличении оборотов мотора после переключения, в результате чего одна из деталей планетарного ряда вращается в обратную сторону. Соответственно, она заклинивает в обгонной муфте.

Гидравлический блок - (Valve Body, гидроблок, блок электромагнитных клапанов) - это самый сложный узел АКПП, который состоит из металлической плиты с множеством каналов, клапанов, электро-регуляторов (соленоидов), аккумуляторов, датчиков, соленоидов и других элементов для того, чтобы управлять включением и выключением муфт сцепления и блокировкой гидротрансформатора.

Соленоид это - электромеханический кран-регулятор, который в ответ на электроимпульс компьютера открывает или закрывает канал в гидроплите для управления потоком масла АКПП.

----- Вопрос № 1 -----

Составляющие АКПП, как и другие детали, узлы и агрегаты автомобиля выходят из строя с течением времени. За время существования и эксплуатации АКПП, производителями и ремонтными организациями выявлены типичные неисправности коробок и установлены возможные причины, которые привели к этой неисправности. Сводная таблица 1 представлена ниже.

Таблица 1

Типичные неисправности АКПП и возможные причины образования этих неисправностей

Неисправность АКПП	Возможная причина неисправности
Автомобиль едет только на 3-й скорости.	Компьютер диагностировал неисправности, не позволяющие эксплуатировать дальше коробку (см.коды) и перевел автомат в Аварийный режим. Необходимо ехать на диагностику и ремонт.
"Нахолодную" переключения происходят с толчками, после прогрева - нормально. Или наоборот.	Пограничное загрязнение золотников гидроплиты или соленоидов. Клинят клапана насоса (если есть) Износ расходников, клинит и перекашивает поршни, которые включаются с хлопком. Необходима диагностика, чистка гидроблока, возможно с заменой расходников Ремкомплекта прокладок и сальников. Может помочь замена масла.
Появился вой, гул, вибрации, непонятные звуки при движении, и чем выше обороты, тем сильнее гул.	Износ одного из подшипников, втулок, шестерен планетарного ряда. Требуется замена изношенных деталей.
Нет движения вперед, автомобиль буксует на месте. Задняя скорость в норме. Машина не тянет, не откликается на нажатие педали акселератора, хотя обороты растут. Иногда на холодном масле тяга немного восстанавливается.	1. Износ фрикционных дисков пакета сцепления Форвард, Директ. 2. Износ (или обрыв) манжет поршня пакета сцепления. 3. Износ или поломка уплотнительных колец этой муфты. 4. Износ втулки. 5. Заел один из клапанов гидроблока или соответствующего соленоида.
Нет движения назад, вперед есть 1-я или 2-я скорость, 3-й (4...) скорости нет или машина не реагирует на педаль газа.	1. Износ фрикционных дисков соответствующей муфты/пакета сцепления. 2. Износ или обрыв манжет поршня этой муфты. 3. Износ или поломка уплотнительных колец этой муфты. 4. Срезано шлицевое соединение в корпусе барабана. Другая проблема соответствующего барабана сцепления.
Нет движения назад, вперед есть все переключения.	1. Износ тормозной ленты или соответствующего пакета сцепления (Реверс). 2. Износ или обрыв манжет поршня тормозной ленты. 3. Сломался шток поршня тормозной ленты. 4. Проблемы уплотнений пакета торможения.
Нет движения ни назад, ни вперед, при переключении с "Р" или "N" на любую скорость, нет ощутимого толчка включения ка-	1. Неисправен гидротрансформатор. 2. Сломалась и не работает ведущая шестерня масляного насоса, отошла. И нет сцепления её

кой-либо передачи.	- с гидротрансформатором 3. Недостаток масла. 4. Критическое загрязнение сетки/мембраны фильтра. 5. Сильный износ фрикционных дисков муфт и тормозной ленты. 6. Износ или обрыв манжет поршней этих пакетов. 7. Износ или поломка уплотнительных колец этих пакетов. 8. Неисправный соленоид или клапан гидроблока.
Нет движения ни назад ни вперед, при переключении в позицию "Р" или "N" на любую скорость есть ощутимый толчок включения передачи, но машина буксует и не движется.	1. Неисправен гидротрансформатор. 2. Недостаток масла. 3. Забит масляный фильтр.
Есть движение назад, а вперед включается только 1-я и\или 2-я передача и\или 3-я передача, других передач нет. При прогреве масла проблема может исчезать.	1. Заедает\перекашивает забитый или изношенный клапан в гидроблоке или в соленоиде.
Автомобиль едет нормально, но на длительном подъеме на последней скорости начинается пробуксовка и переключение на пониженную скорость происходит преждевременно.	1. Недостаточный уровень масла в коробке. 2. Общий износ поршней, уплотнительных колец и фрикционных дисков этой муфты. 3. Изношены узлы маслонасоса. 4. Изношенные соленоиды гидроблока или критический износ каналов гидроблока.
При трогании с места автомобиль немного пробуксовывает, но набрав затем скорость едет нормально, переключаясь на остальные скорости.	1. В гидротрансформаторе большой износ шлицов ступицы турбинного колеса из-за чего происходит проскальзывание вала коробки передач при больших оборотах двигателя. 2. Износ фрикционных пакетов сцепления переднего хода. 3. Износились или порваны манжеты поршня этой муфты.
Автомобиль двигается при установке рычага переключения передач в положение "N".	1. Нарушена регулировка троса или рычага привода управления коробкой передач. 2. Заедание поршня одной из муфт (директ-форвард). 3. "Приварились" фрикционные диски к стальным (из-за длительной пробуксовки)
Переключение передач происходит при скоростях выше нормальных значений.	1. Нарушена регулировка тросика управления дроссельным клапаном. 2. Заедание клапана центробежного регулятора. 3. Частичное засорение сетки/мембраны фильтра. 4. Заело дроссельный клапан в клапанном механизме.
При резком нажатии на педаль газа нет пе-	1. Неисправен датчик давления или ножной

реключения на низшую передачу ("кикдаун").	включатель "кикдаун". 2. Заедание клапана гидроблока переключением с 3-й передачи на 2-ю. 3. Обрыв электрической цепи датчика-сенсора. 4. Неправильно отрегулирован трос управления дроссельными заслонками.
Пробуксовка муфт при переключении передач.	1. Пограничная засоренность сетки/мембраны фильтра. 2. Малый уровень масла. 3. Недостаток магистрального давления – проблемы гидроблока - соленоидов. 4. Износ деталей насоса.
Автомобиль при езде дергается, буксует.	Вышла из строя муфта свободного хода.
Переключение передач в автомате происходит с ощутимыми ударами, а не толчками, как раньше.	1. Общий износ фрикционных дисков. Образовались слишком большие зазоры в пакетах. 2. Засорились каналы гидроблока или соленоидов. 3. Износ тормозной ленты и поршней серво.
Нет движения ни назад, ни вперед. Магистральное давление в автомате есть.	1. Срезало шлицы в ступице турбинного колеса ГДТ.
Нет движения ни назад, ни вперед. Магистрального давления нет.	1. Срезало шлицы вала масляного насоса в корпусе передней крышки гидротрансформатора. 2. Срезало шлицы на валу реактора масляного насоса.
Автомобиль с трудом трогается с места (как бы буксуя) и очень медленно набирает скорость; назад едет так же.	1. (ГДТ) Нарушение герметичности лопаток вентиляторов насосного или турбинного колеса. 2. Обрыв лопаток вентиляторов насосного или турбинного колеса.
Скрежет и гул в коробке в месте расположения дифференциала.	1. Износ ведомой и ведущей шестерни дифференциала. 2. Износ подшипника дифференциала. Увеличение осевого зазора в одном из подшипников. 3. Большой люфт и заедание пальца сателлитов в дифференциале.
Автомобиль движется, пока не прогрелось масло. Потом начинается пробуксовка и вперед и назад, и в итоге машина не движется, а буксует на месте.	1. Износ фрикционных дисков. Пока масло холодное, его вязкость и давление больше, чем в нагретом состоянии и изношенные диски лучше прижимаются друг к другу, создавая тягу. 2. Износ фрикциона гидротрансформатора. Повышенное содержание в масле фрикционной пыли от изношенных дисков. Взвесь пыли в масле забивает сетку фильтра и магистральное давление падает, начинается пробуксовка муфт.
Автомобиль не развивает оборотов, увеличивающих скорость движения, особенно на подъемах, и не переключается на понижен-	Неполадки в работе двигателя. Провал оборотов двигателя при нажатии на педаль газа в пределах от 1000 до 1500 об/мин. В этом диа-

ную передачу при резком нажатии на педаль газа. Нет эффекта "кикдаун".	пазоне оборотов происходит подготовка к переключению передач.
При включении какой-либо скорости машина глохнет, если не успели дать газу.	1. Заедание клапанов гидроблока переключения скоростей. 2. Неисправность гидротрансформатора. Заклинивание турбинного колеса с насосным колесом посредством отрыва одной или нескольких лопаток.
Масло в автомате пенится и приобретает коричнево-белый цвет. Автомобиль при этом начинает пробуксовывать.	Внутрь АКПП попала вода, образовалась пенная суспензия, с частицами воздуха, масляный насос не создает давление.
Низкое давление масла в магистрали.	1. Грязь в гидроблоке. Соленоидах. 2. Низкий уровень масла. 3. Подсос воздуха во всасывающем трубопроводе. 4. Заело клапан сброса избыточного давления в масляном насосе.
В поддоне обнаружены частицы железа на магнитах. Частицы острые, крупные, крупнее 1 мм.	1. Износ и выход из строя планетарной шестерни или упорного подшипника. 2. Износ пальца сателлитов планеты.
Частицы алюминия на дне поддона.	1. Износ рабочего слоя скользящего подшипника. 2. Износ алюминиевой втулки в деталях планетарного механизма. (или алюминиевой шайбы, корпуса, другой детали) 3. Выработка в гнездах упорных подшипников дифференциала.
Частицы обломков пластмассы или текстолита на дне поддона или в фильтре на сетке.	1. Износ или поломка пластмассовой шайбы, втулки. 2. Сточилась или сломалась упорная шайба насоса или муфты. 3. Поломка элементов обгонной муфты или другого пластикового элемента.
В поддоне на магните обнаружены мелкие ролики.	Рассыпался упорный роликовый подшипник.
Металлический шум при работе двигателя на холостом ходу.	1. Износ до металла фрикционных дисков какого-либо барабана или ГДТ.

В вышеприведенной таблице 1 указана неисправность АКПП - Есть движение назад, а вперед включается только 1-я и\или 2-я передача и\или 3-я передача, других передач нет. При прогреве масла проблема может исчезать (в таблице 1 выделено жирным). Эта неисправность возникает по причине - Заедает\перекашивает забитый или изношенный клапан в гидроблоке или в соленоиде.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что неисправность автомобиля, а именно причина обращения «пробуксовка при движении на 4, 5, 6 передачах, зарегистрированы ошибки по 5, 6 передачам» свидетельствовала о неисправном гидроблоке АКПП.

Гидравлическая клапанная плита (Valve Body, гидроблок, блок клапанов) это гидро-"диспетчер", узел коробки передач, состоящий из клапанов, соленоидов, датчиков, аккумуляторов и соединяющих их каналов. Это самый сложный узел АКПП [1].

Гидроблок управляется с помощью электросигналов от компьютера и распределяет\направляет давление масла от маслонасоса в нужный барабан сцепления для переключения передач в АКПП и блокировки гидротрансформатора.

Вся технология переключения на другую скорость отработана конструкторами настолько идеально, что разрыв мощности в самых интеллектуальных 6-ти... 8-ми ступенчатых автоматах при разгоне составляет менее 0.2 секунды. То есть практически бесступенчато.

Настройки компьютера отрегулированы для экономии топлива и оптимизации разгонов таким образом, что водитель может в самых нагруженных и агрессивных режимах выжимать из мотора максимум его возможностей. И малейшие залипания забитых грязью (или изношенных) клапанов приводят сначала к толчкам при переключении, а позже и вообще к проскальзыванию сцепления.

Как отмечалось выше, гидроблок – самый сложный узел АКПП. Ремонт гидроблока производитель не допускает. При этом некоторые ремонтные мастерские России ремонт гидроблоков АКПП производят.

Гидромеханические клапанные плиты обладают весьма отработанной и надежной конструкцией и честно служат весь долгий срок жизни автомобиля. Основной проблемой гидроблоков долгие годы является "старость" отдельных элементов и грязь в каналах:

- забившиеся фрикционной грязью клапаны, золотники и плунжеры, которые не дают пружинам возвращать клапан на место или соленоидам открывать этот клапан;
- процарапанные металлическим "мусором" поверхности каналов, муфт, золотников износ и протечки масла через них;
- износившиеся расходники: ослабевшие пружины, возвращающие плунжер на место, рассыпающиеся бумажные прокладки или изношенные металлические прокладки, шарики, забитые грязью фильтры, задубевшая резина колец и т.д.

Следует обратить внимание на типичные неисправности гидроблоков.

1. Неисправности соленоидов – электроклапанов.
2. Неисправность датчиков. Перегреваются, забиваются намагниченной пылью из масла, перегорают.
3. Неисправность проводки, короткое замыкание или обрыв проводов.
4. Неисправность электроплаты.
5. Неисправность (загрязненность или износ) самой гидроплиты, старение расходников - прокладки гидроблока, резиновых уплотнений, фильтров.
6. Нарушение герметичности из-за задубевшей резины, из-за чего масло не попадает туда, куда нужно или наоборот, - попадает туда, куда не нужно.

Как видно, гидроблок может выйти из строя по нескольким причинам. Провести его качественный ремонт весьма затруднительно, а иногда и просто невозможно [2]. Тем более ни один из производителей АКПП не предписывает ремонт гидроблоков.

Возвращаясь к поставленному перед специалистом вопросу можно с уверенностью говорить, что ремонт по восстановлению гидроблока выполненный в сторонней мастерской был выполнен некачественно, т.к. после установки АКПП на автомобиль была выявлена неисправность в виде "... не включалась задняя передача, а также переключение передач вниз происходило не корректно (с 4-й на 1-ю) ...". Эта неисправность АКПП отличается от первоначально заявленной владельцем автомобиля "... пробуксовка при движении на 4, 5, 6 передачах ..." и напрямую связана с работоспособностью гидроблока АКПП.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что если собственник автомобиля проводил ремонт гидроблока, то после ремонта могли проявиться новые неисправности (как было после установки восстановленного б/у гидроблока - не включалась задняя передача, а также

переключение передач вниз происходило не корректно (с 4-й на 1-ю). Появлению данных неисправностей послужил некачественный ремонт по восстановлению гидроблока АКПП.

----- Вопрос № 3 -----

Для ответа на поставленный вопрос следует в очередной раз возвратиться к таблице 1 с типичными неисправностями АКПП и возможными причинами этих неисправностей.

Переключение передач в автомате происходит с ощутимыми ударами, а не толчками, как раньше.	1. Общий износ фрикционных дисков. Обра- зовались слишком большие зазоры в пакетах. 2. Засорились каналы гидроблока или соленоидов. 3. Износ тормозной ленты и поршней серво.
--	--

На основании вышеприведенных данных можно с уверенностью говорить, что неисправность АКПП в виде двойного удара при включении задней передачи однозначно свидетельствует о неисправном гидроблоке.

----- Вопрос № 4 -----

Фрикционы и стальные диски - элемент автоматической коробки, который служит для включения сцепления и передачи крутящего момента. Состоит из стального диска, на который наклеена фрикционная накладка. Фрикционы - популярный расходный элемент при капремонте АКПП (после фильтра и ремкомплекта прокладок и сальников) [3].

Фрикционы работают в паре со стальными дисками по аналогии со сцеплением механических КПП. Прижимаясь к стальным дискам, они соединяют два вращающихся вала АКПП. Фрикционы собраны в барабан, который еще называют "Корзиной сцепления" и он имеет два состояния: "рабочее" - заблокированное, когда фрикционы сжаты со стальными дисками через поршень и "свободное" - когда между фрикционами остается рабочий зазор и сцепления нет. В разомкнутом состоянии фрикционы со стальными дисками вращаются с разными скоростями.

Таких барабанов с фрикционами в АКПП бывает от 3-х (плюс тормозная лента) до 7-ми и больше.

Работой барабанов управляет компьютер изменением давления масла, подаваемого гидроблоком\соленоидами в пакеты сцепления. Гидроблок, с помощью соленоидов-электроклапанов гидравликой нажимает на поршни барабанов, сжимая фрикционы со стальными дисками одних пакетов и, сбрасывая давление в других, позволяет пружинам разжимать фрикционы в нерабочих пакетах.

Фрикционы теоретически созданы конструкторами "вечными" - на весь срок службы автомобиля, но на практике - часто "горят" [4].

Причины сгорания фрикционов:

- недостаток силы прижимания;
- недостаток охлаждения маслом ATF, отводящим тепло с поверхности дисков.

В момент касания фрикциона и стали на их поверхности температура может одномоментно подниматься до 300 ... 400 С°. Но так как накладки фрикционов пропитаны маслом и касание в обычных АКПП и "on-off" сцеплениях занимает доли секунды, то накладка не успевает прогреться до критических температур. Если масла недостаточно или, что чаще - сцепление неплотное, возникает проскальзывание для "on-off" фрикционов и они начинают нагреваться выше температуры вспышки масла.

При приближении температуры к 140 ... 145 С° масло начинает гореть, а целлюлозная фрикционная накладка начинает обугливаться, уже не впитывает масло и еще хуже охлаждается. Нагрев увеличивается лавинообразно до значений, когда сгорает бумага и клеевой слой и накладка осыпается. Тогда-то и происходят изменения в металле фрикциона и стального

диска. В сильно запущенных случаях, от перегрева сгорают не только стальные диски, но и соседние упорные диски и даже сами барабаны с обрешиненными поршнями. Это выражается в том, что машина "не тянет" на одной скорости или совсем не едет вперед [5].

Если сгорели фрикционы, то скорее всего в агрегате насос не справлялся с подачей масла на поршни, потери давления обычно идут через изношенные тефлоновые кольца, втулки, резиновые прокладки и сами поршни. Если поменять фрикционы и не заменить кольца и прокладки приводит к скорому сгоранию новых фрикционов.

Упорный (или опорный) диск подобен обычному стальному диску, но толще и находится с края этого пакета из фрикционов и дисков. Именно на него давит поршень с обратной стороны пакета.

Фрикционные накладки различают по таким характеристикам:

Теплопроводность (впитывать масло и пропускать тепло).

Теплостойкость (выдерживать разовое нагревание до 300-400 градусов без изменения свойств).

Стабильность (способность сохранять свои качества при износе и некачественном масле на протяжении всей жизни).

Фрикционные статические качества (высокий "порог проскальзывания", способность передавать высокий крутящий момент до срыва в скольжение).

Фрикционные динамические качества (способность передавать момент вращения при "модулируемом проскальзывании". Аналогия регулируемого притормаживания педалью тормоза).

6. Износоустойчивость, механическая прочность.

Причины недостатка давления масла разнообразны:

- Поршни. Изношенные резиновые уплотнения, или поврежденные стружкой, или лопнувшие по корпусу. Они пропускают масло.

- Уплотнительные тефлоновые кольца, стерты соседние поверхности "железа" (барабанов, суппортов). Масло уходит через щели и не доходит до поршней.

- Общий недостаток масла. Иногда насосу не хватает масла из-за его низкого уровня в поддоне АКПП, забитого фильтра, протечек масла через сальники.

- Насос. Часто бывает износ самого насоса, его узлов, втулки, сальники.

- Гидроблок и соленоиды. "Проеденные" и изношенные каналы "транжирят" масло. Лопнувшие пружины, грязные, не открывающие канал золотники-клапаны.

Когда поршень недостаточно сильно сжимает фрикционы при разгоне, фрикционы проскальзывают и не тянут как обычно. Что заставляет водителя прибавить газу, чтобы "исправить" медленный разгон. От этого фрикционы еще сильнее проворачиваются и нагреваются, масло начинает гореть, что и приводит к необратимым и катастрофическим последствиям для всей трансмиссии.

Можно сказать, что гидроблок исполняет роли - нашей ноги, нажимающей на педаль сцепления и нашей руки, переключающей рычаг КПП, кроме того он еще является самым таким рычагом, а также еще и мозгом, передающим команды рукам и ногам.

Гидроблок мгновенно и безошибочно переключает передачи вверх или вниз - так запрограммированы "мозги" АКПП и по самому эффективному и экономичному алгоритму производятся переключения: выжимание сцепления работающего пакета фрикционов - выравнивание скоростей валов - включение сцепления следующей скорости.

При неисправном гидроблоке этот алгоритм будет нарушен, вследствие чего будет неизбежно происходить износ фрикционных накладок АКПП.

На основании всего вышесказанного можно сделать вывод, что неисправность восстановленного б/у гидроблока повторно могла привести к быстрому истиранию фрикционов.

===== В Ы В О Д Ы =====

По результатам проведенного исследования представленных документов необходимо сделать следующий вывод:

----- Вопрос № 1 -----

Неисправность автомобиля, а именно причина обращения «пробуксовка при движении на 4, 5, 6 передачах, зарегистрированы ошибки по 5, 6 передачам» свидетельствовала о неисправном гидроблоке АКПП.

----- Вопрос № 2 -----

Если собственник автомобиля проводил ремонт гидроблока, то после ремонта могли проявиться новые неисправности (как было после установки восстановленного б/у гидроблока - не включалась задняя передача, а также переключение передач вниз происходило не корректно (с 4-й на 1-ю). Появлению данных неисправностей послужил некачественный ремонт по восстановлению гидроблока АКПП.

----- Вопрос № 3 -----

Неисправность АКПП в виде двойного удара при включении задней передачи однозначно свидетельствует о неисправном гидроблоке.

----- Вопрос № 4 -----

Неисправность восстановленного б/у гидроблока повторно могла привести к быстрому истиранию фрикционов.

Библиографический список

1. Руководство по эксплуатации, ремонту и техническому обслуживанию Volvo XC90: «Анта-Эко» - 2009 – С. 778.
2. Об утверждении правил оказания услуг (выполнения работ) по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств: Постановление Правительства РФ от 11 апреля 2001 № 290 / Российская газ. – 2001. – 13.05. – С. 2.
3. Березин, С.В. Справочник автомеханика / С. В. Березин. – М. : Феникс 2008 – 346 с.
4. Малкин, В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Малкин. – М. : Издательский центр «Академия», 2007 – 288 с.
5. Устройство и ремонт автоматических трансмиссий автомобилей, каталог запасных частей: VW Group – 2001 - С. 288.

References

1. manual for operation, repair and maintenance of Volvo XC90: "Anta-Eco" - 2009-P. 778.
2. about the statement of rules of rendering services (performance of works) on maintenance and repair of motor vehicles: the Resolution of the Government of the Russian Federation of April 11, 2001 No. 290 / the Russian Federation. - 2001. - 13.05. - C. 2.
3. Berezin, S. V. Handbook of Automechanika / S. V. Berezin. – M. : Feniks 2008 – p. 346
4. Malkin, V. S. Technical operation of cars: Theoretical and practical aspects: studies. manual for students. no. studies'. <url> / V. S. Malkin. – M. : Publishing center "Academy", 2007 – 288 p.
5. Device and repair of automatic transmissions of cars, spare parts catalog: VW Group-2001-P. 288.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

УДК 629.032: 629.3.027.514

*Воронежский государственный технический университет, канд. техн. 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. техн. наук, преподаватель

А.А. Колтаков;

Д.С. Фролов, А.В.Коваленко, курсанты.

Россия, Воронеж, тел.8 (910)342-27-15

E-mail: madf.vgasu@mail.ru

Voronezh state technical University

Cand. technical Sciences, associate Professor

A. V. Vasilenko

Military training and research center of the Air force «Air Force Academy named after N.E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin»

(Voronezh)

Cand. technical Sciences, teacher

A.A. Koltakov;

D.S. Frolov, A.V.Kovalenko, cadets.

Russia, Voronezh, ph. 8 (910)342-27-15

E-mail: madf.vgasu@mail.ru

А.В. Василенко, А.А. Колтаков, Д.С. Фролов, Е.В. Ширококов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ШИНЫ НА ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

В статье приводятся результаты изучения влияния конструктивных параметров шины на характеристики колесного движителя путем изучения опытных образцов шин размером 29.5-29 на специальных стендах, оснащенных измерительной аппаратурой.

Ключевые слова: опытные образцы шин, колесный движитель, распределение контактных напряжений, сопротивление качению, жесткостные характеристики.

A.V. Vasilenko, A.A. Koltakov, D.S. Frolov, E.V. Chirobokov

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TIRE DESIGN FEATURES ON THE CHARACTER OF DISTRIBUTION OF CONTACT VOLTAGES

The article presents the results of studying the influence of design parameters of tires on the characteristics of the wheel propulsion by studying prototypes of tires with a size of 29.5-29 on special stands equipped with measuring equipment.

Keywords: tire prototypes, wheel mover, contact stress distribution, rolling resistance, stiffness characteristics.

Целью настоящего исследования являлась экспериментальная оценка влияния конструктивных особенностей конструкции каркаса и брекера пневматической шины размером 29,5-29 на жесткостные и иные характеристики колесного движителя.

Для экспериментального исследования жесткостных характеристик и закономерностей распределения нормальных напряжений в контакте были изготовлены опытные образцы (образец №2 и образец №4) шины 29,5-29 с различными параметрами конструкции. Исследован-

ные образцы шин различались параметрами отдельных элементов конструкции, а шина ф."Бриджстон" использовалась в качестве эталона для сравнения.

В табл.1 приведена краткая характеристика опытных образцов шин 29,5-29 мод.Ф-114 различных конструкций .

В дальнейшем проводились испытания одиночного колесного движителя с указанными образцами на цементобетонной опорной поверхности в режиме, близком к свободному, с применением стендов, описанных в работе [1].. Применение внутриколесного датчика деформаций [2] позволило определять все компоненты деформаций шины при движении колеса по круговой и прямолинейной траекториям. Для измерения нормальных контактных напряжений в зоне контакта шины с опорной поверхностью в нее устанавливались датчики специальной конструкции [3].

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

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. 1, 2 представлены зависимости радиальной λ и тангенциальной τ деформаций различных образцов шин размером 29,5-29, от величины внутреннего давления воздуха p_w , полученные на цементобетонной опорной поверхности.

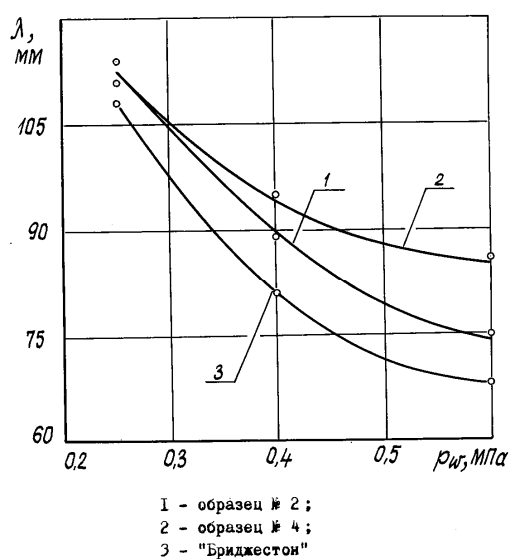


Рис. 1. Зависимость радиальной λ деформации различных образцов шин размером 29,5-29, от величины внутреннего давления воздуха p_w . (цементобетон, $G_k = 137.8$ кН, $R_o = 6.38$ м)

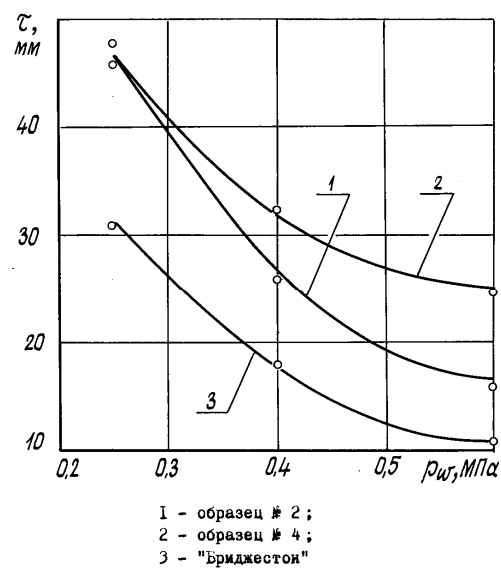


Рис. 2. Зависимость тангенциальной τ деформации различных образцов шин размером 29,5-29, от величины внутреннего давления воздуха p_w . (цементобетон, $G_k = 137.8$ кН, $R_o = 6.38$ м)

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. 1, 2).

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%.

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.

Для определения модуля радиальной жесткости пневматической шины использовалась зависимость радиальной деформации λ шины от величины вертикальной нагрузки G_k , при заданной величине внутреннего давления воздуха в шине P_w .

Результаты определения радиальной деформации аппроксимировались линейной функцией, из которой определялся модуль радиальной жесткости шины, как $E_{ш} = G_k / \lambda$.

Величина модуля жесткости $E_{ш}$ у шины «образец № 2» оказалась на 2% ниже соответствующей величины для шины ф. «Бриджстон». Причем, по сравнению с шиной «образец первоначальный» ее величина у шины «образец № 2» возросла на 4,5%, а у шины «образец № 4» снизилась на 3,1%.

Значения модулей жесткости $E_{ш}$ различных образцов шины 29,5-29 при $P_w = 0,4$ МПа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Модуль жесткости $E_{ш}$ различных образцов
шины 29,5-29 при $p_w = 0,4$ МПа

Шина	$E_{ш}$, Н / мм
ф. «Бриджстон»	1700
Образец №2	1670
Образец №4	1550
Образец первоначальный	1600

Для сравнительного анализа влияния конструктивных параметров шины 29.5-29 на характер и величину нормального контактного напряжения проводилось измерение его значений в 6-ти точках поперечного сечения шины, размещенных через равные интервалы по ширине профиля рисунка протектора. В дальнейшем проводилась нормализация этих значений с применением относительной величины нормального напряжения $K\sigma_d = \sigma_d / \sigma_0$, где σ_d - действительное значение контактного напряжения в точке поперечного сечения, МПа; σ_0 - действительное значение контактного напряжения в центральном поперечном сечении, МПа;

На рис. 3 представлены диаграммы распределения относительной величины нормального контактного напряжения $K\sigma_d$ для различных образцов шины 29.5-29 по ширине контакта B .

На рис. 4 представлены зависимости относительной величины нормального контактного напряжения $K\sigma_d$ от продольной координаты контакта L , в различных плоскостях продольного сечения для различных образцов шины 29.5-29.

Характер распределения контактных напряжений в продольных сечениях колеса у шины «ф.Бриджстон» можно назвать наиболее предпочтительным, при этом к подобному результату наиболее близко приблизились характеристики шины «образец №2».

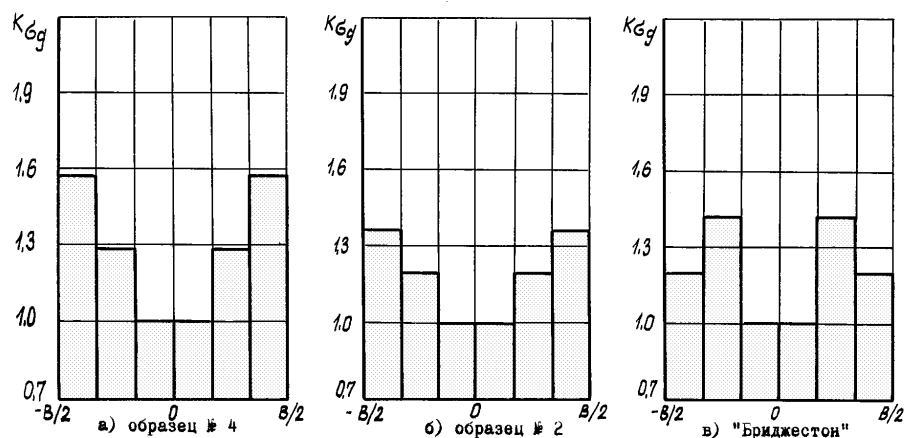


Рис. 3. Диаграммы распределения относительной величины нормального контактного напряжения $K\sigma_d$ для различных образцов шины 29.5-29 по ширине контакта B при внутреннем давлении воздуха $P_w = 0,4$ МПа

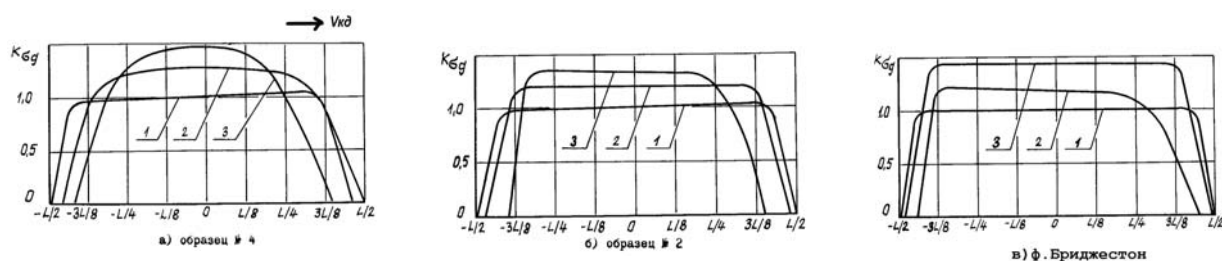


Рис. 4. Зависимости относительной величины нормального контактного напряжения $K\sigma_d$ от продольной координаты контакта L , в различных плоскостях продольного сечения, для различных образцов шины 29.5-29.
 1 – центральная плоскость вращения колеса;
 2 – плоскость, смещенная на $\pm B/4$;
 3 – плоскость, смещенная на $\pm B/2$

На рис.5 представлены зависимости момента сопротивления качению колеса M_f от величины внутреннего давления воздуха P_w для различных образцов шин 29,5-29.

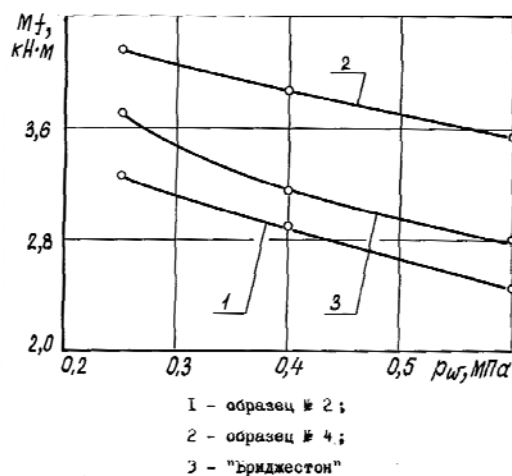


Рис. 5. Зависимости момента сопротивления M_f качению колеса с различными образцами шины 29,5-29 от величины внутреннего давления воздуха P_w .

Выводы

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что шина 29,5-29 «образец №2» обладает лучшей способностью выравнивать напряжения в контакте за счет применения в конструкции увеличенного числа слоев каркаса, применению переменных углов закроя анидного корда, а также большей ширины брекерного слоя, что в итоге приводит к снижению величину момента сопротивления качению колеса в режиме движения, близкому к свободному.

Библиографический список

1. Ульянов Н.А., Никулин П.И., Василенко А.В. и др. Стенды для испытания крупногабаритных пневматических шин / Ульянов Н.А., Никулин П.И., Василенко А.В. и др. // Строительные и дорожные машины.-1982. -№ 6. - С.21-22.
2. Василенко А.В. и др. Малогабаритные тензорезистивные датчики для измерения нормальных напряжений в области контакта шины с опорной поверхностью./ Василенко А.В. и др. // -В сб.: Исследование и расчет колесных землеройных машин. -ВИНИТИ Деп.научные работы.- 1988.- №5.- С135.
3. Никулин П.И., Аржаев Г.А., Василенко А.В. и др.Измерение деформаций пневматической шины движущегося колеса./ Никулин П.И., Аржаев Г.А., Василенко А.В. и др. // -Деп. в ВИНИТИ. -1986.- №9.- С.130.

References

1. Ulyanov N.A., Nikulin P.I., Vasilenko A.V. and others. Stands for testing large-sized pneumatic tires / Ulyanov N.A., Nikulin P.I., Vasilenko A.V. et al. // Construction and road machines. - 1982. - No. 6. - P.21-22.
2. Vasilenko A.V. etc. Small-sized strain gauge sensors for measuring normal stresses in the area of contact of the tire with the supporting surface. / Vasilenko A.V. etc. // -In the col.: Investigation and calculation of wheeled earth-moving machinery. -VINITI Dep.scientific works .- 1988.- No.5.- P.135.
3. Nikulin P.I., Arzhaev G.A., Vasilenko A.V. etc. Measurement of deformations of a pneumatic tire of a moving wheel. / Nikulin P.I., Arzhaev G.A., Vasilenko A.V. etc. // -VINITI Dep.scientific works .-1986.- No. 9.- P.130.