

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Научно-технический журнал

№1 2021



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, ВГЛТУ); канд. техн. наук., проф. Ю.М. Пурусов (г. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»); д-р техн. наук, проф. В.А. Зорин (г. Москва, МАДИ); д-р техн. наук, проф. А.А. Романович (г. Белгород, БГТУ); д-р техн. наук, проф. Б.А. Бондарев (г. Липецк, ЛГТУ)

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.

Тел.: +7(473) 277-01-29, E-mail: stim@vgasu.vrn.ru

© Воронежский
государственный
технический
университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Жилин Р.А., Рукин Ю.Б. Напряжённо-деформированное состояние затянутого соединения замок-штамп	6
Кузнецов Г.А., Минин В.В., Зяблов С.Ф., Петриков А.И. Высокотехнологичные малогабаритные гравитационные бетоносмесители	12
Ландаков А.С., Семенова Э.Е. Анализ опыта проектирования однослойных ограждающих конструкций и способов повышения их энергоэффективности	16

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Алшахван А., Калгин Ю.И. Обоснование способа модификации тёплого асфальтобетона для условий Сирийской Арабской Республики	21
Волокитин В.П., Свиридов Д.Ю., Волокитина А.В. Применение технологии радиального перемещения арочного пролетного строения путепровода в строительстве и реконструкции уникальных мостовых сооружений.....	26
Зорин В.А., Серегин Д.В., Мурашов Г.М. Полимерные композиционные материалы на основе полиуретана для дорожно-строительных машин	31

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

Еремин А.В., Волокитина О.А., Волокитин В.П., Николенко Ю.Ю. Диагностика активной коррозии арматуры железобетонных пролетных строений при обследовании автодорожных мостовых сооружений	36
--	----

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Василенко А.В., Колтаков А.А., Савинов И.А., Коваленко А.В. Внутриколесный датчик деформаций шины.....	41
Василенко А.В., Колтаков А.А., Савинов И.А., Прилепко Е.В. Комбинированный привод ведущих колес балансирного колесного движителя	46
Воищев В.П., Корнилов И.Г., Мартынов А.А., Лещенко К.С., Толстов Д.Д. Актуальные вопросы защиты от шума и вибрации операторов строительных и дорожных машин	51
Волков Н.М., Тарасов Е.А., Барбашов В.В., Ченцов А.С., Мещеряков С.А., Степанов Д.А. Результаты проведения лабораторных испытаний перспективных звукопоглощающих конструкций	58
Дегтев Д.Н., Лавренов С.В., Осипов А.А., Жидких Н.С., Мишенин А.А., Новопольцев С.Д. Статический анализ переднего поворотного кулака гоночного автомобиля класса «Формула Студент».....	61
Жулай В.А., Кожакин Е.В., Казимирова Е.А., Карпов М.А. Особенности кинематики механизма изменения угла резания отвала автогрейдера.....	68

Жулай В.А., Спасибухов Ю.Н., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н., Широков Е.А. Стенд для определения изгибной жесткости шлицевых соединений валов карданных передач строительных и дорожных машин	73
Жучков М.Л., Польшин А.А., Тихонов А.А., Бакшеев В.Р. Исследование закономерностей работы электрической тали и ее классификация в современном производстве.....	81
Нилов В.А., Панишев Д.В., Коннов Д.А. Прогрессивные ножевые системы скреперов	85
Пенчук В.А., Круглов Д.А. Модернизация экскаватора с оборудованием драглайна для очистки прудов и водоемов.....	91
Польшин А.А., Рыжих Т.А., Жучков М.Л., Тихонов А.А. Анализ устройства и принципа работы однобалочного мостового крана.....	94
Польшин А.А., Тихонов А.А., Жучков М.Л., Рыжих Т.А. Изучение назначения, принципа действия и классификации конусных дробилок	98
Рыжих Т.А., Жучков М.Л., Польшин А.А., Тихонов А.А. Исследование классификации мостовых кранов	104
Тихонов А.А., Жучков М.Л., Бакшеев В.Р., Польшин А.А. Методика расчёта основных параметров электротали.....	110

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Жорник М.А., Гамаюнова О.С. Высокоскоростное строительство высотных зданий.....	115
--	-----

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

Алимова Н.Ю., Прокофьев Д.Е., Козлов С.Ю. Оценка уровня шумового воздействия на территории жилой застройки при разработке проекта капитального ремонта автомобильной дороги	124
Николенко С.Д., Щиенко А.Н. Безопасность при строительстве автодорог	131
Тарасов Е.А., Щиенко А.Н. Определение величины УТС автомобиля в рамках ОСАГО	138
Тарасов Е.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А., Щиенко А.Н. Определение скорости движения мотоцикла по записи стационарной видеокамеры	146

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

Волокитина О.А., Еремин А.В., Волокитина А.В., Волков И.Н. Анализ причин недостаточной надежности конструкций дорожных одежд.....	150
Ерасов И.А., Куклина И.Г., Лелиовский К.Я., Мокеров Д.С., Молев Ю.И. Концептуальный подход к созданию биосферносовместимой среды, предназначенной для кратковременного использования внедорожной техники, оснащённой роторно-винтовым движителем.....	156
Пахомов Е.Г., Жучков М.Л., Польшин А.А., Тихонов А.А. Анализ конструкции и принципа действия электротали.....	165
Устинов Ю.Ф., Калинин Ю.И., Ульянов А.В., Мишенин А.А., Сигов А.С. Улучшение виброакустических параметров транспортно-технологических машин.....	172
Щетилов К.С., Жидких Н.С., Тюнина Ж.В., Волков И.Н., Каплин И.О., Краснолуцкий Д.А., Волков С.Н. Оценка ширины контакта пневматической шины транспортно-технологической машины с грунтом.....	177

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 539.3

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Р.А. Жилин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru
Канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной
математики и механики
Ю.Б. Рукин*

*Voronezh State
Technical University
D. Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
R.A. Zhilin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru
D. Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
of Mechanical and Aerospace Engineering
Y.B. Rukin*

Р.А. Жилин, Ю.Б. Рукин

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАТЯНУТОГО СОЕДИНЕНИЯ ЗАМОК-ШТАМП

Численное моделирование затянутых соединений штампового блока кривошипного горячештамповочного прессы в напряженно-деформированном состоянии.

Ключевые слова: линейно-упругие конструкции, технологическая оснастка, конечноэлементное моделирование, концентрация напряжений.

R.A. Zhilin, Y.B. Rukin

THE IS INTENSE-DEFORMED CONDITION THE TIGHTENED CONNECTION THE LOCK-STAMP

Numerical modelling of the tightened connections of a stamp of a press in the is intense-deformed condition.

Keywords: Linearly-elastic designs, industrial equipment, finite element method, concentration of pressure.

Точность изготовления детали связана с согласованностью совместной работы деталей технологической машины и жёсткость всей системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь) в целом. В горячештамповочном производстве формообразование поковок происходит внутри штампового блока. Повышение точности конструкторско-технологического проектирования возможно только при развитии методов точности математического моделирования прессов как контактно взаимодействующих многотельных систем. Введение в конструктивную модель прессы деталей штампового блока изменяет общую упругую и контактную деформируемость металлообрабатывающей системы, что может существенно повлиять в итоге на принятие правильного решения в завершающей стадии технического проектирования. При проектировании штампа должны быть обеспечены пределы вза-

имных смещений и поворотов его плит, существенно зависящие от рационально сконструированных направляющих колонн и замков.

При построении применяемой далее конструктивной модели деталей пресса и штампа (Рис. 1) использованы следующие допущения:

- функционально необходимые, но не имеющие существенного влияния на точность результатов пазы, отверстия, проточки и другие локальные нерегулярности деталей пресса и штампа не учитывались;
- принимается, что пластическое тело поковки в модель не включается и его действие на детали штампового блока представляется эквивалентными технологическому усилию пресса давлениями, распределенными по рабочим поверхностям штампового блока с максимально возможной достоверностью;
- моделирование системы деталей осуществляется для вариантов центрального и внецентренного технологического нагружения с заданным эксцентриситетом *по фронту* пресса;
- при построении модели конструкция самого пресса приближенно считается имеющей две вертикальные плоскости симметрии, одна из которых – *по профилю* пресса – принимается плоскостью симметрии нагружения;
- штамповый блок, а именно его верхняя и нижняя плиты штампа, а также замок (Рис. 2), – согласно своим функциональным назначениям – имеют конфигурации, не отличающиеся указанной симметрией. *Отклонения от симметрии* таковы, что пренебрегать ими представляется нецелесообразным;
- конечноэлементная модель, вариант технологического нагружения и граничные условия принимаются для той половины реальной конструкции, которая позволяет считать данный расчет выполненным с некоторым запасом прочности.

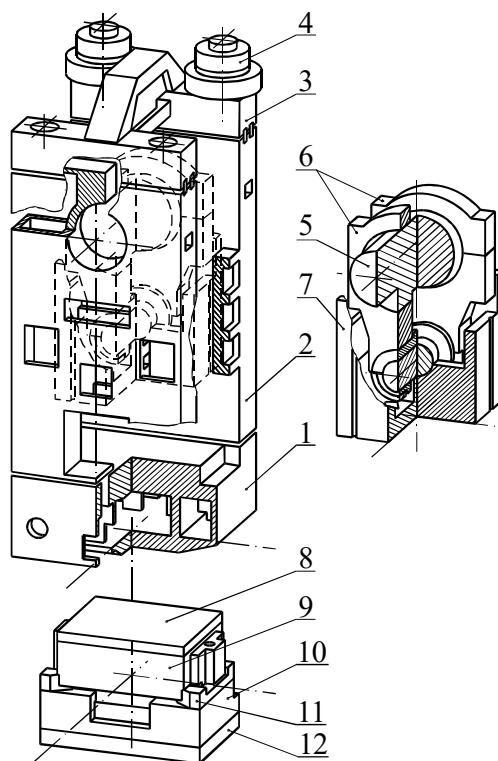


Рис. 1. Конструктивная модель трехмерной контактной системы деталей пресса и штампового блока:
1 – стол; 2 – стойки; 3 – траверса; 4 – стяжная шпилька; 5 – эксцентриковый вал; 6 – шатун; 7 – ползун;
8 – надштамповая плита; 9 – подштамповая плита; 10 – нижняя плита штампа;
11 – замок; 12 – верхняя плита штампа

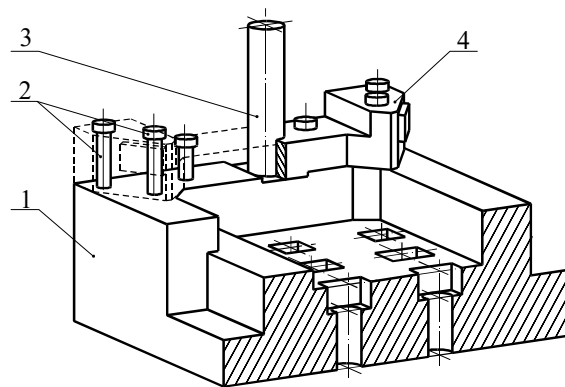


Рис. 2. Фрагмент конструктивной модели штампового блока: нижняя плита (1) с монолитно присоединенными болтами (2) и направляющей колонной (3); замок (4)

В подсистеме штампа затяжка соединения нижней плиты и замка обеспечивается посредством 6 стяжных болтов. В литературе по прессостроению и, в частности, по расчетам и конструированию штамповых блоков, вопрос *о выборе рационального усилия затяжки* деталей штампа практически не рассматривается. При реальном проектировании проблема решается по сути дела эмпирически, путем экспериментального анализа того или иного штампового блока. Для рассматриваемого штампового блока, сконструированного, как им сам моделируемый пресс, в ГKB ТМП, его разработчики приняли как целесообразное в данном случае суммарное усилие затяжки нижней плиты и замка $P_{32} = 350$ КН.

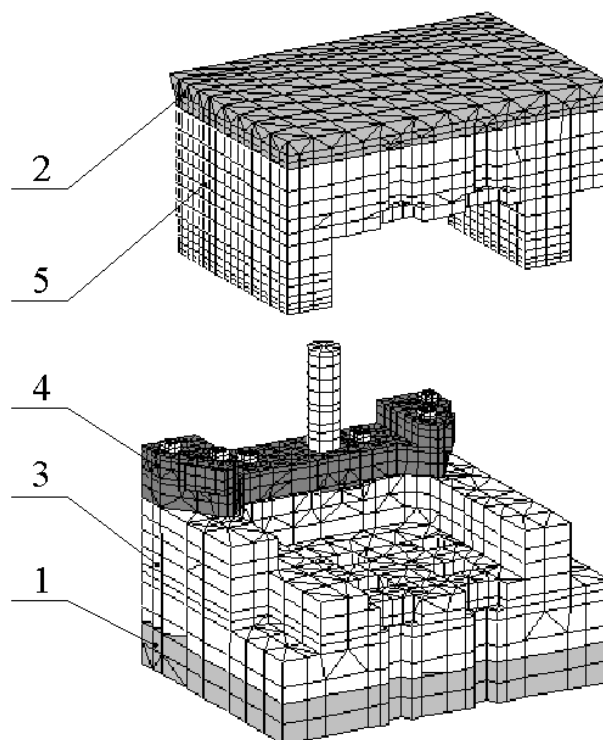


Рис. 3. Конечноэлементная подсистема деталей штампа: 1 – подштамповая плита; 2 – надштамповая плита; 3 – нижняя плита штампа; 4 – замок; 5 – верхняя плита штампа

В процессе рационального упрощения конструкции затянутого соединения нижней плиты и замка было принято, что стяжные болты монолитно соединены с плитой по области резьбового соединения. На основе приведенных результатов получена *оценка соответствия взаимных смещений* плит штампа при различных φ_2 станины и предусмотренных нормами точности по ГОСТ 7505–89 для поковок *коленчатых валов грузовых автомобилей*. Установлено, что рассматриваемая точность чувствительна по сути дела лишь к взаимным *вертикальным* смещениям плит. Затяжку станины, рациональную по условиям точности, главным образом, вертикальных размеров получаемых поковок, следует выбирать в диапазоне 1,2–1,3 с учетом совокупности конструкторских требований и реальных технологических возможностей.

Воздействие пластического тела поковки на данном этапе представляется силами эквивалентными равномерно распределенной технологической нагрузки, приложенной к рабочим поверхностям окончательного ручья штампа по площадям контактов поковки с эксцентриситетом центра давления $e = 260$ мм по фронту прессы.

Кинематические перемещения и *деформации* плит штампового блока при технологическом нагружении определяют *компоненты возможной точности* штампуемых деталей, зависящей от *собственной* податливости системы деталей прессы и штампа. Результаты перемещений (мм) точек плит штампового блока в плоскости симметрии, расположенной вдоль главной оси прессы, полученные при внецентренном технологическом нагружении представлены на рис 4–6.

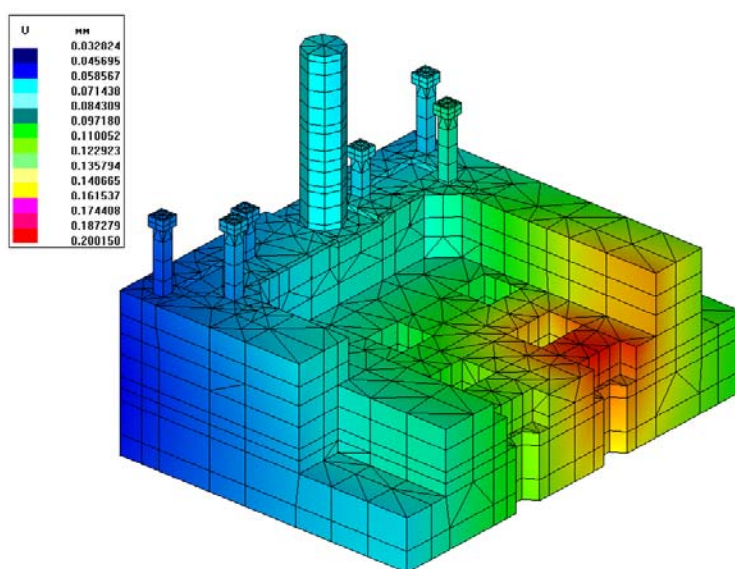


Рис. 4. Эпюра распределения суммарных перемещений нижней плиты штампа

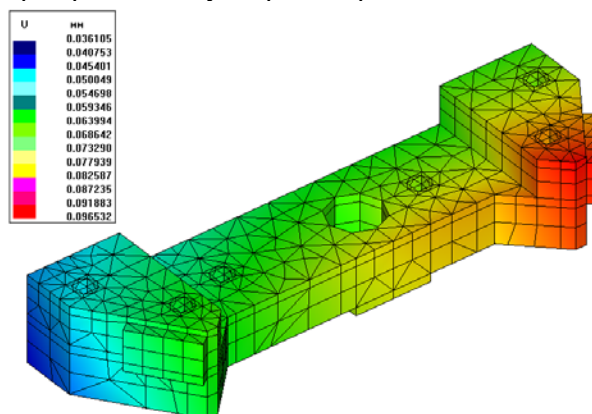


Рис. 5. Эпюра распределения суммарных перемещений замка

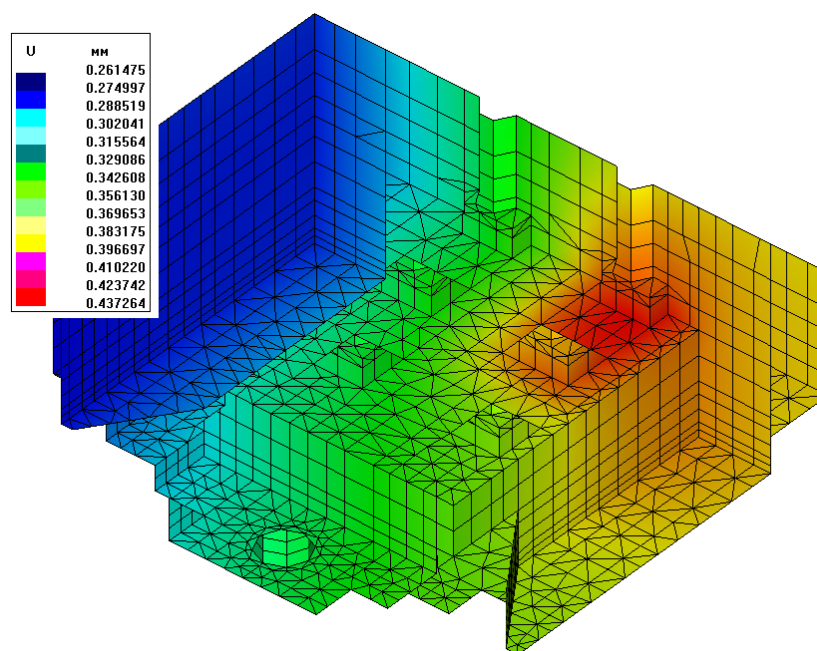


Рис. 6. Эпюра распределения суммарных перемещений верхней плиты штампа

На основе приведенных результатов получена *оценка соответствия взаимных смещений* плит штампа при различных φ_3 станины и предусмотренных нормами точности по ГОСТ 7505–89 для поковок *коленчатых валов грузовых автомобилей*. При этом специально не учитывались возможности корректирующей функции *механизма регулировки* закрытой высоты штампового пространства, а также от других специальных мер, повышающих уровень точности штамповки. Установлено, что рассматриваемая точность чувствительна по сути дела лишь к взаимным *вертикальным* смещениям плит

Затяжку станины, рациональную по условиям точности, главным образом, вертикальных размеров получаемых поковок, следует выбирать в диапазоне 1,2–1,3 с учетом совокупности конструкторских требований и реальных технологических возможностей. Неравномерность деформирования рабочей поверхности штампового блока необходимо компенсировать при изготовлении инструментальных вставок (матриц) таким образом, чтобы при выполнении штамповки припуск по высоте детали был приблизительно одинаков.

Проведенное исследование штампового блока относится к одной из важнейших проблем учета работы затянутых соединений его деталей. Предложенная постановка задачи не исчерпывает, однако, всех задач учета практически встречающихся вариантов натягов в конструкциях штампов. Принципиальный для технологов вопрос касается, например, математического моделирования и *анализа влияния на работоспособность штампового блока эмпирически подбираемых натягов между инструментальными вставками и плитами штампа*. Соответствующая задача в данной работе не ставится, но в случае необходимости предложенный достаточно универсальный метод расчета затянутых соединений вполне обеспечит получение искомого результата.

Библиографический список

1. Жилин Р.А. Анализ работоспособности затянутого соединения деталей наклонно-поворотного механизма / Р.А. Жилин, В.А. Нилов и др. // Вестник ВГТУ, Том 10 № 5.1. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. С. 11–45.

2. Жилин Р.А. Дискретное моделирование многотельных контактных систем / Р.А. Жилин, В.А. Нилов и др. // Вестник ВГТУ, Том 10 № 6. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. С. 44–47.

3. Балаганский В.И. Обеспечение рациональных условий работы затянутого соединения станины кривошипного пресса путем конечноэлементного моделирования / В.И. Балаганский, И.Г. Радченко, Р.А. Жилин, Л.Т. Новокшенов // Кузнечно-штамповочное производство, 1997. – № 3. – С. 24–27.

4. Гольник Э.Р. Новые возможности системного математического моделирования при проектировании кривошипных горячештамповочных прессов / Э.Р. Гольник, Р.А. Жилин, И.Г. Радченко, Ю.Б. Рукин // Кузнечно-штамповочное производство, 1998. – № 3. – С. 24–28.

5. Гольник Э.Р. Моделирование и анализ эффективности вариантов фрикционных соединений ступицы муфты и эксцентрикового вала тяжелых КГШП / Э.Р. Гольник, Н.И. Гундорова, Ю.А. Дибнер, Р.А. Жилин, Л.Т. Новокшенов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением – 2000. – № 10. – С. 30–35.

6. Рукин Ю.Б. Дискретное моделирование машин и конструкции / Ю.Б. Рукин, Р.А. Жилин, В.Ю. Измайлов // НАУКА - ПРОИЗВОДСТВУ. – 2006. – № 5. – С. 119–121.

7. Гольник Э.Р., Дибнер Ю.А., Жилин Р.А. Анализ состояний контактных стыков составных станин тяжелых КГШП в зависимости от уровня их затянутости // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением – 2001. – № 3. – С. 22–28.

References

1. Zhilin R. A. Analysis of efficiency and tighten the connection details the tilt-swivel mechanism / R. A. Zhilin, V. A. Nilov, etc. // Bulletin of the Voronezh state technological University, Vol 10 No. 5.1. Voronezh: GOUVPO "Voronezh state technical University", 2014. P. 11-45.

2. Zhilin R. A. Discrete modeling of multibody contact systems / R. A. Zhilin, V. A. Nilov, etc. // Bulletin of the Voronezh state technological University, Vol 10, No. 6. Voronezh: GOUVPO "Voronezh state technical University", 2014. S. 44-47.

3. Balaganskaya V. I. Ensuring the working conditions of the tightened connection frame crank press by finite element modeling / V. I. Bala-Ghanaian, I. G. Radchenko, R. A. Zhilin, L. T. Novokshenov // Forging and stamping production, 1997. – No. 3. – P. 24-27.

4. Golnik E. R. New features of the system mathematical modeling of hot-stamping presses crank / E. R. Golnik, R. A. Zhilin, I. G. Radchenko, J. B. Rukin // Forging and stamping production, 1998. – No. 3. – P. 24-28.

5. Golnik E. R. Modeling and analysis of the efficiency of variants of friction joints of the coupling hub and the eccentric shaft of heavy KGSHP / E. R. Golnik, N. I. Gundorova, Yu. A. Dibner, R. A. Zhilin, L. T. Novokshchenov // Forging and stamping production. Processing of materials by pressure-2000. - No. 10. - p. 30-35.

6. Rukin Yu. B. Discrete modeling of machines and structures / Yu. B. Rukin, R. A. Zhilin, V. Yu. Izmailov // НАУКА-ПРОМЫШЛЕННОСТИ. - 2006. - No. 5. - pp. 119-121.

7. Golnik E. R., Dibner Yu. A., Zhilin R. A. Analysis of the states of contact joints of heavy KGSHP joint mills depending on the level of their tightness. Processing of materials by pressure-2001. - No. 3. - p. 22-28.

Сибирский федеральный университет
Канд. техн. наук, доцент Г.А. Кузнецов
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391)249-75-55
e-mail: gkuznecov@sfu-kras.ru
Сибирский федеральный университет
Доктор техн. наук, проф. кафедры
«Транспортные и технологические
машины» В.В. Минин
Россия, г. Красноярск, тел. +7(913)047-78-04
e-mail: vminin@rambler.ru
Законодательное Собрание
Красноярского края
Заместитель председателя С.Ф. Зяблов
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391) 249-31-34
e-mail: sobranie@sobranie.info
Сибирский федеральный университет
Магистрант, А.И. Петриков
Россия, г. Красноярск, тел. +7(913)197-70-55
e-mail: petrikov-96@mail.ru

Siberian Federal University
Cand. tech. sciences, docent G.A. Kuznetsov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391)249-75-55
e-mail: gkuznecov@sfu-kras.ru
Siberian Federal University
Doctor tech. sciences,
prof. departments «Transport and
technological machines» V.V. Minin
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(913)047-78-04
e-mail: vminin@rambler.ru
Legislative Assembly Krasnoyarsk region
Vice-chairman
S.F. Zyablov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391) 249-31-34
e-mail: sobranie@sobranie.info
Siberian Federal University
Master's student, A.I. Petrikov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391)249-75-55
e-mail: petrikov-96@mail.ru

Г.А. Кузнецов, В.В. Минин, С.Ф. Зяблов, А.И. Петриков

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ ГРАВИТАЦИОННЫЕ БЕТОНОСМЕСИТЕЛИ

Созданный модельный ряд гравитационных бетоносмесителей бытового назначения, имеющий 2-3 раза меньшие стоимостные, мощностные и массогабаритные характеристики по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами.

Ключевые слова: гравитационные бетоносмесители, бытовые бетоносмесители, модельный ряд, энергоэффективность, импортозамещение.

G.A. Kuznetsov, V.V. Minin, S.F. Zyablov, A.I. Petrikov

HIGH-TECH SMALL-SIZE GRAVITY CONCRETE MIXERS

The created model range of gravity concrete mixers for domestic use, which has 2-3 times lower cost, power and weight and size characteristics compared to domestic and foreign analogues.

Key words: gravity concrete mixers, household concrete mixers, model range, energy efficiency, import substitution.

При создании модельного ряда гравитационных бетоносмесителей применена теория проектирования на основе безразмерных комплексов взаимосвязи конструктивных параметров [1, 6]. Модули электромеханического привода взаимозаменяемы, легкоъемны, пригодны к хранению и транспортированию [2,3].

Целью данной работы является создание высокотехнологичных бетоносмесителей бытового назначения, исходя из потребностей рынка и условий задачи импортозамещения.

В Сибирском федеральном университете непрерывно проводятся исследования по расширению и созданию модельного ряда гравитационных бетоносмесителей [5]. В статье представлены две вновь созданные облегченные модели переносного гравитационного бетоносмесителя с полимерными барабанами.

Первая модель (рис. 1) – переносной, опрокидываемый бетоносмеситель БС-38П-12 с барабаном объёмом 38 литров. Конструкция имеет раму, выполненную в виде носилок, на консоли которой наклонно установлен привод барабана. В качестве привода бетоносмесителя применяется электродвигатель напряжением 12 V, мощностью 40 Вт. Барабан установлен на выходном валу червячного редуктора с металлополимерной передачей. Производственные испытания показали достаточный ресурс (более 200 часов) привода и барабана.



Рис. 1. Бетоносмеситель – БС-38П-12:

объём барабана – 38 литров, масса одного замеса до 40 кг, производительность – 1 т/ч,
мощность двигателя – 40 Вт, напряжение – 12 V, масса – 8 кг, число комплектующих деталей – 8

Вторая модель (рис. 2) – переносной, опрокидываемый бетоносмеситель БС-52П-220 с барабаном объёмом 52 литра. Конструкция имеет раму, выполненную в виде носилок, на консоли которой наклонно установлен привод барабана. В качестве привода бетоносмесителя применяется четырехполюсный бесконденсаторный электродвигатель напряжением 220 V, мощностью 90 Вт. Барабан установлен на выходном валу червячного редуктора. Производственные испытания показали достаточный ресурс (более 300 часов) привода и барабана.



Рис. 2. Бетоносмеситель – БС-52П-220:

объём барабана – 52 литра, масса одного замеса до 55 кг, производительность – 1,5 т/ч,
мощность двигателя – 90 Вт, напряжение – 220 V, масса – 8,5 кг, число комплектующих деталей – 11

Созданный модельный ряд гравитационных бетоносмесителей имеет следующие преимущества перед отечественными и зарубежными аналогами:

- повышенный ресурс работы за счет применения закрытой передачи;
- меньший шум при работе за счет применением червячной передачи;
- автономность – электропитание от аккумуляторной батареи 12V;
- электробезопасность – применение во влажных подвальных помещениях;
- транспортабельность – перевозка в багажнике легкового автомобиля;
- портативность – переноска бетоносмесителя одним человеком;
- компактность – меньшие габаритные размеры и объём;
- технологичность – возможность изготовления в виде kit-наборов (размер стандартной упаковки АО «Почта России» – 500x500x230 мм);
- простота конструкции – минимальное число комплектующих деталей (от 8 до 11).

Выводы

Применение модульного принципа конструирования и расчета гравитационных бетоносмесителей [4, 7], на основе безразмерных комплексов взаимосвязи конструктивных параметров, позволило создать модельный ряд гравитационных бетоносмесителей, имеющих в 2-3 раза меньшие стоимостные, мощностные и массогабаритные характеристики по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами. Конкурентоспособные, энерго-ресурсоэффективные конструкции гравитационных бетоносмесителей бытового назначения в условиях задачи импортозамещения позволят вытеснить с рынка аналогичную продукцию из Китая, Индии, Белоруссии и других стран.

Библиографический список

1. Минин В. В. Концепция повышения эффективности универсальных малогабаритных погрузчиков: монография / Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 304 с.
2. Кузнецов Г.А., Зяблов С.Ф., Минин В.В. Исследование типоразмеров гравитационных бетоносмесителей по объему барабана // Научное обозрение / ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – 2014. – № 6 – С.64-70.
3. Зяблов С.Ф., Минин В.В. Определение рациональных параметров бетоносмесителей для малогабаритных машин. Интерстроймех – 2014: Материалы международной научно-техн. конф., 9-11 сентября 2014 г., Россия. – Самара. Изд-во Самарск. гос. арх.-строит. ун-та, 2014. – 288 с., с. 55-58.
4. Зяблов С.Ф., Минин В.В. Раилко М. Ю. Методика совершенствования конструктивного исполнения бытовых малогабаритных бетоносмесителей. Материалы международной научно-техн. конф. Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях., 21–22 сентября 2017 г., Россия, – БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 345 с., с. 156-161.
5. Кузнецов Г.А., Зяблов С.Ф., Минин В.В. Энерго-ресурсоэффективные малогабаритные гравитационные бетоносмесители // Высокие технологии в строительном комплексе / Воронежский государственный технический университет. Воронеж, 2020. – С.32-35.
6. Минин В.В., Зяблов С.Ф., Петриков А.И. Нанотехнологии при проектировании малогабаритных бетоносмесителей // Интерстроймех – 2020: материалы международной научно-технической конференции / Самарский политехнический институт. - Самара, 2020. - С. 58-63.
7. Минин В.В., Кузнецов Г.А., Петриков А.И. Моделирование процесса смешивания в гравитационном бетоносмесителе // Строительные и дорожные машины. Ежемесячный научно-технический журнал / ООО «СДМ-Пресс». - Москва, 2021. - №2 - С. 8-11.

References

1. Minin V.V. The The concept of improving the universal skid steer loaders: monograph / Krasnoyarsk: Sib. Feder. Univ., 2012. -- 304 s.
2. Kuznetsov, G. A., Zyablov, S. F., and Minin, V. V., Investigation of the standard sizes of gravity concrete mixers by drum volume, Nauchnoe obozrenie, Siberian Federal University.- 2014. - No. 6-p. 64-70.
3. Zyablov S.F., Minin V.V. Determination of rational parameters of concrete mixers for small-sized machines. Interstroyekh - 2014: Materials of the international scientific and technical. Conf., September 9-11, 2014, Russia. - Samara. Publishing House Samarsk. state arch. University, 2014. -- 288 p., p. 55-58.
4. Zyablov S.F., Minin V.V. Railko M. Yu. Technique for improving the design of household small-sized concrete mixers. Materials of the international scientific and technical. conf. Energy-saving technologies and equipment in the road and construction industries., September 21–22, 2017, Russia, - BSTU named after V.G. Shukhov. - Belgorod: Publishing House of BSTU, 2017. -- 345 p., P. 156-161.
5. Kuznetsov G. A., Zyablov S. F., Minin V. V. Energy-resource-efficient small-size gravity concrete mixers // High technologies in the construction industry / Voro-Nezh State Technical University. Voronezh, 2020. - p. 32-35.
6. Minin V. V., Zyablov S. F., Petrikov A. I. Nanotechnologies in the design of small-scale concrete mixers // Interstroyekh-2020: materials of the international scientific and technical conference / Samara Polytechnic Institute. - Samara, 2020. - p. 58-63.
7. Minin V. V., Kuznetsov G. A., Petrikov A. I. Modeling of the mixing process in a gravity concrete mixer. Monthly scientific and technical journal / SDM-Press, LLC. - Moscow, 2021. - No. 2-p. 8-11.

*Воронежский государственный
технический университет*

Студент гр. БПЗ-162.

А.С. Ландаков,

Россия, г. Воронеж, тел. +7(952) 5-52-93-75

e-mail: artelands@gmail.com

*Канд. техн. наук, доц. профессор кафедры
проектирования зданий и сооружений им.
Н.В.Троцкого Э.Е.Семенова*

e-mail: semenova@vgasu.vrn.ru

Voronezh State

Technical University

Student gr. BPZ-162.

A.S. Landakov,

Russia, Voronezh, tel. +7 (952) 5-52-93-75

e-mail: artelands@gmail.com

*Professor, Department of Design of
Buildings and Structures N.V. Troitsky
E.E. Semenova*

e-mail: semenova@vgasu.vrn.ru

А.С. Ландаков, Э.Е. Семенова

АНАЛИЗ ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДНОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

В данной статье рассмотрены современные способы проектирования однослойных наружных ограждающих конструкций с соблюдением требований энергоэффективности. Примеры способов обеспечения энергоэффективности как на стадии проектирования и выбора материалов, так и на стадии возведения с применением дополнительных средств, веществ и компонентов.

Ключевые слова: энергоэффективность, стена, проектирование, бетон, опалубка, технологии, анализ.

A.S. Landakov, E.E. Semenova

ANALYSIS OF EXPERIENCE IN DESIGNING SINGLE-LAYER FENCING STRUCTURES AND WAYS TO INCREASE THEIR ENERGY EFFICIENCY

This article discusses modern methods of designing single-layer external enclosing structures in compliance with energy efficiency requirements. Examples of ways to ensure energy efficiency both at the stage of design and selection of materials, and at the stage of construction with the use of additional tools, substances and components.

Key words: energy efficiency, wall, design, concrete, formwork, technology, analysis.

Существует разработанная комплексная система строительства, направленная на повышение энергоэффективности наружных ограждающих конструкций. Заключается она в

возведении стены из легкого бетона с применением несъемной опалубки. В данном случае опалубка представлена керамическими клинкерными блоками, уложенными в два «ложковых» ряда, между которыми заливается бетон. Данная система позволяет быстрее и дешевле возводить энергоэффективные стены с достаточной несущей способностью и теплосберегающими характеристиками. Собирается стена на специальном цементном клее со швами 2-3 мм. Для двухэтажных домов есть вариант заполнения полости между кладками не бетоном, а пенопором (без цемента), что позволит увеличить тепловое сопротивление стены в два раза. Фасадная и интерьерная поверхности далее не нуждаются в дальнейшем нанесении облицовочного слоя, производитель на выбор предоставляет материалы различных цветов.

Следует сказать и о фасадных красках. Прибегая к использованию нанотехнологий, в последнее время удалось создать такие краски, которые способны обладать теплоизолирующим эффектом. Они даже могут вступать в конкуренцию с существующими применяющимися утеплителями и выгодно применяться в однослойных ограждающих конструкциях.

Ярким примером служит покрытие «ТСМ Керамик». Данное покрытие наносится на окрашиваемую поверхность стены слоем не превышающим 0.4 мм. Особенность этого покрытия заключается в том, что оно не изолирует тепло, а служит его отражателем, тем самым возвращая тепло назад в помещение либо не давая лишнему теплу проникать через стены с улицы. В возведении однослойных стен применение энергоэффективного покрасочного покрытия станет неоспоримым преимуществом и дополнительно улучшит теплоизоляционные характеристики конструкции, что станет ещё одним поводом отказаться от утеплителя и многослойных стен.

Не стоит забывать и о теплосберегающем растворе для кладки, который способен сократить теплопотери через ограждающие конструкции. Стены из ячеистого бетона можно возводить из блоков с точными геометрическими размерами и использовать для кладки клеевой раствор. Тонкие швы толщиной 1-3 мм обеспечат по всей площади стены одинаковые теплотехнические параметры. Двухслойные стены можно возводить на традиционном растворе. Мостики холода, которые могут образоваться в швах, будут защищены теплоизоляцией.

Специалисты компании quick-mix разработали специальный теплоизоляционный кладочный раствор LM, который сумел решить проблему "мостиков холода" в стене из пористых стеновых материалов и пустотелых керамических блоков или пустотелых кирпичей.

Теплоизоляционный кладочный раствор LM специально разработан для поризованных кирпичей и блоков, что существенно снижает теплопотери через растворные швы.

Легкий кладочный раствор LM имеет в своем составе специальный легкий минеральный наполнитель – перлит. К тому же он не содержит тяжелых компонентов (кварцевого песка и т.п.), способных "тянуть" раствор в пустоты. Выбор именно перлита в качестве основного ингредиента в рецептуре LM имеет серьезные основания.

Существуют системы возведения стен, сочетающие привычные строительные материалы в непривычной комбинации. Примером новой технологии возведения стен является технология ABS-бетонирования в несъемной опалубке из мелкоштучных теплоизолирующих элементов, наглядное изображение которой показано на рисунке 1.



Рис. 1 Пример бетонирования с несъемной опалубкой

Она даёт возможность строить дома с монолитными бетонными стенами, в которой уже на стадии заливки будет присутствовать двойной тепло- и звукоизоляционный слой, представленный пенополистирольными плитами, одновременно служащими опалубкой для заливки бетона. Благодаря специальной конструкции замков, имеется возможность герметично соединять блоки между собой, что препятствует вытеканию ещё не застывшего бетона.

Данная технология широко применяется в Канаде, на севере США и в Европе. Высокие теплоизоляционные свойства блоков позволяют выполнять работы по бетонированию при отрицательных температурах.

В США разработан ещё один аналог под названием «СОТА». В основе лежит всё так же несъемная опалубка стены, состоящая из армированных универсальных стеновых панелей с применением модифицированного бетона.



Рис.2 Система «СОТА» с несъемной опалубкой

Панели преимущественно используют трёхслойные, внутри которых между наружным и внутренним слоями бетона находится теплоизоляционный материал, что наглядно изображено на рисунке 2 (например, пенополистирол, ROCKWOOL, PAROC и др.).

Здание, возведенное по данной технологии, не имеет «мостиков холода» и открытых швов за счет герметичного соединения между панелями. Одно из главных новшеств и особенностей системы – это использование судостроительного, водонепроницаемого модифицированного бетона. Это позволяет применять конструкции меньшей толщины без потери их несущей способности.

Технология «СОТА» может быть использована для возведения фундаментов, перекрытий и стен в зданиях различного назначения. Так же панели опалубки применяются при реконструкции зданий, утеплении фасадов, строительстве объектов повышенной влажности, таких как баня, сауна и др.

Панели несъемной опалубки имеют сравнительно небольшой вес, что позволяет надстраивать этажи у существующих зданий, не прибегая к работам по усилению фундаментов и стен. Так же стоит отметить, что строительство по данной технологии обходится в 2 раза дешевле строительства в блок-оболочках по принципу несъемной опалубки, и в общем удешевляет строительство за счет сокращения расходов материалов.

Выводы

Проблемы неоднородности наружных ограждающих конструкций остаются актуальными в настоящее время. К счастью, сфера развивается, разрабатываются новые более энергоэффективные конструктивные системы, на рынке появляются инновационные материалы с улучшенными теплосберегающими качествами, и рассмотренные примеры это подтверждают. Применение данных мероприятий обеспечит экономию, сбережение и повышение энергоэффективности ограждающих конструкций, позволит сократить сроки строительства, уменьшит утраты от ошибки при возведении и позволит сэкономить на утеплителе и производстве работ.

Библиографический список

1. Теплосберегающий раствор для кладки блоков. <http://teplodom1.ru/penoplast/189-teplosberegayuschiy-rastvor-ego-harakteristiki-primenenie-kak-sdelat.html>
2. А.В. Захаров, Е.Н. Сычкина, А.Б. Пономарев. Энергоэффективные конструкции в строительстве / Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета 2017.
3. Строительство домов по технологии «СОТА». [http://www.sotadom.ru/stroitelstvo-domov-iz-panelej#:~:text=Несъемная%20опалубка%20СОТА™%20–%20простая,с%20нулевой%20энергией](http://www.sotadom.ru/stroitelstvo-domov-iz-panelej#:~:text=Несъемная%20опалубка%20СОТА%20–%20простая,с%20нулевой%20энергией))*.
4. Несъемная опалубка ABS. <http://www.pst-system.ru/abs-systems/nesemnaya-opalubka-abs>.
5. Ландаков А.С., Семенова Э.Е. Анализ проектирования зданий гостиниц с учетом энергосбережения. 2-я Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров Строительство и реконструкция. Сборник научных трудов 2020. С. 124-129.
6. Подкопаева Е.В. Исследование ограждающих конструкций общественных зданий/ Подкопаева Е.В., Шехватова А.Н., Семенова Э.Е. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2020. №3-4 (41-42). С.6-11

7. Семенов В.Н. Энергосбережение при проектировании зданий как ключевой фактор инновационного развития строительной отрасли / Семенов В.Н., Семенова Э.Е. // Недвижимость: экономика, управление. – 2018. №3. – С. 44-48

Reference

1. Heat-saving mortar for masonry blocks. <http://teplodom1.ru/penoplast/189-teplosberegayuschiy-rastvor-ego-harakteristiki-primenenie-kak-sdelat.html>
2. A.V. Zakharov, E.N. Sychkina, A.B. Ponomarev. ENERGY EFFICIENT CONSTRUCTIONS IN CONSTRUCTION / Publishing House of the Perm National Research Polytechnic University 2017.
3. Construction of houses using the SOTA technology. <http://www.sotadom.ru/stroitelstvo-domov-iz-panelej#:~:text=Non-removable>
4. Fixed formwork ABS. <http://www.pst-system.ru/abs-systems/nesemnaya-opalubka-abs>.
5. Landakov A.S., Semenova E.E. Analysis of the design of hotel buildings, taking into account energy conservation. 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduates, Masters and Bachelors CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION Collection of scientific papers 2020. pp. 124-129.
6. Podkopaeva E.V. Research of the enclosing structures of public buildings / Podkopaeva E.V., Shekhvatova A.N., Semenova E.E. // Science Magazine. Engineering systems and structures. 2020. No. 3-4 (41-42). P.6-11
7. Semenov V.N. Energy saving in the design of buildings as a key factor in the innovative development of the construction industry Semenov V.N., Semenova E.E. // Real estate: economics, management. - 2018. No. 3. - P. 44–48

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 625.8

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

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

А. Алшахван, Ю.И. Калгин

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ ТЁПЛОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ УСЛОВИЙ СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Для условий Сирийской Арабской Республики технология применения тёплого асфальтобетона для устройства дорожных покрытий является одной из наиболее эффективных в связи с её технико-экономическими и экологическими преимуществами. За счет добавления модификатора РТЭП-М в минеральную часть теплой асфальтобетонной смеси, структурно-механические свойства теплого асфальтобетона при различных температурах были улучшены до 29 %, что повышает эффективность применения данной технологии и расширяет область её применения в условиях Сирийской Арабской Республики.

Ключевые слова: теплая асфальтобетонная смесь, теплый асфальтобетон, модификатор, РТЭП-М, Сирийская Арабская Республика, экологические преимущества.

A. Alshahwan, Yu.I. Kalgin

SUBSTANTIATION OF METHOD FOR MODIFYING WARM MIX ASPHALT FOR THE CONDITIONS OF THE SYRIAN ARAB REPUBLIC

For the conditions of the Syrian Arab Republic, the technology of using warm mix asphalt for paving is one of the most effective in connection with its technical, economic and environmental benefits. Due to the addition of the RTEP-M modifier to the mineral part of the warm mix asphalt mixture, the structural and mechanical properties of warm mix asphalt at different temperatures have been improved up to 29%, which increases the efficiency of this technology and expands the field of its application in the conditions of the Syrian Arab Republic.

Keywords: warm mix asphalt, warm asphalt concrete, modifier, RTEP-M, Syrian Arab Republic, environmental benefits.

Дорожная сеть Сирийской Арабской Республики (САР), являющаяся основой экономической и социальной жизни страны, осуществляет автомобильным транспортом перевозки более 80 % людей, товаров и транспортных средств от всего грузового и пассажирского оборота [1, 2].

Более 44% дорожной сети в Сирийской Арабской Республике была разрушена или частично повреждена во время военных действий или отсутствия работ по техническому обслуживанию в течении последних десяти лет [3], что привело к многократному увеличению потребности в дорожно-строительных работах, связанных с восстановлением (ремонт или капитальным ремонтом) существующих автомобильных дорог и строительством новых.

Недостаток энергии и топливных ресурсов, большой объем дорожных работ и экологические и экономические требования - все эти факторы повышают актуальность применения технологии теплого асфальтобетона (ТАБ) как альтернативы традиционному горячему асфальтобетону (ГАБ) в условиях САР.

Теплый асфальтобетон – это технический термин, используемый для описания асфальтобетона, производимый при температурах ниже традиционных ГАБ обычно на 20– 40 °С [4, 5].

ТАБ – это экологически чистая технология, в которой для нагрева агрегатов используется меньшее количество топлива, снижается уровень выброса газов, выделяется меньше загрязняющих веществ, а также уменьшается процесс старения асфальтобетона во время строительства. Эти факторы способствуют продлению срока службы дороги и позволяют раньше открыть движение на трассе с таким покрытием [6, 7, 8].

Тёплый асфальтобетон - наиболее эффективная технология устройства дорожных покрытий для условий Сирийской Арабской Республики, поскольку имеет множество преимуществ, и с её помощью может быть решено большинство проблем, с которыми сталкивается дорожная отрасль страны, и извлечены следующие выгоды:

- экономические выгоды, связанные со снижением энергопотребления и финансовых затрат при приготовлении асфальтобетонной смеси;
- технические выгоды, связанные с повышением качества уплотнения смеси, с увеличением расстояния между асфальтобетонным заводом и строительной площадкой и возможностью укладки ТАБ в холодную погоду из-за близости температуры асфальтобетонной смеси к температуре окружающей среды, и, таким образом, завершением большего объема дорожных работ в результате продления строительного сезона;
- экологические выгоды, связанные со снижением выброса газов в процессе приготовления теплых асфальтобетонных смесей.

Приготовление ТАБ с использованием низковязкого битумного вяжущего является одной из самых простых в применении технологий, наименее затратной и не требует специального оборудования. Однако асфальтобетон, полученный по этой технологии, не обладает хорошей устойчивостью к нагрузкам, особенно при высоких летних температурах.

Целью проведенного исследования является улучшение свойств сопротивления нагрузкам теплого асфальтобетона при естественных, низких и высоких температурах с использованием способа дисперсной полимерной модификации для её применения в условиях Сирийской Арабской Республики.

Используемая в экспериментах асфальтобетонная смесь представляет собой асфальтобетонную смесь типа Б марки II. Зерновой состава минеральной части был подобран в соответствии с требованиями ГОСТ 9128-2009 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия». Подобрана минеральная часть смеси, состоящая из 41% щебня, 53% песка из отсевов дробления и 6% минерального порошка.

В качестве органического вяжущего использовался нефтяной битум марки БНД 70/100 производителя ООО «РНПК». Данный битум разжижали, используя дизельное топливо, чтобы получить дорожный битум БНД 200/300, который использовался для приготовления ТАБ. Было определено оптимальное содержание битума (5% сверх минеральной части) по показателям физико-механических свойств: средняя плотность, предел прочности при сжатии, водонасыщение и водостойкость [9].

В качестве полимерного модификатора использовался термоэластопласт резиновый РТЭП-М, соответствующий требованиям стандарта СТО 39952490-001-2020 «Термоэластопласт резиновый РТЭП-М. Технические условия». Его физико-механические свойства указаны в табл.

Таблица

Физико-механические свойства РТЭП-М по СТО 39952490-001-2020

Наименование показателя	Значение, норма	Методы испытаний
Внешний вид	Гранулы произвольной формы без посторонних включений; допускается вспенивание	10.2 (СТО 39952490-001-2020)
Цвет	Коричневый, чёрный	10.2 (СТО 39952490-001-2020)
Температура размягчения, °С, не менее	140	ГОСТ 33142
Средний размер гранул по наибольшему измерению, мм	2-6	10.4 (СТО 39952490-001-2020)
Насыпная плотность, г/см ³	0,35-0,70	ГОСТ Р 55419

Формовка образцов теплых асфальтобетонных смесей, порядок проведения испытаний и обработка результатов испытаний проводились так же, как и для горячих асфальтобетонных смесей, разница состояла только в температурах на этапах приготовления смеси и формовки образцов.

Минеральные материалы (щебень и песок из отсевов дробления) нагревали до температуры (135-145) °С.

Модификатор РТЭП-М вводился в холодном состоянии при добавлении минерального порошка с тщательным перемешиванием компонентов смеси, после чего вводился дорожный битум БНД 200/300 при температуре (120-125) °С и все компоненты перемешивались до тех пор, пока они хорошо не покрывались битумом. Для формовки образцов температура асфальтобетонной смеси находилась в интервале (110-120)°С.

Влияние модификатора РТЭП-М на структурно-механические свойства асфальтобетонных смесей оценивалось путем процентного соотношения добавки к минеральной части: 0,5; 1,0; 1,5 и 1,75. Процедуру испытаний образцов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».

Для определения значений показателей в каждом случае было принято среднее арифметическое значение трех тестовых образцов.

Результаты показателей механических свойств теплого асфальтобетона при применении в минеральной части смеси модификатора РТЭП-М представлены на рис. Из данных графиков следует, что с увеличением процентного содержания добавки РТЭП-М значение предела прочности при сжатии теплого асфальтобетона увеличивается во всей области рассмотренных температур. Величина увеличения показателя предела прочности при сжатии наиболее значительна при температуре 20 °С, а при температурах 0°С и 50°С наблюдается небольшое увеличение. Следует отметить, что величина показателя предела прочности при сжатии теплого асфальтобетона соответствует нормативным требованиям для горячего асфальтобетона типа Б по ГОСТ 9128-2009 для всей области эксплуатационных температур.

Из полученных результатов видно, что оптимальным содержанием РТЭП-М в ТАС является 1,5 % от массы минеральной части, так как при таком количестве модификатора все показатели находятся в области хороших или наилучших значений.

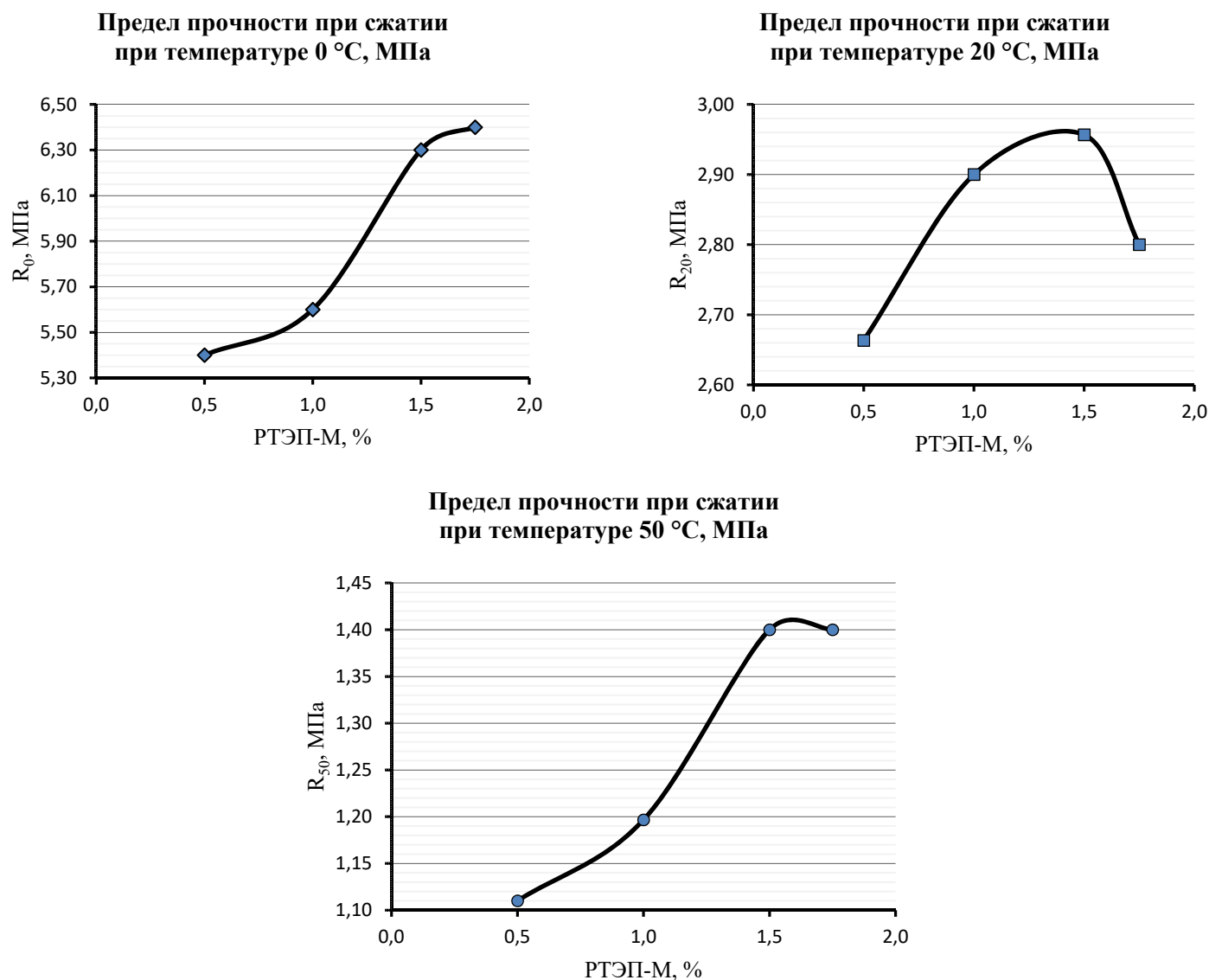


Рис. Влияние содержания модификатора РТЭП-М на механические свойства теплого асфальтобетона

При содержании модификатора в количестве 1,5 % в минеральной части предел прочности при сжатии теплого асфальтобетона увеличивается по сравнению с аналогичным значением контрольного образца (теплый асфальтобетон без РТЭП-М) на (13, 29, 17) % при температуре (0, 20, 50) °С, соответственно.

Выводы

1. Приготовление модифицированного теплого асфальтобетона с повышенными механическими свойствами в соответствии с нормативными требованиями для применения в условиях Сирийской Арабской Республики возможно за счет применения дорожного битума низкой вязкости БНД 200/300, полученного в результате разжижения битума БНД 70/100.

2. Установлено что добавление модификатора термоэластопласт резиновый РТЭП-М улучшает механические свойства теплого асфальтобетона при его введении в количестве 1,5% от массы минеральных материалов, в результате чего предел прочности при сжатии по сравнению с контрольным составом теплого асфальтобетона (без модификатора) увеличивается на 29% при температуре 20 °С, на 13% и 17 % при температуре 0 °С и 50 °С, соответственно.

Библиографический список

1. Syrian Arab Republic - Ministry of Transport - Ministry of Transport. Road Performance [Электронный ресурс]. URL: <http://mot.gov.sy/web/orginal/spage.php?cid=10&id=94#1>.
2. Алшахван А., Калгин Ю. И. Актуальность применения теплых асфальтобетонных смесей для дорожного строительства в условиях Сирийской Арабской Республики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 2. С. 26–33.
3. DW Academy. World Bank Report: War Syrian Losses [Электронный ресурс]. URL: <https://p.dw.com/p/2gIS7> (дата обращения: 23.10.2019).
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. Jamshidi A., Hamza, Z. You. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit®: State-of-the-art // Construction and Building Materials. 2013. No. 38. Pp. 530 – 553.
6. 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.
7. 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.
8. Omari I., Aggarwal V., Hesp S. Investigation of two Warm Mix Asphalt additives // International Journal of Pavement Research and Technology. 2016. No. 9. Pp. 83–88.
9. Калгин, Ю. И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов. Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. – 272 с.

References

1. Syrian Arab Republic - Ministry of Transport - Ministry of Transport. Road Performance [Электронный ресурс]. URL: <http://mot.gov.sy/web/orginal/spage.php?cid=10&id=94#1>.
2. Alshahwan A., Kalgin Yu.I. The importance of the use of warm mix asphalt for construction roads in conditions of the Syrian Arab Republic. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 2. Pp. 26–33.
3. DW Academy. World Bank Report: War Syrian Losses [Электронный ресурс]. URL: <https://p.dw.com/p/2gIS7> (дата обращения: 23.10.2019).
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. Jamshidi A., Hamza, Z. You. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit®: State-of-the-art // Construction and Building Materials. 2013. No. 38. Pp. 530 – 553.
6. 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.
7. 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.
8. Omari I., Aggarwal V., Hesp S. Investigation of two Warm Mix Asphalt additives // International Journal of Pavement Research and Technology. 2016. No. 9. Pp. 83–88.
9. Kalgin, Yu. I. Road bitumen-mineral materials based on modified bitumen. Voronezh: Voronezh publishing VSTU, 2006.- 272 p.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент В.П. Волокитин;
Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
студент группы мПТС-191
Д.Ю. Свиридов
Россия, г. Воронеж, тел. +7(900) 925-65-04
e-mail: sviridovdm@mail.ru
студентка группы Б-АМТ 181
А.В. Волокитина
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (904) 212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru*

*Voronezh State Technical University
Cand. of Tech. Science, Associate prof.
V.P. Volokitin;
Russia, Voronezh, tel. +7-910-343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
Student of the group mPTS-191
D.Y. Sviridov
Russia, Voronezh, tel. +7(900) 925-65-04
e-mail: sviridovdm@mail.ru
Student of the group B-AMT 181
A.V. Volokitina
Russia, Voronezh, tel. 7 (904) 212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru*

В.П. Волокитин, Д.Ю. Свиридов, А.В. Волокитина

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАДИАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АРОЧНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ПУТЕПРОВОДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ УНИКАЛЬНЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Перемещение арочного пролетного строения в промежуточное положение осуществляется с помощью тяжеловозных тележек и домкратных систем. В последующем этапе производится монтаж арочного пролетного строения в проектное положение методом поперечной надвижки. Такая технология имеет ряд преимуществ над устоявшимися методами надвижки пролетных строений.

Ключевые слова: надвижка пролетного строения, радиальное перемещение арки, тяжеловозные тележки.

V.P. Volokitin, D.Y. Sviridov, A.V. Volokitina

APPLICATION OF THE TECHNOLOGY OF RADIAL MOVEMENT OF THE ARCHED SUPERSTRUCTURE OF THE OVERPASS IN THE CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF UNIQUE BRIDGE STRUCTURES

The movement of the arched superstructure to the intermediate position is carried out with the help of heavy trucks and jack systems. In the next stage, the arched superstructure is installed in the design position by the transverse slide method. This technology has a number of advantages over the established methods of superstructure sliding.

Keywords: superstructure slide, radial movement of the arch, heavy-duty carts.

При производстве работ по монтажу арочного пролетного строения путепровода могут возникать проблемы, связанные с выводом из эксплуатации или снижению пропускной способности действующих дорог, находящихся в зоне строительства. Эта проблема особенно

актуальна для путепроводов с металлическим арочным и рамным пролетным строением, так как их сборка и монтаж занимает значительный промежуток времени.

Если собирать пролетное строение сразу в проектном положении на вспомогательных подмостях (рис. 1.) возрастает опасность проезда под путепроводом, потребуется снизить максимальную скорость движения автомобилей вблизи строительного участка и сужать проезжую часть, что повлечет за собой резкое снижение пропускной способности и приведет к застоям автомобилей на дороге. Такие издержки не допустимы на федеральных трассах и если перепустить движение на другую дорогу без большой потери пропускной способности не является возможным, то этот метод не актуален [1, 2].

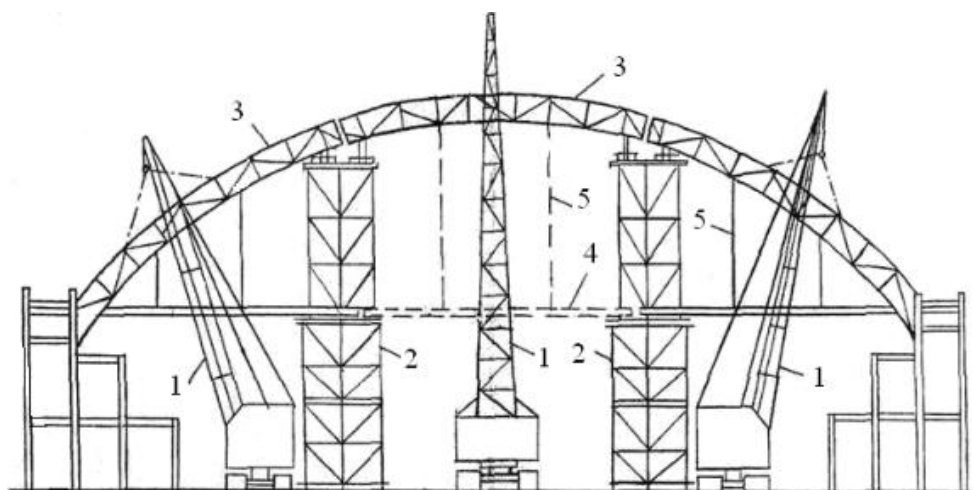


Рис. 1. Возведение арочного пролетного строения на вспомогательных подмостях

Метод поперечной надвигки несет в себе абсолютно те же самые недостатки, что и предыдущий пример, так как пролетное строение в этом случае собирается так же над проезжей частью. Таким методом актуальнее монтировать железобетонные пролетные строения при реконструкции старых путепроводов как показано на рис. 2.

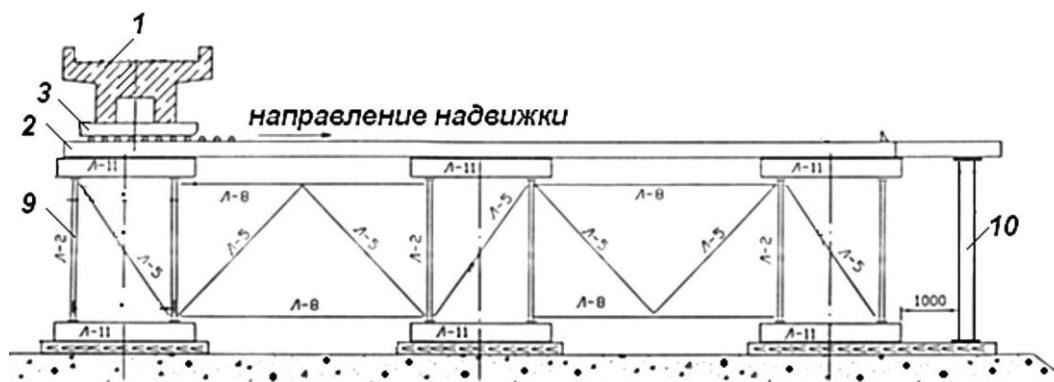


Рис. 2. Монтаж пролетного строение методом поперечной надвигки

Если монтаж производить методом продольной надвигки, такой способ позволяет обеспечить минимальное влияние на пропускную способность дороги проходящей под строящимся путепроводом, так как сборка пролетного строения производится на оси дороги в составе которой состоит этот путепровод рис. 3. Таким образом мы исключаем ограничение движения на этапе сборки, что является большим преимуществом относительно методов описанных выше. Однако метод продольной надвигки может быть не самым рациональным

и экономически выгодным. Главная его проблема в том, что самый длительный этап, а именно сборка, происходит на оси дороги проходящей поверху пересечения двух транспортных направлений. Это актуально при строительстве нового путепровода, но может вызвать трудности если мы имеем дело с реконструкцией действующего путепровода. Если сборочный стапель будет находится на оси дороги, в состав которой входит путепровод, то она выйдет из эксплуатации на весь период строительства. Такой вариант может быть недопустимым, если движение нельзя перепустить через альтернативный действующий путепровод, особенно в случае с железнодорожным транспортом, который имеет малую мобильность и перепустить движение с одного ж/д пути на другой редко представляется возможным.

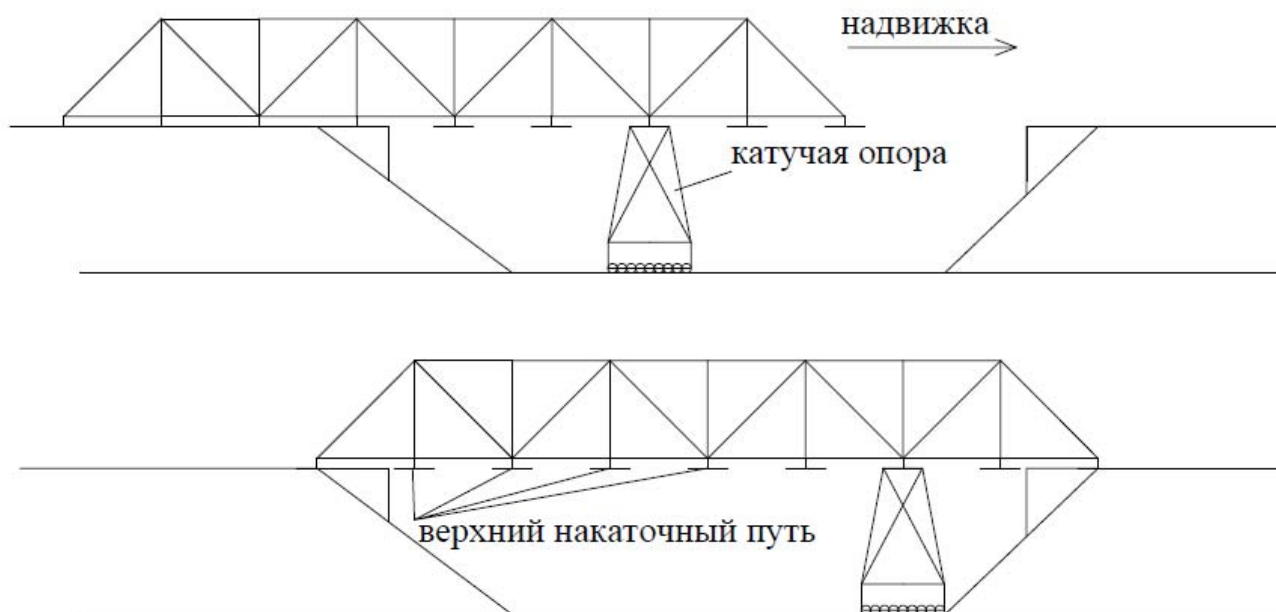


Рис. 3. Монтаж пролетного строения методом продольной надвижки

Таким образом перечисленные варианты надвижки позволяют выбирать какой проезд на пересечении двух дорог приоритетнее, а какой можно перекрыть рис. 4.

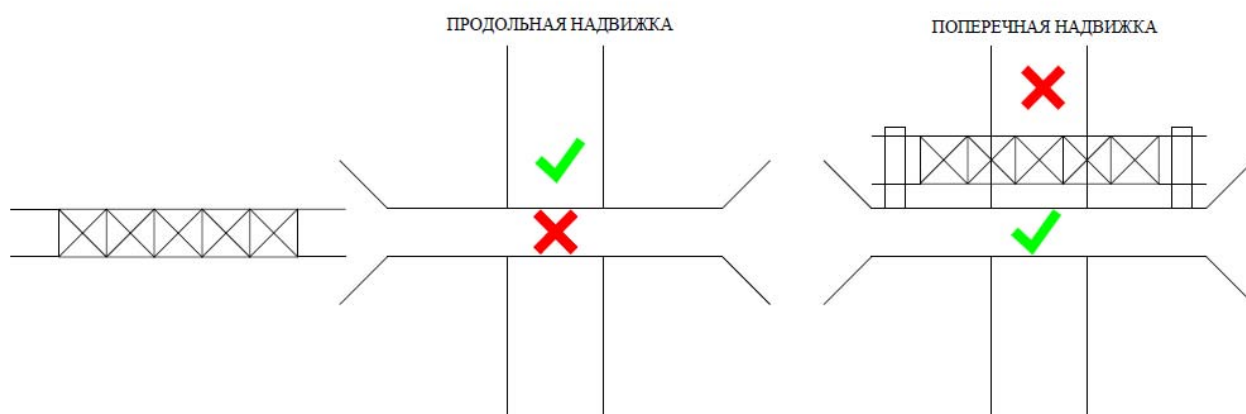


Рис. 4. Схема перекрытия движения при использовании разных методов надвижки

Однако внешние обстоятельства могут не позволить закрыть один из проездов на длительный период. Перекрытие автомагистрали повлечет за собой большие пробки в транспортной системе дорог, а остановка движения на железнодорожных путях приведет к огромным финансовым издержкам, что делает использование одного из перечисленных методов экономически невыгодным.

В подобной ситуации нужно использовать такую технологию строительства, в которой сборочный стапель не будет затруднять эксплуатацию дорог в двух уровнях на период сборки. Так технология радиального перемещения пролетного строения на тяжеловозных тележках позволяет устраивать сборочный стапель на временных опорах перпендикулярно проектному положению и параллельно дороге, проходящей по нижнему уровню рис. 5. (а).

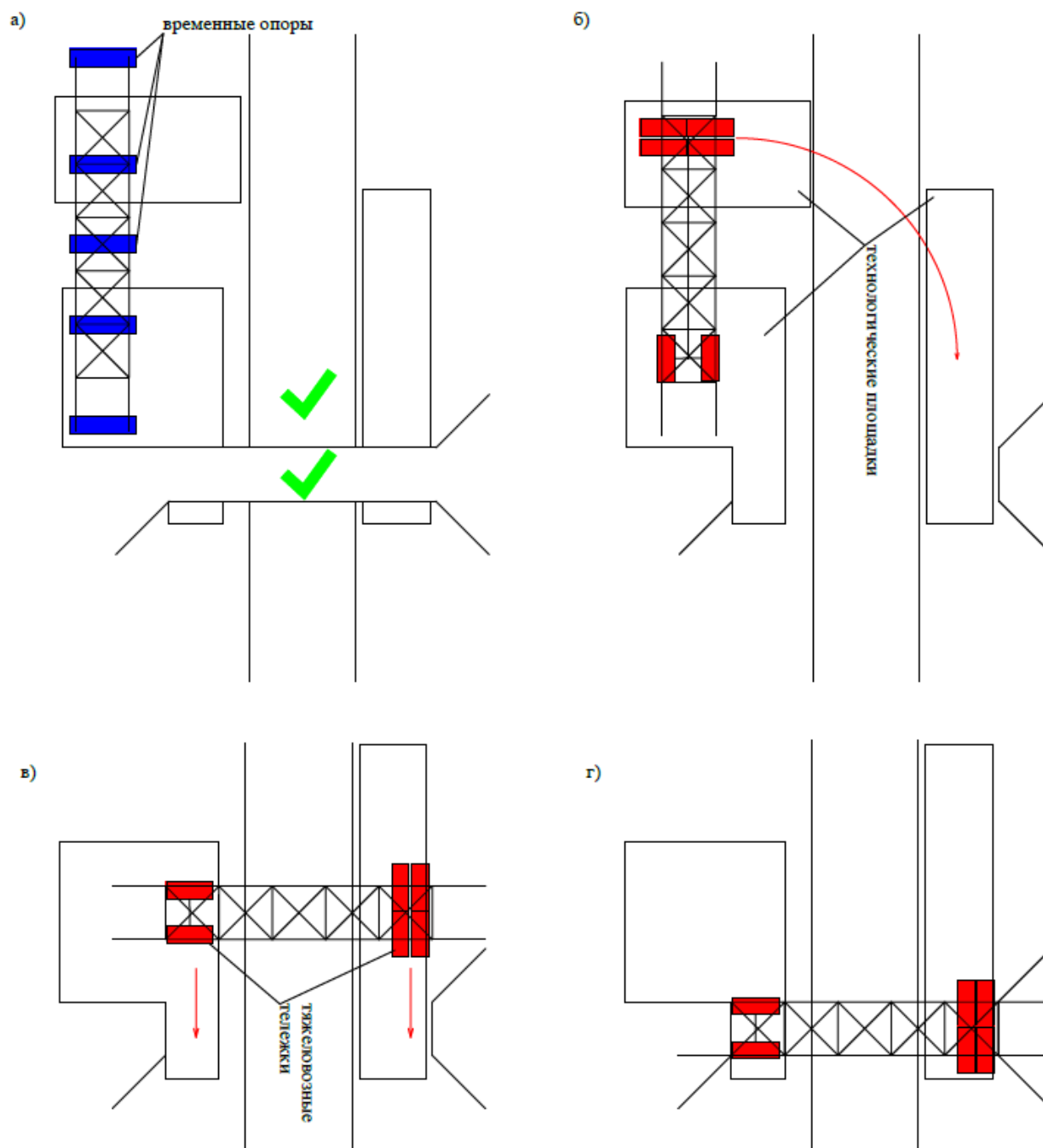


Рис. 5. Схема технологии радиального перемещения пролетного строения с последующей поперечной надвижкой

После этапа сборки под пролетное строение загоняют тяжеловозные тележки на дистанционном управлении с домкратными системами и после и надежно фиксируют к нижней части пролетного строения. Производится разборка временных опор, после чего тележки перемещают пролетное строение поворачивая его в положение параллельное оси верхнего уровня дороги Рис. 5. (б). Тележки двигаются исключительно по технологическим площадкам. Из промежуточного положения тележки осуществляют поперечную надвижку Рис. 5. (в) после этого домкратные системы опускают пролетное строения в проектное положение на опорные части Рис. 5. (г).

Выводы

Технология радиального перемещения арочного или рамного пролетного строения с последующей поперечной надвижкой может успешно применяться в случае невозможности переключить движение в двух уровнях на период сборки. Так же в случае реконструкции железнодорожных путепроводов появляется возможность разместить сборочный стапель вне охранной зоны железной дороги, что значительно снижает издержки проекта.

Библиографический список

1. Инженерные сооружения в транспортном строительстве, в 2 Кн. 1, 2, учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений Саламахин П.М., Маковский Л.В., Попов В.И., под ред. П.М. Саламахина 2 изд Издательский центр «Академия» 2008, - 352с.,-272с.
2. Строительство мостов: Учебник / Колоколов Н. М., Вейнблат Б. М. - Издание второе, переработанное и дополненное. - Москва: Транспорт, 1984. - 504 с.

References

1. Engineering structures in transport construction, in 2 Vol. 1, 2, textbook for students. Higher. Textbook. Institutions Salamakhin P.M., Makovsky L.V., Popov V.I., ed. P.M. Salamakhina 2nd ed Publishing center "Academy" 2008, - 352s., - 272s.
2. Construction of bridges: Textbook / Kolokolov NM, Veinblat BM - Second edition, revised and enlarged. - Moscow: Transport, 1984 .- 504 p.

*Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет
(МАДИ)*

Д.т.н., профессор В.А. Зорин,

Россия, г. Москва

e-mail: madi-dm@list.ru

Ведущий специалист Д.В. Серегин

Россия, г. Москва

e-mail: dmitri.msk@mail.ru

Генеральный директор АО «Кронос СПб»

Мурашов Г.М.

Россия, г. Москва

e-mail: murashov@prominvest-spb.ru

Moscow automobile

and road state technical university (MADI),

Doctor of science, professor. Department of

Road Construction machines V.A. Zorin,

Russia, Moscow

e-mail: madi-dm@list.ru

Leading specialist D. V. Seregin

Russia, Moscow

e-mail: dmitri.msk@mail.ru

General director «Cronos SPb»

G.M. Murashov

Russia, Moscow

e-mail: murashov@prominvest-spb.ru

V.A. Zorin, D.V. Seregin, G.M. Murashov

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНА ДЛЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В статье рассмотрены результаты теоретических и экспериментальных исследований новых противокоррозионных полимерных композиционных материалов для защиты деталей дорожно-строительных машин от агрессивного влияния внешней среды. Показано, что применение новых полимерных композиционных материалов на основе полиуретана обеспечивает повышение долговечности элементов машин при производстве, ремонте и техническом обслуживании благодаря предотвращению разрушения деталей вследствие агрессивного воздействия окружающей среды.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, дорожно-строительные машины, полиуретан, эксплуатационные свойства.

V.A. Zorin, D.V. Seregin, G.M. Murashov

POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS ON THE BASIS OF POLYURETHANE FOR ROAD-CONSTRUCTION MACHINES

In article results of theoretical and pilot studies of new anticorrosive polymeric composite materials for protection of details of road-construction machines against aggressive influence of the external environment are considered. It is shown that use of new polymeric composite materials on the basis of polyurethane provides increase in durability of elements of machines by production, repair and maintenance thanks to prevention of destruction of details owing to aggressive environmental impact.

Keywords: polymeric composite materials, road-construction machines, polyurea, performance properties.

Наиболее простым и доступным способом обеспечения надежности при производстве, ремонте и эксплуатации машин является нанесение защитных покрытий из полимерных композиционных материалов (ПКМ), позволяющих повысить стойкость деталей машин к агрессивному воздействию окружающей среды.

С учетом особенностей эксплуатации дорожно-строительных машин, к защитному материалу на основе ПКМ предъявляются следующие требования: гомогенность материала; пожарная безопасность; необходимая адгезия к стали; отсутствие водопоглощения [1-3]; рабочий диапазон сохранения работоспособности от +100°C до – 40°C; хорошая ударная прочность; время полной полимеризации не более 24 часов; толстослойное покрытие и хорошее растекание; высокая технологичность материала [2]. Традиционные широко распространённые покрытия, изготовленные на основе алкидных смол и битумных мастик, не отвечают перечисленным требованиям.

Типовой процесс формирования покрытия на основе влагоотверждаемого (однокомпонентного) полиуретана, двухкомпонентного полиуретана и полимочевины представлен в таблице 1.

Таблица 1

Типовые процессы формирования покрытий
из однокомпонентного и двухкомпонентного полиуретана

Основа	Определение	Типовой процесс формирования покрытия
Однокомпонентный полиуретан	Продукт взаимодействия влаги с полиуретановым преполимером	$\text{H}-\text{O}-\text{H} + \begin{array}{c} \text{C}=\text{N} \\ \parallel \quad \\ \text{O} \quad \text{R}^1 \end{array} \rightarrow \text{H}-\text{O}-\text{C}-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{O} \quad \text{R}^1 \end{array}$ влага полиуретановый преполимер амин
Двухкомпонентный полиуретан	Продукт взаимодействия активного атома водорода полиола с полиизоцианатом	$\text{R}^1-\text{O}-\text{H} + \begin{array}{c} \text{O}=\text{C}=\text{N}-\text{R}^2 \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ полиол полиизоцианат

Для экспериментальной оценки эксплуатационных свойств защитных покрытий на основе полимочевины были подготовлены образцы материалов, содержащие в различном соотношении по объему отвердитель - 0,6-1,4 и основу - 1,0. Сравнительные испытания образцов покрытий проводились в соответствии с ГОСТ 11262-80 и ГОСТ 26589-94. В процессе экспериментальных исследований была произведена сравнительная оценка 24 образцов. Смешивание компонентов и проведение испытаний проводились при температуре +21°C, после предварительного термостатирования в течении 24 часов.



Рис. 1. Общий вид образцов после проведения испытаний

В результате сравнительных испытаний было обосновано оптимальное соотношение компонентов при ручном нанесении ПКМ по объему: «отвердитель 1,1 – основа 1,0».

Сравнительный анализ физико-механических характеристик полимочевины (ПМ), двухкомпонентного полиуретанового покрытия (ПУ 2К) и влагоотверждаемого однокомпонентного полиуретанового покрытия (ПУ 1К) проводился в соответствии с ГОСТ [4,5,6] на универсальной испытательной машине УТС-110-50У.

Результаты экспериментальных исследований образцов антикоррозионных материалов представлены в таблице 2 и на рисунках 2-5. Суммарное число испытанных образцов – более 50 штук. Исследования образцов ПКМ на основе полимочевины по определению ударной вязкости по Шарпи проводилось с использованием маятникового копра ТСМК-300 (ГОСТ 4647-2015). Кроме того, определялись твердость и микротвердость материалов, были проведены исследования по включению наполнителей, обеспечивающих особые физико-механические свойства формируемого покрытия.

Таблица 2

Техническое описание и физико-механические характеристики
исследуемых материалов

Показатель	Полиуретан однокомпонентный	Полиуретан двухкомпонентный
Температура поверхности при нанесении	Не менее +5°C	Не менее +5°C
Состояние компонентов	Жидкость	Основа – жидкость Отвердитель - жидкость
Смешивание компонентов по объему «основа : отвердитель»	-	100 : 5,5
Толщина наносимого слоя	До 1,5 мм.	До 5 мм.
Время жизни после смешивания	До 2 суток	Не более 3 часов
Время полной полимеризации	7 суток	Не более 24 часов
Прочность при разрыве	> 2 МПа	> 0,8 МПа
Относительное удлинение при разрыве	> 200 %	> 40 %
Модуль упругости при изгибе	> 1,5 МПа	> 1 МПа
Модуль упругости при сжатии	> 3,5 МПа	> 3 МПа
Адгезия к стали	> 2 МПа	> 1,3 МПа
Эластичность	Отличная	Отличная
Термостойкость	-50 - +90°C	-40 - +100°C
Химическая стойкость	К органическим растворителям, маслам и нефтепродуктам	К органическим растворителям, маслам и нефтепродуктам

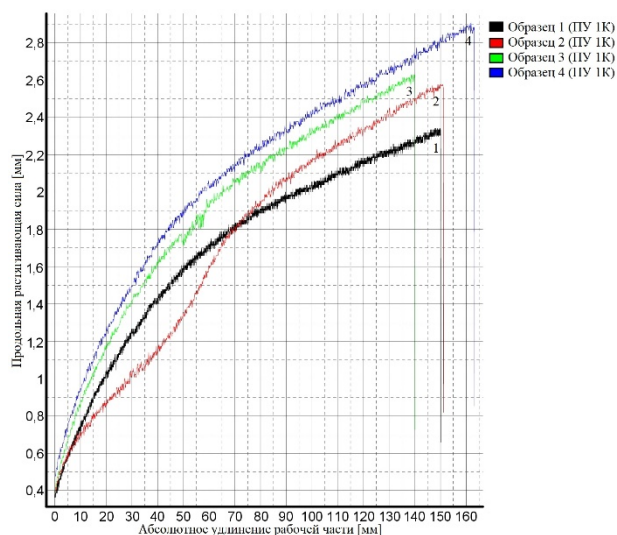


Рис. 2. Диаграмма растяжения образцов на основе однокомпонентного полиуретана

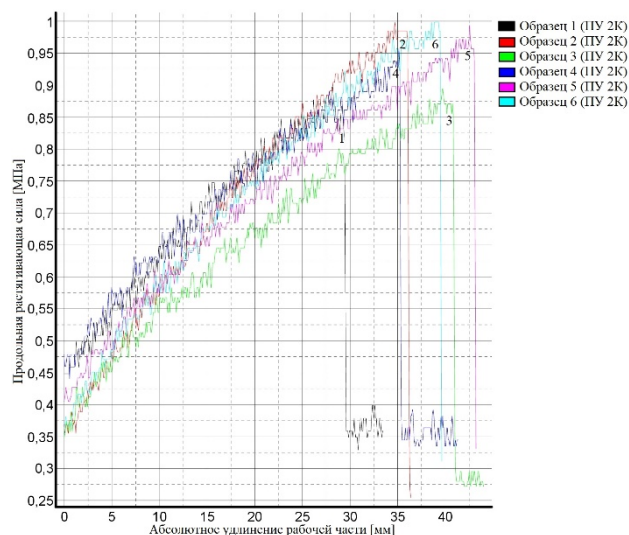


Рис. 3. Диаграмма растяжения образцов на основе двухкомпонентного полиуретана

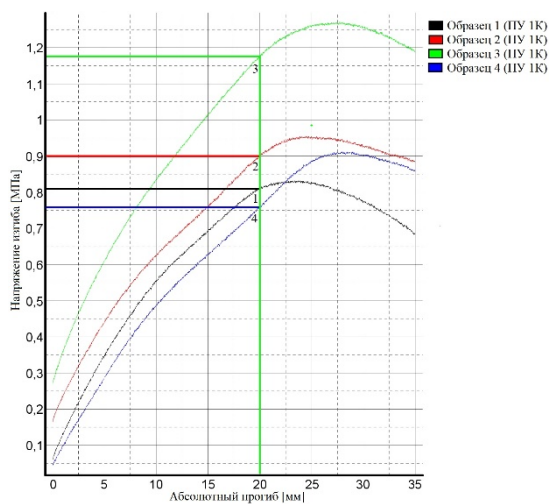


Рис. 4. Диаграмма деформации образцов на основе однокомпонентного полиуретана

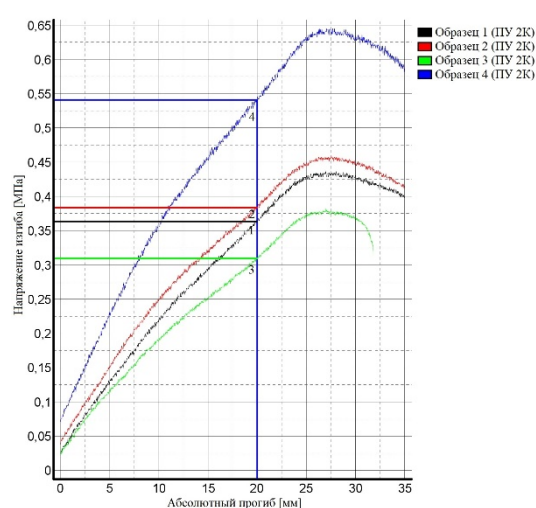


Рис. 5. Диаграмма деформации образцов на основе двухкомпонентного полиуретана

Выводы

Таким образом, в результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан новый полимерный композиционный материал, обеспечивающий повышение стойкости к агрессивному воздействию внешней среды и существенному увеличению долговечности конструктивных элементов дорожно-строительных машин. Результаты сравнительного анализа показателей адгезии к стали, химической стойкости, прочности при растяжении, модуля упругости при сжатии и изгибе, скорости полной полимеризации материала позволили рекомендовать в качестве перспективного защитного антикоррозионного покрытия ПКМ на основе полиуретана. Значения показателей физико-механических и эксплуатационных свойств однокомпонентного и двухкомпонентного полиуретана являются приблизительно одинаковыми. При производстве, ремонте и техническом обслуживании дорожно-строительных машин рекомендуется двухкомпонентный полиуретан, обеспечивающий возможность формирования защитного слоя толщиной до 5 мм (у 1К ПУ – до 1,5 мм) и имеющий в 7 раз меньшую продолжительность полной полимеризации. Рекомендуемый состав антикоррозионного покрытия является оптимальным и обеспечивает до 90% требуемых свойств.

ПКМ на основе двухкомпонентного полиуретана, обладающего отличными свойствами эластичности, сравнительно небольшой адгезией и малой прочностью при разрыве, рекомендуется для некорпусных деталей и конструктивных элементов, обеспечивающих каналы передачи сигналов и энергии, датчиков контроля состояния машины, электронных блоков управления, жгутов проводов, разъемов, джойстиков, мониторов, модулей, процессоров, рукавов высокого давления и топливных шлангов. Применение рекомендованных защитных антикоррозионных покрытий по оценочным расчётам должно обеспечить повышение показателей эффективности использования ДСМ на 25-30%.

Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту №FSFM-2020-0011 (2019-1342), экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ.

Библиографический список

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов в машиностроении: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М. 2018. – 301 с.
2. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст]: учеб. пособие/ под ред. А.А. Берлина.- 3-е изд., испр. – СПб.: Профессия, 2011. – 560 с.
3. Баженов С.Л. Полимерные композиционные материалы [Текст]/ С.Л. Баженов, А.А. Берлин, А.А. Кульков, В.Г. Ошмян. – Долгопрудный: Интеллект, 2010.- 352 с.
4. ГОСТ 11262-2017 Пластмассы. Метод испытания на растяжение
5. ГОСТ 18564-2017 Пластмассы ячеистые жесткие. Метод испытания на статический изгиб
6. ГОСТ 23206-2017 Пластмассы ячеистые жесткие. Метод испытания на сжатие

References

1. N.I. Baurova, V.A. Zorin. Use of polymeric composite materials in mechanical engineering: manual. – M.: INFRA-M. 2018. – 301 pages.
2. Polymeric composite materials: structure, properties, technology [Text]: studies. a grant / under the editorship of. A.A. Berlina. - the 3rd prod., ispr. – SPb.: Profession, 2011. – 560 pages.
3. S.L. Bazhenov. Polymeric composite materials [Text] / S.L. Bazhenov, A.A. Berlin, A.A. Kulkov, V.G. Oshmyan. – Dolgoprudny: Intelligence, 2010. - 352 pages.
4. GOST 11262-2017 of Plastic. A test method on stretching
5. GOST 18564-2017 of Plastic cellular rigid. A test method on a static bend
6. GOST 23206-2017 of Plastic cellular rigid. A test method on compression

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент А.В. Еремин;
Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-346-95-87
e-mail: bora.av@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент
О.А. Волокитина
Россия, г. Воронеж, тел.: +7-910-349-72-56
e-mail: dixi.o@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент
В.П. Волокитин;
Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
Студент группы САС161 Ю.Ю. Николенко;
Россия, г. Воронеж, тел.: +7-910-280-14-90
e-mail: mc.dio40@yandex.ru*

*Voronezh state technical University
Cand. of Tech. Science, Associate prof.
A.V. Eremin;
Russia, Voronezh, tel. +7-910-346-95-87
e-mail: bora.av@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
Cand. of Tech. Science, Associate prof.
V.P. Volokitin;
Russia, Voronezh, tel. +7-910-343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
Student group SAS161 Y.Y. Nicolenco;
Russia, Voronezh, tel.: +7-910-280-14-90
e-mail: mc.dio40@yandex.ru*

А.В. Еремин, О.А. Волокитина, В.П. Волокитин, Ю.Ю. Николенко

ДИАГНОСТИКА АКТИВНОЙ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Оценка состояния арматуры железобетонных пролетных строений является фактором, определяющим долговечность и эксплуатационную надежность мостового сооружения. В настоящее время наибольшее внимание уделяется методам неразрушающего контроля, результаты измерения которых подтверждены натурными исследованиями.

Ключевые слова: мост, пролетное строение, арматура, метод потенциалов полуэлемента, оценка технического состояния.

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

DIAGNOSTICS OF ACTIVE CORROSION OF REINFORCED CONCRETE SPAN STRUCTURES DURING INSPECTION OF ROAD BRIDGE STRUCTURES

Assessment of the state of reinforcement of reinforced concrete superstructures is a factor that determines the durability and operational reliability of a bridge structure. Currently, the greatest attention is paid to non-destructive testing methods, the measurement results of which are confirmed by field studies.

Keywords: bridge, superstructure, reinforcement, half-elimination potential method, technical condition assessment.

Пролетное строение – несущая конструкция моста, перекрывающая все пространство или его часть между опорами, воспринимающая нагрузку от элементов мостового полотна, транспортных средств и пешеходов и передающая ее на опоры. За продолжительный период эксплуатации, несущая способность железобетонных балочных или плитных пролетных может снижаться в результате воздействия погодных-климатических факторов, сверхнормативных транспортных нагрузок, неправильных процессов эксплуатации. Одним из дефектов железобетонных пролетных строений влияющий на несущую способность является коррозия рабочей арматуры. Процесс распространения активной коррозии рабочей арматуры является следствием воздействия ряда факторов. Общеизвестно, что основой защитного действия бетонов по отношению к арматуре является щелочной характер влаги в капиллярно-пористой структуре бетона, способствующий сохранению пассивного состояния поверхности стали. Таким образом, при высокой плотности бетона, надлежащей величине защитного слоя и отсутствии его повреждений (трещины, сколы, каверны и пр.) арматура в бетоне сохраняется в пассивном состоянии долгие годы и десятилетия. Однако при повышенной пористости бетона и агрессивности (в том числе влажности) внешней среды бетон не обеспечивает защиту арматуры от проникновения агрессивных агентов (например, хлоридов), кислотообразующих жидкостей и газов. Одним из основных факторов, способствующих коррозии арматуры, является нейтрализация высокощелочной среды бетона за счет обменной реакции гидроксида кальция в бетоне с кислыми газами в воздухе (в основном CO_2). Этот процесс называется карбонизацией бетона.

Процесс карбонизации начинается с поверхности бетонной конструкции с момента ее изготовления и движется вглубь по мере проникновения углекислого газа внутрь бетона. Скорость карбонизации зависит от многих факторов, таких как плотность бетона, температура и влажность окружающей среды и самой конструкции и других.

Достигая арматуры, карбонизация переводит сталь в активное состояние, а поступающие в бетон кислород (окислитель) и влага (электролит) обеспечивают процесс коррозии, проходящий по электрохимическому принципу. В основе коррозии арматуры лежит катодный процесс восстановления кислорода. На аноде ионы железа (Fe^{++}) распадаются, и электроны переходят в свободное состояние. Освободившись, они движутся к катоду, где вместе с водой и кислородом образуют гидроксид ионы (OH^-). Сущность такого процесса сводится к разрушению анодных участков и восстановлению окислителя на катодных участках поверхности металла.

Коррозия арматуры при таком процессе имеет, как правило, сплошной характер. Продукты коррозии накапливаются вокруг арматуры и впоследствии приводят к образованию трещин и отслоению защитного слоя бетона. Вторым возможным механизмом коррозионного разрушения арматуры является локальная депассивация арматурной стали при воздействии ионов хлора (Cl^-). Ионы хлора – сильнейшие стимуляторы коррозии стали – являются основной причиной возникновения точечной коррозии стержней арматуры. При обоих описанных механизмах возникает коррозионный ток. Потенциал коррозии – это потенциал металла, установившийся в результате протекания сопряженных анодного и катодного процессов без внешней поляризации. Измеряя потенциал арматуры, можно неразрушающим методом определить участки возникновения коррозии [1].

Применение данного метода регламентировано ОДМ 218.3.001-2010 «Рекомендации по диагностике активной коррозии арматуры в железобетонных конструкциях мостовых сооружений на автомобильных дорогах методом потенциалов полужлемента». Метод потенциалов полужлемента основан на корреляции измеренного электрохимического потенциала и наблюдаемой скоростью коррозии металла в железобетоне. Его сущность состоит в измерении электрического потенциала, возникающего между арматурной сталью и стандартным электродом сравнения, который устанавливается на интересующие участки поверхности железобетонной конструкции. Метод позволяет выявлять в железобетонной конструкции места скрытого процесса коррозии предварительно напряженной, обычной

рабочей и конструкционной арматуры, в том числе при отсутствии на бетонной поверхности видимых внешних признаков коррозии - пятен ржавчины, трещин и пр. По результатам диагностики железобетонной конструкции методом потенциалов полуэлемента дают вероятностную оценку наличия или отсутствия процесса коррозии в арматуре в местах измерений. В связи с тем, что метод потенциалов полуэлемента не дает оценку фактического состояния арматуры, а только показывает вероятность наличия или отсутствия коррозионных процессов в арматуре в данном месте конструкции, он не является самостоятельным методом исследования и его рекомендуется применять в комплексе с другими исследованиями при специальных и предпроектных обследованиях сооружений. При необходимости, такое исследование может выполняться как самостоятельный вид работ. Результаты диагностики методом потенциалов полуэлемента, являются важной информацией, которую используют при оценке и прогнозировании технического состояния мостовых сооружений, остаточного срока службы конструкций и учитывают при разработке проектной документации по ремонту, капитальному ремонту и реконструкции [2].

Представленный метод был реализован при обследовании мостовых сооружений в Нижегородской области. Применение данного метода было обосновано целью назначения ремонтных мероприятий по результатам обследования с оценкой степени развития активной коррозии арматуры в несущих конструкциях пролетных строений. При проведении полевых работ выполнены измерения прочности бетона, глубины карбонизации бетона и величин потенциалов на поверхностях конструкции. Результаты измерений прочности и карбонизации представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты определения свойств бетона в несущих конструкциях пролетных строений

Сооружение	Место исследований	Фактическая толщина защитного слоя, мм	Результаты теста на карбонизацию бетона	
			Глубина вскрытия, мм	Цвет
Мост через реку Вадок на км 0+590 автомобильной дороги Вад-Свобода в Вадском районе	Пролет 1 Плита 1	20-30	10	ярко-малиновый
Мост через реку Гужедол на км 23+693 автомобильной дороги Криюша –Толба в Вадском районе	Пролет 1 Плита 12	30	15	ярко-малиновый

Таблица 2

Результаты определения прочностных свойств бетона

Сооружение	Место измерений	Средняя прочность бетона, МПа	Класс бетона по прочности
Мост через реку Вадок на км 0+590 автомобильной дороги Вад-Свобода в Вадском районе	Пролет 1, Плита 1	44,91	B35
	Пролет 1, Плита 2	38,54	B30
	Пролет 1, Плита 3	38,54	B30
Мост через реку Гужедол на км 23+693 автомобильной дороги Криюша –Толба в Вадском районе	Пролет 1, Плита 12	44,91	B35
	Пролет 1, Плита 11	44,91	B35
	Пролет 1, Плита 10	44,91	B35

Результаты, полученные после проведения диагностики активной коррозии арматуры, на обследуемых сооружениях показали, что на большей части длины имеет пассивное состояние относительно коррозионных процессов с вероятностью 90%, то есть процессы коррозии конструктивной арматуры в наибольшей степени вероятности отсутствуют.

Показателем коррозионной активности арматуры в бетоне является значение её электродного потенциала, определяемого как величина электродвижущей силы (ЭДС), возникающей в гальваническом элементе, составленном из медно-сульфатного электрода сравнения. Бетон в таком элементе играет роль своеобразного электролита.

Определение коррозионной активности проводилась согласно ОДМ 218.3.001-2010 «Рекомендации по диагностике активной коррозии арматуры в железобетонных конструкциях мостовых сооружений на автомобильных дорогах методом потенциалов полуэлемента». Согласно данной методике один из электродов (отрицательный) закрепляется на свободном участке арматурного каркаса, вторым (положительным) выполняются измерения по предварительно смоченной в целях лучшей электропроводности поверхности.

Исследования проводились вдоль плит пролетных строений 1 с шагом порядка 0,3 м. Значение потенциала определяется по вольтметру. Если потенциал арматуры меньше (по абсолютной величине), чем 200 (-мВ), то с вероятностью 90% можно заключить, что в данный момент коррозии арматуры на исследуемом участке не происходит. Если абсолютная величина потенциала находится в диапазоне 200÷350 (-мВ), то ситуация является неопределенной, коррозионная активность арматуры в зависимости от значения потенциала может подойти вплотную к критическому уровню и начало процесса коррозии имеет высокую вероятность. Если потенциал имеет значение по абсолютной величине более чем 350 (-мВ), то это с 90% вероятностью указывает на протекание коррозионного процесса в арматуре. Результаты исследований приведены на рисунках 1 и 2.

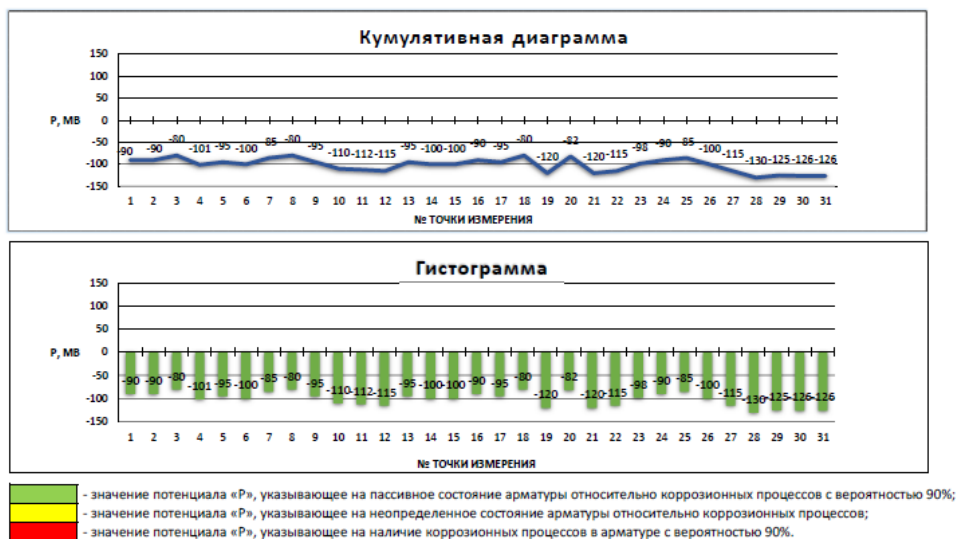


Рис. 1. Гистограммы и кумулятивные диаграммы распределения потенциалов на поверхности плиты №12 пролета №1 моста через реку Вадок на км 0+590 автомобильной дороги Вад-Свобода в Вадском районе

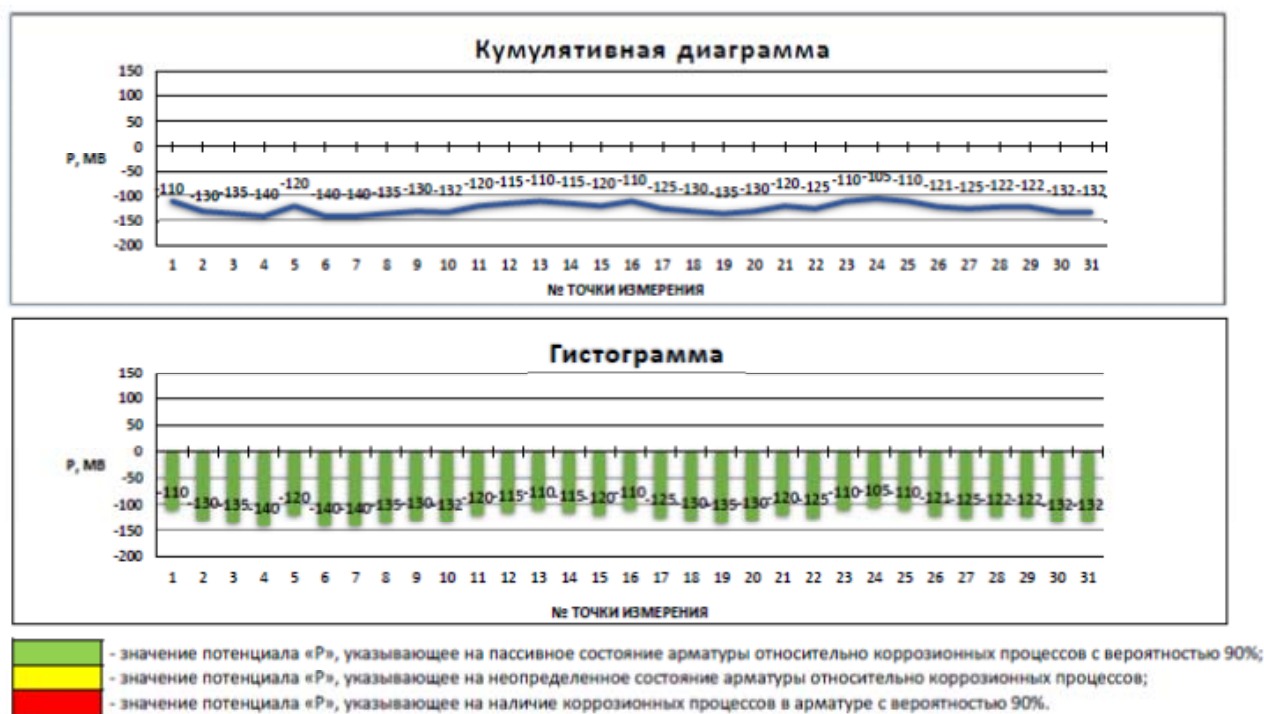


Рис. 2. Гистограммы и кумулятивные диаграммы распределения потенциалов на поверхности плиты №4 пролета №1 моста через реку Гужедол на км 23+693 автомобильной дороги Криуша –Толба в Вадском районе

Общая картина выглядит вполне удовлетворительно – коррозионная активность на всех изученных участках отсутствует. Таким образом, опасность массового развития коррозии арматурного каркаса балок пролётных строений сооружения в настоящий момент отсутствует. Результаты были подтверждены вскрытием защитного слоя бетона на участке обследуемой плиты пролетного строения. По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы: подтверждена возможность применения метода потенциалов полуэлемента регламентированного ОДМ 218.3.001-2010 для выявления процессов активной коррозии арматуры в пролетных строениях автодорожных мостов.

Библиографический список

1. Улыбин А.В. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций/ А.В. Пузанов, А.В. Улыбин// Инженерно-строительный журнал, №7, 2011, С. 18 – 24
2. ОДМ 218.3.001-2010 «Рекомендации по диагностике активной коррозии арматуры в железобетонных конструкциях мостовых сооружений на автомобильных дорогах методом потенциалов полуэлемента» [Текст] – Введ. 2011-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2011.

References

1. Ulybin A.V. Methods of inspection of the corrosion state of reinforcement of reinforced concrete structures / A.V. Puzanov, A.V. Ulybin // Engineering and construction journal, No. 7, 2011, pp. 18 - 24
2. ODM 218.3.001-2010 "Recommendations for the diagnosis of active corrosion of reinforcement in reinforced concrete structures of bridge structures on highways by the method of half-element potentials" [Text] - Introduction. 2011-01-01. - M.: Publishing house of standards, 2011.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 629.3.032.018

*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;
И.А. Савинов, 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;
I.A. Savinov, A.V. Kovalenko, cadets.
Russia, Voronezh, ph. 8 (910) 342-27-15
E-mail: madf.vgasu@mail.ru*

А.В. Василенко, А.А. Колтаков, И.А. Савинов, А.В. Коваленко

ВНУТРИКОЛЕСНЫЙ ДАТЧИК ДЕФОРМАЦИЙ ШИНЫ

При проведении лабораторных или натурных испытаний колесного движителя транспортного средства возникает необходимость измерения деформаций пневматической шины. В работе описана конструкция внутриколесного датчика для измерений деформаций шины, обладающего более высокими техническими и эксплуатационными характеристикам.

Ключевые слова: оптический фотоприемник-преобразователь, светящиеся марки, решающее устройство.

A.V. Vasilenko, A.A. Koltakov, I.A. Savinov, A.V. Kovalenko

INSIDE WHEEL TIRE STRAIN GAUGE

When conducting laboratory or field tests of the vehicle's wheel drive, it becomes necessary to measure the deformations of the pneumatic tire. The paper describes the design of an internal wheel sensor for measuring tire deformations, which has higher technical and operational characteristics.

Keywords: optical photodetector-converter, luminous stamps, decision device.

Целью настоящей работы являлась разработка бесконтактного, внутриколесного устройства для измерения деформаций пневматической шины при ее качении.

Известно устройство для замера радиальной и тангенциальной деформации бескамерной шины в виде герметичного корпуса, вмонтированного изнутри в обод шины и снабженного электрическими датчиками, преобразующими деформации шины в электрический сигнал. Для измерения тангенциальной деформации шины использован ролик, опирающийся на внутреннюю поверхность шины [1].

Недостатками устройства является низкая точность измерения тангенциальной деформации шины за счет проскальзывания измерительного ролика.

Известно устройство для измерений деформаций пневматической шины, выполненное в виде телескопического штока, одной стороной прикрепленного к ободу колеса через универсальный шарнир, второй стороной - к внутренней поверхности камеры шины через шаровой шарнир, снабженное реостатными преобразователями, позволяющими измерять радиальную, тангенциальную, поперечную (боковую) деформации пневматической шины [2].

Недостатками устройства является необходимость установки внутрь пневматической шины механического устройства с телескопическим штоком, при этом взаимные перемещения деталей устройства регистрируются при помощи реостатных датчиков перемещения. Наличие механизма со сложными кинематическими связями, приводящих к появлению люфтов ухудшают метрологические качества устройства, кроме того, при аварийном падении внутреннего давления воздуха в шине происходит повреждение его механических деталей, а также повреждение внутренней поверхности пневматической шины.

Техническим результатом предлагаемого устройства является повышение точности измерения трех основных компонент деформаций пневматической шины при ее движении, а также уменьшение риска ее повреждения в случае аварийного падения внутреннего давления воздуха.

Указанный технический результат достигается за счет применения неконтактного оптического измерения перемещений светящихся марок, закрепленных на внутренней поверхности пневматической шины и перемещающихся совместно при ее деформации. Для этого на ободе колеса, внутри пневматической шины неподвижно установлен фотоприемник – преобразователь перемещений (например видеокамера высокого разрешения), а напротив, на оптической оси на внутренней поверхности пневматической шины закреплены $(2 \cdot N + 1) \cdot (2 \cdot N + 1)$ светящихся марок, расположенных в узлах прямоугольной сетки заданного размера. Деформации пневматической шины определяются путем математической обработки измерения приращений координат светящихся марок на видеоизображении, перемещающихся относительно неподвижного фотоприемника – преобразователя при движении колеса по опорной поверхности при помощи специального решающего устройства, позволяющего вычислить ортогональные компоненты деформации пневматической шины.

Использование симметричной сетки размерностью $(2 \cdot N + 1) \cdot (2 \cdot N + 1)$, где $N \geq 2$ позволяет повысить точность измерений компонент деформации шины, а наличие дополнительной марки, расположенной в среднем ряду, совпадающим с центральной плоскостью вращения колеса - определять направление вращения колеса.

На рис. 1 показан общий вид устройства. Устройство содержит $(2 \cdot N + 1) \cdot (2 \cdot N + 1)$ (где $N \geq 1$) светящихся марок 1 (например светодиоды с автономными источниками питания), закрепленных на внутренней поверхности пневматической шины в узлах симметричной прямоугольной сетки заданного размера, причем по меньшей мере одна дополнительная марка размещена в центральной плоскости вращения колеса (см. рис.1 вид А), последовательно соединенные фотоприемник - преобразователь 2 перемещений светящихся марок 1 и решающее устройство 3, при этом фотоприемник - преобразователь 2 установлен на ободе колеса 4 внутри пневматической шины 5.

На рис. 2 и 3 представлены оптические схемы для определения соответственно радиальной, тангенциальной или поперечной деформаций шины, используемые при расчете компонент деформаций шины 5 в решающем устройстве 3.

Светящиеся марки 1 закрепляют на внутренней поверхности пневматической шины 5 напротив фотоприемника – преобразователя 2, закрепленного на ободе колеса 4. При качении колеса с пневматической шиной 5 под действием внешних нагрузок происходит ее деформация в зоне контакта с опорной поверхностью. При этом совместно с внутренней поверхностью шины перемещаются светящиеся марки 1 относительно обода колеса 4 с закрепленным фотоприемником – преобразователем 2, вызывая изменение изображения, сигнал которого подается на вход решающего устройства 3 в котором вычисляются значения ортогональных приращений относительной деформации шины.

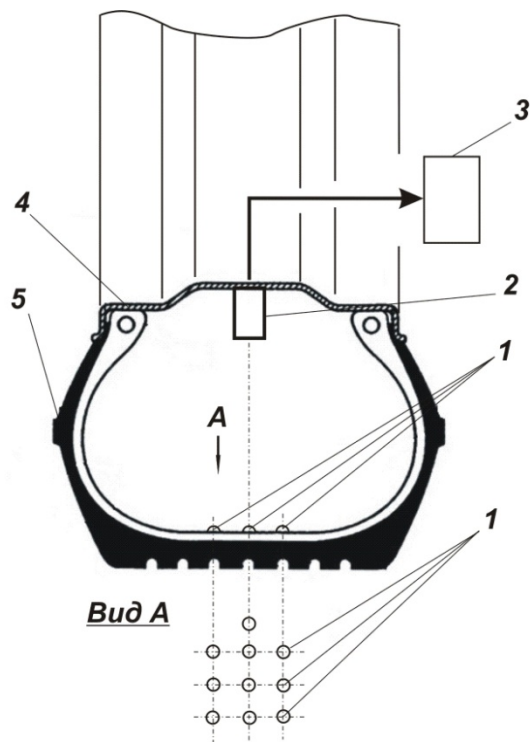


Рис. 1. Общий вид устройства:

1 – светящиеся марки; 2 – фотоприемник-преобразователь; 3 – решающее устройство;
4 – обод колеса; 5 – пневматическая шина

Между относительными изменениями координат марок и их оптическими изображениями существует линейная взаимосвязь [3], позволяющая определять деформации в точке внутренней поверхности пневматической шины относительно начального положения марок с достаточной для практики погрешностью (см. рис.2, 3).

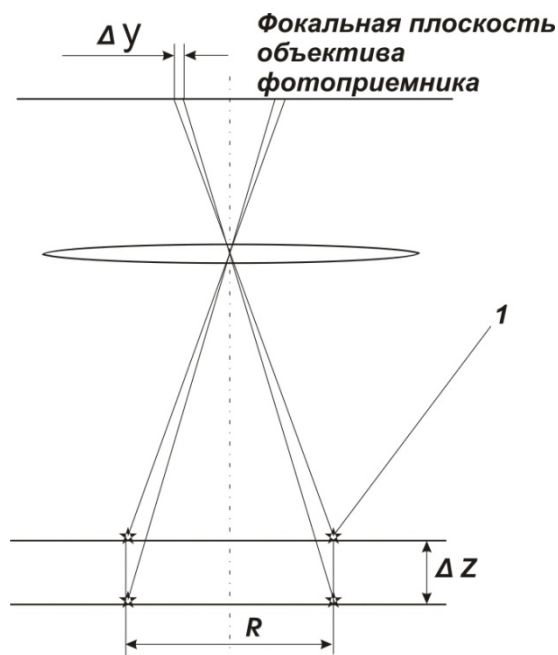


Рис. 2. Оптическая схема определения радиальной деформации шины:

1 – светящаяся марка; R – заданный размер;
 ΔX – радиальная деформация пневматической шины; ΔY – перемещение изображения марки

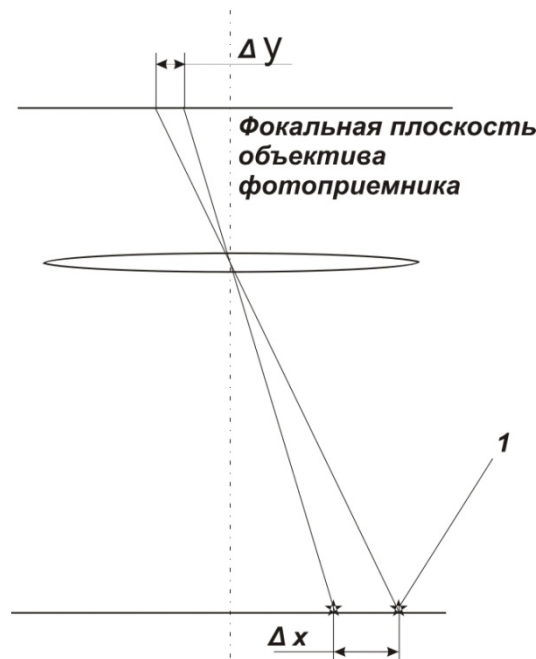


Рис. 3. Оптическая схема определения тангенциальной и боковой деформации шины:
 1 – светящаяся марка; ΔX – боковая или тангенциальная деформация шины;
 ΔY – перемещение изображения марки

Предлагаемое устройство для измерения деформаций пневматической шины позволяет повысить точность определения деформаций пневматической шины за счет отсутствия кинематических зазоров в механизме, а также измерения перемещений нескольких точек внутренней поверхности пневматической шины. Кроме этого, применение неконтактного способа измерения деформации позволяет значительно снизить риск повреждения шины и элементов устройства при аварийном падении внутреннего давления воздуха в шине в процессе испытаний.

Выводы

1. Предлагаемый оптический принцип измерения и конструкция внутриколесного датчика деформаций пневматической шины позволяет устранить недостатки известных технических решений, применяемых для подобных целей.
2. Конструкция устройства позволяет повысить эксплуатационные характеристики датчиков при проведении экспериментальных исследований характеристик пневматических шин.
3. Предлагаемый датчик может быть использован в других отраслях техники для проведения измерений, где требуется отсутствие механического контакта между датчиком и объектом измерения.

Библиографический список

1. А.с. № SU 137696A1, МПК G01B7/16G01N3/56, Устройство для замера радиальной и тангенциальной деформации бескамерной шины/М.В.Кузьмин, Бюл. №6, 1961 г.
2. А.с. SU №1057792 МПК G01M17/02, Устройство для измерения деформаций пневматической шины / Г.А.Аржаев и др., Бюл. №44, 1983 г.
3. Савельев И.В. Курс общей физики, т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.- М.: Наука. Гл.ред.физ.-мат. лит-ры, 1982.-496 с.

References

1. A. S. No. SU 137696A1, IPC G01B 7/16 G01N 3/56, Device for measuring radial and tangential deformation of tubeless tires / M.V. Kuzmin, Byul. no. 6, 1961
2. A. S. SU No. 1057792 MPK G01M 17/02, Device for measuring deformations of pneumatic tires / G. A. Arzhaev et al., Byul. No. 44, 1983.
3. Savelyev I.V. Course of general Physics, vol. 2. Electricity and magnetism. The waves. Optika. - M.: Nauka. Gl. ed. fiz. - mat. lit-ry, 1982. -496 p.

*Воронежский государственный техниче-
ский 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;*

*И.А. Савинов, Е.В. Прилепко, 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;*

*I.A. Savinov, E.V. Prilepko, cadets.
Russia, Voronezh, ph. 8 (910) 342-27-15
E-mail: madf.vgasu@mail.ru*

А.В. Василенко, А.А. Колтаков, И.А. Савинов, Е.В. Прилепко

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРИВОД ВЕДУЩИХ КОЛЕС БАЛАНСИРНОГО КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Комбинированный привод балансирного колесного движителя, состоящий из неуправляемого привода для передних колес и управляемого для задних позволяет устранить перераспределение вертикальных реакций на колесах, уменьшает паразитную циркуляцию мощности и снижает вероятность появления «галопирования».

Ключевые слова: балансирный колесный движитель, управляемый и неуправляемый привод, паразитная циркуляция мощности, «галопирование».

A.V. Vasilenko, A.A. Koltakov, I.A. Savinov, E.V. Prilepko

COMBINED DRIVE OF THE DRIVING WHEELS BALANCE WHEEL DRIVE

The combined drive of the balance wheel drive, consisting of an unmanaged drive for the front wheels and a controlled one for the rear wheels, eliminates the redistribution of vertical reactions on the wheels, reduces parasitic power circulation and reduces the likelihood of «galloping».

Keywords: balancing wheel propulsion, controlled and uncontrolled drive, parasitic power circulation, «galloping».

Целью настоящей работы являлось повышение тяговой эффективности и снижение вероятности возникновения автоколебаний бездифференциального балансирного колесного движителя строительно-дорожных и лесозаготовительных машин.

Известна конструкция ведущего моста самоходной строительной машины [1], включающего поперечную балку, расположенные в ней главную передачу и полуоси, продольные балансиры, монтированные на концах поперечной балки, силовые передачи внутри каждого из балансиров, состоящие из ведущего и ведомого элементов и укрепленные на концах балансиров колеса. В ведущем элементе силовой передачи каждого балансира монтирован планетарный ряд, состоящий из эпициклической шестерни, жестко соединенной с поперечной балкой солнечной шестерни, установленной на полуоси, и водила, соединенного с сол-

нечной шестерней с помощью сателлитов и установленного в поперечной балке на подшипниках. Изобретение позволяет обеспечить равномерное распределение нагрузок на колеса при уменьшении габаритов главной передачи.

Недостатком данного устройства является снижение тяговых показателей колесного движителя, обусловленное действием явления циркуляции мощности, при котором происходит перераспределение горизонтальных и вертикальных реакций опорной поверхности, совместно действующих на ведущие колеса балансиров при движении машины.

В предлагаемом устройстве повышение тяговых показателей колесного движителя достигается за счет минимизации явления циркуляции мощности путем компенсации перераспределения горизонтальных и вертикальных реакций опорной поверхности, совместно действующих на ведущие колеса балансиров при движении машины.

Взаимосвязанные передние и задние ведущие колеса балансира действуют неодинаковые вертикальные нагрузки [2], вызывающие различную деформацию шин, рабочие радиусы колес оказываются несколько отличными друг от друга, вследствие чего одно из колес будет блокироваться и пробуксовывать.

Кроме этого, в результате взаимодействия заблокированного балансирного колесного движителя и опорной поверхности происходит перераспределение ее горизонтальных и вертикальных реакций по ведущим колесам балансира, приводя к повороту балансиров вокруг точки подвеса, в сторону, противоположную подводимому крутящему моменту, вызывая появление явления циркуляции мощности, снижающего тяговые показатели машины [3.].

В предлагаемом устройстве повышение тяговой эффективности балансирного колесного движителя достигается тем, что в конструкции привода отсутствует жесткая кинематическая связь между колесами, в результате произойдет компенсация перераспределения горизонтальных и вертикальных реакций опорной поверхности, совместно действующих на ведущие колеса балансиров, следовательно, минимизируется действие явления циркуляции мощности.

С целью достижения поставленной цели дополнительно введены вторичная силовая установка, кинематически связанная с коробкой переключения передач, приводные механизмы передних колес, установленные на балансире и связанные со вторичной силовой установкой, блок управления, датчики угловой скорости, установленные на приводных валах каждого из колес, выход датчика угловой скорости переднего левого колеса, выход датчика угловой скорости заднего левого колеса, выход датчика угловой скорости заднего правого колеса и выход датчика угловой скорости переднего правого колеса соединены соответственно с первым, третьим, шестым и восьмым входами блока управления, датчики крутящего момента, установленные на приводных валах каждого из колес, выход датчика крутящего момента переднего левого колеса, выход датчика крутящего момента заднего левого колеса, выход датчика крутящего момента заднего правого колеса и выход датчика крутящего момента переднего правого колеса соединены соответственно со вторым, четвертым, пятым и седьмым входами блока управления, датчики вертикальных нагрузок, установленные на подшипниках приводных валов каждого из колес, выход датчика вертикальных нагрузок переднего левого колеса, выход датчика вертикальных нагрузок заднего левого колеса, выход датчика вертикальных нагрузок заднего правого колеса и выход датчика вертикальных нагрузок переднего левого колеса соединены соответственно с девятым, десятым, одиннадцатым и двенадцатым входами блока управления, элементы согласования по угловой скорости и крутящему моменту, установленные перед приводными механизмами передних колес и связанные с приводными механизмами передних колес и блоком управления, вход переднего правого колеса и вход переднего левого колеса элементов согласования по угловой скорости соответствуют первому и четвертому выходам блока управления, вход переднего правого колеса и вход переднего левого колеса элементов согласования по крутящему моменту соответствуют второму и третьему выходам блока управления.

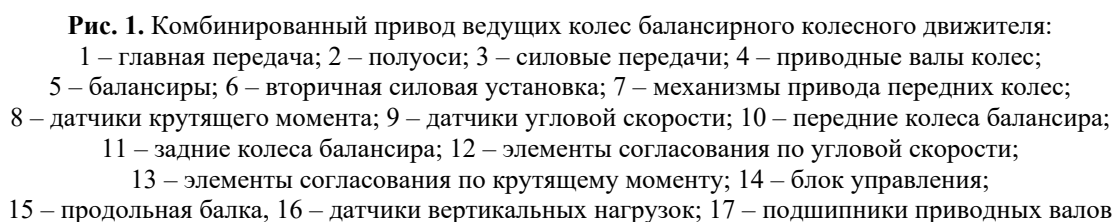
Крутящий момент от коробки переключения передач передается ко вторичной силовой установке, которая преобразует механическую энергию базового двигателя машины, например, в гидравлическую и передает ее на приводные механизмы передних колес балансира. Вторичная силовая установка может быть выполнена, например, в виде аксиально-поршневого насоса с редуктором заданного соотношения, создающего необходимое давление и расход рабочей жидкости в гидросистеме. Приводные механизмы передних колес преобразуют полученную энергию от вторичной силовой установки во вращательное движение связанных с ними приводных валов передних колес и могут быть выполнены, например, в виде гидромоторов. Для обеспечения необходимого согласованного движения передних и задних колес балансира используются датчики вертикальных нагрузок, угловой скорости и крутящего момента, элементы согласования по угловой скорости и элементы согласования по крутящему моменту, а также блок управления.

Датчики вертикальных нагрузок, например, электромагнитные, могут устанавливаться на подшипниках приводных валов и предназначены для получения соответствующих показателей и последующей передачей их в виде сигнала в блок управления. Датчики угловой скорости и крутящего момента, например, электромагнитные, могут устанавливаться на приводных валах балансира и предназначены для получения соответствующих показателей и последующей передачей их в виде сигнала в блок управления. В блоке управления, который может быть выполнен в виде микроконтроллера, с учетом параметров вертикальных нагрузок на колесах, каждому значению угловой скорости и крутящего момента правого и левого заднего колеса заложено соответствующее значение угловой скорости и крутящего момента правого и левого переднего колеса, если эти значения соответствуют, то система находится в равновесии, если эти значения не соответствуют, то вырабатываются сигналы управления. Для изменения угловой скорости, например, переднего левого колеса, блок управления вырабатывает сигнал на элемент согласования по угловой скорости, например, регулятор расхода, который может устанавливаться перед приводным механизмом левого переднего колеса, в результате изменения входного параметра, например, расход жидкости, будет меняться угловая скорость механизма привода. Для изменения крутящего момента, например, переднего левого колеса, блок управления вырабатывает сигнал на элемент согласования по крутящему моменту, например, регулятор давления, который может устанавливаться перед элементом согласования по угловой скорости левого колеса, в результате изменения входного параметра, например, давление жидкости, будет меняться крутящий момент механизма привода. Аналогично изменяются угловая скорость и крутящий момент на правом переднем колесе.

Схема предлагаемого комбинированного привода ведущих колес балансира колесного движителя представлена на Рис.1.

Предлагаемый комбинированный привод работает следующим образом: крутящий момент к заднему левому ведущему колесу 11 балансира 5 подается от двигателя машины через коробку переключения передач, главную передачу 5 и полуось 2, расположенных в продольной балке моста 15, и силовую передачу 3. К переднему левому колесу 10 балансира 5 крутящий момент подается от двигателя машины через коробку переключения передач, вторичную силовую установку 6 и механизм привода 7. При этом, параметры работы механизма привода 7 изменяются элементом согласования по угловой скорости 12 и элементом согласования по крутящему моменту 13.

Блок управления 14 анализирует полученные значения от датчиков вертикальных нагрузок 16, установленных на подшипниках 17 приводных валов 4 переднего левого 10 и заднего левого 11 колес, а также значения угловой скорости и крутящего момента с соответствующих датчиков 9 и 8 заднего левого колеса 11, установленных на вале привода 4, затем определяет (выбирает) необходимое значение угловой скорости и крутящего момента на переднем левом колесе 10 и вырабатывает сигнал управления на элементы согласования 12 и 13.



49

Выводы

1. Предлагаемая конструкция комбинированного привода балансирующего колесного движителя позволяет повысить тяговую эффективность движителя и устранить недостатки, связанные с наличием жесткой кинематической связью между колесами.

2. Комбинированный привод обладает универсальностью и может быть реализован с применением элементов управляемого гидравлического или электрического привода.

Библиографический список

1. А.с. № SU 519525, МПК E02F3/62 E02F9/02 B60K17/04 , Ведущий мост самоходной строительной машины, например, автогрейдера / А.В.Жаворонков и др., Бюл. №24, 1976 г.

2. Севров К.П., Горячко Б.В., Покровский А.А. Автогрейдеры. Конструкции, теория, расчет. – М.: Машиностроение, 1970. – 192 с.

3. Ульянов Н.А. Колесные движители строительных и дорожных машин. Теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1982. – 279 с.

References

1. A. S. No. SU 519525, IPC E02F 3/62 E02F9/02 B60K 17/04, Driving bridge of a self-propelled construction machine, for example, a motor grader / A.V. Zhavoronkov et al., Byul. no. 24, 1976.

2. Sevrov K. P., Goryachko B. V., Pokrovsky A. A. Motor Graders. Constructions, theory, calculation. - Moscow: Mashinostroenie, 1970. – 192 p.

3. Ulyanov N. A. Wheel movers of construction and road machines. Theory and calculation. - Moscow: Mashinos.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Магистранты кафедры строительной тех-
ники и инженерной механики им. профессора
Н.А. Ульянова В.П. Воищев, И.Г. Корнилов,
А.А. Мартынов, К.С. Лещенко, Д.Д. Толстов
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: niksal76@mail.ru*

*Voronezh State Technical University
Undergraduates of the pulpit of the chair of
building technique and mechanics engineering
named after Professor N.A. Ul'yanova
V.P. Voishchev, I.G. Kornilov, A.A. Martynov,
K.S. Leshchenko, D.D. Tolstov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: niksal76@mail.ru*

В.П. Воищев, И.Г. Корнилов, А.А. Мартынов, К.С. Лещенко, Д.Д. Толстов

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА И ВИБРАЦИИ ОПЕРАТОРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Рассматриваются вопросы по определению значений параметров шума и вибрации в кабине строительных и дорожных машин при заранее заданных критериях и физико-геометрических характеристиках элементов конструкции машины в рамках защиты операторов технологических машин.

Ключевые слова: виброизолятор, защита от шума, подвеска кабины.

V.P. Voishchev, I.G. Kornilov, A.A. Martynov, K.S. Leshchenko, D.D. Tolstov

TOPICAL ISSUES IN PROTECTION AGAINST NOISE AND VIBRATION OF CONSTRUCTION AND ROAD MACHINE OPERATORS

The issues of determining the values of the parameters of noise and vibration in the cab of construction and road machines with predetermined criteria and physical and geometric characteristics of the elements of the construction of the machine within the framework of the protection of operators of technological machines are considered.

Keywords: vibration isolator, noise protection, cockpit suspension.

Работа подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин характеризуются частыми и резкими сменами рабочих режимов. Это связано с неоднородностью дорожного покрытия, спусками и подъемами, интенсивностью движения, разнообразием характера выполняемых работ. В настоящее время, проблема снижения шума на дорожно-строительных машинах приобретает большое значение. При разработке противошумного комплекса кабин транспортных средств, агрегируемых с дополнительным оборудованием, решение данного рода проблем вызвано значительными трудностями, так как в этом случае шумозащитный комплекс базовых автомобилей является недостаточно эффективным при работе операторов машин специального назначения [1].

Шумом принято называть звуковые колебания, выходящие за рамки звукового комфорта. Чаще всего это беспорядочные колебания различной физической природы, которые могут иметь следующее происхождение: механическое (связанное с работой машин и оборудования, вследствие ударов в сочленениях, вибрации роторов и т.п.), аэродинамическое (вызванное колебаниями в газах), гидравлическое (связанное с колебаниями давления и

гидроударами в жидкостях), электромагнитное (вызванное колебаниями элементов электромеханических устройств под действием переменного электромагнитного поля или электрических разрядов).

Как и все акустические колебания, шум может восприниматься ухом человека в пределах частот от 16 до 20000 Гц (выше - ультразвук).

В нашей стране допустимые шумовые характеристики регламентируются по ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования». При этом нормируемой шумовой характеристикой различных рабочих мест при постоянном шуме является уровень звукового давления L , дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Кроме частоты и акустического (звукового) давления P , к основным характеристикам шума относят: интенсивность I , уровень звука L , а также мощность источника шума W .

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что средние уровни звука на дорогах крупных городов, в результате эксплуатации автомобильного транспорта, составляют 75...85 дБА, а максимальные значения достигают 95 дБА и выше, что существенно превышает нормативные уровни шума.

Исследования ученых ряда стран доказывают крайне неблагоприятное воздействие шума на организм человека, проявляющееся в специфических поражениях органов слуха и неспецифических изменениях других органов и систем. Имеют значение характер, уровень, частотный состав, продолжительность воздействия шума и индивидуальная чувствительность к нему [1].

Длительное влияние интенсивного шума вызывает значительные расстройства деятельности центральной нервной системы, сосудистого тонуса, функций органов желудочно-кишечного тракта, эндокринной системы, приводят к необратимым потерям слуха [1].

Неспецифическое действие шума может проявиться раньше, чем изменения слуха, и выражается в нарушении вегетативной нервной системы. В этом случае, воздействие шума наблюдается даже при небольших уровнях звука (40...70 дБ А), а выраженные психические реакции, появляются уже, начиная с уровней звука, равных 30 дБА [1].

Человек, подвергающийся воздействию интенсивного шума, затрачивает в среднем на 10...20 % больше физических и нервно-психических усилий, чтобы сохранить выработку, достигнутую им при уровне звука ниже 70 дБА. Также установлено, что общая заболеваемость человека, при его работе в условиях повышенного шума, возрастает на 10...15 %.

Нельзя оставить без внимания и тот факт, что при работах, требующих повышенного внимания, сопровождающихся увеличением уровня звука от 70 до 90 дБ А, имеет место снижение производительности труда на 20 %.

При работе дорожных машин, шум на различных частотах содержит быстропеременные пульсации звукового давления, а на частотах 20...200 Гц, 1000 Гц и более особенно негативно воздействует на весь организм в целом.

Повышенные уровни вибрации также негативно воздействуют на человека. Тело человека рассматривается как сочетание масс с упругими элементами, имеющими собственные частоты, которые для плечевого пояса, бедер и головы относительно опорной поверхности (положение "стоя") составляют 4—6 Гц, головы относительно плеч (положение "сидя") — 25—30 Гц. Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в диапазоне 6—9 Гц. Общая вибрация с частотой менее 0,7 Гц, определяемая как качка, хотя и неприятна, но не приводит к вибрационной болезни. Следствием такой вибрации является морская болезнь, вызванная нарушением нормальной деятельности вестибулярного аппарата по причине резонансных явлений.

При частоте колебаний рабочих мест, близкой к собственным частотам внутренних органов, возможны механические повреждения или даже разрывы. Систематическое воздействие общих вибраций, характеризующихся высоким уровнем виброскорости, приводит к виб-

рационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением центральной нервной системы. Эти нарушения вызывают головные боли, головокружения, нарушения сна, снижение работоспособности, ухудшение самочувствия, нарушения сердечной деятельности. При увеличении интенсивности колебаний и длительности их воздействия возникают изменения, приводящие в ряде случаев к развитию профессиональной патологии — вибрационной болезни.

Точную картину об уровнях шума и вибрации в кабине оператора технологической машины дают результаты полевых испытаний в лабораторно-полевых условиях в открытом звуковом поле. При этом может использоваться новый способ [2, 3, 4] разделения источников звука и аппаратура фирмы "Брюль и Кьер" (Дания), включающая шумомер типа 2203, 1/3-октавные фильтры типа 1613, акселерометр – 4332 и интегратор – ZR 0020. Акселерометр устанавливается на раме машины у левой опорной связи и на полу внутри кабины у той же опорной связи. Шумомер устанавливается в районе головы оператора снегоочистителя.

Перед началом проведения опыта выполнялось техническое обслуживание машины в соответствии с инструкцией, и производился прогрев агрегатов шнекороторного снегоочистителя. В качестве примера рассмотрены исследования дорожной шнекороторной снегоочистительной машины ДЭ-210: производилось вывешивание снегоочистителя, представленное на рис. 1, с целью определения вклада источников звуковой энергии в общее звуковое поле кабины.



Рис. 1. Расположение шнекороторного снегоочистителя при полевых исследованиях

К атмосферным условиям, подлежащим определению при виброакустических испытаниях, относятся температура окружающего воздуха, атмосферное давление, влажность воздуха, скорость ветра.

Использование методов разделения источников виброакустической энергии позволяет определить вклад каждого источника в общее звуковое поле кабины снегоочистителя; достоверность метода подтверждается результатами испытаний машины при уборке снега.

Картина вклада источников шума и вибрации в общее звуковое поле кабины позволяет наметить мероприятия для снижения виброакустического воздействия на оператора технологической машины.

Одним из способов снижения шума является создание высокоэффективных звукопоглощающих конструкций, используемых в виде облицовочных панелей в кабинах, капотах транспортных средств и в звукозащитных экранах, устанавливаемых вдоль оживленных магистралей и дорог.

Таким образом в вопросе шумозащиты, задача сводится к разработке и оптимизации звукопоглощающих конструкций, рассчитанных на поглощение шума в широком диапазоне частот.

Среди большого разнообразия звукопоглощающих материалов и конструкций широкое применение получили сотовые и ячеистые конструкции, которые хорошо зарекомендовали себя на практике.

Испытания новых и эффективных конструкции звукопоглощающих материалов производятся согласно ГОСТ 16297–80, который устанавливает методику определения звукоизоляционных и звукопоглощающих параметров материалов. Данный стандарт распространяется на звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы и изделия и устанавливает методы их испытаний для определения следующих показателей: коэффициента звукопоглощения при нормальном падении звука (нормального коэффициента звукопоглощения), нормального импеданса (сопротивления). Для определения нормального коэффициента звукопоглощения и нормального импеданса используются интерферометры.

Одной из задач при проектировании новой звукопоглощающей конструкции является эффективное гашение звука определенной заданной частоты. Для получения четкой картины об эффективности работы опытного образца необходимо производить его испытание на различных частотах с помощью интерферометров [5].

Одной из причин образования вредной виброакустической среды в кабине водителя является структурный шум, представляющий собою вибрацию на частотах от 20 Гц до 20 кГц, распространяющуюся через раму и опорные связи кабины транспортного средства от двигателя внутреннего сгорания и рабочих органов. Недостаточная эффективность виброизоляторов в опорных связях кабины и рамы транспортного средства, вызывает необходимость разработки поиска их новых конструкций.

При решении вопроса качественной виброизоляции кабины следует учитывать, что, как правило, виброизолятор обеспечивает эффективное гашение вибрации, в том числе звуковой, лишь в узкой полосе частот. При этом источники звуковой вибрации могут излучать виброакустическую энергию в широкой полосе частот. Также из практики известно, что нет необходимости бороться с этой энергией во всем диапазоне частот. Необходимо подавлять шум и вибрацию лишь на тех частотах, которые обеспечивают максимальный вклад в общее звуковое поле кабины технологической машины. Но в процессе изменения режимов работы машины эти частоты меняются, что вызывает необходимость применения виброизоляторов с изменяемой жесткостью. В свою очередь это вызывает необходимость поиска зависимостей жесткости виброизоляторов от их геометрических параметров и способов установки [4].

Виброизоляторы с изменяемой жесткостью являются перспективными устройствами, позволяющими обеспечить эффективную борьбу с вибрацией в опорных связях кабины и рамы, и обеспечивающими качественную виброзащиту операторов технологических машин. Дальнейшее направление исследований связано с автоматическим изменением жесткости системы виброизоляторов, в зависимости от того, на какой частоте необходимо обеспечить эффективное гашение виброакустической энергии.

Следует отметить, что при классической компоновке двигателя внутреннего сгорания и трансмиссии самоходных строительных и дорожных машин динамические нагрузки на раму передаются через опорные связи. Повышенные нагрузки, передаваемые на раму, возникают прежде всего при колебаниях двигателя и коробки передач, которые возбуждаются не только неуравновешенными силами и моментами инерции первого и второго порядка, но и динамической неуравновешенностью карданных передач.

Это объясняется двумя причинами: во-первых, невозможностью идеальной динамической балансировки на балансировочных станках; во-вторых, при монтаже карданной передачи на погрузчике накапливаются геометрические погрешности, связанные с непараллельностью осей валов соединяемых фланцев и их угловыми смещениями.

Таким образом, вибрацию карданной передачи можно уменьшить за счет изменения жесткости в опорных связях двигателя и коробки передач [2], повышения точности мон-

тажа карданных передач на машине, снижения частоты вращения; а также за счет динамической балансировки карданной передачи в сборе непосредственно на машине.

В инженерной практике часто возникает необходимость выполнения динамических расчетов конструкций и сооружений с учетом их взаимодействия с окружающей средой, например, с грунтовым основанием, с жидкостями или воздухом. Выполнение таких расчетов позволяет решать следующие задачи:

Оценка уровня колебаний зданий и сооружений, находящихся вблизи мощных источников возмущений в среде, таких как взрывные работы, ударно-вибрационное технологическое оборудование (кузнечные молоты, прессы, вибраторы), работы по забивке свай, поток проходящего рядом автотранспорта;

Определение степени виброакустического воздействия на организм человека, находящегося в зоне перечисленных источников возмущения, с учетом влияния элементов окружающей его конструкции (стен и перекрытий зданий, защитных экранов и т.п.);

Исследование волновых процессов в элементах несущих конструкций от специальных ударных воздействий, производимых с целью обнаружения скрытых неоднородностей (арматурных стержней, пустотных полостей, трещин и т.д.) и т.п.;

Моделирование сейсмического воздействия неоднородного грунтового основания на сооружения и коммуникации.

Метод конечных элементов является аналитической процедурой, интенсивная разработка которой велась в течение сравнительно короткого промежутка времени. Ключевая идея метода при анализе поведения конструкций заключается в следующем: сплошная среда (конструкция в целом) моделируется путем разбиения ее на области (конечные элементы), в каждой из которых поведение среды, описывается с помощью отдельного набора выбранных функций, представляющих напряжения и перемещения в указанной области. Эти наборы функций часто задаются в такой форме, чтобы удовлетворять условиям непрерывности описываемых ими характеристик во всей среде. Таким образом, если конструкция в целом неоднородна и состоит из большого количества отдельных конструктивных элементов, поведение каждого из которых описывается своим дифференциальным уравнением, то в этом случае, как правило, можно применить метод конечных элементов [1, 5].

В основе метода конечных элементов лежит вариационный интегральный принцип Лагранжа. Суть принципа Лагранжа заключается в утверждении, что в системах, стесненных идеальными стационарными внутренними связями и находящихся под действием потенциальных сил, не зависящих явно от времени, из множества кинематически допустимых перемещений, соответствующих заданным условиям, те, которые удовлетворяют условиям равновесия, придают потенциальной энергии системы стационарное значение. Если начальное и конечное положение системы достаточно близки, то действие по Лагранжу имеет минимум для действительного движения. В связи с этим принцип Лагранжа называется также принципом наименьшего действия в форме Лагранжа, то есть одним из фундаментальных принципов механики. Согласно принципу Лагранжа, в состоянии устойчивого равновесия значение потенциальной энергии системы минимально. Из вариационного принципа Лагранжа следует, что в состоянии равновесия системы каждый из ее элементов также находится в равновесии, которое соответствует равновесному состоянию всей системы. Принцип Лагранжа устанавливает также пропорциональную связь между силами и перемещениями элементов системы. Как видно, из достаточно специализированного описания сущности принципа Лагранжа следуют простые, практически используемые положения.

Рассчитываемая система расчленяется на некоторое число отдельных элементов конечных размеров, неразрывно связанных между собой в узловых точках, для которых должен быть известен характер соотношения между перемещениями и реакциями в узлах. Таким образом, генерируется сетка из конечных элементов простой геометрической формы, которая с достаточной степенью точности аппроксимирует конкретную конструкцию.

Исследования быстропеременных процессов при помощи метода конечных элементов проводились на примере дорожного шнекороторного снегоочистителя ДЭ-210, общий вид которой представлен на рис.1. Выбор машины обуславливался повышенным уровнем шума в кабине оператора – 83 дБА [3].

Так, например, для выполнения таких расчетов может быть использована программа ZVUK на основе метода конечных элементов в рамках плоской динамической задачи. Данная программа позволяет учитывать внешние кинематические воздействия, которые задаются в виде силовых и кинематических возмущений периодического или одиночного характера (для определения структурного шума), или в виде акустических источников звука (для определения воздушного шума).

Упругая среда представляется в виде прямоугольной расчетной области (РО) с заданием различных граничных условий на каждой стороне: свободный край, упругое или жесткое закрепление на локальных участках, демпфирующие связи, гасящие отраженные волны. Эффект гашения отраженных волн позволяет на ограниченной РО моделировать расчетную схему с бесконечно удаленными границами.

Упругая среда топологической схемы представляется в виде прямоугольной расчетной области с заданием различных граничных условий на каждой стороне: свободный край, упругое или жесткое закрепление на локальных участках, демпфирующие связи, гасящие отраженные волны [4].

Стержневая рамная конструкция, представленная на рис. 2, топологически описывается отдельной системой макроузлов и макроэлементов, которые затем автоматически разбиваются программой на стержневые конечные элементы, причем их длина согласуется с размером конечного элемента среды.

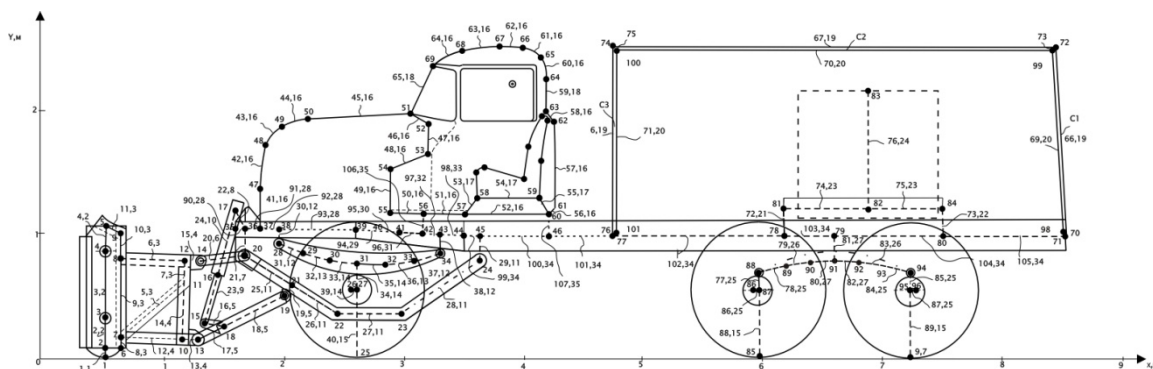


Рис. 2. Топологическая схема дорожной шнекороторной снегоочистительной машины ДЭ-210 при аппроксимации ее конечными элементами

Использование данного программного комплекса позволяет проводить исследования по защите от шума и вибрации оператора машины, что значительно удешевляет мероприятия по снижению виброакустических параметров технологической машины.

Выводы

1. Задача снижения шума и вибрации в кабине технологической машины является сложной и решается комплексным подходом в рамках лабораторных и полевых исследованиях.
2. Эффективное снижение шума и вибрации достигается на тех частотах, которые обеспечивают максимальный вклад в общее звуковое поле кабины технологической машины.
3. Для определения характеристик звукопоглощающих материалов и конструкций – коэффициента звукопоглощения при нормальном падении звука (нормального коэффициента звукопоглощения) и нормального импеданса (сопротивления), используются интерферометры.

4. Виброизоляторы с изменяемой жесткостью являются перспективными устройствами, позволяющими обеспечить эффективную борьбу с вибрацией в опорных связях кабины и рамы, и обеспечивающими качественную виброзащиту операторов технологических машин.

5. Разработанная математическая модель и программный комплекс «ZVUK» позволяют проводить численные исследования быстропеременных процессов без изменения в конструкции реального образца снегоочистителя.

Библиографический список

1. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Дуплищев С.М., Кравченко А.А., Никитин С.А., Покачалов А.С. Методология прогнозирования виброакустических параметров тяговых машин. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 9. С. 121-124.
2. Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А., Труфанов М.С., Радченко И.С. Экспериментальные результаты акустических испытаний колесного погрузчика ПК 27-02./Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. № 1. С. 125-127.
3. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А. Сравнение результатов виброакустических исследований на дорожной шнекороторной снегоочистительной машине типа ДЭ-210./ Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2010. № 1. С. 223-225.
4. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Воропаев В.О., Воронов А.С. Численные исследования быстропеременных виброакустических процессов при помощи метода конечных элементов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. № 1. С. 154-159.
5. Никитин С.А., Волков Н.М., Серов А.А., Морозов А.В., Оздобкин Д.В., Прасолов А.С. Оптимизация звукозащиты в кабине технологических машин. Научный вестник Воронежского государственного технического университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 216-221.

References

1. Ustinov Y. F., N.M. Volkov, Degtev D.N, Duplishev S.M, A.A. Kravchenko, S.A. Nikitin, A.S. Pokachalov. Methodology for predicting vibro-acoustic parameters of traction machines. News of higher educational institutions. Construction. 2003. Number 9. S. 121-124.
2. Volkov N.M., Degtev D.N., Nikitin S.A., Trufanov M.S., Radchenko I.S. Experimental results of acoustic tests of wheel loader PC 27-02 / Scientific Newsletter Of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering High-tech solutions. Ecology. 2013. № 1. P. 125-127.
3. Ustinov Y.F., Nikitin S.A., Volkov N.M., Degtev D.N. Comparison of vibroacoustic research results in screw-rotary snow remover, model DE-210./Scientific Newsletter Of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering High-tech solutions. Ecology. 2010. № 1. P. 223-225.
4. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, V.O. Voropaev, A.S. Voronov. Numerical research of a rapidly varying vibroacoustic processes using the finite element method. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2013. pp. 154-159.
5. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, A.A. Serov, A.V. Morozov, D.V. Oznobkin, A.S. Prasolov Optimization of sound protection in the cab of technological machines. Scientific Newsletter of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High Technologies. Ecology. 2017. pp. 216-221.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики им.
профессора Н.А.Ульянова Н.М. Волков,*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики им.
профессора Н.А. Ульянова*

Е.А. Тарасов,

*Магистранты кафедры строительной тех-
ники и инженерной механики им. профессора
Н.А. Ульянова В.В. Барбашов, А. С. Ченцов,
С.А. Мещеряков, Д. А. Степанов*

*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.A.
Ul'yanova N.M. Volkov,*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor N.A.
Ul'yanova E.A. Tarasov*

*Undergraduates of the pulpit of the chair of
building technique and mechanics engineering
named after Professor V.V. Barbachov, S.A.
Shentsov, S.A. Meshcheryakov, D.A. Stepanov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Н. М. Волков, Е.А. Тарасов, В.В. Барбашов, А.С. Ченцов, С.А. Мещеряков, Д.А. Степанов

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассматриваются результаты проведения лабораторных испытаний
опытного образца звукопоглощающей конструкции, используемого для шу-
мозащиты.

Ключевые слова: звукопоглощающие конструкции, шумозащита, коэффициент звукопо-
глощения

N.M. Volkov, E.A. Tarasov, V.V. Barbachov, S.A. Shentsov, S.A. Meshcheryakov, D.A. Stepanov

LABORATORY TEST RESULTS ADVANCED SOUND-ABSORBING STRUCTURES

The results of laboratory tests of a prototype of a sound-absorbing structure
used for noise protection are considered.

Keywords: sound-absorbing structures, noise protection, sound absorption coefficient

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения мощностей и скоростей дви-
жения автотракторного транспорта, что соответственно приводит к возрастанию шума,
воздействующего как на оператора транспортного средства, так и на людей, находящихся
в зоне работы машины [6]. Причем воздействию транспортного шума могут быть подвер-
жены люди, которые работают или проживают вблизи оживленных магистралей, и в этом
случае встает вопрос об акустическом загрязнении воздушной среды. Следствием этого
загрязнения является повышенная утомляемость, раздражительность, нарушение сна,
снижение эффективности рабочей деятельности жителей, находящихся большую часть дня
в акустическом поле с высоким уровнем звукового давления. Поэтому вопрос о шумоза-
щите людей, как в условиях зоны жилой застройки, так и на рабочем месте оператора
транспортного средства, является важным [1, 3, 6].

Опыт показывает, что разработка мероприятий по снижению транспортного шума – задача весьма сложная и дорогостоящая. Одним из способов снижения шума является создание высокоэффективных звукопоглощающих конструкций, используемых в виде облицовочных панелей в кабинах, капотах транспортных средств и в звукозащитных экранах, устанавливаемых вдоль оживленных магистралей и дорог [2, 4, 6].

Таким образом, задача сводится к разработке и оптимизации звукопоглощающих конструкций, рассчитанных на поглощение шума в широком диапазоне частот.

Среди большого разнообразия звукопоглощающих материалов и конструкций широкое применение получили сотовые и ячеистые конструкции, которые хорошо зарекомендовали себя на практике [1, 2, 3, 7].

На базе Научно-исследовательского института проблем виброакустики (НИИВА) ВГТУ была разработана и испытана новая звукопоглощающая конструкция на основе ячеистой формы. Испытания новой конструкции производились согласно ГОСТ 16297–80, который устанавливает методику определения звукоизоляционных и звукопоглощающих параметров материалов. Данный стандарт распространяется на звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы и изделия и устанавливает методы их испытаний для определения следующих показателей: коэффициента звукопоглощения при нормальном падении звука (нормального коэффициента звукопоглощения), нормального импеданса (сопротивления). Для определения нормального коэффициента звукопоглощения и нормального импеданса используются интерферометры [3].

Одной из задач при проектировании новой звукопоглощающей конструкции было эффективное гашение звука определенной заданной частоты. Для получения четкой картины об эффективности работы опытного образца было произведено его испытание на различных частотах.

Испытание производилось для двух образцов со сплошной и полый (опытный образец) структурой. Некоторые результаты испытания представлены в табл.1.

Таблица 1

Значение коэффициента звукопоглощения

Название образца	Коэффициент звукопоглощения, α_0
Частота $f_0 = 2000 \text{ Гц}$	
Образец сплошной	0,98251
Опытный образец с полый структурой	0,99974
Частота $f_0 = 1000 \text{ Гц}$	
Образец сплошной	0,99731
Опытный образец с полый структурой	0,99931

Выводы

Таким образом, на основании полученных данных можно утверждать, что новая звукопоглощающая конструкция работает более эффективно на заданной частоте.

Следует отметить, что при незначительном изменении типоразмера данная конструкция также эффективно будет гасить шум и на других заданных частотах.

Библиографический список

1. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Дегтев Д.Н., Муравьев А.В., Волков Н.М., Харламов А.Ю. Звукоподавляющая ячеистая панель. Патент на изобретение RU 2239238 С1, 27.10.2004. Заявка № 2003107507/28 от 18.03.2003.

2. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Душкин С.В., Иванов С.А. Результаты исследований звукопоглощающих материалов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 258-266.
3. Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Анферов П.С., Дружинин Д.Е. Лабораторные испытания звукопоглощающих конструкций из перспективных материалов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 162-164.
4. Волков Н.М., Дёгтев Д.Н., Никитин С.А., Труфанов М.С., Радченко И.С. Экспериментальные результаты акустических испытаний колесного погрузчика ПК 27-02. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. № 1. С. 125-127.
5. Устинов Ю.Ф., Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н. Сравнение результатов виброакустических исследований на дорожной шнекороторной снегоочистительной машине типа ДЭ-210. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Материалы межрегиональной научно-практической конференции "Высокие технологии в экологии". 2010. № 1. С. 223-225.
6. Волков Н.М. Автогрейдеры легкого типа с улучшенными виброакустическими характеристиками. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2003.
7. Жулай В.А., Устинов Ю.Ф., Ульянов А.В., Волков Н.М., Дёгтев Д.Н. Снижение вибрации кабин транспортно-технологических машин. В сборнике: Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. 2020. С. 13-15

References

1. Ustinov Yu.F., Muravyov VA, Degtev DN, Muravyov AV, Volkov NM, Kharlamov A.Yu. Sound-suppressing mesh panel. Invention patent RU 2239238 C1, 27.10.2004. Application No. 2003107507/28 dated 18.03.2003.
2. Nikitin S.A., Volkov N.M., Degtev D.N., Dushkin S.V., Ivanov S.A. Results of studies of sound-absorbing materials. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2016. No. 1. S. 258-266.
3. Volkov N.M., Degtev D.N., Anferov PS, Druzhinin D.Ye. Laboratory tests of sound-absorbing structures made of advanced materials. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2014. No. 1. S. 162-164.
4. Volkov N.M., Dyogtev D.N., Nikitin S.A., Trufanov M.S., Radchenko I.S. Experimental results of acoustic tests of the PK 27-02 wheel loader. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2013. No. 1. S. 125-127.
5. Ustinov Yu.F., Nikitin S.A., Volkov N.M., Degtev D.N. Comparison of the results of vibroacoustic studies on a road auger snowplow type DE-210. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Materials of the interregional scientific-practical conference "High technologies in ecology". 2010. No. 1. S. 223-225.
6. Volkov N.M. Light type motor graders with improved vibroacoustic characteristics. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2003.
7. Zhulay V.A., Ustinov Yu.F., Ulyanov A.V., Volkov N.M., Dyogtev D.N. Reducing the vibration of the cabins of transport and technological machines. In the collection: Innovative development of techniques and technologies for land transport. Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin. 2020.S. 13-15.

*Воронежский государственный
технический университет*

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

Д.Н. Дегтев;

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

С.В. Лавренов;

*Старший преподаватель кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
им. профессора Н.А. Ульянова*

А.А. Осипов;

*Студенты дорожно-транспортного фа-
культета и факультета машиностроения и
аэрокосмической техники Н.С. Жидких,
А.А. Мишенин, С.Д. Новопольцев;*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7 (960) 113-99-66
e-mail: zhidkikh.n@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University*

*Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engi-
neering mechanics named after Professor
N.A. Ulyanov D.N. Degtev;*

*Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engi-
neering mechanics named after Professor
N.A. Ulyanov S.V. Lavrenov;*

*Senior lecturer of the chair of construction
machinery and engineering mechanics named
after Professor N.A. Ulyanov*

A.A. Osipov;

*Students of faculty of roads and transport
and faculty of mechanical and
aerospace engineering N.S. Zhidkikh,
A.A. Mishenin, S.D. Novopoltsev;*

*Russia, Voronezh, tel. +7 (960) 113-99-66
e-mail: zhidkikh.n@vgasu.vrn.ru*

Д.Н. Дегтев, С.В. Лавренов, А.А. Осипов, Н.С. Жидких, А.А. Мишенин, С.Д. Новопольцев

СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРЕДНЕГО ПОВОРОТНОГО КУЛАКА ГОНОЧНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

В рамках проектирования автомобиля для дальнейшего участия в междуна-
родных студенческих инженерных соревнований «Формула Студент»
проводится статический анализ переднего поворотного кулака – одного из
компонентов колесно-ступичного узла болида, и делаются выводы о воз-
можности его дальнейшего применения в конструкции автомобиля.

Ключевые слова: Автомобилестроение, Формула Студент, гоночный автомобиль, колесно-
ступичный узел, независимая подвеска, неподрессоренные массы, поворотный кулак, стати-
ческий анализ.

D.N. Degtev, S.V. Lavrenov, A.A. Osipov, N.S. Zhidkikh, A.A. Mishenin, S.D. Novopoltsev

STATIC ANALYSIS OF FRONT STEERING KNUCKLE FOR FORMULA STUDENT RACE CAR

Static analysis of the front steering knuckle – one of the components of race
car wheel hub assembly, is performed and further conclusions are drawn within
the vehicle design process for the subsequent participation in “Formula Student”
international student design competition.

Keywords: Automotive industry, Formula Student, race car, wheel hub assembly, independent sus-
pension, unsprung mass, steering knuckle, static analysis.

«Формула Студент» – это международные студенческие инженерные соревнования, организованные Сообществом Автомобильных Инженеров (SAE – Society of Automotive Engineers). Состязания ежегодно проводятся в 19 странах мира, в т. ч. и в России. Задачей каждой из более чем 1000 существующих на сегодняшний день команд является проектирование, постройка, испытания и «реализация» на трассе гоночного автомобиля класса «формула» при соблюдении официального Регламента соревнований.

Пункт Т 2.1.1 Регламента 2020 года гласит: «Автомобиль должен быть спроектирован и построен в соответствии с надлежащими инженерными практиками» [1]. В связи с этим болид «Формулы Студент» команды ВГТУ «VoRTechs FS Team» изначально разрабатывается с оглядкой на уже имеющийся опыт международного автомобилестроения и автоспорта [3].

Колесно-ступичный узел является одним из ключевых узлов разрабатываемого автомобиля. Он включает в себя рассматриваемый компонент – поворотный кулак, который путем соединения со ступицей и подвеской обеспечивает равномерное вращение колеса автомобиля в стабильной плоскости. При этом к поворотному кулаку крепится тормозной суппорт и рулевая тяга автомобиля. Данная деталь также обеспечивает передачу усилий от ступичных подшипников и тормозного суппорта на рычаги подвески [2].

В качестве **материала для изготовления** анализируемой детали был выбран алюминиевый сплав 7075-T6, активно применяемый в авиастроении. Изготовление детали планируется осуществлять на фрезерном станке с ЧПУ. Такие материал и способ изготовления являются не самыми экономически выгодными, однако позволяют обеспечить минимальную массу изделия и, как следствие, снижение неподрессоренных масс автомобиля, что позитивно скажется на его динамических характеристиках [2]. Химический состав материала представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав в % материала 7075-T6

Al	Cr	Cu	Fe	Si	Ti	Zn	Mg	Mn
87,1-91,4	0,18-0,28	1,2-2	0,5	0,4	0,2	5,1-6,1	2,1-2,9	0,2-0,7

Удельная прочность – 203,56 МПа*см²/г; Предел прочности на растяжение – 572 МПа; Предел текучести – 505 МПа; Удлинение при разрыве – 11%.

Конструкция кулака должна обеспечивать простоту его изготовления, минимальную массу, максимальную жесткость и корректное перераспределение усилий [4].

Твердотельная модель детали подготовлена в студенческой версии САПР SolidWorks 2020. Дальнейший инженерный анализ проводится в модуле SolidWorks Simulation.

Статический анализ переднего поворотного кулака проводится с целью проверки пригодности изделия для дальнейшего применения в конструкции гоночного автомобиля. Анализ должен быть проведен как минимум для двух случаев нагружения – «максимальный поворот» и «максимальное торможение» [2].

Анализ начинаем с определения сил, действующих на поворотный кулак. При этом расчетная масса m автомобиля составляет 300 кг вместе с пилотом, она удерживается четырьмя колесами. Колесная база L автомобиля составляет 1525 мм. Ширина передней колеи $T = 1200$ мм. Развесовка принимается равной 50%:50%, т. е. на переднюю и заднюю оси приходится по 50% веса болида, и колесная база делится в пропорции 762,5/762,5 мм. Высота центра масс составляет $h_m = 295$ мм.

В ходе дальнейших расчетов сил, действующих на переднее колесо в пятне контакта в обоих случаях нагружения, по формулам из [2, с. 77-79] были получены следующие результаты, представленные в таблице 2.

Результаты расчетов сил в пятне контакта

Параметр	Значение при «максимальном повороте»	Значение при «максимальном торможении»
Продольная сила W_{long} , Н	—	1832,1
Вертикальная сила W_{vert} , Н	1679,6	1526,7
Поперечная сила W_{lat} , Н	2015,5	—

Далее определим характер приложения сил в случае «максимального поворота», обозначенных на рис. 1. Для корректного проведения статического анализа условимся, что поворотный кулак закреплен в точках крепления рычагов подвески и рулевой тяги. Силы W_{vert} и W_{lat} , приложенные к шине в пятне контакта, передаются на поворотный кулак через ступичные подшипники, поэтому допускается их приложение напрямую к кулаку. Таким образом, к кулаку прикладываются радиальные силы F_{inner} , F_{outer} , возникающие в ступичных подшипниках и распределенные синусоидально по корпусу подшипника, и поперечная сила W_{lat} , распределенная равномерно по кольцевой поверхности буртика, удерживающего подшипник [2].

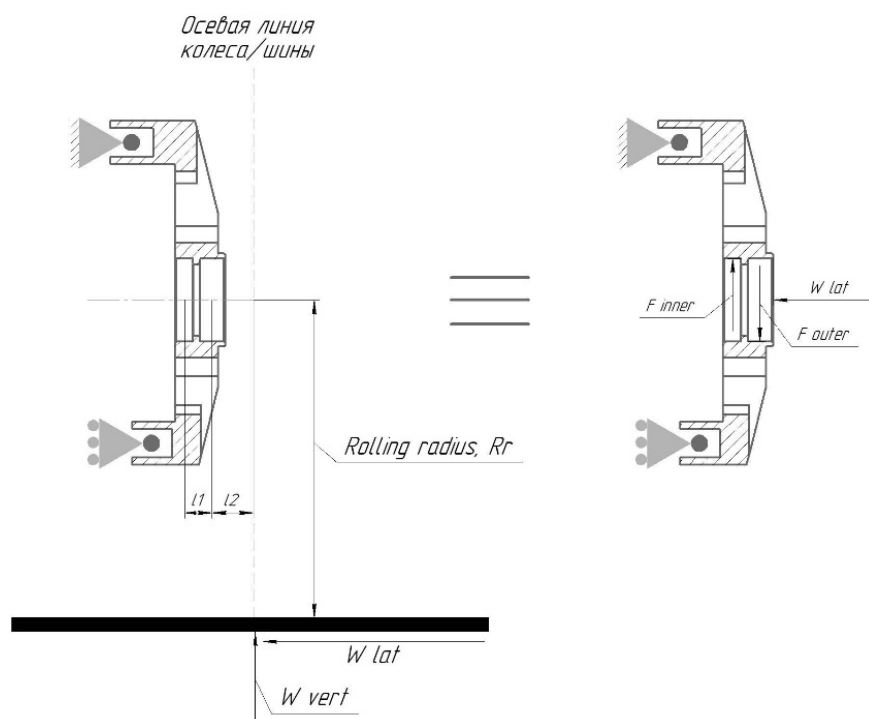


Рис. 1. Анализ переднего поворотного кулака при «максимальном повороте»

Радиальная сила F_{outer} во внешнем подшипнике определяется по формуле

$$F_{outer} = \frac{(W_{lat} \cdot R_r) - (W_{vert} \cdot (l_1 + l_2))}{l_1}, \quad (1)$$

где R_r – радиус качения колеса, $R_r = 254$ мм,

l_1 – расстояние между осями симметрии подшипников, $l_1 = 22,5$ мм,

l_2 – расстояние между осью симметрии внешнего подшипника и осью вращения колеса, $l_2 = 10$ мм,

Радиальная сила F_{inner} во внутреннем подшипнике определяется по формуле

$$F_{inner} = F_{outer} + W_{vert} \quad (2)$$

Результаты расчетов сил приведены в таблице 3

Таблица 3

Результаты расчетов сил при «максимальном повороте»

Параметр	Значение
Радиальная сила F_{outer} , кН	20,33
Радиальная сила F_{inner} , кН	22,01
Поперечная сила W_{lat} , Н	2015,5

В случае «максимального торможения» силы в пятне контакта также эквивалентно прикладываются к поворотному кулаку. При этом силы W_{long} и W_{vert} прикладываются как горизонтальные и вертикальные радиальные силы подшипников. К кулаку также приложена тормозная сила F_{brake} , возникающая в пятне контакта между тормозным диском и тормозными колодками. Она также раскладывается на горизонтальную и вертикальную составляющую, распределенные между двумя точками крепления суппорта.

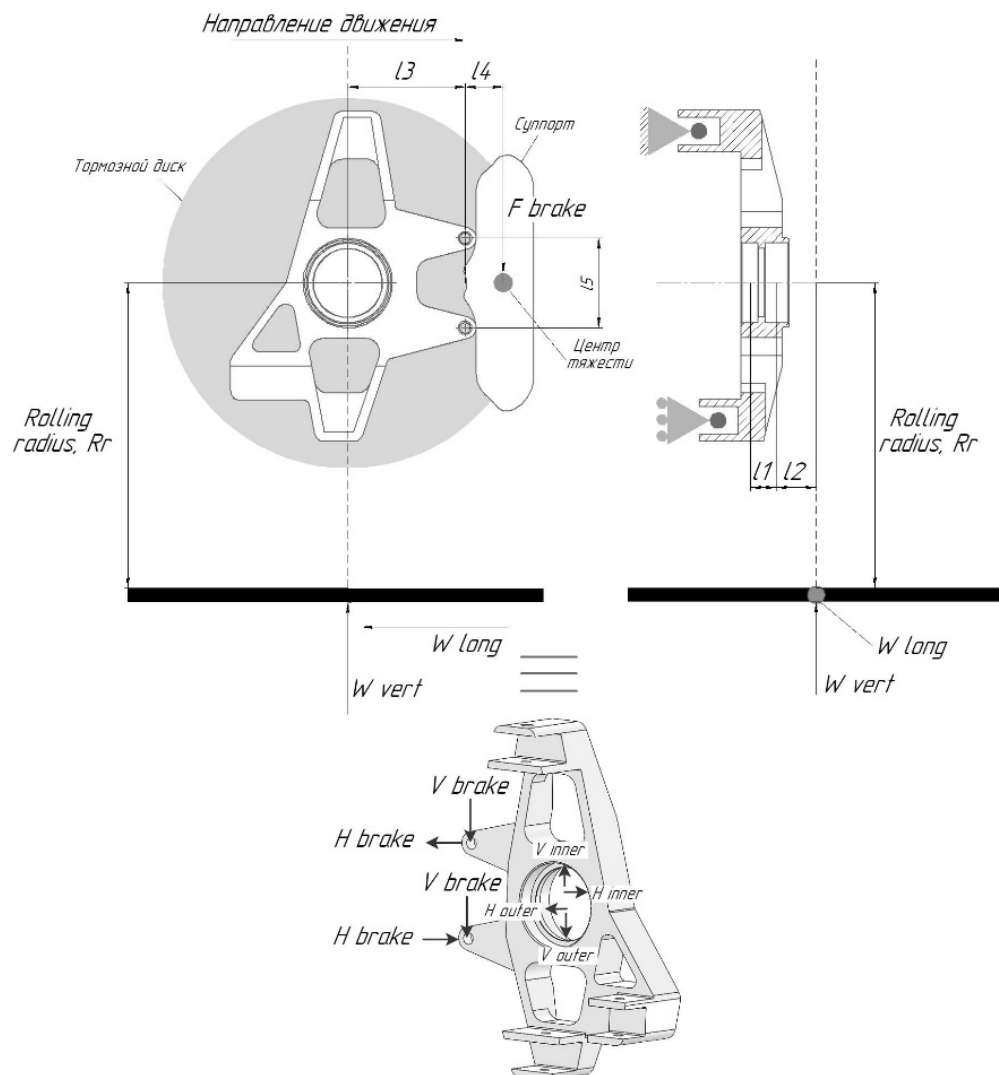


Рис. 2. Анализ переднего поворотного кулака при «максимальном торможении»

Результаты расчетов сил по формулам из [2, с. 172] приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты расчетов сил при «максимальном торможении»

Параметр	Значение
Радиальная сила V_{outer} , Н	2206
Радиальная сила H_{outer} , Н	2647
Радиальная сила V_{inner} , Н	679
Радиальная сила H_{inner} , Н	814
Тормозная сила V_{brake} , Н	2024,5
Тормозная сила H_{brake} , Н	1869

Дальнейший анализ был выполнен в модуле SolidWorks Simulation, результаты которого представлены на рис. 3-5.

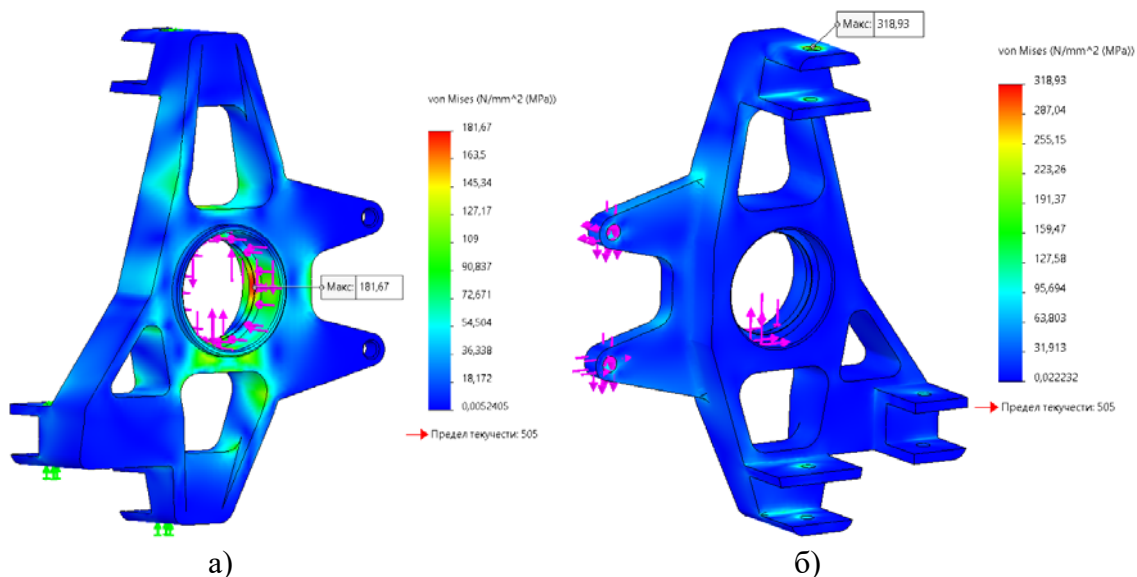


Рис. 3. Максимальное напряжение, МПа:
а) при повороте; б) при торможении

Минимальное напряжение составило 0,005 МПа при повороте и 0,022 МПа при торможении. Максимальное – 181,67 МПа и 318,93 МПа соответственно. При повороте максимальные напряжения наблюдаются в плоскости крепления ступичного подшипника, при торможении – в верхнем отверстии крепления верхнего рычага подвески.

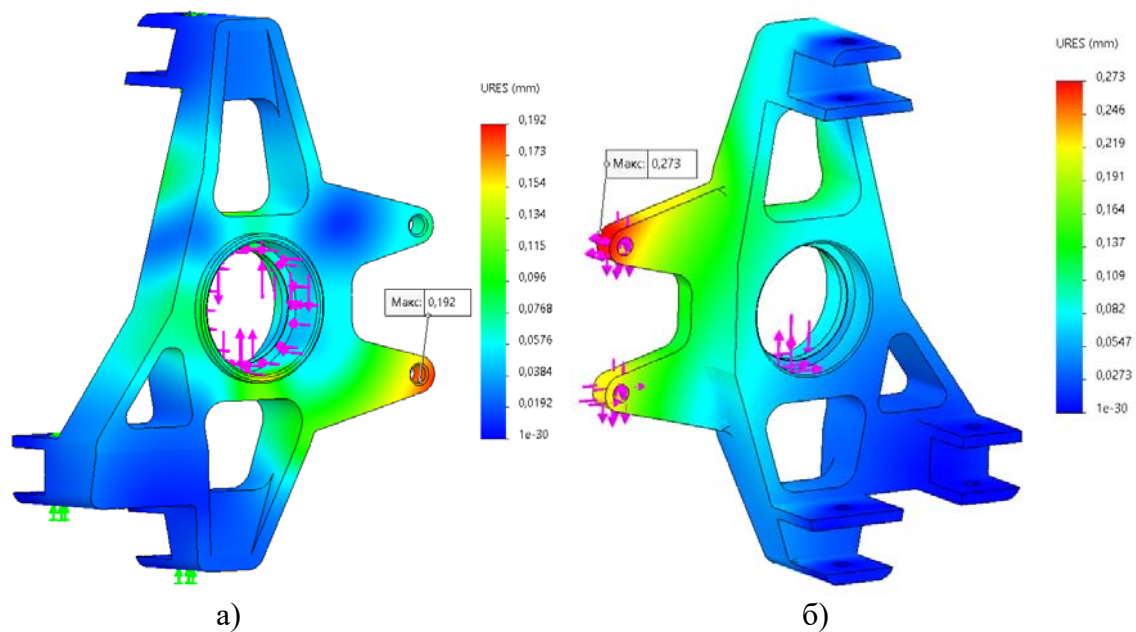


Рис. 4. Максимальное перемещение, мм:
а) при повороте; б) при торможении

Максимальное перемещение составило 0,192 мм и 0,273 мм для соответствующих способов нагружения. При повороте – в нижней точке крепления тормозного суппорта, при торможении – в верхней точке.

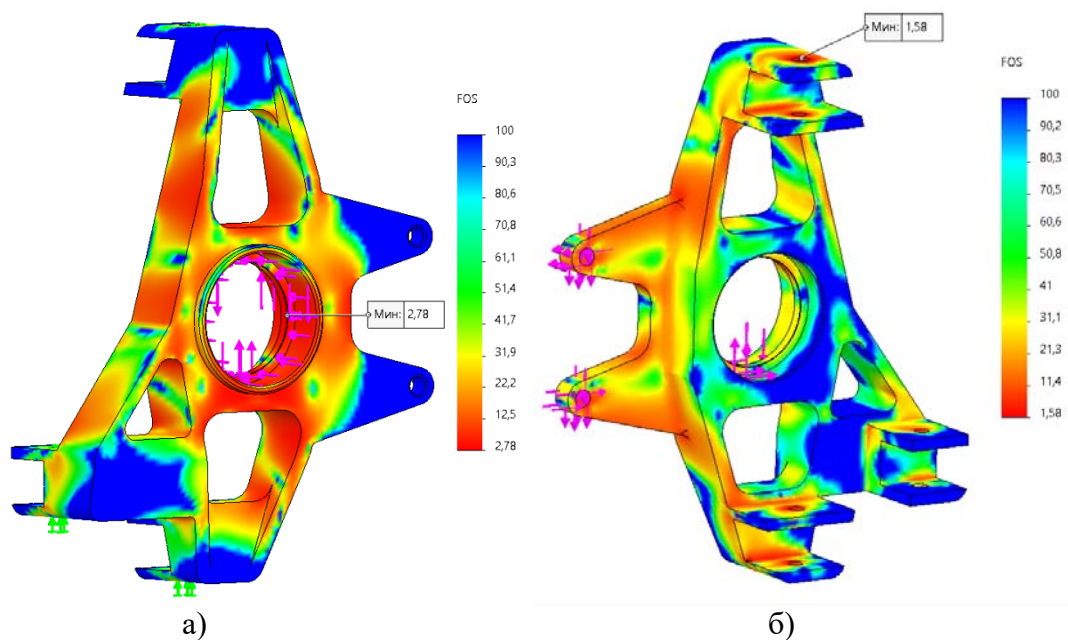


Рис. 5. Коэффициент запаса прочности FOS:
а) при повороте; б) при торможении

При повороте минимальный коэффициент запаса составил 2,78, при торможении – 1,58. Данные значения удовлетворяют требованиям безопасности, т. к. минимальной необходимом значение FOS составляет 1,5 для поворотных кулаков в «Формуле Студент» [2].

Выводы

1. Рассматриваемая конструкция переднего поворотного кулака удовлетворяет минимальным требованиям безопасности и может быть применена в конструкции болида.
2. В ходе анализа было выявлено множество зон с $FOS > 3 \dots 5$, которые являются объектами дальнейшей оптимизации конструкции с целью уменьшения массы детали.

Библиографический список

1. Formula Student Rules 2020, Version 1.0. [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2020/rules/FS-Rules_2020_V1.0.pdf (Дата обращения 28.04.2021).
2. Seward, D. Race Car Design. PALGRAVE, 2014.
3. Жидких, Н.С. Проект «Формула Студент ВГТУ» // Научная опора Воронежской области: сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.cchgeu.ru/upload/iblock/974/sbornik-trudov.-nauchnaya-opora-voronezhskoy-oblasti_2020.pdf (Дата обращения 30.04.2021).
4. Bagus Aulia Saputro. Static Load Simulation of Steering Knuckle for a Formula Student Race Car // AIP Conference Proceedings – February 2018. [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/323084105_Static_load_simulation_of_steering_knuckle_for_a_formula_student_race_car (Дата обращения 30.04.2021).

References

1. Formula Student Rules 2020, Version 1.0. [Electronic resource] // Web-site: https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2020/rules/FS-Rules_2020_V1.0.pdf (Reference date 28.04.2021).
2. Seward, D. Race Car Design. PALGRAVE, 2014.
3. Zhidkikh N. "Formula Student VSTU" project. // Scientific support of Voronezh [Electronic resource] // Web-site: https://www.cchgeu.ru/upload/iblock/974/sbornik-trudov.-nauchnaya-opora-voronezhskoy-oblasti_2020.pdf (Reference date 30.04.2021).
4. Bagus Aulia Saputro. Static Load Simulation of Steering Knuckle for a Formula Student Race Car // AIP Conference Proceedings – February 2018. [Electronic resource] // Web-site: https://www.researchgate.net/publication/323084105_Static_load_simulation_of_steering_knuckle_for_a_formula_student_race_car (Reference date 30.04.2021).

*Воронежский государственный
технический университет
Д. т. н., профессор кафедры
строительной техники и инженерной
механики В.А. Жулай;
ст. преп. Е.В. Кожакин;
студент группы мСДМ-191 Е.А. Казимирова;
студент группы НТС-161 М.А. Карпов.
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-70-66-90
e-mail: kozhakina@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Doctor of tech. sciences, professor
of the structural technique and engineering
mechanics dept V.A. Zhulai;
senior lecturer E.V. Kozhakin;
student group mSDM-191 E.A. Kazimirova;
student group NTS-161 M.A. Karpov.
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-70-66-90,
e-mail: kozhakina@mail.ru*

В.А. Жулай, Е.В. Кожакин, Е.А. Казимирова, М.А. Карпов

ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА РЕЗАНИЯ ОТВАЛА АВТОГРЕЙДЕРА

Представлены результаты исследования влияния изменения угла резания отвала автогрейдера на величину глубины резания. Выявлены недостатки конструкции и предложены способы их устранения.

Ключевые слова: автогрейдеры, рабочее оборудование.

V.A. Zhulai, E.V. Kozhakin, E.A. Kazimirova, M.A. Karpov

FEATURES KINEMATICS OF THE MECHANISM FOR CHANGING THE CUTTING ANGLE OF THE MOTOR GRADER BLADE

The results of the study of the influence of changes in the cutting angle of the motor grader blade on the value of the cutting depth are presented. Design flaws are identified and ways to eliminate them are proposed.

Keywords: motor graders, working equipment.

У современных автогрейдеров всех типов управление рабочим оборудованием (отвалом) производится из кабины машиниста с помощью гидропривода. Изменение углов резания и захвата непосредственно в процессе разработки грунта, обеспечивая наиболее рациональные условия для резания грунта, позволяет лучше приспособить машину к изменениям грунтовых условий, что, в конечном счёте, повышает её производительность [1-7].

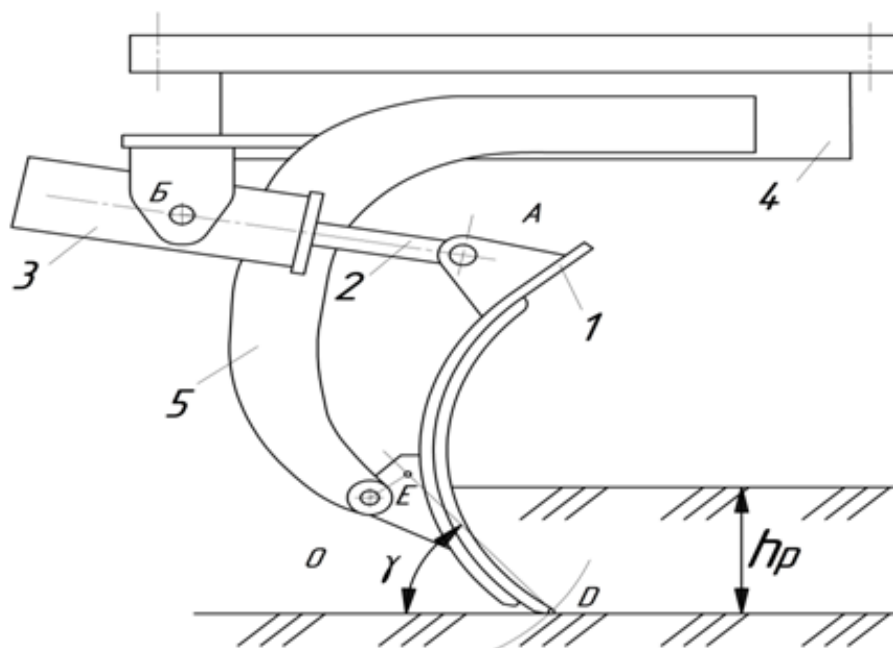


Рис. 1. Конструктивная схема механизма изменения угла резания отвала автогрейдеров моделей ДЗ – 143 и ДЗ – 148

Конструктивная схема механизма изменения угла резания представлена на рис.1 подвижными звеньями являются: 1 – отвал; 2 – шток гидроцилиндра с поршнем; 3 – корпус гидроцилиндра. Неподвижное звено – поворотный круг 4 с кронштейнами 5. Данный механизм представляет собой плоский четырёхзвенник с четырьмя низшими кинематическими парами и одной степенью подвижности.

Отличительной конструктивной особенностью механизмов изменения угла резания различных моделей автогрейдеров является место расположения шарнира Б крепления корпуса гидроцилиндра к поворотному кругу (рис.1). У автогрейдеров класса 100 (ДЗ – 148) и класса 160 (ДЗ – 143) этот шарнир расположен за отвалом, как показано на рис.1. у автогрейдеров класса 160 (ДЗ – 122) и класса 250 (ДЗ – 98, ДЗ – 98А) шарнир Б расположен перед отвалом.

Общим для всех современных схем этого механизма является то, что при изменении угла резания γ поворот отвала 1 относительно кронштейна 5 (неподвижное звено) происходит в шарнире О. У отечественных автогрейдеров классов 100 и 160 диапазон изменения угла резания $\gamma=30 - 70^\circ$, а у автогрейдеров класса 250 $\gamma=30 - 80^\circ$.

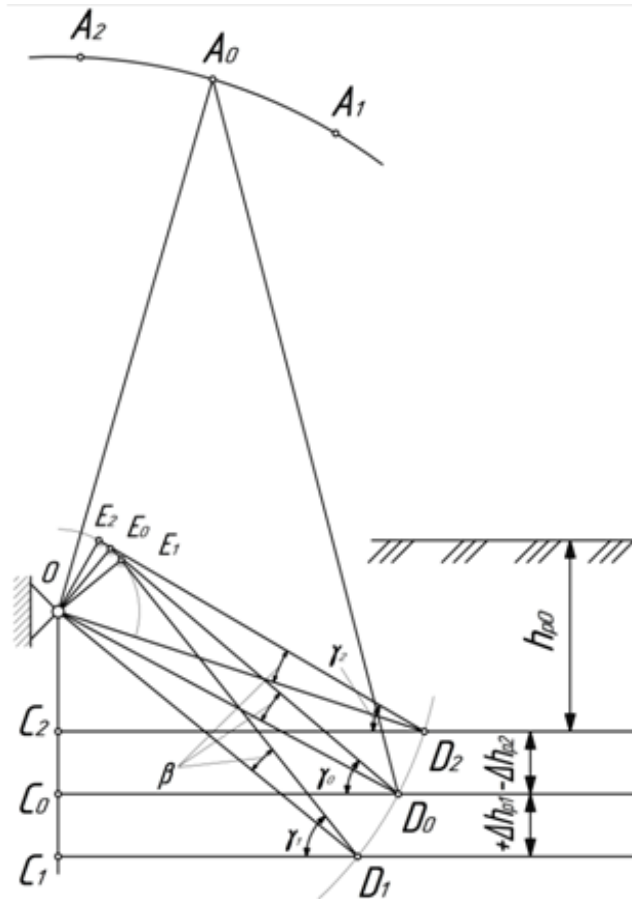


Рис. 2. Схема траекторий подвижных точек механизма изменения угла резания угла автогрейдера

Рассмотрим кинематику механизма, схема траекторий подвижных точек которого показана на рис.2. отвал заглублен в грунт на начальную глубину резания h_{p0} . Точкой D обозначена режущая кромка отвала (ножа). Введём следующие обозначения к схеме на рис.2.: R_D – радиус поворота режущей кромки отвала (ножа); r_D – радиус поворота передней грани отвала (ножа); R_A – радиус поворота головки штока гидроцилиндра

$$R_D = OD = \text{const}, r_D = OE = \text{const}, R_A = OA = \text{const} \quad (1)$$

Из $\triangle OE_0 D_0$ рис.(2) угол $\beta = \arcsin r_D / R_D = \text{const}$.

При угле резания $\gamma_1 > \gamma_0$ глубина резания:

$$h_{p1} = h_{p0} + C_0 C_1 = h_{p0} + \Delta h_{p1}, \quad (2)$$

где $\Delta h_{p1} = C_0 C_1 = R_D [\sin(\gamma_1 - \beta) - \sin(\gamma_0 - \beta)]$.

При $\gamma_2 > \gamma_0$:

$$h_{p2} = h_{p0} + C_0 C_2 = h_{p0} + \Delta h_{p2}, \quad (3)$$

где $\Delta h_{p2} = C_0 C_1 = R_D [\sin(\gamma_0 - \beta) - \sin(\gamma_2 - \beta)]$.

После преобразования выражений (2), (3) получим

$$\Delta h_{p1} = 2 R_D \sin \Delta \gamma / 2 \cos[(\gamma_0 - \beta) + \Delta \gamma / 2], \quad (4)$$

здесь $\Delta \gamma = \gamma_1 - \gamma_0, \gamma_1 = \gamma_0 + \Delta \gamma; \Delta h_{p1} = 2 R_D \sin \Delta \gamma / 2 \cos[(\gamma_0 - \beta) + \Delta \gamma / 2]$

$$\Delta h_{p2} = 2 R_D \sin \Delta \gamma / 2 \cos[(\gamma_0 - \beta) + \Delta \gamma / 2], \quad (5)$$

где $\Delta\gamma = \gamma_0 - \gamma_2$, $\gamma_2 = \gamma_0 - \Delta\gamma$.

В общем случае при $\gamma = \gamma_0 \pm \Delta\gamma$ имеем $h_p = h_{p0} \pm \Delta h_p$, здесь

$$\Delta h_p = 2 R_D \sin \Delta\gamma / 2 \cos[(\gamma_0 - \arcsin r_D / R_D) \pm \Delta\gamma / 2], \quad (6)$$

Таким образом, имея начальную глубину резания h_{p0} , при увеличении или уменьшении начального угла резания γ_0 на величину $\Delta\gamma$ будем увеличивать или уменьшать h_{p0} на величину Δh_p , что и является главной особенностью кинематики механизма изменения угла резания отвала современных автогрейдеров.

Анализ функции $\Delta h_p = f(\Delta\gamma, \gamma_0)$, представленный уравнением (6), показывает, что она является монотонной, не имеет выраженных экстремумов, проходит через начало координат и располагается в первом и третьем квадрантах, т. е. в областях положительных и отрицательных значений $\Delta\gamma$ и Δh_p .

При $|\Delta\gamma| = 0-40^\circ$ изменение глубины резания составляет у автогрейдеров моделей ДЗ - 143, ДЗ - 148 $|\Delta h_p| = 0 - 205$ мм, у автогрейдера модели ДЗ - 122 $|\Delta h_p| = 0 - 233$ мм.

Из (6) видно, что $|\Delta h_p| = 0$ при соблюдении одного из следующих трёх условий

$$\begin{aligned} R_D &= 0, \\ \Delta\gamma &= 0, \\ \cos[(\gamma_0 - \arcsin r_D / R_D) \pm \Delta\gamma / 2] &= 0, \end{aligned} \quad (7)$$

Условие $R_D = 0$ не может быть выполнено конструктивно, а $R_D = 0$ $\Delta\gamma = 0$ $\cos[(\gamma_0 - \arcsin r_D / R_D) \pm \Delta\gamma / 2] = 0$ не выполняется исходя из реальных значений параметров этой функции. Условие же $\Delta\gamma = 0$ соответствует случаю, когда в процессе работы отсутствует корректировка угла резания.

Таким образом, существующие кинематические схемы механизмов изменения угла резания отвала автогрейдера не обеспечивают постоянства глубины резания $h_p = const$ при изменении в процессе разработки грунта первоначального угла резания γ_0 . Поэтому эти схемы не могут быть использованы в системе автоматического управления процессом разработки грунта по углу резания в оптимальном режиме работы автогрейдера [8,9]. Между тем, как показывают исследования, автогрейдер в конкретных условиях работы имеет максимальную производительность и минимальный удельный расход топлива при определённом значении угла резания отвала, причём эти зависимости являются экстремальными.

Библиографический список

1. О производительности землеройно-транспортных машин. Жулай В.А. // Строительные и дорожные машины. 2013. № 3. С. 37-39.
2. Комплект аппаратуры для измерения и регистрации виброакустических параметров строительных и дорожных машин// Жулай В.А., Устинов Ю.Ф., Енин В.И., Тепляков И.М. Строительные и дорожные машины. 2002. № 10. С. 13-16.
3. Определение статистических характеристик рабочих нагрузок землеройно-транспортных машин// Жулай В.А., Кожакин Е.В., Тельпов А.К., Осипов А.А. Естественные и технические науки. 2020. № 3 (141). С. 206-211.
4. Исследование тяговых и эксплуатационных характеристик автогрейдера ГС-25.09// Журавлев В.В., Потапов А.П., Жулай В.А., Шарипов Л.Х., Скрипченков А.В., Кожакин Е.В. Строительные и дорожные машины. 2014. № 1. С. 02-05.
5. Мощностной и топливный балансы колесных землеройно-транспортных машин// Жулай В.А., Тюнин В.Л. Строительные и дорожные машины. 2014. № 9. С. 42-45.

6. Оценка топливной экономичности самоходных колесных землеройно–транспортных машин//Жулай В.А., Тюнин В.Л., Крестников А.В. Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 8. С. 27-31.

7. Анализ мощностного баланса землеройно–транспортных машин//Жулай В.А., Тюнин В.Л., Малофеев А.В., Пошвин А.И. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Материалы межрегиональной научно-практической конференции "Высокие технологии в экологии". 2012. № 1. С. 296-299.

8. Сравнительные испытания работы автогрейдера ДЗ-199 при ручном и автоматическом управлению отвалом// Никулин П.И., Тепляков И.М., Кононов А.А., Жулай В.А. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2002. № 11 (527). С. 91-93.

9. Повышение эффективности планировки грунта основным отвалом автогрейдера// Устинов Ю.Ф., Жулай В.А., Кононов А.А. Механизация строительства. 2009. № 8. С. 12-14.

References

1. About the productivity of earthmoving and transport machines. Zhulai V. A. / / Construction and road machines. 2013. No. 3. pp. 37-39.

2. Set of equipment for measuring and registering vibroacoustic parameters of construction and road machines/ / Zhulai V. A., Ustinov Yu. F., Enin V. I., Teplyakov I. M. Construction and road machines. 2002. No. 10. pp. 13-16.

3. Determination of statistical characteristics of working loads of earthmoving and transport machines / / Zhulai V. A., Kozhakin E. V., Telpov A. K., Osipov A. A. Natural and technical sciences. 2020. No. 3 (141). pp. 206-211.

4. Research of traction and operational characteristics of the GS-25.09 motor grader / / Zhurav-lev V. V., Potapov A. P., Zhulai V. A., Sharipov L. Kh., Skripchenkov A.V., Kozhakin E. V. Construction and road machines. 2014. No. 1. p. 02-05.

5. Power and fuel balances of wheeled earthmoving and transport machines / / Zhulai V. A., Tyunin V. L. Stroitelnye i dorozhnye mashiny. 2014. No. 9. pp. 42-45.

6. Assessment of fuel efficiency of self-propelled wheeled earthmoving and transport machines/ / Zhulai V. A., Tyunin V. L., Krestnikov A.V. Mechanization of construction. 2016. Vol. 77. no. 8. pp. 27-31.

7. Analysis of the power balance of earthmoving and transport machines//Zhulai V. A., Tyunin V. L., Malofeev A.V., Poshvin A. I. / / Scientific Bulletin of the Voronezh State Architectural and Construction University. Materials of the interregional scientific and practical conference "High Technologies in Ecology". 2012. No. 1. pp. 296-299.

8. Comparative tests of the work of the DZ-199 motor grader with manual and automatic blade control/ / Nikulin P. I., Teplyakov I. M., Kononov A. A., Zhulai V. A. Izvestiya vysshego uchebnykh zavedeniy. Construction. 2002. No. 11 (527). pp. 91-93.

9. Improving the efficiency of the ground planning by the main dump of the grader// Ustinov Yu. F., Zhulai V. A., Kononov A. A. Mechanization of construction. 2009. No. 8. pp. 12-14.

*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
Ю.Н. Спасибухов;*

*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-191
Е.А. Широков.*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: a.n.shienko@mail.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
Yu.N. Spasibukhov;*

*Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
V.L. Tyunin;*

*Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
A.N. Shchiyenko;*

*Master student of the department of construction
equipment and engineering mechanics
gr. mSDM-191 E.A. Shirokov.*

*Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-77-01-29
e-mail: a.n.shienko@mail.ru*

В.А. Жулай, Ю.Н. Спасибухов, В.Л. Тюнин, А.Н. Щиенко, Е.А. Широков

СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВАЛОВ КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

В данной публикации представлен стенд для проведения эксперимен-
тальных исследований изгибной жесткости шлицевых соединений валов
карданных передач. Приведены полученные экспериментальные зависимо-
сти прогиба вала карданной передачи с различной степенью износа шлице-
вого соединения от радиального усилия.

Ключевые слова: строительные и дорожные машины, вибродиагностирование, эксплуа-
ционные дефекты, стенд для проведения экспериментальных исследований, изгибная жест-
кость, шлицевое соединение, карданная передача, прогиб вала.

V.A. Zhulai, Yu.N. Spasibukhov, V.L. Tyunin, A.N. Shchiyenko, E.A. Shirokov

STAND FOR DETERMINING FLEXIBLE RIGIDITY SPLINE CONNECTIONS OF DRIVE SHAFT CONSTRUCTION AND ROAD MACHINES

This publication presents a stand for experimental studies of the bending
stiffness of spline joints of cardan shafts. The obtained experimental dependences
of the deflection of the universal joint shaft with different degrees of wear of the
spline joint from the radial force are given.

Keywords: construction and road machines, vibration diagnostics, operational defects, test bench,
bending stiffness, spline connection, cardan drive, shaft deflection.

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, 3].

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, 3].

Для получения зависимости изгибной жесткости шлицевого соединения валов карданной передачи от степени износа проводились экспериментальные исследования валов карданной передачи с различной степенью износа шлицевого соединения. Конкретно использовались валы карданных передач, которые имеют прямобочное шлицевое соединение $16 \times 56 \times 65 \times 5,0$ (ГОСТ 1139-80) и расстоянием между вилками 475 мм [4, 5].

Определение износа шлицевого соединения каждого из валов карданной передачи проводилось путем измерения ширины каждого шлица в трех сечениях по его рабочей длине. Результаты погрешности измерений износа шлицевого соединения каждого из валов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения погрешности измерений износа шлицевого соединения

Величина износа И, мм	Абсолютная погрешность Δb , мм	Средняя квадратичная погрешность σ_b ,	Относительная погрешность ε , %
0,3	$2,948 \cdot 10^{-3}$	$1,504 \cdot 10^{-3}$	0,51
0,5	$3,767 \cdot 10^{-3}$	$1,922 \cdot 10^{-3}$	0,526
0,65	$5,835 \cdot 10^{-3}$	$2,977 \cdot 10^{-3}$	0,547
0,75	$2,156 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,73

Изгибная жесткость шлицевого соединения определялась по величине прогиба вала под действием радиальной силы, приложенной в середине общей части этого соединения.

Для определения изгибной жесткости шлицевого соединения вала карданной передачи использовался стенд, за основу которого была взята лабораторная установка, имеющая нагружающее устройство (винтовой пресс) 1, обеспечивающее универсальному столу 2 осевое перемещение, и на котором установлены опорные призмы 3. Динамометрическое кольцо 6 со стрелочным индикатором 5, смонтированное в механизме установочного перемещения 7. Балку двутаврового сечения 9 со стрелочным индикатором 8, которая крепится непосредственно к исследуемой карданной передаче. Схема и общий вид стенда представлены на рисунке 1.

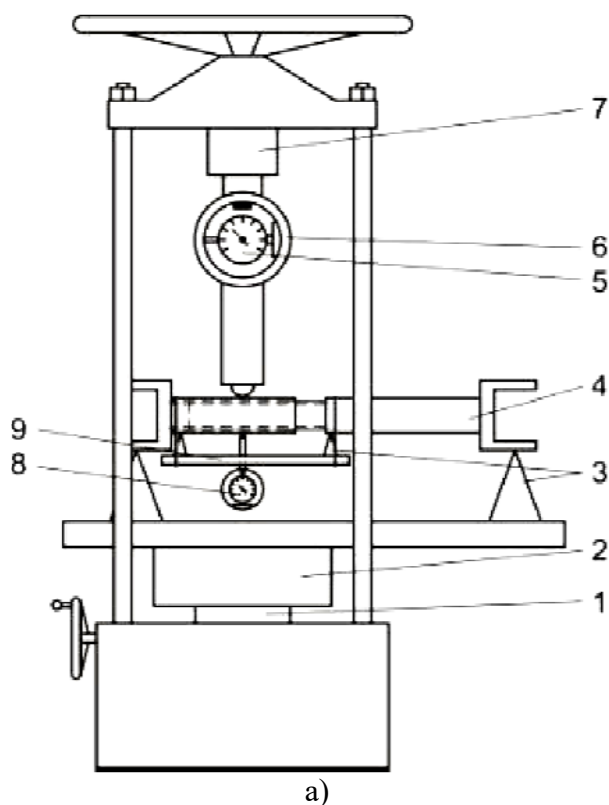


Рис. 1. Стенд для определения изгибной жесткости шлицевого соединения вала карданной передачи:
а – схема; б – общий вид

Результаты погрешности измерений прогиба вала e под действием радиальной силы Φ каждого из валов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Погрешности измерений прогиба вала

№ участка	Величина износа H , мм	Средняя квадратичная погрешность σ_e	Абсолютная погрешность Δe , мм	Относительная погрешность ε , %
1	0,30	$1,05 \cdot 10^{-3}$	$2,58 \cdot 10^{-3}$	5,83
2		$4,26 \cdot 10^{-3}$	$2,18 \cdot 10^{-3}$	4,72
1	0,50	$1,67 \cdot 10^{-3}$	$4,08 \cdot 10^{-3}$	6,00
2		$8,33 \cdot 10^{-4}$	$2,04 \cdot 10^{-3}$	4,90
1	0,65	$8,60 \cdot 10^{-3}$	$2,00 \cdot 10^{-2}$	4,90
2		$8,82 \cdot 10^{-3}$	$2,16 \cdot 10^{-2}$	5,00
1	0,75	$4,59 \cdot 10^{-3}$	$9,21 \cdot 10^{-3}$	2,37
2		$1,67 \cdot 10^{-3}$	$4,08 \cdot 10^{-3}$	1,74

Из анализа экспериментальных данных можно сделать вывод, что полученные экспериментальные зависимости следует аппроксимировать двумя прямыми, уравнение которых имеет вид

$$e = b_0 + b_1 \Phi$$

Вычисление коэффициентов b_1 и b_0 регрессионного уравнения производилось с помощью метода наименьших квадратов. Полученные значения коэффициентов приведены в таблице 3

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа

№ участка	Величина износа $И$, мм	Границы участков, Н	Коэффициенты регрессионного уравнения	
			b_1	b_0
I	0,30	0 71,2	$1,00 \cdot 10^{-3}$	0
II		71,2 352	$7,72 \cdot 10^{-5}$	$6,60 \cdot 10^{-2}$
I	0,50	0 71,2	$1,57 \cdot 10^{-3}$	0
II		71,2 352	$4,61 \cdot 10^{-5}$	$10,7 \cdot 10^{-2}$
I	0,65	0 81,2	$5,51 \cdot 10^{-3}$	0
II		81,2 362	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$43,9 \cdot 10^{-2}$
I	0,75	0 111,2	$6,60 \cdot 10^{-3}$	0
II		111,2 392	$8,92 \cdot 10^{-5}$	$70,5 \cdot 10^{-2}$

Проведенная проверка подтвердила значимость полученных коэффициентов и адекватность выбранных регрессионных уравнений.

Результаты зависимости прогиба вала карданной передачи e от радиальной силы Φ при разной степени износа шлицевого соединения с нанесенными линиями регрессии представлены на рисунках 2...5.

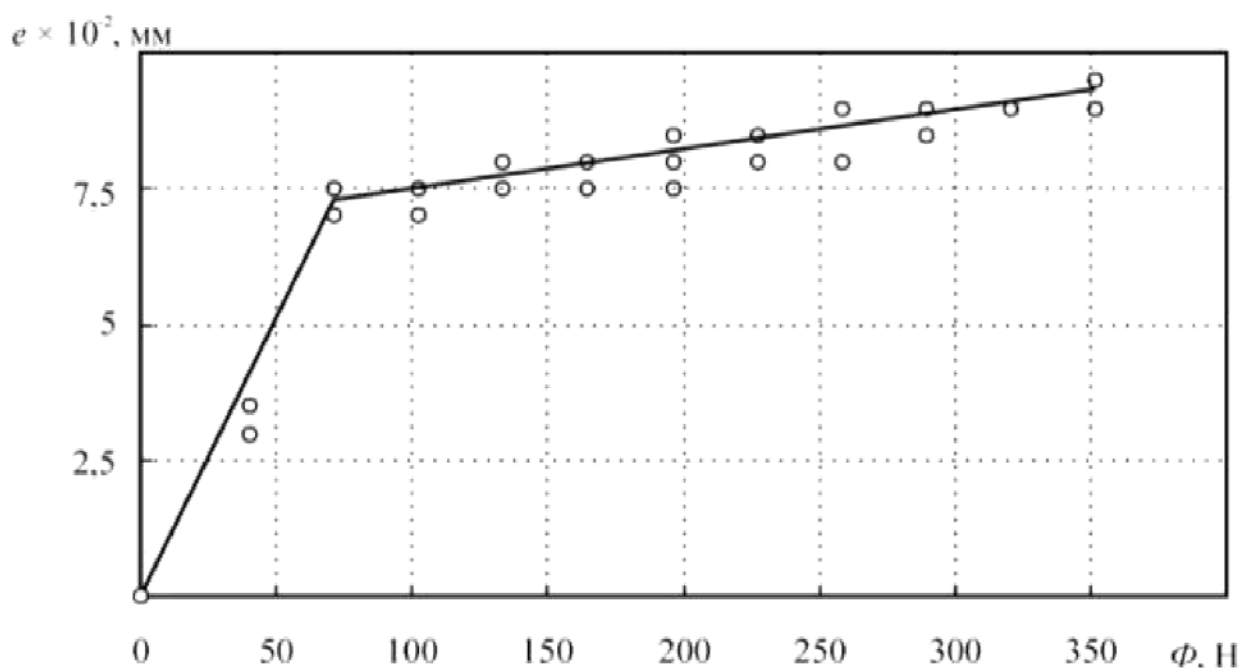


Рис. 2. Зависимость прогиба вала карданной передачи e от радиальной силы Φ при износе шлицевого соединения $И = 0,30$ мм

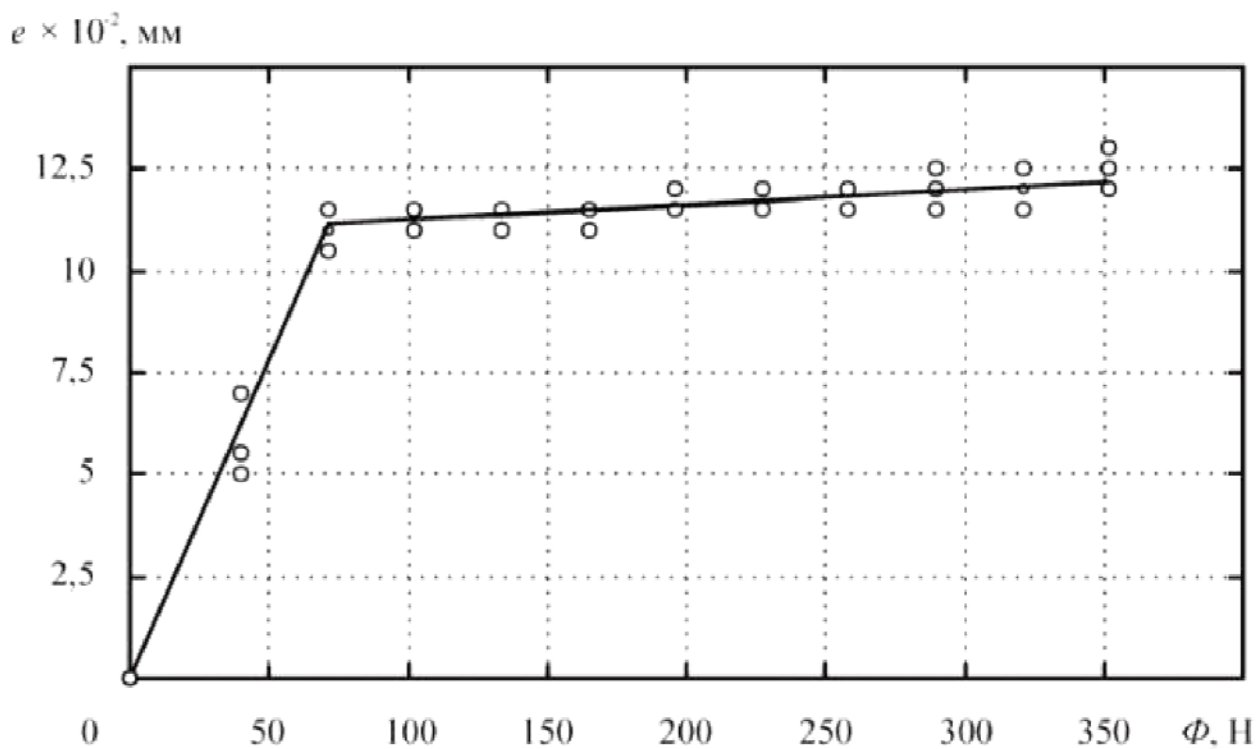


Рис. 3. Зависимость прогиба вала карданной передачи e от радиальной силы Φ при износе шлицевого соединения $I = 0,50 \text{ mm}$

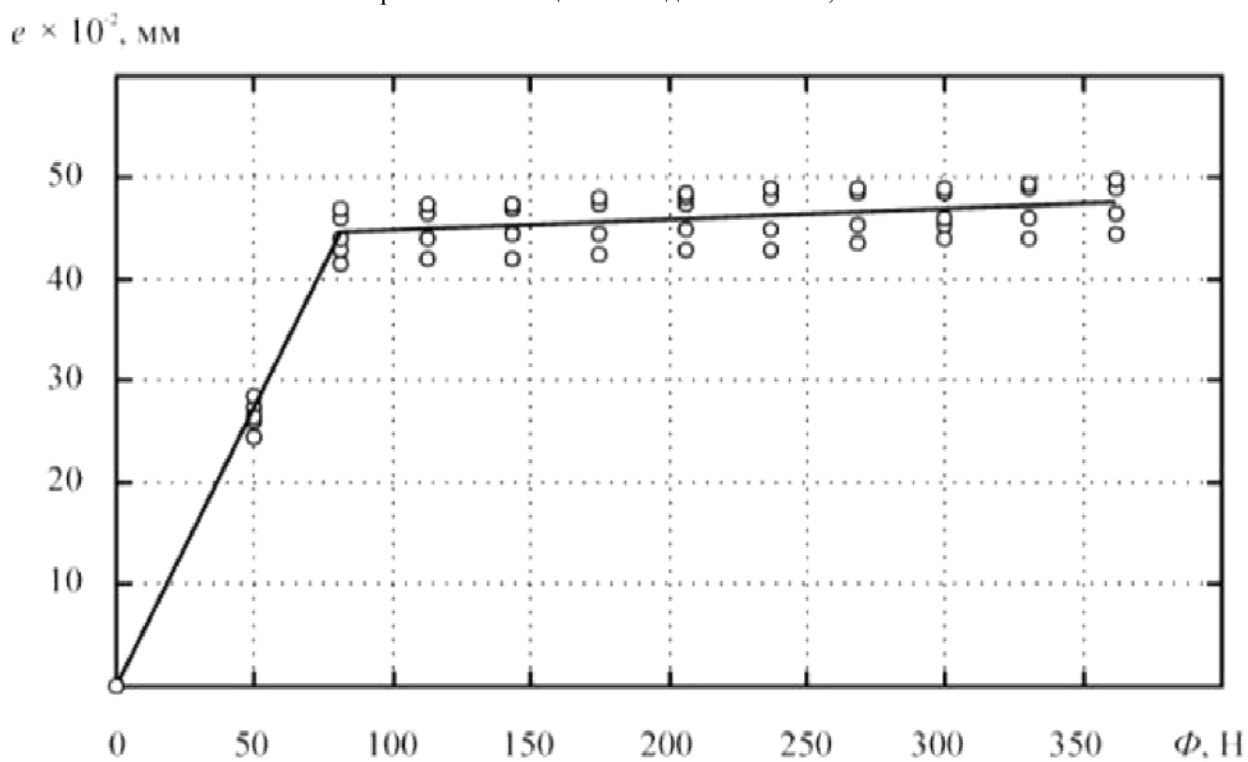


Рис. 4. Зависимость прогиба вала карданной передачи e от радиальной силы Φ при износе шлицевого соединения $I = 0,65 \text{ mm}$

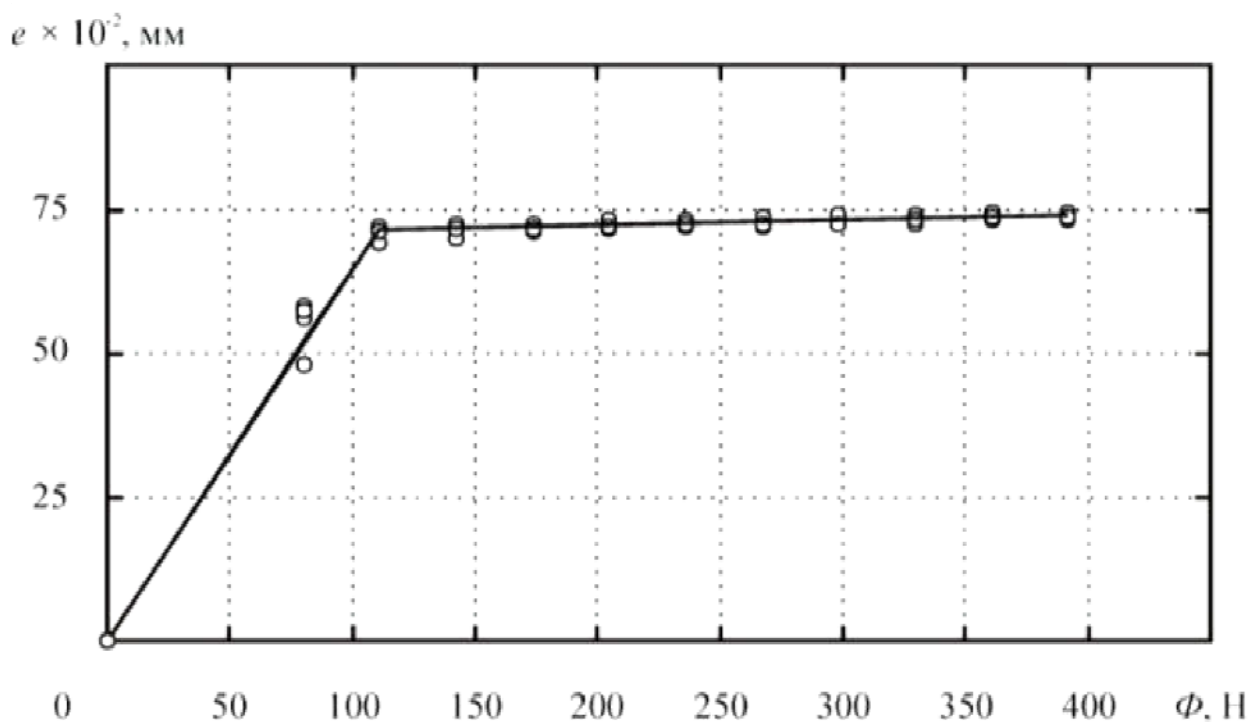


Рис. 5. Зависимость прогиба вала карданной передачи e от радиальной силы Φ при износе шлицевого соединения $I = 0,75 \text{ мм}$

Для удобства анализа полученных результатов прогиба вала карданной передачи e от радиальной силы Φ , построим совмещенный график, представленный на рисунке 6.

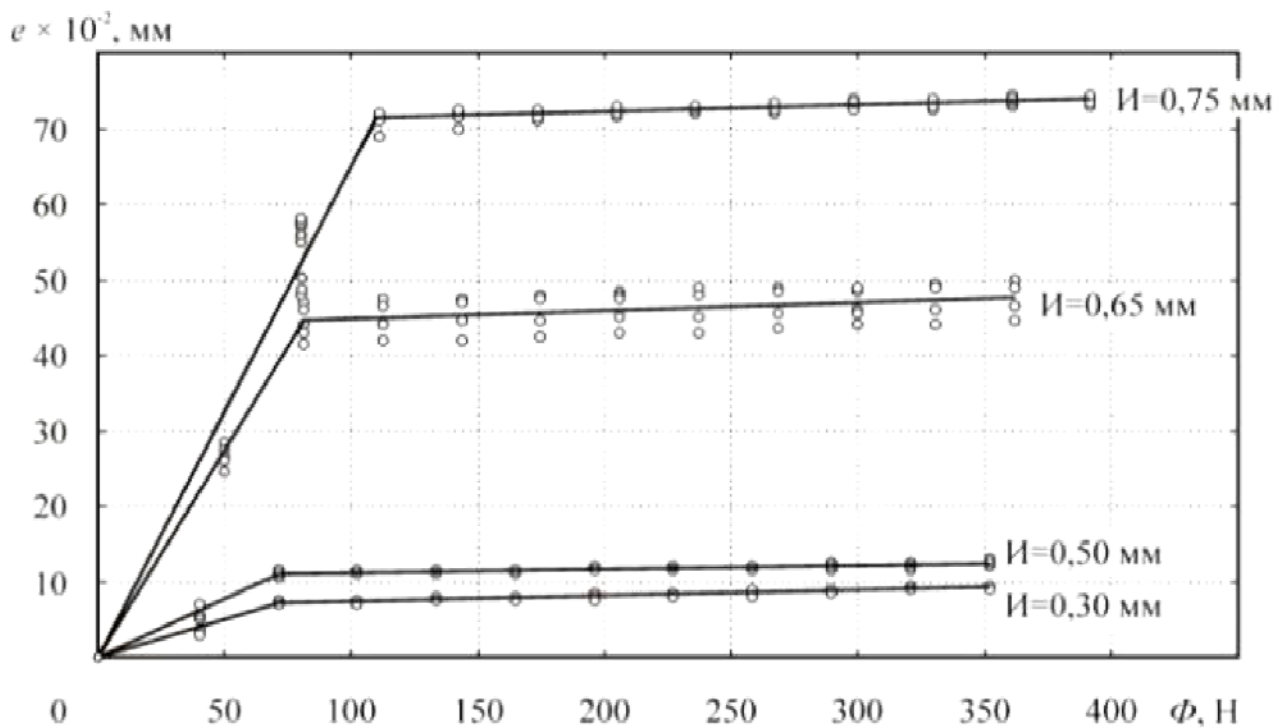


Рис. 6. Совмещенный график зависимостей прогиба вала карданной передачи e от радиальной силы Φ при различной степени износа шлицевого соединения

Полученные экспериментальные зависимости изменения прогиба шлицевого соединения от величины приложенной радиальной силы имеют два явно выраженных линейных участка. На первом участке при изменении радиальной силы от нуля до определенного значения жесткость шлицевого соединения значительно ниже, чем на втором участке, где радиальная сила имеет более высокие значения. Такой характер зависимости объясняется тем, что при приложении радиальной нагрузки в соединении вначале происходит выборка зазоров, а также контактная деформация микронеровностей и смазочного слоя, имеющих невысокую жесткость. При дальнейшем увеличении нагрузки, после выборки зазоров происходят только изгибные деформации непосредственно шлицевых вала и втулки, имеющих значительно более высокую жесткость.

Таким образом, прогиб вала e карданной передачи под действием радиальной нагрузки Φ будет определяться, в основном, первым участком полученной зависимости для изгибной жесткости шлицевого соединения. Первый участок характеризуется параметром b_I , который равен тангенсу угла наклона аппроксимирующей прямой к оси абсцисс. Поэтому, в первую очередь представляет интерес зависимость изменения значения параметра b_I от величины износа шлицевого соединения I . График этой зависимости представлен на рисунке 7

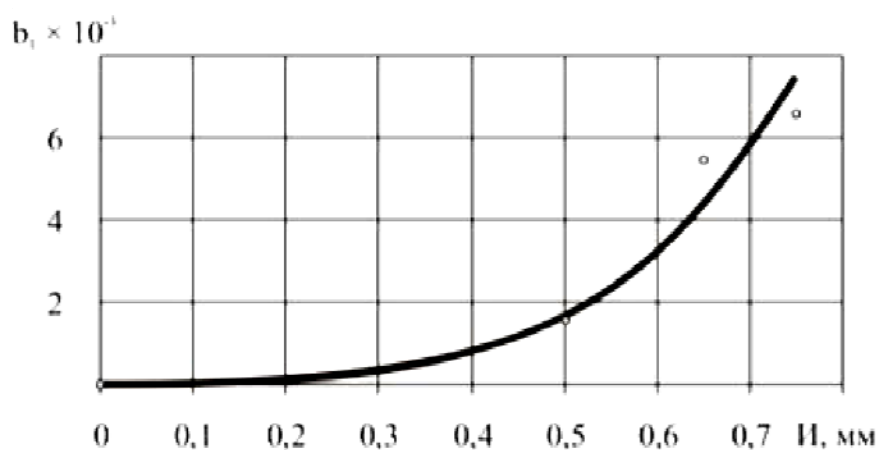


Рис. 7. Зависимость параметра b_I от величины износа I

Из представленной графической зависимости видно, что с увеличением износа интенсивность снижения изгибной жесткости шлицевого соединения возрастает.

Выводы

1. Установлено, что экспериментальные зависимости изменения прогиба шлицевого соединения от величины приложенной радиальной нагрузки имеют два явно выраженных линейных участка, на которых податливость соединения отличается на два порядка.
2. Установлено, что при увеличении износа интенсивность снижения изгибной жесткости шлицевого соединения возрастает.

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. Жулай В.А. Подъемники для проведения диагностирования, технического обслуживания и ремонта строительных и дорожных машин / В.А. Жулай, Н.П. Куприн, В.Л. Тюнин, А.Н. Щиенко, С.А. Хрущев // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. – № 2. С. 97-106.

4. Жулай В.А. Экспериментальные исследования изгибной жесткости шлицевых соединений карданных передач строительных машин. / В.А. Жулай, А.Н. Щиенко // Механизация строительства – 2008. – № 2. С. 16-17.

5. Жулай В.А. Результаты экспериментальных исследований изгибной жесткости шлицевых соединений карданных передач автогрейдеров / В.А. Жулай, Д.Н. Дегтев, А.Н. Щиенко // Высокие технологии в экологии. Труды 12-й международной научно-практической конференции. Воронеж, 2009. С. 222-225.

References

1. Zhulay V.A. Possibility of vibration diagnostics of operational defects of CRM cardan transmissions / V.A. Zhulay, V.I. Enin, A.N. Shchiyenko // 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. Shchiyenko // Construction and road machines. – 2010. – № 1. P. 50-53.

3. Zhulay V.A. Lifts for diagnostics, maintenance and repair of construction and road machines / V.A. Zhulay, N.P. Kuprin, V.L. Tyunin, A.N. Shchiyenko, S.A. Khrushchev // High technologies in the building complex. 2019. – No. 2. S. 97-106.

4. Zhulay V.A. Experimental studies of bending stiffness of spline joints of cardan transmissions of construction machines. / V.A. Zhulay, A.N. Shchiyenko // Mechanization of construction - 2008. - No. 2. P. 16-17.

5. Zhulay V.A. Results of experimental studies of bending stiffness of spline joints of cardan transmissions of motor graders. Zhulay, D.N. Degtev, A.N. Shchiyenko // High technologies in ecology. Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2009.S. 222-225.

Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова студент М.Л. Жучков
Россия, г. Белгород
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
студент А.А. Польшин
Россия, г. Белгород
e-mail: info@polshin.ru
студент А.А. Тихонов
Россия, г. Белгород
e-mail: cherep2240@rambler.ru
студент В.Р. Бакшеев
Россия, г. Белгород
e-mail: baksheev9999@mail.ru
Научный руководитель канд. техн. наук, ст.
преподаватель. Н.С. Любимый
Россия, г. Белгород
e-mail: nslubim@bk.ru

Belgorod State
Technological University
Student M.L. Zhuchkov
Russia, Belgorod
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
Student A.A. Polishin
Russia, Belgorod
e-mail: info@polshin.ru
Student A.A. Tihonov
Russia, Belgorod
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Student V.R. Baksheev
Russia, Belgorod
e-mail: baksheev9999@mail.ru
Scientific adviser, Cand. tech. Sciences, Art.
teacher N.S. Lubimyi
Russia, Belgorod
e-mail: nslubim@bk.ru

М.Л. Жучков, А.А. Польшин, А.А. Тихонов, В.Р. Бакшеев

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТАЛИ И ЕЕ КЛАССИФИКАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Целью статьи является изучение особенностей электрической тали, ее работы и ее классификации. В основе исследования использованы различные информационные источники, в которых содержится материал посвященный подъемно-транспортной технике. Полученные сведения позволяют узнать специфические особенности данного механизма, применяемого при осуществлении погрузочно-разгрузочных операций.

Ключевые слова: электрическая таль, подъемно-транспортная техника, погрузочно-разгрузочные операции,.

M.L. Zhuchkov, A.A. Polishin, A.A. Tihonov, V.R. Baksheev

STUDY OF REGULARITIES OF ELECTRIC HOIST OPERATION AND ITS CLASSIFICATION IN MODERN PRODUCTIPON

The purpose of the article is to study the features of the electric hoist, its operation and its classification. The study is based on various information sources, which contain material dedicated to lifting and transport equipment. The information obtained allows you to find out the specific features of this mechanism used in the implementation of loading and unloading operations.

Keywords: electric hoist, handling equipment, handling.

Машины, предназначенные для поднятия грузов, являются неотъемлемой частью почти любого производства и играют важную роль в механизации погрузочно-разгрузочных операций.

Современные машины базируются на следующих принципах: стандартизация, унификация и проектирование блоков. Согласно технико-экономическому анализу наибольшее число определяет количество оптимальных типов машин и их параметры, стандартные размеры деталей и узлов. Это повышает качество машины и эффективность во время их эксплуатации и ремонта[1].

Одним из простейших подъемных механизмов является электрическая таль.

Электроталь представляет собой маленький подъемник, который предназначается с целью поднятия и передвижения груза по горизонтальной поверхности [2]. Возможно применение электрических талей в роли независимых механизмов при выполнении различных работ, связанных со строительством, погрузкой и разгрузкой всевозможных грузов. Но применение электроталей этим не ограничивается. Их также можно включать в работу, в качестве силовых механизмов к большому количеству грузоподъемных машин [3].

Исполнение электротали (рис. 1.) разделяется по:

Типу приводов на:

- машинные;
- ручные.

Типу тягового элемента привода на:

- цепные;
- канатные.

Типу установки на:

- мобильные;
- стационарные.

Типу барабанов:

- гладкие;
- нарезные.

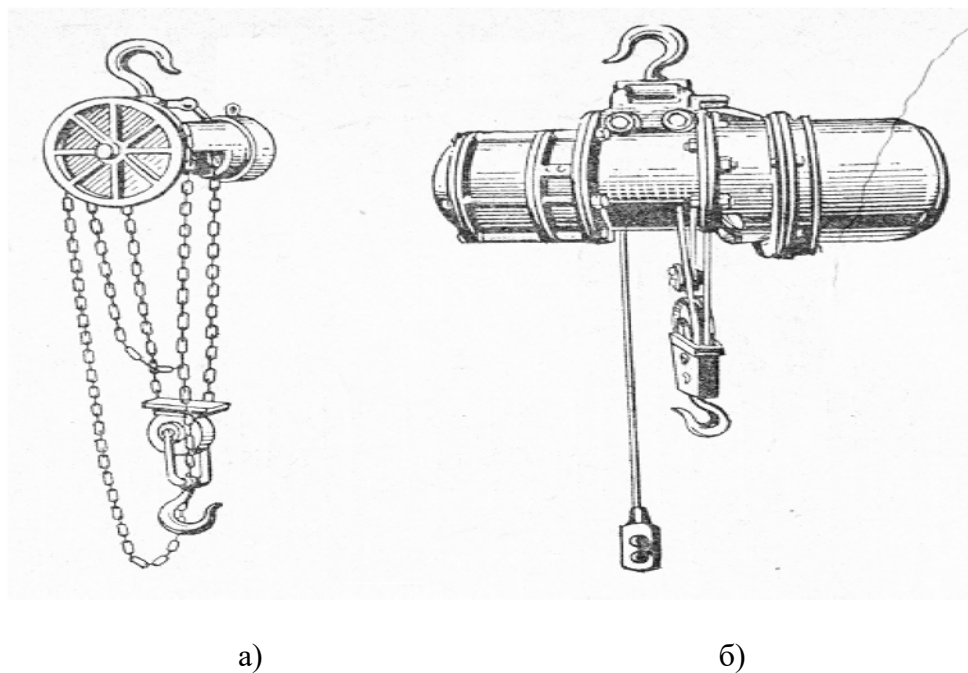


Рис. 1. Типы электроталей:

а) – с ручным управлением, б) – с пультом дистанционного управления

Работа электрической тали осуществляется посредством подъема и перемещения тяжелых грузов с помощью мобильной конструкции, которая находится в небольшом корпусе и оборудована крюком, тросом и пультом для ручного управления. Есть тали мобильные, а есть стационарные. Неподвижные механизмы подъема груза используют при работах с большими и крупногабаритными объектами.

Передвижные электротали устанавливаются на одинарную или двойную направляющую рельсовую дорогу [4].

Электрическая таль, используемая в современном производстве (Рис.2.) выглядит следующим образом:

- Редуктор - обеспечивает плавную работу при опускании лебедки и торможение;
- Барaban для намотки каната полый внутри и с бороздками, предотвращающими запутывание каната;
- Муфта соединения находится внутри барабана между валами двигателя и редуктора;
- Передвижная тележка имеет три модификации: свободная, электрическая и ручная. Специально разработанные колеса адаптированы для движение на двутавровой балке;
- Крюковая подвеска изготовлена так, чтобы предотвратить истирание каната;
- Канат грузовой сделан из стальных компонентов высокой прочности;
- Двигатели предназначенные для подъема, спуска и передвижения являются составной частью электрического оборудования;
- Для управления электрической талью используется механизм, снабженный кнопками. Чтобы предотвратить аварии в ходе работы, он сделан по специальной системе, которая подразумевает под себя постоянное нажатие кнопок. Только так возможно включить двигатель [6].

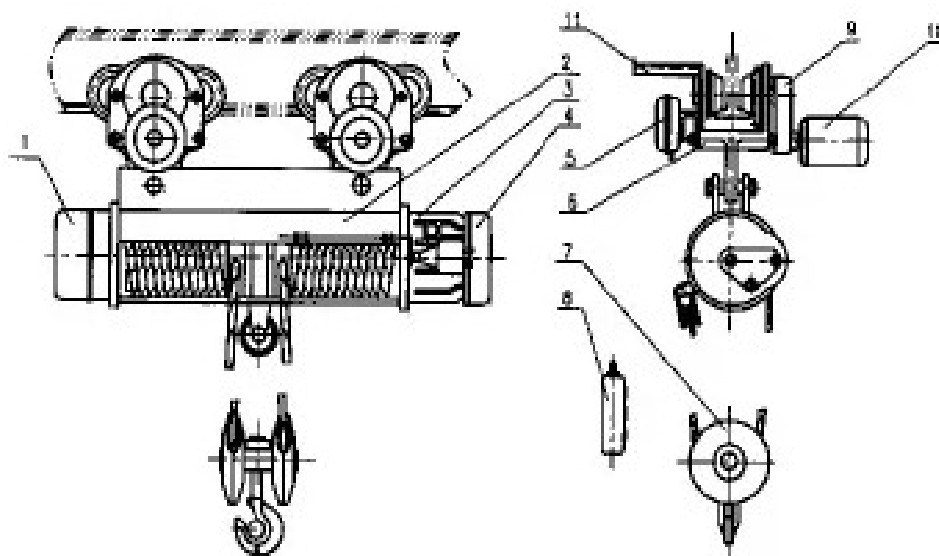


Рис. 2. Устройство электрической тали:

1, 9 – редуктор, 2 – барабан, 3, 10 – двигатель, 4 – регулятор тормоза, 5 – электропроводка, 6 – электрическая тележка, 7 – подъемный крюк, 8 – кнопочный механизм, 11 – суппорт вводного кабеля

В условиях современного производства электрические тали являются незаменимым инструментом для перемещения грузов в цехах и на открытом пространстве, обслуживания конвейеров и других агрегатов. Для транспортировки они устанавливаются вместе с тележками, для того чтобы перемещать груз по конкретному пути или независимо от них.

Использование электрической тали в процессе работы на складе, делает погрузочно-разгрузочные работы более быстрыми и позволяет сэкономить место предназначенное для размещения грузов.

Библиографический список

1. Любимый Н.С., Четвериков Б.С., Чепчуров М.С., Одобеско И.А. Методика определения средней плоскости заготовок отводов триангуляционным методом с применением антропоморфного робота // Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". 2019;16(2). С. 96-109.
2. Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. Исследование многоступенчатого вибрационного механизма с направленными колебаниями каждой ступени // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 3. С. 88-93.
3. Бауман Л.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 160 с.
4. Чепчуров М.С., Четвериков Б.С., Масловская А.Н., Любимый Н.С. Реализация автоматизированного обозначения шероховатостей поверхностей объектов электронной модели изделия. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2020. № 8 (281). С. 3-9. DOI: 10.14489/hb.2020.08.pp.003-009
5. Герасимов, М.Д. Технологические комплексы для производства дорожно-строительных материалов и работ: учебное пособие: в 2 ч. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. Ч.1 - 160 с.
6. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум: учеб. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.
7. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С. Грузоподъемные машины и оборудование: Лабораторный практикум: учеб. пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. -99с.

References

1. Lubimyi N.S., Chetverikov B.S., Chepchurov M.S., Odobesko I.A. Methodology for determining the middle plane of the workpieces of the bends by the triangulation method using an anthropomorphic robot // Scientific peer-reviewed journal "Bulletin of SibADI". 2019; 16 (2). S. 96-109.
2. Gerasimov M.D., Vorobiev N.D., Gerasimov D.M., Stepanishchev V.A. Investigation of a multistage vibration mechanism with directional vibrations of each stage. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhov. 2017. No. 3. S. 88-93.
3. Bauman L.A., Klushantsev B.V., Martynov V.D. Mechanical equipment for enterprises of building materials, products and structures. Moscow: Mashinostroenie, 1981.160 p.
4. Chepchurov M.S., Chetverikov B.S., Maslovskaya A.N., Lyubimyi N.S. Implementation of the automated designation of the surface roughness of the objects of the electronic model of the product. Directory. Engineering journal with annex. 2020. No. 8 (281). S. 3-9. DOI: 10.14489 / hb.2020.08.pp.003-009
5. Gerasimov, M.D. Technological complexes for the production of road-building materials and works: study guide: in 2 part - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2020. Part 1 - 160 p.
6. Lubimyi N.S., Orekhova T.N., Chetverikov B.S., Starchik Yu.Yu. Hoisting machines and equipment: workshop: textbook. - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2019.-98p.
7. Lubimyi N.S., Orekhova T.N., Chetverikov B.S. Hoisting machines and equipment: Laboratory workshop: textbook. allowance - Belgorod: Publishing house BSTU, 2018.-99s

*Воронежский государственный
технический университет д-р. техн. наук,
проф. кафедры строительной техники и
инженерной механики В.А. Нилов,
студенты Д.В. Панишев, Д.А. Коннов,
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29
e-mail: vladnil1014@mail.ru*

*Voronezh State Technical University
Dr. Sci. Tech., prof., building engineering and
engineering mechanics Dept
V.A. Nilov,
Masters D.V. Panishev, D.A. Konnov,
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 277-01-29
e-mail: vladnil1014@mail.ru*

В.А. Нилов, Д.В. Панишев, Д.А. Коннов

ПРОГРЕССИВНЫЕ НОЖЕВЫЕ СИСТЕМЫ СКРЕПЕРОВ

Работа связана с исследованием конструкций ножевых систем скреперов с целью уменьшения сопротивления копанью. Выполнен анализ конструкций ножевых систем, обеспечивающих увеличение эффективности заполнения ковша и сохранения прочности и жесткости его режущей части.

Ключевые слова: ножевая система, прочность ковша, формирование стружки.

V.A. Nilov, D.V. Panishev, D.A. Konnov

PROGRESSIVE SCRAPER KNIFE SYSTEMS

The work is related to the study of the design of scraper knife systems in order to reduce the resistance to digging. The analysis of the design of the knife-edge systems, providing an increase in the efficiency of filling the bucket and maintaining the strength and rigidity of its cutting part, is carried out.

Key words: knife system, bucket strength, chip formation.

Скреперы предназначены для комплексной механизации земляных работ при строительстве автомобильных дорог, выполнении работ по мелиорации земель и в аэродромном строительстве [1] (рис. 1).



Рис. 1. Заполнение ковша скрепера

В подавляющем большинстве случаев скреперы имеют простую, прочную ступенчатую ножевую систему (рис. 2), которая, к сожалению, требует применения дополнительных тракторов толкачей, особенно при работе с колесными тягачами, поскольку в конце заполнения ковша не обеспечивает достаточную толщину стружки срезаемого грунта.

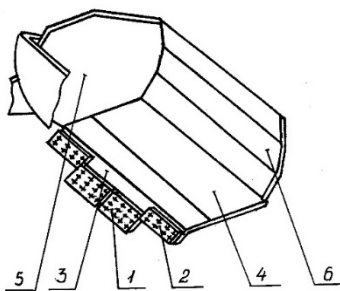


Рис. 2. Ступенчатая ножевые система скрепера

Применение тракторов-толкачей удорожает производство работ, хотя и повышает производительность скреперов. Поэтому важное значение имеет совершенствование ножевых систем скреперов, при котором уменьшается, как сопротивление резанию, так и сопротивление заполнению ковша, которое в заключительной стадии заполнения имеет максимальную величину.

Известные способы уменьшения сопротивления резанию и заполнению ковша скрепера заключаются в уменьшении ширины резания (совковый режущий орган, рис. 3), непрерывном или дискретном уменьшении ширины резания при разработке грунта, применении косо-го резания (автогрейдеры), а также в комбинации названных конструкций.

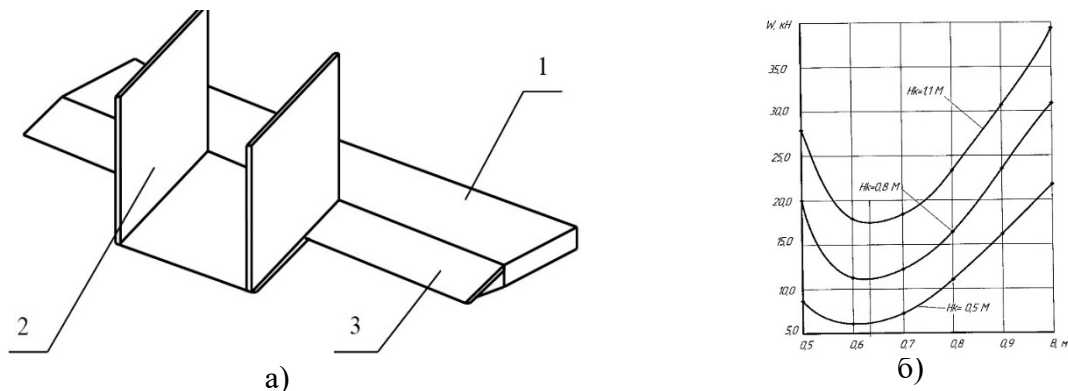


Рис. 3. Совковый режущий орган:
а) – конструкция; б) – влияние ширины резания на сопротивление копанию

Совковый режущий орган рекомендовано применять в качестве сменного оборудования при разработке прочных грунтов. Его применение позволяет резко увеличить глубину резания и заполнять ковш толстой стружкой, которая способна «пробивать» слои уже набранного в ковш грунта [2]. Применение простого совкового режущего органа позволяет на 25...30% уменьшить сопротивление копанию, что является его большим преимуществом. Недостатком совкового режущего органа является неровный забой и необходимость работы совместно со скреперами с ступенчатой ножевой системой.

Для устранения неровностей забоя при сохранении преимуществ совкового режущего органа рекомендован способ непрерывного уменьшения ширины резания (рис. 4, [3]).

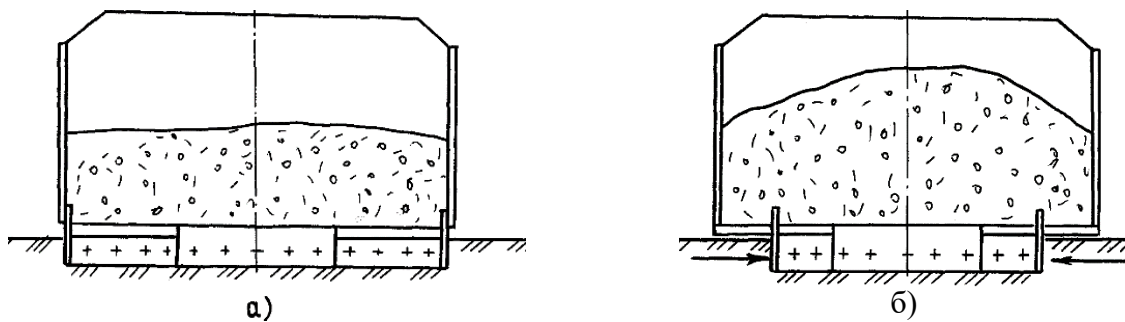


Рис. 4. Схема разработки грунта, с непрерывным уменьшением ширины резания:
а) начало копания; б) уменьшение ширины резания

Ножевая система с непрерывным уменьшением ширины резания состоит из центрального неподвижного ножа и двух боковых, подвижных ножей, которые с увеличением сопротивления копанию смещаются под неподвижный центральный нож, уменьшая сопротивление копанию. Такая конструкция обеспечивает ровный забой, но очень ненадежна в эксплуатации из-за наличия поступательного перемещения ножей.

Такого недостатка лишена ножевая система с дискретно изменяемой шириной резания (рис. 5), в которой нет поступательно перемещающихся ножей [4]. Применение ножевых систем с дискретно изменяемой шириной резания связано с уменьшением надежности и жесткости нижней, наиболее нагруженной части ковша. Для повышения надежности ковша за счет увеличения жесткости передней части с ножевой системой с изменяемой шириной резания предложена конструкция ковша, в которой уменьшение жесткости днища ковша скомпенсировано установкой поперечного коленчатого вала привода [9].

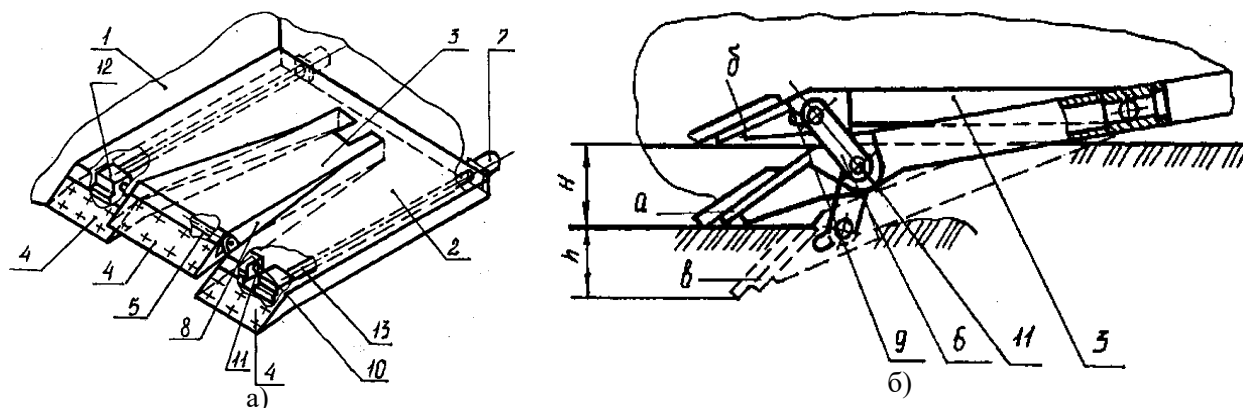


Рис.5. Ножевая система скрепера с дискретно изменяемой шириной резания:
а) общий вид; б) при опущенном среднем ноже

Такой ковш состоит (рис. 5) из боковых стенок 1, соединенных с боковыми неподвижными частями 2 днища, средней части 3 днища, которая шарнирно смонтирована задней кромкой в задней части ковша, режущих ножей 4, закрепленных на передних кромках каждой из частей днища. Средняя часть 3 днища имеет привод поворота, выполненный из поперечного вала 5 с жестко закрепленными на нем рычагами 6 и гидродвигателями поворота 7. В передней части средней части 3 днища выполнены ребра – проушины 8 с пазами 9, в которые пропущен поперечный вал 5. На тыльной стороне неподвижных частей 2 днища установлены двухсторонние упорные подшипники 10, в которых, в свою очередь, смонтированы дополнительные боковые валы 11 привода средней части 3. Рычаги 6 шарнирно соединены с неподвижными частями 2 через валы 11, к которым жестко прикреплены рычаги 6. На неподвижных частях 2 днища также установлены редукторы 12, выходные валы которых связаны с боковыми валами 11, а входные – 13, с гидродвигателями поворота 7. В качестве редукторов

могут применяться конические, червячные, винтовые или гипоидные передачи. Для выгрузки ковша предусмотрена выдвижная задняя стенка.

Принцип косого резания грунта, который реализован в конструкции автогрейдера лежит в основе конструкции, рис. 6, [5, 6]. Ножи установлены на днище наклонно и образуют между собой двухгранный угол. На ребре этого угла находятся задние торцевые кромки ножей. Внешние концы режущих кромок расположены относительно днища на расстоянии, меньшем расстояния между днищем и точкой пересечения режущих кромок ножей.

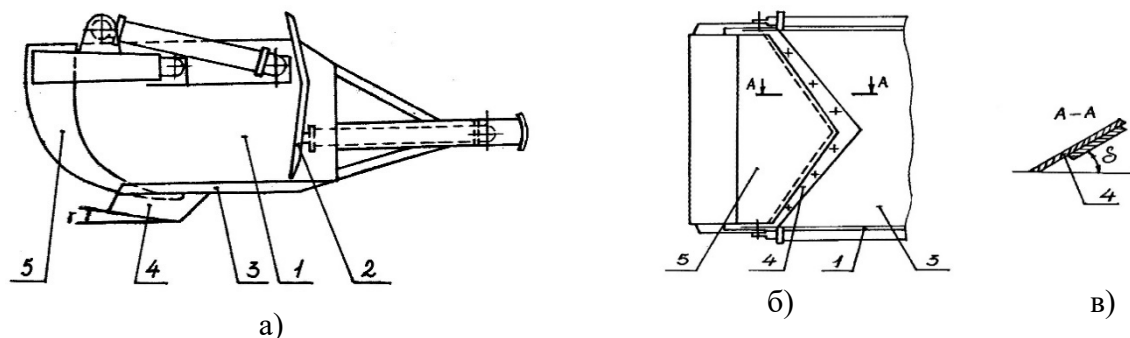


Рис. 6. Ножевая система косого резания (V – образная ножевая система):
а) вид сбоку; б) вид в плане; в) сечение по ножу

Ножи образуют с грунтовой поверхностью передний угол γ , что обеспечивает лучшую ровность разработки грунта при работе ковша с различными глубинами резания. При частичном опускании ковша скрепер срезает грунт только средней по ширине частью ножей 4 и стружка имеет треугольное сечение. При полном опускании ковша скрепер срезает стружку максимальной толщины, причем поверхность среза параллельна поверхности земляного массива. Постепенное внедрение в грунт сначала средней части ножей 4, а затем всей их плоскости позволяет более плавно изменять усилие резания грунта, что снижает динамические нагрузки на ходовую часть тягача скрепера. При срезании грунта ножами осуществляется только косое резание, которое снижает тяговое усилие. Кроме того, грунт при срезании перемещается не только вверх по ножам, но и смещается к продольной оси ковша, образуя более мощный столб грунта, который легче заполняет ковш скрепера.

Использование принципа косого резания грунта позволяет значительно снизить сопротивление резанию и наполнению ковша скрепера и увеличить вместимость ковша, что положительно влияет на производительность скрепера.

Ножевая система косого резания грунта (рис. 6) не свободна и от недостатков, главными из которых являются:

- отсутствие унификации режущих ножей с применяемыми в настоящее время;
- значительный по глубине вырез в днище ковша, который уменьшает его жесткость;
- необходимость изменения формы и усложнение конструкции передней заслонки ковша.

Для уменьшения длины выреза в днище ковша косого резания и увеличения её жесткости предложена W – образная ножевая система [6]. Передняя часть днища и ножи имеют W – образную форму. Режущие ножи 3 наклонены в сторону задней стенки под углом γ , рис. 7.

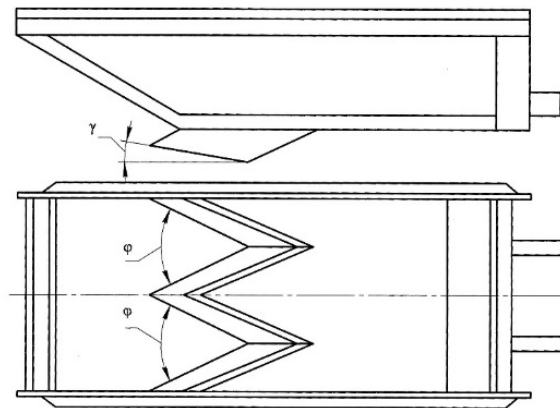


Рис. 7. Ножевая система косо́го резания с W – образными ножами

Применение в ковше скрепера ножевой системы косо́го резания грунта с W – образными ножами позволяет снизить энергоёмкость процесса копания на 30...35%, уменьшить динамику заглубления ковша, увеличить производительность скрепера, однако при усложняется конструкция передней заслонки и механизм разгрузки [7].

Преимущества ножевой системы косо́го резания грунта:

- уменьшенное сопротивление копанию (резанию и заполнению ковша);
- плавное нарастание усилия копания при заглублении ковша (угол γ);
- улучшенная жесткость передней части ковша;
- копание грунта с меньшей энергоемкостью.

Полная реализация этих преимуществ ножевой системы косо́го резания возможна при **увеличении вместимости ковша на 25% с 8 до 10 м³**. Для этого необходимо установить в ковше простой и надежный механизм разгрузки с увеличенным ходом по авторскому свидетельству 768886 [7].

Библиографический список

1. Самоходные пневмоколесные скреперы и землевозы. Коллектив авторов. Под ред. Д.И. Плешкова. М., «Машиностроение», 1970, 272 с.
2. Борисенков В.А., Кацин В.А. Исследование работы скрепера с совковым режущим органом // Транспортное строительство. – 1972. – № 12. С 50-51.
3. А.с. № 939661 СССР, МКИ⁴ E02F 3/64. Способ копания грунта ковшом скрепера и устройство для его осуществления. Авт. изобр. Ульянов Н.А., Барсуков И.А. № 2976957/29. Заявл.25.08.80; Оpubл. 30.06.82. Бюл. № 24.
4. А.с. № 1301935 (СССР), кл. E02F3/64. Ковш скрепера. Авт. изобр. Нилов В.А., Борисенков В.А., Высоцкий Н.Д. № 3910037/29. Заявл. 17.06.85; Оpubл. 07.04.87, Бюл. № 13.
5. Борисенков В.А., Кандалицев В.В., Нилов В.А. Эффект косо́го резания грунтов // Механизация строительства. – 1985. – № 3. – С. 10-11.
6. А.с. № 618499 (СССР), кл. E02F3/64. Ковш скрепера. Авт. изобр. Борисенков В.А., Кандалицев В.В. № 2458016/29. Заявл. 01.03.77; Оpubл. 05.08.78, Бюл. № 29.
7. А.с. № 768886 (СССР), кл. E02F3/64. Механизм разгрузки ковша скрепера. Авт. изобр. Нилов В.А., Копий В.Д., Калашников Ф.Ф. № 2651818/29. Заявл. 31.07.78; Оpubл. 07.10.80, Бюл. № 37.

References

1. Self-propelled pneumatic wheel scrapers and dump trucks. A team of authors. Ed. DI. Pleshkova. M., "Mechanical Engineering", 1970, 272 p.
2. Borisenkov V.A., Katsin V.A. Investigation of the scraper operation with a shovel cutting body. Transportnoe stroitel'stvo. - 1972. - No. 12. S 50-51.
3. A.S. No. 939661 USSR, MKI4 E02F 3/64. A method of digging soil with a scraper bucket and a device for its implementation. Auth. fig. Ulyanov N.A., Barsukov I.A. No. 2976957/29. Statement 25.08.80; Publ. 06/30/82. Bul. No. 24.
4. A.S. No. 1301935 (USSR), class. E02F3 / 64. Scraper bucket. Auth. fig. Nilov V.A., Borisenkov V.A., Vysotsky N.D. No. 3910037/29. Appl. 06/17/85; Publ. 04/07/87, Bul. No. 13.
5. Borisenkov V.A., Kandalintsev V.V., Nilov V.A. The effect of oblique cutting of soils // Mechanization in construction. - 1985. - No. 3. - S. 10-11.
6. A.S. No. 618499 (USSR), class. E02F3 / 64. Scraper bucket. Auth. fig. Borisenkov V.A., Kandalintsev V.V. No. 2458016/29. Appl. 03/01/77; Publ. 08/05/78, Bul. No. 29.
7. A.S. No. 768886 (USSR), class. E02F3 / 64. Scraper bucket unloading mechanism. Auth. fig. Nilov V.A., Kopy V.D., Kalashnikov F.F. No. 2651818/29. Appl. 07/31/78; Publ. 07.10.80, Bul. No. 37.

*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры
д-р. техн. наук. В.А. Пенчук,
Магистрант II курса, кафедры НТТК
Д. А. Круглов
г. Макеевка,
e-mail: kruglov.d.a-ptm-33@donnasa.ru*

*Donbass National Academy
of Civil Engineering and Architecture
Dr. tech. sciences. V.A. Penchuk,
2nd year undergraduate student, department
of NTTK D.A. Kruglov.
Makeevka,
e-mail: kruglov.d.a-ptm-33@donnasa.ru*

В.А. Пенчук, Д.А. Круглов

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСКАВАТОРА С ОБОРУДОВАНИЕМ ДРАГЛАЙНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРУДОВ И ВОДОЕМОВ

В работе представлена конструкция изменения вылета стрелы экскаваторов с оборудованием драглайн. Анализируя оборудование экскаватора с традиционной и удлиненной (телескопической) стрелой показывает, что возможно установить расчетом изменение емкости ковша. Производительность не падает, а наоборот, возрастает за счет возможности увеличения емкости ковша.

Ключевые слова: экскаватор, ковш, драглайн, производительность, водоем, пруд.

V.A. Penchuk, D.A. Kruglov

MODERNIZATION OF THE EXCAVATOR WITH DRAGLINE EQUIPMENT FOR CLEANING PONDS AND RESERVOIRS

The paper presents the design of the change of the boom departure of excavators with dragline equipment. Analyzing the equipment of an excavator with a traditional and extended (telescopic) boom shows that it is possible to determine the change in the bucket capacity by calculation. The performance does not decrease, but rather increases due to the possibility of increasing the bucket capacity.

Keywords: excavator, bucket, dragline, productivity, reservoir, pond.

Водоем – это сбалансированная экосистема, в которой действуют механизмы самоочищения. Это естественное состояние биологического баланса водоема, пруда или озера может быть нарушено как в результате естественного старения водоема, накопления в водоеме естественной органики: листвы, веток, экскрементов рыб и водоплавающих птиц, отмерших водных растений, так и в результате интенсивного загрязнения водоема органическими веществами и питательными (биогенными) элементами: мусор, ливневые сточные воды, нанос с полей и дорог, плохо очищенные сточные воды, канализация, удобрения в изобилии доставляют в водоем органику. Так же существует проблема загрязнения водоемов нефтепродуктами, хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками приводят к нарушению естественной жизнедеятельности гидросистемы, к уменьшению биологического разнообразия и делает водоем опасным для прибрежных экосистем.[1;2]

Сезоном очистки водоемов, как правило, считается конец весны - начало лета, так как за зимний период времени, накопившиеся органические вещества начинают процесс разложения, что приводит к заиливанию водоема.

Одним из этапов ухода за водоемами - очистка водоема от ила - это важнейшая работа, так как заиливание или же зарастание водной глади растительностью приводит к нарушению сбалансированной системы водоема. Для этой операции применяют плавающие экскаваторы драглайны. [3;4] Основным недостатком является ограниченное место выгрузки ила на плавающей платформе, а также, применения ковша малой емкости. Связано это с тем, что на плавающей платформе машина менее устойчива, и подъем ковша большой емкости на стреле с большим вылетом не возможна из-за возможности опрокидывания.

В данной статье предлагается конструкция экскаватора с оборудованием драглайн (рис.1) и модернизированной стрелой, а именно – на стрелу с минимальным вылетом установлен телескопический гусек, обеспечивающий дальность заброса ковша в пруд или водоем.

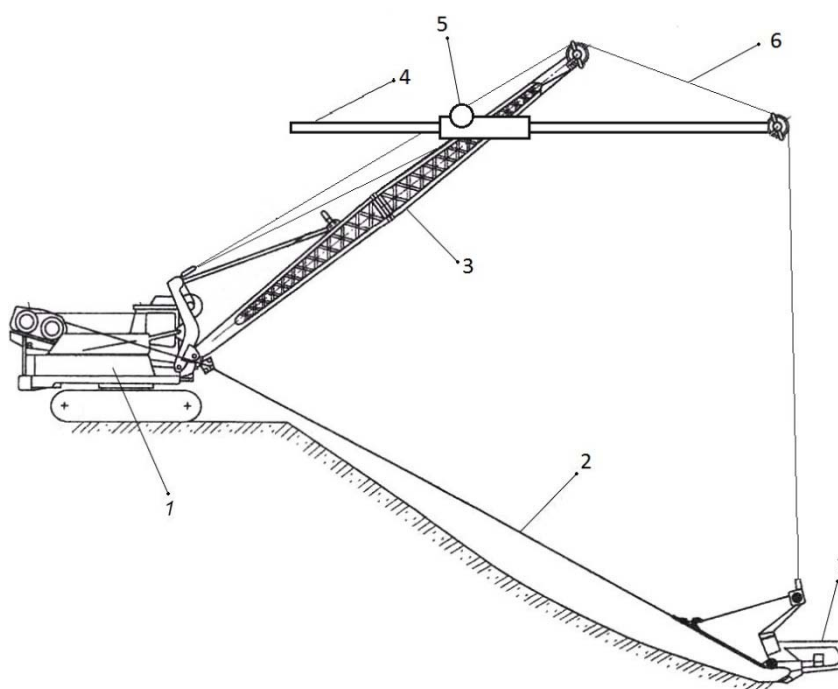


Рис. 1. Экскаватора драглайн с телескопическим гуском:

- 1 – базовая машина; 2 – тяговой канат; 3 – стрела; 4 – телескопический гусек;
5 – барабан; 6 – подъемный канат; 7 – ковш

Конструкция не требует особых изменений экскаватора, механизм для заброса ковша монтируется на стрелу. Преимуществом конструкции является возможность дальнего заброса ковша, при этом сохраняется емкость ковша, так как подъем ковша производится на минимальном вылете стрелы. За счет этого механизма, машина может работать на берегу, где нет ограничения по месту выгрузки, а так же дальнейшей транспортировки ила и др. Была построена действующая модель и проведены исследования нагружения элементов модернизированного драглайна.

Выводы

1. Системным анализом литературных источников установлено современное состояние рек и водоемов. Это состояние имеет печальный вид.

2. Установлено, что практически на 90% рек и водоемов из-за отсутствия нужных объемов воды затруднено применение земснарядов, а существующие механические способы имеют низкую производительность.

3. В условиях обмелывавших водоемов и рек весьма эффективно применение драглайнов. Однако, традиционный драглайн с большой дальностью заброса ковша имеют низкую производительность.

4. Предложенная технология доставки ковша драглайна с помощью телескопического гуська обеспечивают повышение производительности в 1,4-1,7 раза.

Библиографический список

1. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2013 году: статистический сборник / под ред. Н.Г. Рыбальского, А.Д. Думнова. - М.: НИА - Природа, 2014. -369 с.

2. Волосухин, В.А. Восстановление водных объектов с использованием инновационных экологических технологий / В. А. Волосухин, А.С. Кравченко // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». - 2015. - Т. 2. - С. 181-189.

3. Кравченко, А.С. Экологическое состояние малых рек в условиях постоянной антропогенной нагрузки / А.С. Кравченко // Междунар. науч.-практ. конф. «Техносферная безопасность». - 2012. - Вып. XIV. - С. 190-199.

4. Кравченко, А.С. Технология восстановления водных объектов на урбанизированных территориях / А.С. Кравченко // Материалы X-ой Междунар. науч.-практ. конф. «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации». - 2013. - Март. - С. 159-166.

References

1. Water resources and water management of Russia in 2013: statistical collection / ed. N.G. Rybalsky, A.D. Dumnova. - M.: NIA - Priroda, 2014.-369 p.

2. Volosukhin, V.A. Restoration of water bodies using innovative environmental technologies / V. A. Volosukhin, A. S. Kravchenko // Materials of the Intern. scientific-practical conf., dedicated. 95th anniversary of FSBEI HPE "GGNTU im. acad. M.D. Millionaire ". - 2015 .-- T. 2. - S. 181-189.

3. Kravchenko, A.S. Ecological state of small rivers in conditions of constant anthropogenic load / A.S. Kravchenko // Intern. scientific-practical conf. "Technosphere security". - 2012. - Issue. XIV. - S. 190-199.

4. Kravchenko, A.S. Technology of restoration of water bodies in urbanized territories / A.S. Kravchenko // Materials of the X-th Intern. scientific-practical conf. "Modern instrumental systems, information technology and innovation." - 2013. - March. - S. 159-166.

Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова студент А.А. Польшин
Россия, г. Белгород
e-mail: info@polshin.ru
студент Т.А. Рыжих
Россия, г. Белгород
e-mail: ryzhih.tanechka@yandex.ru
студент М.Л. Жучков
Россия, г. Белгород
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
студент А.А. Тихонов
Россия, г. Белгород
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Научный руководитель канд. техн. наук, ст.
преподаватель. Н.С. Любимый
Россия, г. Белгород
e-mail: nslubim@bk.ru

Belgorod State
Technological University
Student A.A. Polishin
Russia, Belgorod
e-mail: info@polshin.ru
Student T.A. Ryzhih
Russia, Belgorod
e-mail: ryzhih.tanechka@yandex.ru
Student M.L. Zhuchkov
Russia, Belgorod
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
Student A.A. Tihonov
Russia, Belgorod
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Scientific adviser, Cand. tech. Sciences, Art.
teacher N.S. Lubimyi
Russia, Belgorod
e-mail: nslubim@bk.ru

А.А. Польшин Т.А. Рыжих, М.Л. Жучков, А.А. Тихонов

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ОДНОБАЛОЧНОГО МОСТОВОГО КРАНА

Данная статья анализирует устройство и работу однобалочного мостового крана. Дает общее представление об элементах его конструкции и выполняемых им задача. Материал для статьи взят из различных информативных источников, в которых содержится наглядная информация о работе подъемно-транспортной техники. Полученные результаты позволят узнать больше сведений про данную машину и те виды работ в которых она применяется.

Ключевые слова: однобалочный мостовой кран, подъемно-транспортная техника.

A.A. Polishin, T.A. Ryzhih, M.L. Zhuchkov, A.A. Tihonov

ANALYSIS OF DEVICE AND OPERATING PRINCIPLE OF A SINGLE-GIRL BRIDGE CRANE

This article analyzes the design and operation of a single girder overhead crane. Gives a general idea of the elements of its design and the task performed by it. The material for the article is taken from various informative sources, which contain visual information about the work of lifting and transport equipment. The results obtained will allow you to find out more information about this machine and those types of work in which it is used.

Keywords: single girder overhead crane material, handling equipment.

Проблема осуществления научно-технического прогресса, является очень важной в условиях современного производства. Важная роль в ее решении отводится подъемно-транспортному машиностроению, задачей которого является широкое внедрения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, во всех сферах народного хозяйства, ликвидации ручных операций погрузочно-разгрузочного характера и исключение тяжелого ручного труда при проведении основных и вспомогательных технологических операций.

Одними из основных представителей подъемно-транспортной техники являются мостовые краны.

Мостовой кран - это кран, предназначенный для подъема и горизонтального перемещения различных грузов. По конструкции моста краны (рис. 1) делятся на двухбалочные и одnobалочные.

Общей технической особенностью мостовых кранов является то, что они имеют три взаимно перпендикулярных рабочих движения.

Грузоподъемность серийно выпускаемых мостовых кранов колеблется от 5 до 50 т в диапазоне от 10,5 до 32 м; некоторые устройства имеют грузоподъемность 200 т и более.

Краны мостовые одnobалочные предназначены для работы в 3-х взаимно перпендикулярных плоскостях. Эти устройства способны поднимать предметы массой до 320 тонн. Груз можно перемещать как по самому крану, так и по рабочей зоне.

Скорость подъема 0,1-0,3 м/с, при работе грейфером 0,5-0,8 м/с. Скорость передвижения тележки 0,4-0,8 м/с; моста 0,7-2,5 м/с. Основными узлами мостовых кранов являются мост на колесах, мостовые механизмы, тележка с подъемным и ходовым механизмами, грузовой тележки и кабина машиниста крана.

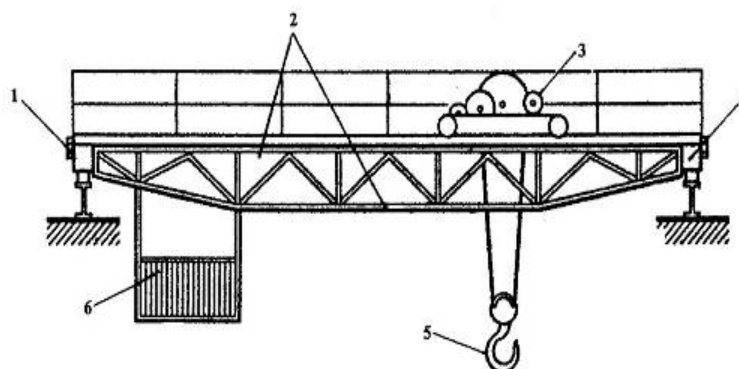


Рис. 1. Кран мостовой:

1,4 – поперечные балки; 2 – продольная балка; 3 – тележка грузовая; 5 – подвеска крюковая; 6 – кабина

Крановый мост – это металлическая конструкция, которая используется для перемещения по нему грузовой тележки для подъема груза. В простейшем случае - с небольшими пролетами и несущей способностью - мост состоит из четырех стальных балок: двух основных балок, по которым перемещается тележка, и двух вспомогательных балок, удерживающих основные балки. Все четыре балки соединяются сваркой или заклепками, образуя жесткий прямоугольный каркас.

При больших пролетах и нагрузках вместо сплошных балок необходимо использовать стальные балки разного профиля. Металлоконструкции моста выполнены в виде решетчатой балки и цельной сварной коробчатой балки. Мосты с решетчатой структурой изготавливаются сваркой, но с большими затратами на ручную работу. Коробчатые мосты намного удобнее и экономичнее в производстве, так как используется автоматическая электросварка и снижа-

ется доля ручного труда. Коробчатые мосты с одинаковой грузоподъемностью имеют меньшую высоту, чем диагональные. Это обстоятельство дает возможность уменьшить высоту зданий, в которых работают краны, тем самым снизив стоимость строительных работ. Соединение балок с резьбой сегодня используется редко. Однако в узлах, где сварка может вызвать деформации и недопустимые деформации, используются заклепки или винты.

Мост крана приводится в движение колесами, приводимыми в движение электродвигателем, установленным на мосту. Движение на колеса передается через коробку передач и трансмиссионный вал. Количество мостовых колес зависит от грузоподъемности крана и пролета моста. Краны грузоподъемностью до 50 тонн обычно оснащаются четырьмя колесами.

Демонтированный мостовой кран транспортируют на железнодорожных платформах. Транспортировка крупногабаритных устройств состоит из 2 - 3 секций. Рамы и подъемные элементы транспортируются отдельно. Если устройство имеет небольшую грузоподъемность, его можно транспортировать в собранном виде.

Общие требования к производству, хранению, приемке и транспортировке мостовых козловых кранов приведены в ГОСТ 27584-88. Технические параметры на электрические однобалочные конструкции общего назначения приведены в ГОСТ 25711-83, на мостовые краны - в ГОСТ 7890-93.

Необходимо увеличить производство прогрессивных средств механизации подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Современные технологические и автоматизированные линии, межведомственный и внутрицеховой транспорт требуют использования различных типов подъемно-транспортных машин и механизмов.

Правильный выбор подъемно-транспортного оборудования влияет на нормальную работу и высокую производительность производства. Обеспечение ее стабильного ритма на современном этапе интенсификации невозможно без слаженной и бесперебойной работы современных средств механизации внутрицеховых и межведомственных перевозок сырья.

Современные высокопроизводительные подъемные машины, работающие на высоких скоростях и большой грузоподъемности, являются результатом постепенного развития этих машин с течением времени.

Библиографический список

1. Герасимов М.Д. Исследование многоступенчатого вибрационного механизма с направленными колебаниями каждой ступени / Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 3. С. 88-93.
2. Бауман Л.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1981. 160 с.
3. Богданов В.С. Машины и аппараты для производства строительных материалов. Межвузовский сборник статей выпуск VI. – Б.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.
4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Т. 327. № 3 С. 032009.
5. Чепчуrow М.С., Четвериков Б.С., Масловская А.Н., Любимый Н.С. Реализация автоматизированного обозначения шероховатостей поверхностей объектов электронной модели изделия. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2020. № 8 (281). С. 3-9. DOI: 10.14489/hb.2020.08.pp.003-009
6. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум: учеб. пособие / Н.С. Любимый, Б.С., - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.

References

1. Gerasimov M.D. Study of a multistage vibration mechanism with directional vibrations of each stage / Gerasimov M.D., Vorobyov N.D., Gerasimov D.M., Stepanishchev V.A. // Bulletin of BSTU im. V.G. Shukhov. 2017. No. 3. S. 88-93.
2. Bauman L.A., Klushantsev B.V., Martynov V.D. Mechanical equipment for enterprises of building materials, products and structures. - M.: Mashinostroenie, 1981. 160 p.
3. Bogdanov V.S. Machines and apparatus for the production of building materials. Interuniversity collection of articles, issue VI. – B.: BSTU im. V.G. Shukhov, 2006.
4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 3 C. 032009.
5. Chepchurov M.S., Chetverikov B.S., Maslovskaya A.N., Lyubimyi N.S. Implementation of the automated designation of the surface roughness of the objects of the electronic model of the product. Directory. Engineering journal with annex. 2020. No. 8 (281). S. 3-9. DOI: 10.14489 / hb.2020.08.pp.003-009
6. Lyubimyi N.S., Orekhova T.N., Chetverikov B.S., Starchik Yu.Yu. Hoisting machines and equipment: workshop: textbook. manual / N.S. Favorite, B.S., - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2019.-98p.

Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова студент А.А. Тихонов
Россия, г. Белгород
e-mail: cherep2240@rambler.ru
студент М.Л. Жучков
Россия, г. Белгород
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
студент Т.А. Рыжих
Россия, г. Белгород
e-mail: ryzhih.tanechka@yandex.ru
студент А.А. Польшин
Россия, г. Белгород
e-mail: info@polshin.ru
Научный руководитель канд. техн. наук, ст.
преподаватель. Н.С. Любимый
Россия, г. Белгород
e-mail: nslubim@bk.ru

Belgorod State
Technological University
Student A.A. Tihonov
Russia, Belgorod
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Student M.L. Zhuchkov
Russia, Belgorod
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
Student T.A. Ryzhih
Russia, Belgorod
e-mail: ryzhih.tanechka@yandex.ru
Student A.A. Polishin
Russia, Belgorod
e-mail: info@polshin.ru
Scientific adviser, Cand. tech. Sciences, Art.
teacher N.S. Lubimyi
Russia, Belgorod
e-mail: nslubim@bk.ru

А.А. Польшин А.А. Тихонов, М.Л. Жучков, Т.А. Рыжих

ИЗУЧЕНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК

Цель статьи изучить виды конусных дробилок и принцип их работы. Основу исследования составляют сведения из различных источников, в которых содержатся сведения о работе подъемно-транспортных машин и механизмов. Полученная информация дает наглядное представление об особенностях работы данной машины, ее устройстве и классификации.

Ключевые слова: конусные дробилки, подъемно-транспортные машины и механизмы, классификация.

A.A. Tihonov, M.L. Zhuchkov, T.A. Ryzhih, A.A. Polishin

STUDY OF THE PURPOSE, OPERATION AND CLASSIFICATION OF CONE CRUSHERS

The purpose of the article is to study the types of cone crushers and the principle of their operation. The research is based on information from various sources, which contain information about the operation of hoisting-and-transport machines and mechanisms. The information obtained gives a visual representation of the features of the operation of this machine, its structure and classification.

Keywords: cone crushers, hoisting-and-transport machines and mechanisms, classification.

Каменные материалы, используемые в строительстве, являются продуктом дробления, сортировки, классификации и промывки горных пород. Измельчение каменных материалов

достигается дроблением, раскалыванием, измельчением, а также воздействием ударов рабочих органов дробильных машин. Для дробления каменных материалов используются: конусные, молотковые, ударные, щековые дробилки, вибрационные мельницы и т.д.

Конусные дробилки - это высокопроизводительные машины для обработки различных пород на всех этапах дробления. По назначению конусные дробилки делятся на грубого, среднего и мелкого дробления.

Дробилки крупного дробления отличаются шириной приемного отверстия и, в зависимости от типоразмера, могут удерживать куски породы размером от 400 до 1200 мм. Размер выходной щели 75 ... 300 мм, производительность 150 ... 2600 м³ / ч.

Дробилки среднего и мелкого дроблений характеризуются диаметром днища подвижного конуса и выпускаются размерами 600, 900 мм (среднего дробления) ; 1200, 1750, 2200 мм (среднего и мелкого дроблений). В настоящее время ведутся работы по производству дробилок с диаметром конуса 2500 и 3000 мм. В дробилках среднего дробления можно измельчать куски материала размером 75 ... 300 мм; размер выходной щели 10 ... 90 мм, производительность 19 ... 580 м³ / ч. Дробилки мелкого дробления имеют выходной паз 3 ... 20 мм, производительность 24 ... 180 м³ / ч. Они могут раздавливать куски материала размером 40 ... 110 мм [1].

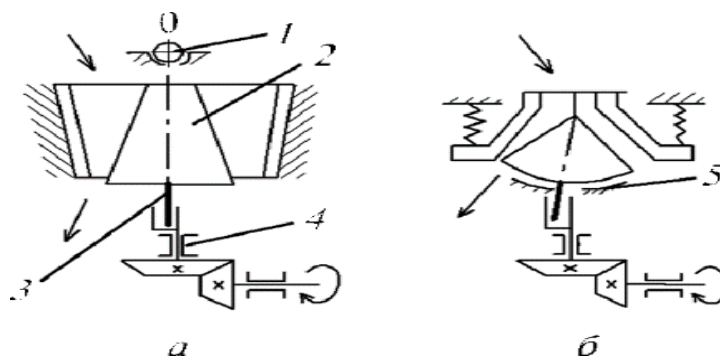


Рис. 1. Кинематические схемы конусных дробилок:
а – крупного дробления; б – среднего и мелкого дробления

В конусных дробилках материал измельчается в камере дробления, образованной двумя коническими поверхностями, одной неподвижной, а другой подвижной. Кинематические схемы конусных дробилок крупного, среднего и мелкого дробления представлены на рис. 1, а, б.

Подвижный конус 2 жестко прикреплен к валу 3, нижний конец которого вставлен в эксцентриковую втулку 4 так, что ось вала образует угол с осью вращения втулки, который называется углом гирации. В дробилках крупного дробления вал подвижного конуса шарнирно закреплен на траверсе 1 [2].

Подвижный конус дробилок среднего и мелкого дроблений опирается на шарикоподшипник 5. Конический вал не имеет верхнего крепления, поэтому такие дробилки называются консольными. Эксцентриковая втулка вращается от приводного устройства, а подвижный конус получает качательное движение.

У дробилок крупного дробления центр поворота 0 расположен в верхней части в точке подвеса, у дробилок с консольным валом - в верхней части на пересечении осей вала и дробилки.

Во время работы дробилки ось вала описывает коническую поверхность с вершиной в точке 0, а линии поверхностей подвижного конуса поочередно приближаются и удаляются от неподвижного конуса, т.е. подвижный конус как бы катается по неподвижному, в результате чего материал непрерывно дробится.

Таким образом, конусная дробилка работает так же, как и щековая дробилка. Разница в том, что дробление в конусной дробилке происходит непрерывно, т.е. всякий раз, когда какая-либо часть поверхности подвижного конуса приближается к неподвижному элементу, и в этот момент материал раздавливается, в то время как на диаметрально противоположной стороне подвижный конус отдаляется от неподвижного.

Фактически, движущийся конус усложняет движение. Когда дробилка работает на холостом ходу, силы трения в кинематической паре эксцентрикового вала корпуса могут оказаться больше, чем силы трения в кинематической паре точки подвеса вала крупного дробления или силы трения в движущейся конической паре сферических подшипников для среднего и мелкого дроблений. Затем конус будет вращаться вокруг своей оси в том же направлении, что и эксцентриковая втулка[4].

В зависимости от соотношения сил трения в кинематических парах скорость конуса n_1 может составлять от 0 до n скорости эксцентрикового корпуса. Вращение подвижного конуса вокруг своей оси является нежелательным явлением, поскольку оно приводит к чрезмерной динамической нагрузке во время загрузки материала в камеру дробления, из-за этого в некоторых вариантах выполнения конусных дробилок предусмотрены специальные тормозные устройства, которые предотвращают зацепление подвижного конуса во вращении.

Если материал раздавлен, то силы трения между материалом и конусами значительно превышают силы трения в вышеупомянутых парах и заставляют подвижный конус вращаться вокруг собственной оси в направлении, противоположном вращению эксцентрикового корпуса.

На рис. 2 показана конусная дробилка крупного дробления, камера дробления которой образована двумя коническими поверхностями, обращенными к вершинам в противоположных направлениях: подвижный конус вверх, закрепленный вниз. Согласно этой схеме достигается большое расстояние между дробящими конусами в верхней части загрузочного отверстия при желаемом угле захвата, что обеспечивает дробление крупных кусков материала. Эти дробилки часто называют длинными или конусными дробилками.

К прочной раме дробилки 1 прикреплен корпус, состоящий из двух частей: нижней 2 и верхней 3, которые прикручены друг к другу. Внутренние поверхности корпуса футерованы сменными пластинами 4 из стали с высоким содержанием марганца, образующими дробящую поверхность неподвижного конуса. К фланцу верхней части корпуса прикреплена поперечина 5, ножки которой защищены от износа сменными пластинами 6. В средней части поперечины узел подвески подвижного конического вала защищен сверху заглушкой 7, футерованный сменным дробящим конусом 10 из высокомарганцевой стали, поверхность которого образует дробящую поверхность подвижного конуса. В середине нижней части рамы расположен эксцентриковый корпус 15, в который вставлен эксцентриковый корпус 11, ось цилиндрической наружной поверхности которого совпадает с вертикальной осью дробилки. В корпусе имеется наклонное цилиндрическое отверстие, эксцентричное по отношению к вертикальной оси дробилки. В это отверстие вставляется нижний конец подвижного конического вала, верхний конец которого может наклоняться в узле подвески[3].

На корпусе эксцентрика установлена коническая шестерня 12, которая взаимодействует с конической шестерней ведущего вала 13, которая через муфту соединена с ведущим шкивом 14. Для обеспечения нормальных условий трения скольжения в кинематических парах конический вал - эксцентриковая втулка - эксцентрик и внешняя поверхность эксцентрика позади.

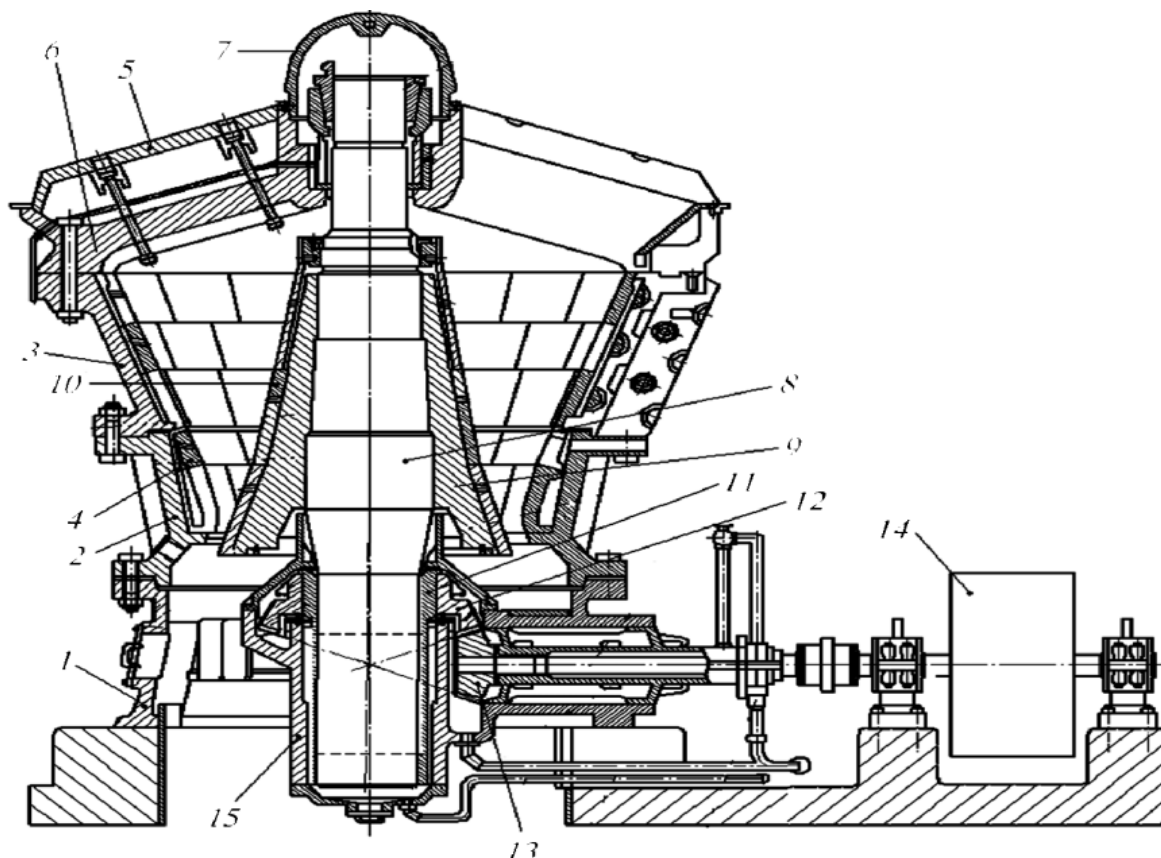


Рис. 2. Конусная дробилка крупного дробления

Производительность конусных дробилок (в м³/ч)

$$P = \pi D_{cp} l b \omega \mu ,$$

где μ – коэффициент разрыхления готового продукта;

D_{cp} – диаметр окружности, описываемый центром тяжести дробимого материала (м);

l – длина параллельной зоны (м);

b – ширина параллельной зоны (м);

ω – число обкаток эксцентрикового стакана (1/с).

Следует отметить, что конусные дробилки можно классифицировать по критерию мобильности. Есть только два особых типа:

Стационарный - обеспечивает установку дробилки непосредственно в помещениях, производственных цехах, различном вспомогательном оборудовании, где измельчается материал для последующего использования в строительстве. Следует отметить, что устройство для установки в стационарном виде отличается высокими характеристиками и производительностью, что делает его оптимальным решением среди потенциальных потребителей.

Мобильные устройства - могут легко перемещаться и одновременно выполнять поставленные задачи. В таком случае актуальным станет вопрос о габаритах и весе конструкции, которой полностью соответствует представленная конструкция. Вес разный, но производительность устройства не позволит протестировать агрегат при раздавливании крупных предметов и материалов. Его относительно легко транспортировать, поэтому вы легко можете попробовать перевезти технику к месту работы. Мобильные конусные дробилки имеют еще один источник энергии, который можно использовать в зависимости от потребностей потенциального владельца устройства.

Конусные дробилки могут быть разными даже по технологии. Во-первых, отличие заключается в наличии определенного количества накопителей в конструкции устройства. В первую очередь, на производительность устройства может влиять наличие одного или двух соответствующих накопителей. В случае двух приводов актуальным становится вопрос о времени и усилиях, затрачиваемых на обслуживание оборудования, но при этом значительно ускоряется достижение высоких результатов процесса дробления.

Конусные дробилки классифицируются по типу измельчения. Это обеспечивает вторичное дробление, что наиболее важно, когда необходимо получить мелкую фракцию и таким образом максимально использовать все свойства установки. Вторичное дробление актуально и на заводах, в производственных помещениях, где налажено производство изделий для укладки, укладки тротуаров, различных других деталей интерьера и ландшафта.

Классификация актуальна с точки зрения факторов давления, особенно конструктивных свойств камеры. Это может быть, например, конусная дробилка с агрегатами крупного и мелкого дробления, позволяющая получить часть требуемого параметра для использования в строительстве в качестве определенного технологического материала. Наличие таких камер позволит получить мелкую фракцию материала, что, таким образом, позволит рассчитывать на получение материала, необходимого для включения в состав различных композиций и компонентов[5].

С позиции обеспечения получения материалов с нормативными и улучшенными свойствами в результате проведенных исследований подтверждена возможность использования отходов производства минеральной ваты в качестве активной минеральной добавки для цемента, а также установлено рациональное содержание составляющих компонентов в цементе.

Библиографический список

1. Герасимов М.Д. Исследование многоступенчатого вибрационного механизма с направленными колебаниями каждой ступени / Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 3. С. 88-93.
2. Бауман Л.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1981. 160 с.
3. Богданов В.С. Машины и аппараты для производства строительных материалов. Межвузовский сборник статей выпуск VI.– Б.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.
4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Т. 327. № 3 С. 032009.
5. Determination of rational parameters for process of grinding materials pre-crushed by pressure in ball mill. / Romanovich A.A., Romanovich L.G., Chekhovskoy E.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Т. 327. № 4 С. 042091.
6. Чепчуrows М.С., Четвериков Б.С., Масловская А.Н., Любимый Н.С. Реализация автоматизированного обозначения шероховатостей поверхностей объектов электронной модели изделия. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2020. № 8 (281). С. 3-9. DOI: 10.14489/hb.2020.08.pp.003-009
7. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум: учеб. пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.

References

1. Gerasimov M.D., Vorobiev N.D., Stepanishchev V.A. Investigation of a multistage vibration mechanism with directional vibrations of each stage. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhov*. 2017. No. 3. S. 88-93.
2. Bauman L.A., Klushantsev B.V., Martynov V.D. Mechanical equipment for enterprises of building materials, products and structures. Moscow: Mashinostroenie, 1981. 160 p.
3. Bogdanov V.S. Machines and apparatus for the production of building materials. / Interuniversity collection of articles issue VI. Under the general editorship of Academician IASI, Doctor of Technical Sciences, Professor Bogdanov V.S. - B.: BSTU im. V.G. Shukhov, 2006.
4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 3 C. 032009.
5. Determination of rational parameters for process of grinding materials pre-crushed by pressure in ball mill. / Romanovich A.A., Romanovich L.G., Chekhovskoy E.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 4 C. 042091.
6. Chepchurov M.S., Chetverikov B.S., Maslovskaya A.N., Lyubimyi N.S. Implementation of the automated designation of the surface roughness of the objects of the electronic model of the product. *Directory. Engineering journal with annex*. 2020. No. 8 (281). S. 3-9. DOI: 10.14489/hb.2020.08.pp.003-009
7. Lyubimyi N.S., Orekhova T.N., Chetverikov B.S., Starchik Yu.Yu. Hoisting machines and equipment: workshop: textbook. allowance - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2019. - 98p.

Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова студент Т.А. Рыжих
Россия, г. Белгород
e-mail: ryzhih.tanechka@yandex.ru
студент М.Л. Жучков
Россия, г. Белгород
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
студент А.А. Польшин
Россия, г. Белгород
e-mail: info@polshin.ru
студент А.А. Тихонов
Россия, г. Белгород
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Научный руководитель канд. техн. наук, ст.
преподаватель. Н.С. Любимый
Россия, г. Белгород
e-mail: nslubim@bk.ru

Belgorod State
Technological University
Student T.A. Ryzhih
Russia, Belgorod
e-mail: ryzhih.tanechka@yandex.ru
Student M.L. Zhuchkov
Russia, Belgorod
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
Student A.A. Polishin
Russia, Belgorod
e-mail: info@polshin.ru
Student A.A. Tihonov
Russia, Belgorod
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Scientific adviser, Cand. tech. Sciences, Art.
teacher N.S. Lubimyi
Russia, Belgorod
e-mail: nslubim@bk.ru

Т.А. Рыжих, М.Л. Жучков, А.А. Польшин, А.А. Тихонов

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Целью статьи является изучение различных видов мостовых кранов и области их применения. В основе исследования использованы различные информационные источники, в которых содержится материал посвященный подъемно-транспортной технике. Полученные сведения позволяют узнать специфические особенности данной машины, применяемой при осуществлении погрузочно-разгрузочных операций.

Ключевые слова: мостовой кран, подъемно-транспортная техника, погрузочно-разгрузочные операции.

T.A. Ryzhih, M.L. Zhuchkov, A.A. Polishin, A.A. Tihonov

STUDY OF REGULARITIES OF ELECTRIC HOIST OPERATION AND ITS CLASSIFICATION IN MODERN PRODUCTION

The purpose of the article is to study various types of overhead cranes and their areas of application. The research is based on various information sources, which contain material on lifting and transport equipment. The information obtained allows you to find out the specific features of this machine used in the implementation of loading and unloading operations

Keywords: overhead crane, handling equipment, handling.

Подъемно-транспортная техника незаменима в современном производстве, поскольку используется для механизация основных процессов и вспомогательных работ.

Среди наиболее распространенных средств механизации погрузочно-разгрузочных работ на промышленных предприятиях являются грузоподъемные краны, обеспечивающие подъем груза и перемещение его на короткие расстояния

В соответствии с конструкцией подъемные краны делятся на краны: стреловые, мостовые и самоходные.

В зависимости от вида передвижения подъемные краны бывают мобильными и стационарными.

В зависимости от вида приводного механизма краны делятся на: пневматические, электрические, ручные, гидравлические, с приводом от двигателя внутреннего сгорания и т.д.

Также краны делятся на: полнооборотные, частично поворотные и неповоротные. Эта классификация зависит от степени поворота стрелы.

По конструкции моста мостовые краны делятся на двухбалочные и однобалочные. Краны мостовые однобалочные с электроприводом делятся на подвесные и опорные. Двухтавр используют, как несущую балку однобалочных кранов подвесной конструкции (рис.1) [1].



Рис. 1. Однобалочный подвесной кран

Краны крюковые оснащены одним или двумя крюками. Они нужны для работы со штучными грузами (рис.2). Для перегрузки ими различных сыпучих материалов применяют специальные ковши.

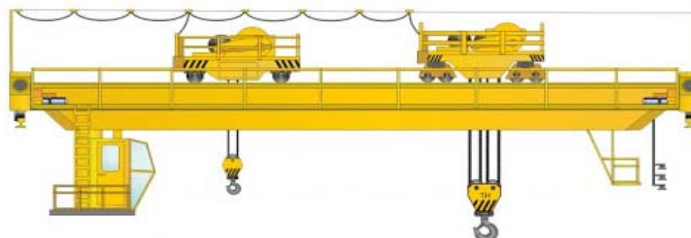


Рис. 2. Крюковой мостовой кран

Краны магнитные (рис. 3) по своей конструкции схожи с крюковыми. Отличаются они лишь тем, что на крюке такого крана подвешен электромагнит, который используют для перевозки изделий из чугуна и стали.

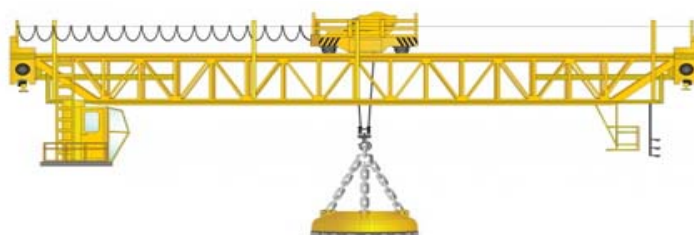


Рис. 3. Кран магнитный

Захватывающий кран отличается от обычного крюкового крана наличием специального грейферного ковша (рис. 4). Такой кран используется для перемещения сыпучих и кусковых материалов.



Рис. 4. Захватывающий кран

Краны с магнитным захватом одновременно оснащены электромагнитом и захватом. Обладая грузоподъемностью электромагнита и захватом 5 т, кран снабжается одной тележкой, грузоподъемностью 10 т - двумя тележками (рис. 5) [2].

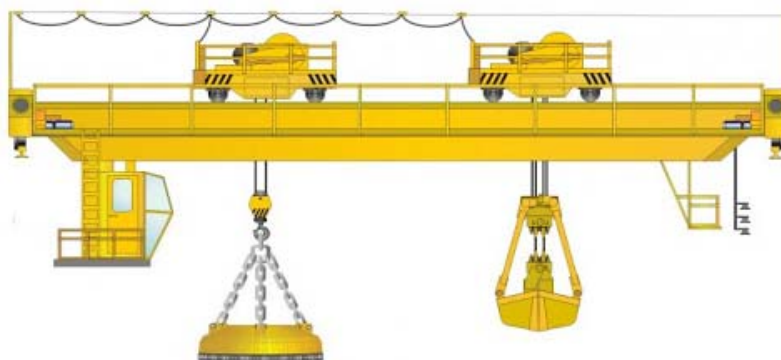


Рис. 5. Грейферно-магнитный кран

Особенностью крана с магнитным желобом (рис. 6) является тележка, на которой размещен механизм управления работой захвата желоба, транспортирующего желоб, и подъемный электромагнит. Желоб - это ящик, в котором измельченный металл транспортируется в сталеплавильные печи.



Рис. 6. Кран с магнитным желобом

Желоб состоит из двух рам, которые могут приближаться друг к другу. Желоба устанавливаются на специальные опоры, ширина которых меньше длины желобов. Перед установкой желобов рамы разрывают и опускают с обеих сторон желобов. Затем рамки сближаются и оказываются под выступающими концами желобов[5].

Заливка плавильной шихты в плавильные печи осуществляется через заправочный клапан (рис. 7). Загрузочный кран имеет тележки, на одной из которых особой конструкции предусмотрен ствол, служащий для подачи желобов в загрузочное отверстие печи.



Рис. 7. Мульдо-загрузочный кран

Литейный кран (рис. 8) отличается от крюкового двумя тележками - вспомогательной и основной. Рельсы, по которым перемещается вспомогательная тележка, расположены под рельсами основной тележки.



Рис. 8. Кран литейный

На сформированных таким образом двух ветвях канатов подвешена перекладина с двумя крючками, с помощью которой закрепляется металлическое ведро[4].

Тележка размещается на мосту (рис. 9) крана отделения слитков. Вал и кабина крановщика подвешены к раме грузовика.

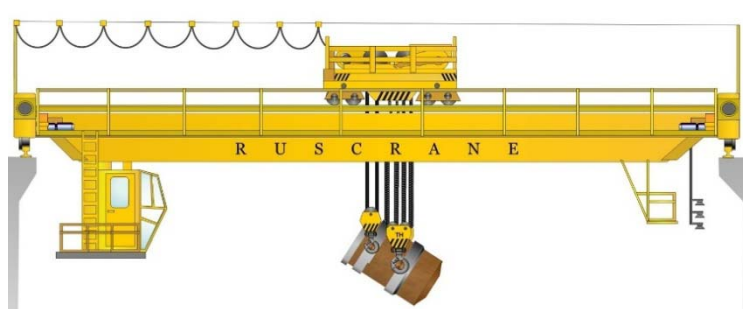


Рис. 9. Кран для раздевания слитков

Внутри шахты проложены направляющие, по которым используется механизм для выполнения операций по выпуску слитков.

Также существует много других различных кранов, ориентированных на выполнение большого спектра задач.

Широкий выбор кранов обусловлен теми проблемами и задачами, которые перед ними стоят. Благодаря своим возможностям современные краны уже давно вышли за те рамки, в которых они вынуждены были работать изначально. Продолжается свое постоянное развитие, которое очень важно для современного производства и отрасли строительства, краны еще долго будут выполнять работы различного уровня сложности, оставаясь незаменимыми помощниками человека.

Современные машины базируются на следующих принципах: стандартизация, унификация и проектирование блоков. Согласно технико-экономическому анализу наибольшее число определяет количество оптимальных типов машин и их параметры, стандартные размеры деталей и узлов. Это повышает качество машины и эффективность во время их эксплуатации и ремонта[1].

Библиографический список

1. Герасимов М.Д. Исследование многоступенчатого вибрационного механизма с направленными колебаниями каждой ступени / Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 3. С. 88-93.
2. Бауман Л.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1981. 160 с.
3. Богданов В.С. Машины и аппараты для производства строительных материалов. Межвузовский сборник статей выпуск VI.. – Б.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.
4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Т. 327. № 3 С. 032009.
5. Determination of rational parameters for process of grinding materials pre-crushed by pressure in ball mill. / Romanovich A.A., Romanovich L.G., Chekhovskoy E.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Т. 327. № 4 С. 042091.
6. Чепчуров М.С., Четвериков Б.С., Масловская А.Н., Любимый Н.С. Реализация автоматизированного обозначения шероховатостей поверхностей объектов электронной модели изделия. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2020. № 8 (281). С. 3-9. DOI: 10.14489/hb.2020.08.pp.003-009.
7. Любимый Н.С. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум: учеб. пособие / Н.С. Любимый, Т.Н. Орехова, Б.С. Четвериков, Ю.Ю. Старчик. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98 с.

References

1. Gerasimov M.D. Study of a multistage vibration mechanism with directional vibrations of each stage / Gerasimov M.D., Vorobyov N.D., Gerasimov D.M., Stepanishchev V.A. // Vestnik of BSTU im. V.G. Shukhov. 2017. No. 3. S. 88-93.
2. Bauman L.A., Klushantsev B.V., Martynov V.D. Mechanical equipment for enterprises of building materials, products and structures. - M.: Mashinostroenie, 1981. 160 p.
3. Bogdanov V.S. Machines and apparatus for the production of building materials. Interuniversity collection of articles issue VI. – B.: BSTU im. V.G. Shukhov, 2006.
4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 3 C. 032009.
5. Determination of rational parameters for process of grinding materials pre-crushed by pressure in ball mill. / Romanovich A.A., Romanovich L.G., Chekhovskoy E.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 4 C. 042091.
6. Chepchurov M.S., Chetverikov B.S., Maslovskaya A.N., Lyubimy N.S. Implementation of automated designation of surface roughness of objects of the electronic model of the product. Directory. Engineering journal with annex. 2020. No. 8 (281). S. 3-9. DOI: 10.14489 / hb.2020.08.pp.003-009.
7. Favorite N.S. Hoisting machines and equipment: workshop: textbook. manual / N.S. Favorite, T.N. Orekhova, B.S. Chetverikov, Yu. Old man. - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2019. -98 p.

Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова студент А.А. Тихонов
Россия, г. Белгород
e-mail: cherep2240@rambler.ru
студент М.Л. Жучков
Россия, г. Белгород
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
студент В.Р. Бакшеев
Россия, г. Белгород
e-mail: baksheev9999@mail.ru
студент А.А. Польшин
Россия, г. Белгород
e-mail: info@polshin.ru
Научный руководитель канд. техн. наук, ст.
преподаватель. Н.С. Любимый
Россия, г. Белгород
e-mail: nslubim@bk.ru

Belgorod State
Technological University
Student A.A. Tihonov
Russia, Belgorod
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Student M.L. Zhuchkov
Russia, Belgorod
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
Student V.R. Baksheev
Russia, Belgorod
e-mail: baksheev9999@mail.ru
Student A.A. Polishin
Russia, Belgorod
e-mail: info@polshin.ru
Scientific adviser, Cand. tech. Sciences, Art.
teacher N.S. Lubimyi
Russia, Belgorod
e-mail: nslubim@bk.ru

А.А. Тихонов, М.Л. Жучков, В.Р. Бакшеев, А. Польшин

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОТАЛИ

Цель статьи показать методы используемые при расчете основных параметров электрической тали. Основу исследования данной методики составляют расчетные формулы, а также сведения из различных источников, в которых содержатся сведения о работе подъемно-транспортных машин и механизмов. Полученная информация дает наглядное представление об особенностях возможной модернизации данного механизма в дальнейшем.

Ключевые слова: электрическая таль, подъемно-транспортные машины и механизмы, модернизация.

A.A. Tihonov, M.L. Zhuchkov, V.R. Baksheev, A.A. Polishin

CALCULATION PROCEDURE FOR THE MAIN PARAMETERS OF THE ELECTROTAL

The purpose of the article is to show the methods used in calculating the main parameters of the electric hoist. The basis of the study of this technique is the calculation formulas, as well as information from various sources, which contain information about the operation of hoisting-and-transport machines and mechanisms. The information received gives a clear idea of the features of the possible modernization of this mechanism in the future.

Keywords: electric hoist, hoisting-and-transport machines and mechanisms, modernization.

Постоянное улучшение моделей подъемно-транспортных машин способствует и появлению новых проблем при расчетах, конструировании и выборе наиболее лучших критериев для их производства и эксплуатации.

Для наиболее точного определения параметров необходимых для модернизации любой машины нужно точно знать расчеты ее основных параметров[1].

Электрическая таль (рис. 1.) –это улучшенная модель обыкновенной лебедки, устанавливаемая, в основном, на различных кранах. В настоящее время этот подъемник не имеет аналогов по соотношению производительности и простоте использования.

Если рассматривать такое устройство в целом, то это механизм, который включает в себя:

- тележку;
- барабан;
- двигатель;
- тормозную систему;
- трос для работы с грузами;
- рельс для передвижения в одной или двух плоскостях.

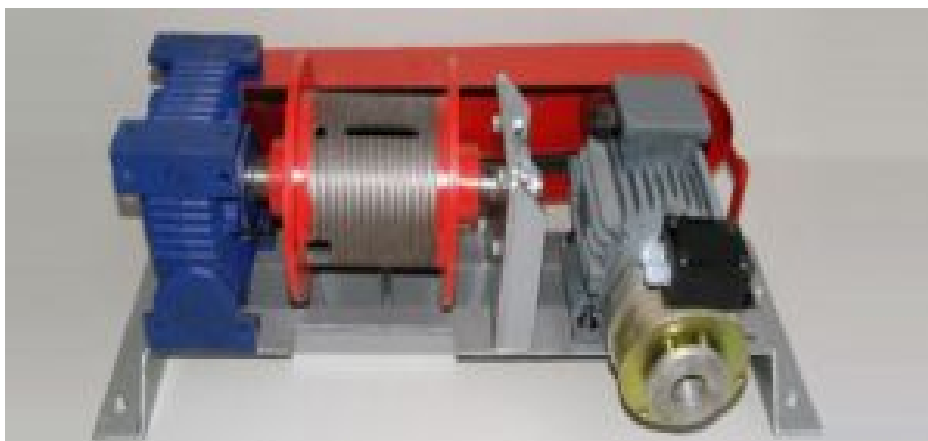


Рис. 1. Электроталь

Эти элементы являются основными. Но для того чтобы обеспечить полноценную работу их недостаточно. Для этой цели используют подъемный редуктор, который позволяет работать с большими нагрузками, посредством увеличения крутящего момента двигателя. Также дополнительными элементами являются: крюковая подвеска и система контроля. Данные комплектующие находятся внутри тележки и также могут использоваться в составе сложных подъемных систем[5].

Для расчета основных параметров электротали применяются следующие формулы:

Потребляемая мощность электродвигателя

$$N = \frac{Q \cdot V}{60 \cdot 102 \cdot \eta_0}, \quad (1)$$

где Q – грузоподъемность;

V – скорость подъема;

η_0 – КПД подъемного механизма.

Натяжение ветви каната, идущей в барабане

$$S_{\max} = \frac{Q \cdot g}{z \cdot \eta_{\text{бл}}}, \quad (2)$$

где z – число ветвей, к которым подвешен груз;

$\eta_{\text{бл}}$ – КПД агрегата.

Максимальная прочность троса

$$S_p = n_k \cdot S_{\max}. \quad (3)$$

Фактический запас прочности каната

$$n_\phi = \frac{S_p}{S_{\max}}. \quad (4)$$

Диаметр барабана по центру наматываемого каната

$$D_{\phi} \geq e d_k. \quad (5)$$

Серийно производимая электрическая лебедка представляет собой подъемный двигатель, встроенный в барабан и образующий барабанный мотор. Размеры для барабана берутся конструктивно, но не ниже минимально допустимого значения.

Фактическое значение коэффициента e

$$e = \frac{D_{\phi}}{d_k}. \quad (6)$$

Число оборотов барабана

$$n_{\phi} = \frac{m \cdot v_n}{\pi \cdot D_{\phi}}. \quad (7)$$

Фактическая скорость подъёма

$$v'_n = v_n \cdot \frac{i'_0}{i_0}. \quad (8)$$

Номинальный крутящий момент на валу барабана

$$M_{\phi} = \frac{2 \cdot S_{\max} \cdot D_{\phi}}{2 \cdot \eta_{\phi l}}. \quad (9)$$

Для дисковых тормозов требуемый момент трения создается путем сжатия неподвижных дисков с дисками, вращающимися вместе с тормозным валом. Пружина является источником для замыкающего усилия Q .

Момент торможения рассчитывается по следующей формуле

$$M_m = 1,2 \cdot M_{\text{ном}}. \quad (10)$$

Для расчета параметров приводной тележки электротали пользуются следующими формулами:

Суммарное усилие, воспринимаемое ходовыми колёсами

$$Q = G_1 + G_2, \quad (11)$$

где G_1 – приблизительный вес электротали;

G_2 – грузоподъёмность.

Общее сопротивление электрической тали движению складывается из сопротивления трению во время движения и наклона пути.

Сопротивление трению во время движения

$$W_{mp} = k_p (G_1 + G_2) \cdot \frac{2\mu + df}{D_k}; \quad (12)$$

где G_1 – масса электрической тали;

D_k – диаметр колеса;

d – диаметр штифта;

f – величина трения шарикоподшипников;

k_p – параметр, показывающий противодействие трению концов ступицы колёса [4].

Сопротивление движению от наклона пути

$$W_{ук} = \alpha \cdot (G_1 + G_2), \quad (13)$$

где α – допустимый наклон.

Полное статическое сопротивление движению электрической тали

$$W = W_{тр} + W_{ук}, \quad (14)$$

Статическая сила перемещения тележки с грузом

$$N_{ст} = \frac{W \cdot V_T}{102 \cdot \eta_m}, \quad (15)$$

где V_T – скорость тележки;

η_m – КПД передачи при полной нагрузке.

Контрольный расчёт прочности крюка заключается в определении напряжений на самых опасных участках.

Напряжение крюка (МПа)

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot Q \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot d_6^2}, \quad (16)$$

где d_6 – внутренний диаметр резьбы.

Высота гайки определяется из условия смятия резьбы

$$h = \frac{4 \cdot Q \cdot p \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (d_0^2 - d_6^2) \cdot [\sigma_{см}]}, \quad (17)$$

где p – шаг резьбы, м;

d_0 – наружный диаметр резьбы, м;

$[\sigma_{см}]$ – допустимое напряжение сдвига, МПа[7].

Множество возможностей для работы с грузами разного размера и веса привели к широкому использованию подъемников в различных областях, таких как: тяжелая промышленность, строительство, машиностроение и т. д.

Часто используются дополнительные инструменты, чтобы сделать электрическую таль более безопасной и укомплектованной. К этим инструментам относятся: система автоматического торможения, система защиты от перегрева и т.д. Однако установка дополнительных модулей серьезно повышает стоимость подъемника.

Иногда доукомплектование вспомогательными модулями является обязательным условием работы электроподъемного оборудования. Так, для работы с критическими нагрузками требуется автоматический подъемно-опускающийся стопорный механизм. Поэтому очень важно знать и правильно применять формулы для расчета основных параметров электротали.

Библиографический список

1. Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Степанищев В.А. Исследование многоступенчатого вибрационного механизма с направленными колебаниями каждой ступени // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 3. С. 88-93.
2. Бауман Л.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 160 с.
3. Богданов В.С. Машины и аппараты для производства строительных материалов. / Межвузовский сборник статей. Выпуск VI. – Б.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.

4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. № 3 C. 032009.

5. Determination of rational parameters for process of grinding materials pre-crushed by pressure in ball mill. / Romanovich A.A., Romanovich L.G., Chekhovskoy E.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. № 4 C. 042091.

6. Чепчуров М.С., Четвериков Б.С., Масловская А.Н., Любимый Н.С. Реализация автоматизированного обозначения шероховатостей поверхностей объектов электронной модели изделия. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2020. № 8 (281). С. 3-9. DOI: 10.14489/hb.2020.08.pp.003-009

7. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум: учеб. пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.

References

1. Gerasimov M.D., Vorobiev N.D., Stepanishchev V.A. Investigation of a multistage vibration mechanism with directional vibrations of each stage. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhov. 2017. No. 3. S. 88-93.

2. Bauman L.A., Klushantsev B.V., Martynov V.D. Mechanical equipment for enterprises of building materials, products and structures. Moscow: Mashinostroenie, 1981.160 p.

3. Bogdanov V.S. Machines and apparatus for the production of building materials. / Interuniversity collection of articles. Issue VI. Under the general editorship of Academician IASI, Doctor of Technical Sciences, Professor Bogdanov V.S. - B.: BSTU im. V.G. Shukhov, 2006.

4. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 3 C. 032009.

5. Determination of rational parameters for process of grinding materials pre-crushed by pressure in ball mill. / Romanovich A.A., Romanovich L.G., Chekhovskoy E.I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 4 C. 042091.

6. Chepchurov M.S., Chetverikov B.S., Maslovskaya A.N., Lyubimyi N.S. Implementation of the automated designation of the surface roughness of the objects of the electronic model of the product. Directory. Engineering journal with annex. 2020. No. 8 (281). S. 3-9. DOI: 10.14489 / hb.2020.08.pp.003-009

7. Lubimyi N.S., Orekhova T.N., Chetverikov B.S., Starchik Yu.Yu. Hoisting machines and equipment: workshop: textbook. manual - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2019.-98p.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 69.05

*Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
Студентка специалитета М.А. Жорник
Россия, г. Санкт-Петербург,
тел. +7(911) 6-52-78-42
e-mail: zhornik.ma@edu.spbstu.ru
Старший преподаватель О.С.Гамаюнова,
Россия, г. Санкт-Петербург,
тел. +7 (921) 965-88-25
e-mail: gamayunova_os@spbstu.ru*

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic
University
Specialist student M.A. Zhornik
Russia, St. Petersburg,
tel. +7(911) 6-52-78-42
e-mail: zhornik.ma@edu.spbstu.ru
Senior Lecturer O.S. Gamayunova,
Russia, St. Petersburg
tel. +7 (921) 965-88-25
e-mail: gamayunova_os@spbstu.ru*

М.А. Жорник, О.С. Гамаюнова

ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Время, затрачиваемое на строительство, служит главным фактором для оценки эффективности любого проекта, поскольку растущий спрос на жилье и рост крупных городов требуют сокращения сроков возведения зданий. В статье сделан анализ современных строительных материалов и технологий для высокоскоростного строительства высотных зданий, использования BIM-технологий, а также производительной роботизированной техники, которая успешно используется для сокращения сроков строительства.

Ключевые слова: строительство, высотные здания, сокращение сроков строительства, строительные процессы, организация строительства, оптимизация строительных процессов.

М.А. Zhornik, O.S. Gamayunova

HIGH-SPEED CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS

Construction time is a major factor in evaluating the effectiveness of any project, as the growing demand for housing and the growth of large cities require faster construction times. The article analyzes modern building materials and technologies for high-speed construction of high-rise buildings, the use of BIM technologies, as well as productive robotic equipment, which is successfully used to reduce construction time.

Key words: construction, high-rise buildings, reduction of construction time, construction processes, organization of construction, optimization of construction processes.

Основной проблемой при возведении высотных зданий является их массивность и, вследствие этого, большие сроки строительства. Строительный проект каждого здания состоит из трех этапов: идея, проектирование и строительство. Время возведения зданий часто служит ключевым фактором для оценки результативности проекта и эффективности проект-

ной организации, поскольку проблемы, возникающие из-за таких задержек, усугубляются финансовыми потерями. Дополнительные расходы, понесённые всеми участниками, а также убытки клиентов являются наиболее распространёнными последствиями. Особенно критично это бывает в случае строительства высотных зданий в силу их масштаба. Поэтому превышение сроков строительства высотных сооружений является основным пунктом критики возведения многоэтажных построек. Чтобы избежать таких проблем, многие компании стремятся увеличить производительность всех процессов и оптимизировать их. Особенно это важно в городах, в которых высокая стоимость земли. Важно определить фактические причины задержки, чтобы избежать задержек и связанных с ними расходов. Для этого важно грамотно спланировать каждый этап возведения здания. Признав время строительства чрезвычайно важным вопросом, многие исследования были сосредоточены на сокращении продолжительности процесса возведения зданий, в результате которых были изобретены различные механизмы и технологии, оптимизирующие строительство.

Строительные материалы и технологии для высокоскоростного строительства

Одним из важных этапов высокоскоростного возведения зданий и сооружений является подбор оптимальных строительных материалов и систем. Так, например, одним из способов уменьшения затрачиваемого времени является использование самоподъемных систем опалубки. Данный метод является популярным в разных странах благодаря лёгкости в работе. Данная система использовалась в возведении таких высотных построек, как: Лахта Центр, деловой центр Куатро-Торрес, небоскрёб Бурдж-Халифа и башня Евразия в Москва-Сити (рис.1).



Рис. 1. Использование самоподъемных систем опалубки при возведении высотных зданий:
а – Лахта-центр (г.Санкт-Петербург, Россия), б – Куатро-Торрес (г. Мадрид, Испания),
в – Бурдж-Халифа (г.Дубай, ОАЭ), г – Башня Евразия (г. Москва, Россия).

Предварительное изготовление элементов, имеющее название «префаб» (от английского слова «prefabrication» - сборное производство) - еще один метод, который успешно применяется в целях экономии времени при строительстве высотных зданий. Поскольку многие элементы дублируются, этот процесс является удобным и очень эффективным. Суть данного метода заключается в производстве составных частей здания на заводе и дальнейшей их доставкой на строительную площадку. Готовые профили создаются на производстве в огромных количествах, после чего отправляются на объект. Чтобы создать блоки необходимых размеров и формы, цементный раствор подходящей консистенции разливается в подготовленные пресс-формы. Затем промышленным вибратором из влажного бетонного раствора удаляются пузырьки воздуха. После чего спустя сутки после отливки элементы высвобождаются из форм и перемещаются в полимеризационные баки, где наконец затвердевают. Самой популярной формой сборных конструкций является использование бетонных и стальных профилей в проектах, где один определённый строительный элемент повторяется несколько раз [7].

Два ключевых фактора в проектировании высотных зданий выделяют их среди других построек: они должны выдерживать высокие горизонтальные нагрузки (ветровые, сейсмические), а повторяющийся характер конструкции требует доработки строения для повышения скорости возведения и увеличения используемых площадей. Для выполнения перечисленных свойств важно грамотно подбирать используемые материалы. Их правильный подбор также ускоряет процесс возведения высотных зданий. Здесь следует обратить внимание на использование композитных материалов.

Композиционные материалы - это материалы, которые состоят из двух и более компонентов, сильно отличающихся своими химическими и физическими качествами. Благодаря соединению этих материалов возникает новый с уникальными свойствами, которыми каждый материал в отдельности обладать не может. При проектировании композитных конструкций стараются использовать лучшие свойства материалов. В качестве примера такого материала можно привести композитную арматуру, которая используется для увеличения прочности бетона. В отличие от стальной арматуры, которая подвержена коррозии, что приводит к разрушению бетонных конструкций, композитная кладочная сетка изготавливается из арматурных стержней, которые могут быть сделаны из стеклянных волокон (такая арматура называется стеклопластиковой), и базальтовых (арматура из данного материала называется базальтопластиковой). На объект она доставляется в сборном виде (в рулонах или листах), благодаря чему процесс строительства ускоряется. Помимо этого, благодаря низкому модулю упругости вибрация быстро гасится. Также данная конструкция не проводит электричество и не намагничивается. Сравнение характеристик композитной арматуры со стальной приведено в таблице [2].

Другим примером использования определённых материалов для ускорения возведения является применение конструкционной стальной рамы со стальной панельной системой. Данная конструкция использовалась в здании Grosvenor Place в Сиднее. Исследования показывают, что оптимальное время цикла строительства этажа составляет 4 дня. Таким образом, была запланирована 6-дневная программа. Продолжительность аналогичного цикла для традиционной железобетонной конструкции составляла бы 12 дней. Таким образом экономия времени строительства составляет до 8 месяцев. Это доказывается количеством материалов, которое необходимо было бы поднять на объекте: 134 тонны стальных конструкций и арматуры и 275 м³ бетона сравниваются с 340 тоннами опалубки и арматуры и 435 м³ бетона для железобетонной системы. Количество рабочих на строительстве сокращается на 100 рабочих [1].

Сравнительная характеристика основных свойств арматуры

Технические характеристики	Стеклопластиковая арматура	Базальтопластиковая арматура	Стальная арматура класса III (A400C)
Прочность на растяжение, МПа	1200	1300	380
Теплопроводность, Вт/м ³ ·С	<0,57	<0,47	52
Плотность, г/см ³	2,0	2,02	7,9
Модуль упругости, ГПа	55	71	210
Коррозионная и химическая стойкости	Высокая	Очень высокая	Низкая
Электропроводность	Не проводит электричество	Не проводит электричество	Проводит электричество
Намагничивание	Не намагничивается	Не намагничивается	Намагничивается
Огнестойкость, °С	До 180	До 280	До 650

Помимо вышеперечисленных способов ускорения строительства важно упомянуть и фасадные панели (рис. 2). Их используют как облицовочный материал для защиты от внешних факторов, звукоизоляции и придания сооружению эстетичного вида. Благодаря тому, что панели необходимых размеров можно нарезать на производстве и там же сделать необходимые отверстия, монтаж таких фасадов будет удобен на больших высотах. Установка цельных панелей значительно ускоряет процесс в сравнении с цементной штукатуркой и покраской. Также в небоскрёбах активно используется фасадное остекление, которое отличается скоростью установки благодаря тому, что на строительную площадку поставляются собранные блоки, высота которых равна высоте этажа [8, 9].



Рис. 2. Установка модульного фасада

Для эффективного строительства важно обеспечить быстрое перемещение на объекте. Благодаря этому по мере необходимости совершается доставка материалов на нужную высоту, сокращается время, затраченное на повторяющиеся действия.

Подъемники позволяют осуществлять вертикальные и наклонные перемещения. В строительстве высотных зданий обычно используют грузопассажирские подъемники, кото-

рые бывают мачтовые и шахтные. В мачтовых подъёмниках люлька перемещается вдоль одной или нескольких мачт, которые могут быть вертикальными и наклонными. Мачты позволяют увеличивать высоту по мере возведения объекта. Главное отличие мачтовых и шахтных подъёмников заключается в том, что люлька у шахтных перемещается уже внутри мачты. По типу подъёмного механизма разделяют канатные и бесканатные подъёмники. В первых движение осуществляется с помощью троса и среди их плюсов можно выделить низкую цену, но они имеют ограничения по высоте, поскольку у грузового каната довольно низкий предел прочности. Бесканатные же используются для доставки материалов и рабочих на большую высоту, они более надёжны благодаря своей конструкции, поэтому данный вид подъёмников используется в высотном строительстве.

Также для остекления используются платформы (рис.3). Их можно отрегулировать по форме фасада, а также они обладают высокой грузоподъемностью. Благодаря этому работы значительно упрощаются и ускоряются. Кроме того, существуют ещё и башенные краны (рис.4), которые позволяют перемещать объекты во всех направлениях. В высотном строительстве обычно используют краны с неповоротной башней, поскольку они мощнее. Платформа у таких кранов неподвижна, но наверху естьдвигающийся оголовок. К нему крепятся стрела и противовес для устойчивости. Такие краны обеспечивают быструю доставку тяжёлых грузов на большие высоты с минимальными затратами рабочей силы [3].



Рис. 3. Платформы на фасадах зданий.



Рис. 4. Башенные краны

Современные технологии в высотном строительстве

Все этапы строительства требуют высокую квалификацию рабочих на стройплощадке. Проблема с дефицитом квалифицированного персонала в некоторых странах и необходимость повышения производительности и сокращения сроков строительства стали причиной исследований и новых разработок робототехники.

Сейчас для проектирования, строительства и эксплуатации строительного объекта всё чаще используются BIM-технологии, благодаря которым можно оптимизировать каждый этап возведения здания [13]. При проектировании разрабатывается трёхмерная модель здания, программой рассчитываются параметры всех его составных частей. Также анализируются такие факторы, как тепловые потери, освещённость, характеристики рельефа, грунта,

местности и др. Здание создаётся как единое целое и при изменении каких-то его элементов меняются и остальные связанные с ними параметры. Такая система значительно ускоряет процесс проектирования и помогает избежать ошибок. Данные технологии применялись, например, при строительстве небоскрёба Landmark 81 во Вьетнаме [12].

С каждым годом в строительстве всё больше используются новые разработки робототехники. Строительные роботы подразделяются на множество типов в зависимости от выполняемых задач. Кроме проектирования они могут, например, использоваться при кладке кирпичей. Роботы справляются с этой задачей значительно быстрее и качественнее человека. В качестве примера на рис.5 представлен робот SAM, разработанный компанией Construction Robotics, который укладывает 3000 кирпичей в день, в то время как человек может уложить за сутки в 6 раз меньше.

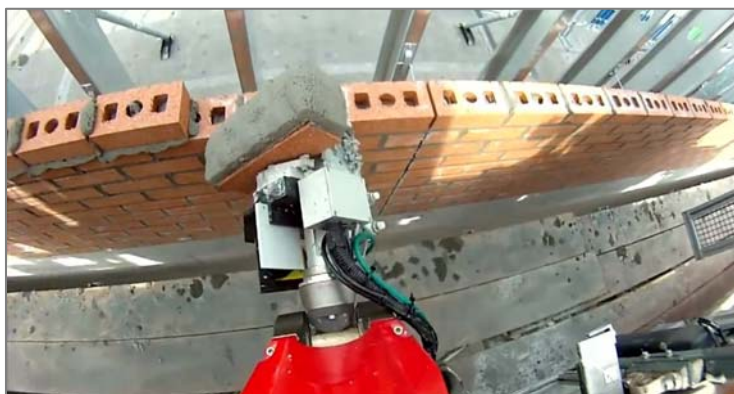


Рис. 5. Робот SAM

Кроме того, роботов используют для ранее упомянутого остекления фасадов зданий в ситуациях, когда с помощью подъёмников и кранов сделать это трудно. В таких устройствах используют вакуумный захват материалов. Они способны удерживать стеклянные конструкции в любом положении с возможностью поворота. Один из примеров таких разработок - Oscar 1000 (рис.6), который может поднимать грузы весом до 1 тонны [5].



Рис. 6. Робот Oscar 1000

Данная отрасль активно развивается, поскольку это помогает значительно уменьшить затрачиваемое время на этапы, где человека можно заменить роботом, а также работа будет выполнена качественнее. Машина может работать круглые сутки, ей не нужен отдых, что и мотивирует прогресс в создании новых моделей, упрощающих строительство.

Заключение

Темп жизни активно меняется, вместе с ним происходит и рост городов. Строительная индустрия реагирует на новые тенденции и стремится ускорить процессы возведения зданий, особенно высотных. Методы управления и планирования проектами, строительные процессы и материалы, а также специальное оборудование успешно используются для сокращения времени строительства многоэтажных зданий. Ключевыми факторами, возникшими в связи с применением методов управления, направленных на сокращение сроков строительства высотных зданий, являются:

1. Факторы масштабов проекта (стоимость, высота, количество этажей);
2. Факторы, не относящиеся к масштабам, такие, как скорость принятия решений всех членов команды, слаженная работа всех участников строительного проекта и др.

Самоподъемные системы опалубки, сборка элементов на заводах, композитные материалы и фасадные панели широко применяются для повышения производительности. Используются преимущества цикличности этапов строительства, наиболее подходящие виды материалов. Кроме того, реализация этих технологий требует использования специализированного оборудования. Мачтовые подъемники, рабочие платформы и башенные краны наиболее часто используются в строительстве высотных зданий благодаря высокой грузоподъемности и удобства. Также в возведении и проектировании активно применяются роботы, которые могут справляться с различными задачами, зачастую, даже лучше людей, вследствие чего значительно ускоряется процесс строительства.

На данный момент существует множество способов ускорить возведение зданий, но технологии не стоят на месте, благодаря чему появляются и совершенствуются методы, направленные на уменьшение затрачиваемого времени на строительство.

Библиографический список

1. Исмаилов, Ф.М. Особенности технологии и организации бетонных работ при скоростном строительстве / Ф.М. Исмаилов, М.Ф. Кужин // Системные технологии. - 2020. - № 2(35). - С. 18-24.
2. Сычев, С.А. Высокотехнологичная строительная система скоростного возведения многофункциональных полносборных зданий / С.А. Сычев // Жилищное строительство. - 2016. - № 3. - С. 43-48.
3. Сычев, С.А. Методика сравнительной оценки различных вариантов скоростного строительства из высокотехнологичных систем / С. А. Сычев, Ю. Н. Казаков // Вестник гражданских инженеров. - 2016. - № 2(55). - С. 114-120.
4. Плешивцев, А. А. Принципы и законы организации систем быстрого возведения трансформируемых жилых зданий / А. А. Плешивцев // Градостроительство. - 2013. - № 6(28). - С. 66-68.
5. Сычев, С.А. Роботизированный монтаж быстровозводимых высотных зданий из модульных трансформируемых строительных систем повышенной заводской готовности / С.А. Сычев, А.Ф. Юдина, Ю.Н. Казаков, Д.С. Шевцов // Вестник гражданских инженеров. - 2017. - № 2(61). - С. 163-177. - DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-2-163-177.
6. Vertical transport systems for evacuation from high-rise buildings / M. Gravit, I. Dmitriev, K. Kuzenkov, A. Shestakova // MATEC Web of Conferences, Novosibirsk, 16-19 May 2018. - Novosibirsk: EDP Sciences, 2018. - P. 01043. - DOI 10.1051/matecconf/201823901043

7. Сычев, С.А. Технология возведения быстровозводимых зданий и сооружений на основе одноэлементной плоской строительной системы высокоскоростного монтажа полно- сборных зданий / С.А. Сычев, А.А. Копосов // Вестник гражданских инженеров. - 2019. - № 1(72). - С. 100-109. - DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-100-109.

8. Как остекляют высотные здания и небоскрёбы [электронный ресурс]. - URL: <https://okna-germanii.com.ua/stati/kak-osteklyayut-vysotnye-zdaniya-i-neboskrjoby/> (дата обращения: 04.04.2021)

9. Фасадное остекление небоскрёбов [электронный ресурс]. - URL: <https://www.vista-stroy.ru/trendy/fasadnoe-osteklenie-neboskryobov/> (дата обращения: 04.04.2021)

10. Gamayunova, O. Technical features of the construction of highrise buildings / O. Gamayunova, D. Spitsov // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20-22 November 2019. - Moscow: EDP Sciences, 2020. - P. 08008. - DOI 10.1051/e3sconf/202016408008.

11. Gumerova, E. Choosing the appropriate way of plastering works for transportation and construction facilities / E. Gumerova, O. Gamayunova, R. Gorshkov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Khabarovsk, 10-13 April 2017. - Khabarovsk: Institute of Physics Publishing, 2017. - P. 012185. - DOI 10.1088/1755-1315/90/1/012185.

12. BIM-технологии в строительстве 2020 [электронный ресурс]. - URL: <https://www.planradar.com/ru/bim-tehnologii-v-stroitelstve-2020/#8> (дата обращения: 04.04.2021)

13. Gamayunova, O. BIM-technology in architectural design / O. Gamayunova, N. Vatin // Advanced Materials Research. - 2015. - Vol. 1065-1069. - P. 2611-2614.

References

1. Ismailov, F.M. Features of technology and organization of concrete works in high-speed construction / F.M. Ismailov, M.F. Kuzhin // System technologies. - 2020. - No. 2 (35). - S. 18-24.

2. Sychev, S.A. High-tech construction system for high-speed construction of multifunctional prefabricated buildings / S.A. Sychev // Housing construction. - 2016. - No. 3. - S. 43-48.

3. Sychev, S.A. Methodology for comparative assessment of various options for high-speed construction from high-tech systems / S. A. Sychev, Yu. N. Kazakov // Bulletin of civil engineers. - 2016. - No. 2 (55). - S. 114-120.

4. Pleshivtsev, AA Principles and laws of organizing systems for the rapid construction of transformable residential buildings / AA Pleshivtsev // Urban planning. - 2013. - No. 6 (28). - S. 66-68.

5. Sychev, S.A. Robotic installation of prefabricated high-rise buildings from modular transformable building systems of increased factory readiness / S.A. Sychev, A.F. Yudina, Yu.N. Kazakov, D.S. Shevtsov // Bulletin of civil engineers. - 2017. - No. 2 (61). - S. 163-177. - DOI 10.23968 / 1999-5571-2017-14-2-163-177.

6. Vertical transport systems for evacuation from high-rise buildings / M. Gravit, I. Dmitriev, K. Kuzenkov, A. Shestakova // MATEC Web of Conferences, Novosibirsk, 16-19 May 2018. - Novosibirsk: EDP Sciences, 2018. - P. 01043. - DOI 10.1051/matecconf/201823901043

7. Sychev, S.A. Technology of erection of prefabricated buildings and structures on the basis of a single-element flat building system of high-speed installation of prefabricated buildings. Sychev, A.A. Kopusov // Bulletin of civil engineers. - 2019. - No. 1 (72). - S. 100-109. - DOI 10.23968 / 1999-5571-2019-16-1-100-109.

8. How high-rise buildings and skyscrapers are glazed [online]. - URL: <https://okna-germanii.com.ua/stati/kak-osteklyayut-vysotnye-zdaniya-i-neboskrjoby/> (date of access: 04/04/2021)
9. Facade glazing of skyscrapers [electronic resource]. - URL: <https://www.vista-stroy.ru/trendy/fasadnoe-osteklenie-neboskryobov/> (date of access: 04/04/2021)
10. Gamayunova, O. Technical features of the construction of highrise buildings / O. Gamayunova, D. Spitsov // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20-22 November 2019. - Moscow: EDP Sciences, 2020. - P. 08008. - DOI 10.1051/e3sconf/202016408008.
11. Gumerova, E. Choosing the appropriate way of plastering works for transportation and construction facilities / E. Gumerova, O. Gamayunova, R. Gorshkov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Khabarovsk, 10-13 April 2017. - Khabarovsk: Institute of Physics Publishing, 2017. - P. 012185. - DOI 10.1088/1755-1315/90/1/012185.
12. BIM technologies in construction 2020 [online]. - URL: <https://www.planradar.com/ru/bim-tehnologii-v-stroitelstve-2020/#8> (date accessed: 04/04/2021)
13. Gamayunova, O. BIM-technology in architectural design / O. Gamayunova, N. Vatin // Advanced Materials Research. - 2015. - Vol. 1065-1069. - P. 2611-2614.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет*

Канд. техн. наук, доцент

Н.Ю. Алимова;

*Студент дорожно-транспортного фа-
культета Д.Е. Прокофьев;*

*Магистрант кафедры проектирования ав-
томобильных дорог и мостов*

С.Ю. Козлов

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 271-52-02

e-mail: natalimowa@ya.ru

Voronezh State Technical University

*Ph. D. in Engineering, Associate Prof. of Dept.
of Design of automobile road and bridges*

N.J. Alimova;

*Student of the Road and transport faculty
D.E. Prokofiev;*

*Undergraduat of the Pulpit of Design of auto-
mobile road and bridges*

S.J. Kozlov

Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-52-02

e-mail: natalimowa@ya.ru

Н.Ю. Алимова, Д.Е. Прокофьев, С.Ю. Козлов

ОЦЕНКА УРОВНЯ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

В статье проведены результаты оценки вероятного акустического воз-
действия от движущегося автотранспорта на ближайшую жилую застройку
после проведения работ по капитальному ремонту участка автомобильной
дороги и определена граница санитарного разрыва от кромки проезжей час-
ти до жилой зоны.

Ключевые слова: автомобильная дорога, акустическое воздействие, уровень шума, капи-
тальный ремонт

N.J. Alimova, D.E. Prokofiev, S.J. Kozlov

ASSESSMENT OF THE NOISE LEVEL IMPACT ON THE RESIDENTIAL TERRITORY IN THE DEVELOPMENT OF THE MAJOR HIGHWAY REPAIR PROJECT

The article presents the results of the assessment of the likely acoustic im-
pact from moving vehicles on the nearest residential development after major re-
pairs of the road section and defines the boundary of the sanitary gap from the
edge of the roadway to the residential area.

Key words: road, acoustic impact, noise level, major repairs.

Автомобильная дорога является источником воздействия на окружающую среду как во
время строительства, так и в течение длительного периода эксплуатации объекта. На эколо-
гическую обстановку вблизи участка дороги большое влияние оказывают выбросы отрабо-
танных газов автотранспорта. Помимо загрязнения воздушного бассейна вредными вещест-

вами, движущиеся по дороге транспортные средства оказывают значительное шумовое воздействие на прилегающую территорию.

Для обеспечения высоких стандартов проживания, отдыха и условий труда населения на территориях, прилегающих к автомобильным дорогам нормативные документы предписывают выполнение ряда мероприятий по защите от транспортного шума [1, 2, 3]. Вопросы защиты от шума как в период проведения работ, так и в период эксплуатации рассматриваются в соответствующих разделах проектной документации [4, 5].

Период проведения работ является кратковременным, и влияние шума от строительной техники и механизмов оказывает временное воздействие на территорию, прилегающую к объекту. Ввиду кратковременного пребывания строительной техники около жилой застройки и незначительного количества одновременно работающих строительных машин акустическое воздействие именно от строительной техники в отношении ближайшей жилой застройки минимально. Мероприятия по снижению уровня шума при выполнении технологических процессов сводятся главным образом к снижению шума в его источнике, то есть к снижению шума дорожно-строительных машин и применению звукоотражающих или звукопоглощающих экранов на пути распространения звука или шумозащитных мероприятий на самом защищаемом объекте [6, 7, 8].

Намного продолжительнее, чем от временной работы строительных машин на ближайшую жилую застройку шумовое воздействие оказывает движущийся автотранспорт в период эксплуатации.

Для оценки уровня шумового воздействия необходимо располагать информацией об основных факторах, определяющих значение шумовой характеристики транспортного потока. В общем виде модель количественной оценки шумового воздействия на территории жилой застройки может быть представлена в виде:

$$L(x)=f(N, SD, V, N_{p\%}, h(x)) ,$$

где N - интенсивность, SD - состав и V - скорость движения транспортного потока; $N_{p\%}$ - интенсивность движения грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока; $h(x)$ - дорожные условия в конкретном сечении дороги, определяющие режим движения автомобилей или влияющие на уровень шума.

Рассмотрим порядок оценки шумового воздействия на примере конкретного объекта.

При разработке реального проекта капитального ремонта автомобильной дороги Р-193 Воронеж-Тамбов на участке км 59+000 – км 66+000 на границе Новоусманского и Верхнехавского районов Воронежской области предусмотрено выполнение комплекса работ по доведению параметров автомобильной дороги до значений, соответствующих ее категории без изменения границ полосы отвода [9, 10]. Рассматриваемый участок автомобильной дороги проходит по территории Панинского муниципального района Воронежской области. Длина проектируемого участка 7000,0 м. Общее направление – восточное. Существующая автомобильная дорога построена по нормам II технической категории. Дорога имеет капитальный тип дорожной одежды. На протяжении всего участка автомобильная дорога имеет асфальтобетонное покрытие. В ходе обследования выявлено наличие поперечных и продольных трещин, участки выкрашивания крошки асфальтобетона, колеи.

Исходя из сведений о составе и интенсивности движения, а также наиболее ожидаемом умеренно-оптимистичном сценарии развития региона, определена перспективная среднегодовая суточная интенсивность движения на 2043 год. Размер ее колеблется в пределах от 10850 до 10900 автомобилей, приведенных к легковому в сутки. Прогнозируемая скорость движения автомобильного транспортного потока $V=90$ км/ч. Прогнозируемая доля грузовых автомобилей и автобусов в составе потока $p=20$ %.

Проектом предусмотрены устройство дорожной одежды с усовершенствованным покрытием, что будет способствовать улучшению условий движения автотранспорта и повышению скорости движения автомобилей на существующем участке. Улучшение условий

В расчетных точках произведен расчет ожидаемого уровня шума с учетом перспективной интенсивности движения транспорта.

Уровень шума определялся отдельно для дневного и ночного времени суток. Расчеты выполнены с помощью программы «ИНТЕГРАЛ» Эколог-Шум [12, 13]. Результаты акустических расчетов ожидаемого уровня шумового воздействия в зоне жилой застройки представлены на рис. 3 и в таблице.

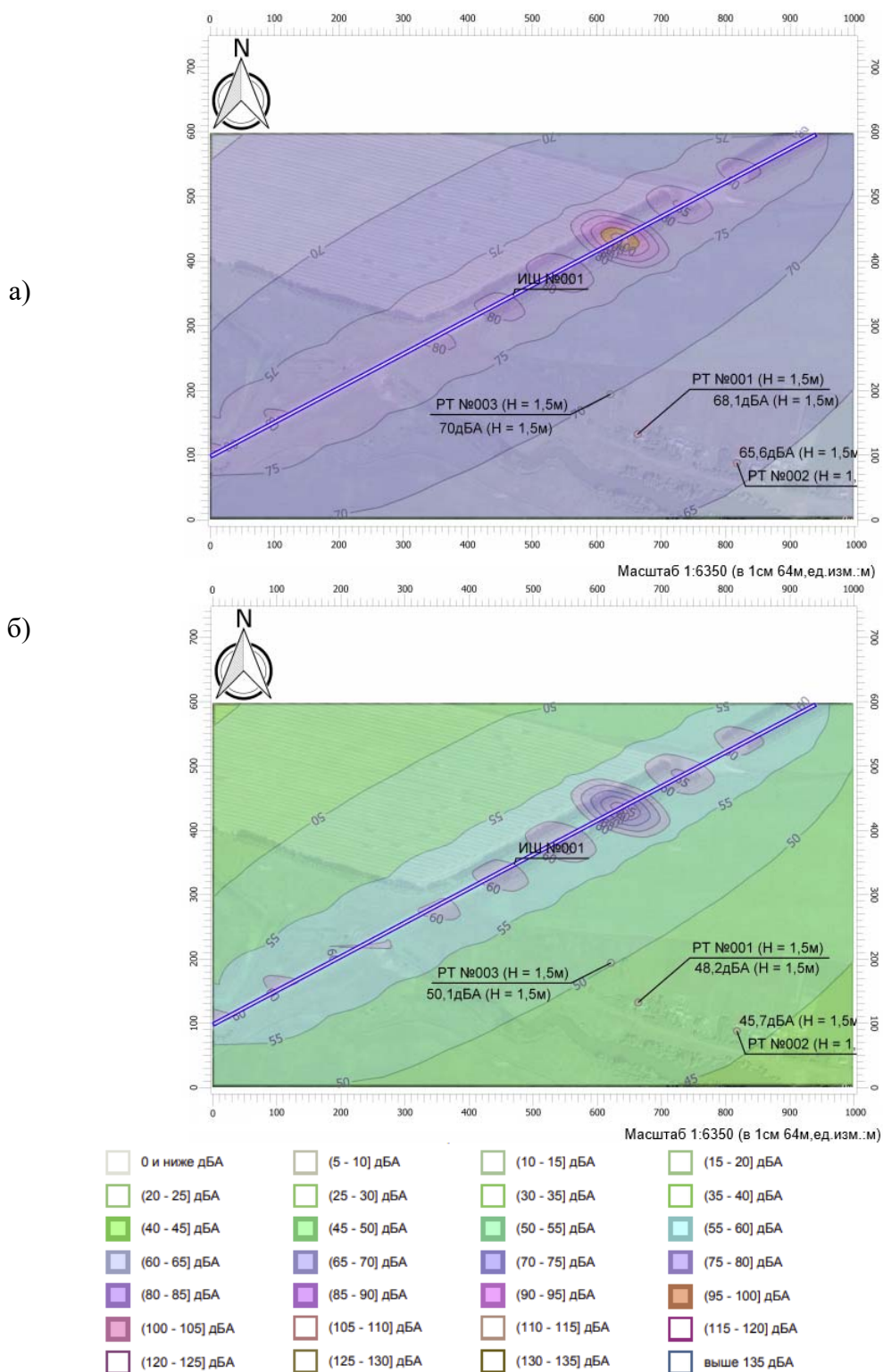


Рис. 3. Результаты акустических отчетов ожидаемого уровня шумового воздействия в зоне жилой застройки:
а) в дневное время, б) в ночное время

Таблица

Результаты акустических расчетов в зоне жилой застройки поселка Никольское 1-е

Расчетная точка, РТ№	Ожидаемый уровень шума, экв/макс дБа		Предельно-допустимый уровень, экв/макс дБа	
	дневной	ночной	дневной	ночной
001	48,20 / 68,10	41,00 / 56,90	55 / 70	45 / 60
002	45,70 / 65,60	38,50 / 54,30	55 / 70	45 / 60
003	50,10 / 70,00	44,20 / 60,00	55 / 70	45 / 60

По результатам проведенных акустических расчетов можно сделать вывод, что на границе жилой зоны (расчетные точки №001, №002) ожидаемый уровень шума соответствует требованиям санитарных норм [2].

По результатам выполненных акустических расчетов определена граница санитарного разрыва автомобильной дороги. Согласно расчетам, она находится на расстоянии 160 м от кромки проезжей части (расчетная точка №003).

В данных расчетах не учитывалось наличие полосы лесных насаждений вдоль рассматриваемого участка автомобильной дороги, которые способствуют снижению распространения шума как в летний, так и в зимний период [6, 14]. Однако следует отметить, что на данном участке дороги уже существует полоса лесных насаждений и в проекте капитального ремонта для данного участка автомобильной дороги предусмотрены снегозащитные лесные полосы.

Проектирование снегозащитных лесополос выполнялось в соответствии с рекомендациями нормативных документов [15, 16]. Расчетные параметры метелевой деятельности и объемы снегоприноса определены по специальным картам для проектирования снегозащитных мероприятий [17].

Схема запроектированных снегозащитных лесонасаждений на рассматриваемом участке дороги приведена на рис. 4.

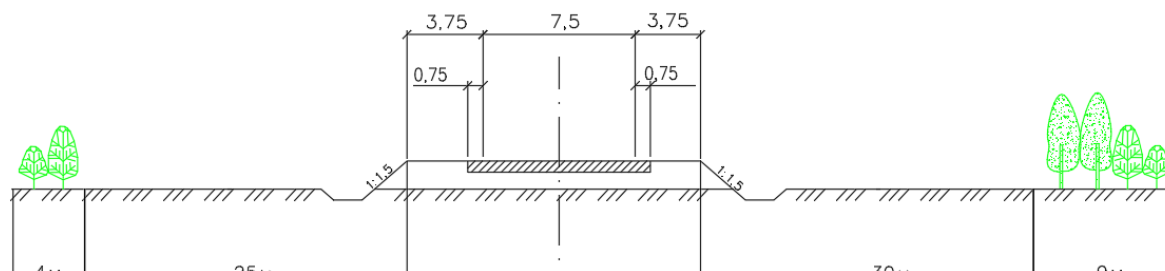
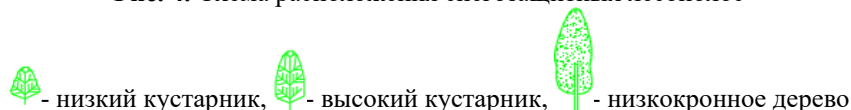


Рис. 4. Схема расположения снегозащитных лесополос



Предложенные конструкции снегозадерживающих лесных полос позволят снизить уровень шума на 10-15 % [6].

Проведение работ по капитальному ремонту автомобильной дороги Р-193 Воронеж-Тамбов на участке км 59+000 – км 66+000 позволит повысить безопасность движения автомобильного транспорта, улучшить условия для осуществления местных связей и заметно снизить неблагоприятное влияние автомобильного транспорта на окружающую среду, в том числе, за счет снижения уровня шума от движущихся транспортных средств.

Библиографический список

1. ОДМ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. М., РОСАВТОДОР, 2015. 113 с.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М., Минздрав России, 1997. 11 с.
3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. М., Минрегион России, 2010. 42 с.
4. Положение о составе разделов проектной документации и требования к их содержанию (с изменениями на 01 октября 2020 года). Введ. 04.03.2008, постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 №87.
5. ГОСТ Р 21.1101-2013. СПДС. Основные требования к проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. М., Стандартинформ, 2015. 32 с.
6. Ремонт и содержание дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Том II / Под редакцией А.П. Васильева. – М., Информавтодор, 2004. 507 с.
7. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. М., Университетская книга, Лотос, 2008. 424 с.
8. Устинов Ю.Ф., Кравченко А.А., Харламов А.Ю., Дрозд А.В., Гольцов Д.Н., Чернышев Д.И. Современное состояние и проблемы снижения виброакустической энергии транспортно-технологических строительных машин. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2015. №1 с. 313-326.
9. Самодурова Т.В., Гладышева О.В., Панферов К.В., Алимова Н.Ю., Бакланов Ю.В. Автоматизированное проектирование транспортных сооружений с использованием программных средств CREDO III: лабораторный практикум. Воронеж, Изд-во ВГТУ, 2019. 120 с.
10. Самодурова Т.В., Гладышева О.В., Бакланов Ю.В., Алимова Н.Ю., Панферов К.В. Автоматизированное проектирование транспортных сооружений с использованием программного комплекса Топоматик Robur – Автомобильные дороги: лабораторный практикум. Воронеж, Изд-во ВГТУ, 2021. 91 с.
11. Руководство по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов дорожного хозяйства. Отраслевая дорожная методика. М., Минтранс, 2001. 147 с.
12. Интеграл. Группа компаний «Интеграл» [электронный ресурс]. URL: <http://www.integral.ru/> (дата обращения: 12.04.2021).
13. Эколог-Шум. Программный комплекс для расчета и нормирования акустического воздействия от промышленных источников и транспорта. Версия 2. Руководство пользователя. Санкт-Петербург: Интеграл, 2017. 193 с.
14. Иванова А.С. Влияние параметров придорожных лесных полос на снижение шума вблизи автомобильных дорог (на примере Саратовского правобережья). Дисс. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Саратов, 2014. 118 с.
15. ОДМ 218.5.001-2008. Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега. М., Инфравтодор, 2008. 101 с.
16. ОДМ 218.2.045-2014. Рекомендации по проектированию лесных снегозадерживающих насаждений вдоль автомобильных дорог. М., Инфравтодор, 2014. 49 с.
17. Самодурова Т.В., Гладышева О.В., Бакланов Ю.В., Алимова Н.Ю., Панферов К.В. Проектирование снегозащитных мероприятий для автомобильных дорог с использованием специальных картографических материалов. Дороги и мосты, 2017. №2 (38). С. 168-188.

References

1. ODM 218.2.013-2011. Methodological recommendations for the protection of territories adjacent to highways from traffic noise. Moscow, ROSAVTODOR, 2015. 113 p.
2. SN 2.2.4/2.1.8.562-96. Noise in the workplace, in the premises of residential, public buildings and on the territory of residential development. Moscow, Ministry of Health of Russia, 1997. 11 p.
3. SP 51.13330.2011. Protection from noise. Moscow, Minregion of Russia, 2010. 42 p.
4. Regulations on the composition of sections of project documentation and requirements for their content (as amended on October 01, 2020). Introduction. 04.03.2008, by the decree of the Government of the Russian Federation No. 87 of 16.02.2008.
5. GOST R 21.1101-2013. SPDS. Basic requirements for project documentation for construction. Basic requirements for design and working documentation. Moscow, Standartinform, 2015. 32 p.
6. Repair and maintenance of roads: Reference Encyclopedia of road builders (SED). Volume II / Edited by A. P. Vasilyev. - M., Informavtodor, 2004. 507 p.
7. Ivanov N. I. Engineering acoustics. Theory and practice of noise control: textbook. M., University Book, Lotos, 2008. 424 p.
8. Ustinov J. F., Kravchenko A. A., Kharlamov A. J., Drozd A.V., Koltsov D. N., Chernyshev D. I. The current state and problems of reducing the vibroacoustic energy of transport and technological construction machines. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High-tech. Ecology. 2015. No. 1, pp. 313-326.
9. Samodurova T. V., Gladysheva O. V., Panferov K. V., Alimova N. J., Baklanov J. V. Automated design of transport structures using software tools CREDO III: laboratory practice. Voronezh, VSTU Publishing House, 2019. 120 p.
10. Samodurova T. V., Gladysheva O. V., Baklanov J. V., Alimova N. J., Panferov K. V. Computer – aided design of transport structures using the Topomatic Robur software package-Highways: laboratory practice. Voronezh, VSTU Publishing House, 2021. 91 p.
11. Guidelines for environmental impact Assessment (EIA) in the design, construction, reconstruction and operation of road facilities. Branch road methodology. Moscow, Mintransport, 2001. 147 p.
12. Integral Group of companies "Integral" [electronic resource].URL: <http://www.integral.ru/> (дата обращения: 12.04.2021).
13. Ecologist-Noise. Software package for calculating and normalizing the acoustic impact from industrial sources and transport. Version 2. User's Guide. Saint-Petersburg: Integral, 2017. 193 p.
14. Ivanova A. S. Influence of parameters of roadside forest strips on noise reduction near highways (on the example of the Saratov right bank). Diss. for the degree of candidate of biological sciences. Saratov, 2014. 118 p.
15. ODM 218.5.001-2008. Methodological recommendations for the protection and cleaning of highways from snow. M., Informavtodor, 2008. 101 p.
16. ODM 218.2.045-2014. Recommendations for the design of forest snow-retaining plantings along highways. Moscow, Informavtodor, 2014. 49 p.
17. Samodurova T. V., Gladysheva O. V., Baklanov J. V., Alimova N. J., Panferov K. V. Design of snow protection measures for highways using special cartographic materials. Roads and Bridges, 2017. No. 2 (38). pp. 168-188.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности
С.Д. Николенко,
Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко.
Россия, г. Воронеж,
e-mail: nikolenkoppl@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. tech. Sciences, Associate Prof.
technosphere and fire safety
S.D. Nikolenko
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.
Russia, Voronezh,
e-mail: nikolenkoppl@yandex.ru*

С.Д. Николенко, А.Н. Щиенко

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОДОРОГ

В работе представлены исследования в области безопасности при строительстве автомобильных дорог. В качестве критериев взяты экологическая безопасность и безопасность труда рабочих. Показано, что основным источником опасности работа является асфальтобетонных заводов. Предложены мероприятия, повышающие безопасность при строительстве автомобильных дорог.

Ключевые слова: безопасность труда; строительство; охрана окружающей среды; охрана атмосферного воздуха; мелкодисперсная пыль.

S.D. Nikolenko, A.N. Shchienko

ROAD CONSTRUCTION SAFETY

The paper presents research in the field of safety in the construction of roads. Environmental safety and labor safety of workers were taken as criteria. It is shown that the main source of hazard is the work of asphalt concrete plants. Proposed measures to increase safety in the construction of motor roads.

Keywords: safety; building; environmental protection; protection of atmospheric air; fine dust.

При строительстве автомобильных дорог важной задачей является обеспечение допустимого уровня негативного воздействия антропогенных факторов на окружающую среду и человека.

Процесс строительства оказывает большое воздействие на окружающую среду и человека. Именно хозяйственная деятельность человека, формирует антропогенную нагрузку на природную среду (например, атмосферный воздух, поверхностные воды, почву). Кроме этого, люди, участвующие в строительстве, также подвергаются вредному воздействию и требуют защиты. Поэтому еще на стадии планирования строительства объекта необходимо учитывать воздействие строительного производства на атмосферный воздух, поверхностные воды и почву, а также предусматривать защиту людей.

Вредное воздействие строительства проявляется на всех его этапах. Начинается с добычи строительных материалов и заканчивается эксплуатацией построенных объектов.

В процессе строительства основными негативными влияниями являются:

загрязнение атмосферного воздуха - например, от асфальтобетонных заводов (АБЗ) и автотранспорта;

негативное воздействие на людей – например, шум от работающей строительной техники;

загрязнение сточных вод - например, при заправке техники, попадании составляющих бетонной смеси.

Поэтому разработка мер по обеспечению безопасности при строительстве автомобильных дорог является важным этапом проектирования и строительства [1,2,3,4]. В частности, по снижению уровня загрязнения окружающей среды и обеспечению безопасности труда рабочих.

Целью работы является разработка предложений по обеспечению безопасности при строительстве автомобильных дорог.

Все мероприятия по обеспечению безопасности можно разделить на две группы. Первая группы — это мероприятия по обеспечению экологической безопасности, а вторая группа мероприятия по обеспечению безопасности труда рабочих.

Обычно воздушная среда характеризуется постоянным количественным и качественным составом воздуха. Воздух, как дисперсионная газообразная среда, может включать в себя рассеянные мельчайшие частицы жидких и твердых тел, называемых аэрозолями. Если точно, то аэрозоли это сложная аэродисперсная система, состоящая из дисперсной фазы, представленной частицами твердого вещества или нескольких веществ, и дисперсионной среды, представленной воздухом и(или) другой смесью газов или отдельным газом [5].

Естественный состав атмосферного воздуха в процентном соотношении, следующий: азот - 78,08%; кислород - 20,95%; углекислый газ - 0,03%; азот, водород и инертные газы - 0,94% [6]. В процессе строительства под влиянием негативных факторов состав атмосферного воздуха изменяется. Особенно это сказывается в закрытых помещениях. Что в свою очередь требует применения средств индивидуальной или коллективной защиты.

В процессе строительства часто выполняются погрузочно-разгрузочные работы, выполняемые как вручную, так и механизировано. Если это производят с сыпучими материалами, то образуется пыль. Эта пыль загрязняет окружающую среду и воздействует на рабочих.

Отдельно стоит сказать об безопасности труда на асфальтобетонных заводах. Так как асфальтобетонные покрытия составляют подавляющее большинство дорог, то безопасность труда на этих заводах имеет большое значение.

При определении категорий тяжести труда были выделены следующие факторы рабочей среды, реально действующие на человека: температура воздуха на рабочем месте в помещении; токсичность газов; высокая концентрация промышленной пыли в рабочей зоне оператора смесителя АБЗ; уровень промышленного шума; освещенность рабочего места; интенсивность теплового излучения; физическая динамическая и статическая нагрузки; нервно-эмоциональная нагрузка. Наиболее тяжелые факторы воздействия, которые дают максимальную оценку, являются: токсичность газов (например, бензапирен) и более чем в 30 раз превышение пыли по предельно допустимой концентрации (ПДК).

Результаты расчетов, проведенных по девятнадцати факторам воздействия, показали, что тяжесть труда оператора смесителей соответствует шестой категории. Поэтому разработка мероприятий по снижению тяжести труда оператора смесителей является важной задачей.

Основным направлением по борьбе с пылью является предупреждение ее образования или поступления в воздух рабочих зон операторов. Если этих мероприятий недостаточно, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты (например, респираторы). Для комплексной оценки безопасности труда оператора смесителей необходимо решить комплексно целый ряд дополнительных инженерных задач [7].

Сжигание мазута в топках сушильных барабанов сопровождается значительным выделением бенз(а)пирена ($C_{20}H_{12}$). Среднесуточная его концентрация в зоне АБЗ составляет 0,004-4,2 мг/м³ (ПДК = 0,001 мг/м³), класс опасности 1. Наибольшее количество окислов серы образуется при сжигании высокосернистых мазутов. В выбросах практически вся сера окисляется до сернистого ангидрида SO₂. Максимально разовая предельно допустимая концентрация $C = 0,5$ мг/м³, класс опасности 3. Для окислов серы в сочетании со взвешенными веществами и влагой характерны наиболее сильные вредные воздействия. Присутствие SO₂ ускоряет коррозию металлов в воздухе.

На строительные конструкции разрушающе действует сернистый газ. Это происходит по причине того, что при наличии влаги, содержащиеся в цементе карбонат кальция реагирует с SiO₂, переходя в нестойкие сульфаты, вымываемые водой. Воздействие SO₂ на почву снижает ее плодородие, так как при этом происходит ее закисление.

При строительстве автомобильных дорог, в зависимости от принятой технологии и организации, могут дополнительно происходить загрязнения грунта, при приготовлении горячих бетонных смесей на асфальтобетонных заводах. Что требует принятия мер безопасности.

Во время строительства автомобильных дорог машины часто перемещаются по обочинам, поднимая пыль. Работа транспортных средств на территории предприятий отрасли также ухудшает состояние атмосферы. Выброс вредных веществ при сгорании тонны топлива в автомобиле представлен в табл.

Таблица

Выброс вредных веществ при сгорании тонны топлива в автомобиле

Наименование вредных веществ	Выброс вредных веществ двигателями, %	
	карбюраторными	дизельными
Оксид углерода, т/т	0,6	0,1
Двуокись азота, т/т	0,04	0,04
Сернистый газ, т/т	0,002	0,02
Углеводороды, т/т	0,1	0,03
Сажа, кг/т	0,58	15,5
Бенз(а)пирен, г/т	0,23	0,31

При этом параметры автомобильной дороги также влияют на экологию окружающей среды [8, 9].

Основными мероприятиями по обеспечению безопасности погрузочно-разгрузочных работ могут быть [10]:

- все работы необходимо выполнять под руководством ответственного лица, назначенного приказом по АБЗ;
- во время производства работ необходимо следить за правильностью производства работ и исправностью оборудования и машин;
- цемент как основной источник пыли, рекомендуется хранить в силосных банках, которые оборудованы пневматической системой подачи из вагона в силос и из вагона к смесителям, а также к бетономешалкам;
- другое транспортирующее оборудование должно быть герметичным;
- используемые при погрузочно-разгрузочных работах транспортеры должны быть обеспечены сигнализацией, которую требуется заблокировать с пусковым устройством так, чтобы невозможно было его запустить без предварительной подачи сигнала;
- устройство для аварийной остановки транспортера оборудуется по всей его длине. Рама транспортера заземляется. У транспортера должны быть борты с углом наклона, исключая скатывание песка, щебня и других материалов вниз по ленте. При этом запрещается переполнять материалом ленты транспортера;

- в случае использования на погрузочно-разгрузочных работах цемента или минерального порошка оборудованных шнеков (винтовых конвейеров) потребуется принять меры против пыления. С этой целью в местах соединений необходимо установить резиновые прокладки;

- при разгрузке с помощью пневматических разгрузчиков цемента не разрешается: подходить к заборному устройству ближе одного метра; находиться на площадке рабочим, не имеющим прямого отношения к выполнению разгрузочной работы; до полной остановки электродвигателя шнека открывать люки камеры шнека.

К основным способам уменьшения загрязнения воздушной среды относятся: организационно-технические мероприятия; мероприятия по сооружению дополнительных и реконструкции существующих установок, разработке нового оборудования; мероприятия по системе топливоподачи и сжигания топлива; профилактические мероприятия по системе пылеулавливания.

Соответственно необходимо разрабатывать эффективные пылеулавливающие устройства. Для эффективной очистки воздуха от пыли можно использовать различные пылеулавливающие аппараты. Эти аппараты можно разделить на несколько групп:

1. Устройства, в которых осаждение пыли в них происходит под действием силы тяжести, например, пылеосадочные камеры.

2. Устройства, в которых осаждение пыли в них происходит за счет сил инерции при изменении направления движения воздушного потока, например, циклоны, инерционные пылеуловители.

3. Устройства, в которых запыленный воздух проходит по извилистым каналам через ткань, слои бумаги, картона, стеклянной ваты, металлические сетки, где происходит осаждение пыли, например, фильтры тканевые, сетчатые, волокнистые, металлические. Пыль улавливается под действием инерционных сил при изменении направления потока в извилистых криволинейных каналах, а также вследствие гравитационного и диффузионного осаждения.

4. Электрофильтры, осаждение пыли в них происходит под действием электрического поля высокого напряжения, когда частицы получают заряд, перемещаются и оседают на поверхности специального электрода, отдавая свой заряд.

Следует в комплекте оборудования АБЗ предусмотреть средства автоматического контроля температуры и давления топлива непосредственно перед форсунками и средства разряжения по пылеочистительному тракту. как серийные, так и опытно-экспериментальные, постоянно производить замену и модернизацию устаревших асфальтосмесителей, организовывать сжигание мазута в топках смесителей, используя новые конструкции форсунок, проводить работы по лимитированию выбросов.

С целью утилизации пыли и возврата ее в производство необходима разработка унифицированного пневмотранспорта. Это дает прямой экономический эффект в связи с заменой минерального порошка и снижением ущерба, наносимого окружающей среде. Следует в комплекте оборудования АБЗ предусмотреть средства автоматического контроля температуры и давления топлива непосредственно перед форсунками и средства разряжения по пылеочистительному тракту [11, 12, 13].

При строительстве автомобильных дорог используются временные сооружения для размещения рабочих и материально-технических средств. Для этих целей можно рекомендовать временные сооружения на основе пневмоопалубки [14,15,16]. Конструкция сооружений позволяет легко удалять с их поверхности пыль.

Выводы

На основании проведенного исследования можно предложить следующие основные мероприятия по обеспечению безопасности строительства автомобильных дорог:

соблюдение мер безопасности погрузочно-разгрузочных работ безопасности с сыпучими материалами;

порошкообразные и другие сыпучие материалы следует транспортировать в плотно закрытой таре;

снижение выбросов асфальтобетонных заводов;

разработка и внедрение средств очистки воздушной среды от аэрозолей (пыли);

организация эффективной и безопасной работы автотранспорта.

Библиографический список

1. Azarov V.N., Manzhilevskaya S.E., Koval N.V., Semernikova A.D. (2018). Environmental requirements in the design and construction of facilities. The Eurasian Scientific Journal, [online] 6(10). Available at: <https://esj.today/PDF/96SAVN618.pdf> (in Russian)
2. Azarov V.N., Manzhilevskaya S.E., Petrenko L.K. The pollution prevention during the civil construction. MATEC Web of Conferences. - 2018. - Vol. 196.
3. Сметанин В.И, Щекудов Е.В. Оценка антропогенного воздействия строительных работ на окружающую среду // Природообустройство. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-antropogennogo-vozdeystviya-stroitelnyh-rabot-na-okruzhayuschuyu-sredu> (дата обращения: 04.08.2020).
4. Емельяненко, К. М. Обеспечение экологической безопасности строительства / К. М. Емельяненко. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 5 (191). — С. 20-22. — URL: <https://moluch.ru/archive/191/48178/> (дата обращения: 04.08.2020).
5. ГОСТ Р 54578-2011: Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.
6. Манохин М.В., Николенко С.Д., Сазонова С.А., Манохин В.Я. Охрана труда и расчет рассеивания параметров выброса вредных веществ на промышленной площадке асфальтобетонного завода. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 1 (12). С. 104-107.
7. Головина Е.И., Сазонова С.А., Николенко С.Д., Манохин М.В., Манохин В.Я. Интегральная балльная оценка тяжести труда операторов смесителей асфальтобетонных заводов в условиях высокой запыленности рабочей зоны. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 1 (12). С. 95-98.
8. Николенко С.Д. Влияние параметров автомобильных дорог на экологическую безопасность. В сборнике: Научно-методическое обеспечение создания военной инфраструктуры вооруженных сил Российской Федерации. Москва, 2009. С. 229-236.
9. Николенко С.Д. К вопросу экологической безопасности автомобильных дорог. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы строительного материаловедения. 2008. № 1. С. 141-145.
10. Николенко С.Д., Сазонова С.А., Манохин В.Я., Манохин М.В. Обеспечение безопасности труда при погрузочно-разгрузочных работах. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 22-27.
11. Сазонова С.А., Николенко С.Д., Манохин В.Я., Манохин М.В. Охрана окружающей среды и обеспечение безопасности труда на асфальтобетонных заводах. Научный вестник

Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 1 (12). С. 111-114.

12. Николенко С.Д., Сазонова С.А., Манохин В.Я., Манохин М.В. Обеспечение безопасности труда и мероприятия по защите атмосферы на асфальтобетонных заводах. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 1 (12). С. 108-110.

13. Сазонова С.А., Манохин М.В., Николенко С.Д. Обеспечение безопасности труда на асфальтобетонных и цементобетонных заводах при эксплуатации машин и оборудования. Моделирование систем и процессов. 2016. Т. 9. № 2. С. 63-66.

14. Николенко С.Д., Казаков Д.А. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке. Патент на изобретение RU 2371555 С1, 27.10.2009. Заявка № 2008122797/03 от 05.06.2008.

15. Николенко С.Д., Михневич И.В. Разработка конструкций пневматических опалубок. Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 2 (15). С. 18-22.

16. Николенко С.Д., Манохин В.Я., Коптелова А.С. К оценке надежности пневматической опалубки. В сборнике: Высокие технологии в экологии. Труды 10-ой Международной научно-практической конференции. Главный редактор и ответственный за выпуск В.И. Белоусов. 2007. С. 188-194.

References

1. Azarov V.N., Manzhilevskaya S.E., Koval N.V., Semernikova A.D. (2018). Environmental requirements in the design and construction of facilities. The Eurasian Scientific Journal, [online] 6(10). Available at: <https://esj.today/PDF/96SAVN618.pdf> (in Russian).

2. Azarov V.N., Manzhilevskaya S.E., Petrenko L.K. The pollution prevention during the civil construction. MATEC Web of Conferences. - 2018. - Vol. 196.

3. Smetanin V.I., Shchekudov E.V. Assessment of the anthropogenic impact of construction work on the environment // Prirodoobustroystvo. 2018. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-antropogennogo-vozdeystviya-stroitelnyh-rabot-na-okruzhayushchuyu-sredu> (date of access: 04.08).

4. Emelianenko, K.M. Ensuring the environmental safety of construction / K.M. Emelianenko. - Text: direct // Young scientist. - 2018. - No. 5 (191). - S. 20-22. - URL: <https://moluch.ru/archive/191/48178/> (date of access: 04.08).

5. GOST R 54578-2011: Working area air. Aerosols are predominantly fibrogenic. General principles of hygiene control and exposure assessment.

6. Manokhin M.V., Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Manokhin V.Ya. Labor protection and calculation of dispersion of parameters of emission of harmful substances at the industrial site of an asphalt concrete plant. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2016. No. 1 (12). S. 104-107.

7. Golovina E.I., Sazonova S.A., Nikolenko S.D., Manokhin M.V., Manokhin V.Ya. Integral scoring of the labor severity of the operators of mixers of asphalt concrete plants in conditions of high dustiness of the working area. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2016. No. 1 (12). S. 95-98.

8. Nikolenko S.D. Influence of road parameters on environmental safety. In the collection: Scientific and methodological support for the creation of the military infrastructure of the armed forces of the Russian Federation. Moscow, 2009.S. 229-236.
9. Nikolenko S.D. On the issue of environmental safety of highways. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems of building materials science. 2008. No. 1. S. 141-145.
10. Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Manokhin V.Ya., Manokhin M.V. Ensuring labor safety during loading and unloading operations. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2016. No. 1. S. 22-27.
11. Sazonova S.A., Nikolenko S.D., Manokhin V.Ya., Manokhin M.V. Environmental protection and labor safety at asphalt concrete plants. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2016. No. 1 (12). S. 111-114.
12. Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Manokhin V.Ya., Manokhin M.V. Ensuring labor safety and measures to protect the atmosphere at asphalt concrete plants. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2016. No. 1 (12). S. 108-110.
13. Sazonova S.A., Manokhin M.V., Nikolenko S.D. Ensuring labor safety at asphalt and cement concrete plants during the operation of machinery and equipment. Modeling of systems and processes. 2016.Vol. 9.No. 2.P. 63-66.
14. Nikolenko S.D., Kazakov D.A. The structure, erected on a non-removable pneumatic formwork. Invention patent RU 2371555 C1, 27.10.2009. Application No. 2008122797/03 dated 06/05/2008.
15. Nikolenko S.D., Mikhnevich I.V. Development of pneumatic formwork structures. Science Magazine. Engineering systems and structures. 2014. No. 2 (15). S. 18-22.
16. Nikolenko S.D., Manokhin V.Ya., Koptelova A.S. To the assessment of the reliability of pneumatic formwork. In the collection: High technologies in ecology. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. Chief editor and responsible for the issue V.I. White-loous. 2007.S. 188-194.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова
А.Н. Щиенко
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
D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova A.N. Shchienko
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Е.А. Тарасов, А.Н. Щиенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ УТС АВТОМОБИЛЯ В РАМКАХ ОСАГО

При проведении восстановительного ремонта транспортного средства ему будут возвращены только функции транспортного средства, но не восстановлена его стоимость как имущества. В связи с этим в установленных случаях для транспортных средств рассчитывается утрата товарной стоимости (УТС).

УТС может быть рассчитана для транспортных средств, находящихся как в поврежденном, так и в отремонтированном состоянии (при возможности установить степень повреждения) независимо от их принадлежности. УТС не связана с неудовлетворительным качеством восстановительно-го ремонта.

Ключевые слова: УТС, утрата товарной стоимости, транспортное средство, автомобиль, ОСАГО.

Е.А. Tarasov, A.N. Shchienko

DETERMINING THE VALUE OF THE VEHICLE'S TCB WITHIN THE FRAMEWORK OF CTP

During the restoration of the vehicle, only the functions of the vehicle will be returned to it, but its value as property will not be restored. In this regard, in the established cases, the loss of commodity value (TCB) is calculated for vehicles.

TCB can be calculated for vehicles that are in both damaged and repaired condition (if it is possible to determine the degree of damage), regardless of their ownership. TCB is not related to the unsatisfactory quality of restoration repairs.

Keywords: TCB, loss of commodity value, vehicle, CTP.

Определение износ транспортного средства

При расчете размера расходов на восстановительный ремонт стоимость ремонта уменьшается на величину размера износа подлежащих замене комплектующих изделий (деталей, узлов, агрегатов).

Износ комплектующих изделий (деталей, узлов, агрегатов) рассчитывается по следующей формуле

$$I_{\text{ки}} = 100 \times \left(1 - e^{-(\Delta T \times T_{\text{ки}} \times \Delta L \times L_{\text{ки}})} \right) \quad (1)$$

где $I_{\text{ки}}$ – износ комплектующего изделия (детали, узла, агрегата) (процентов);

e – основание натуральных логарифмов ($e \approx 2,72$);

ΔT – коэффициент, учитывающий влияние на износ комплектующего изделия (детали, узла, агрегата) его срока эксплуатации;

$T_{\text{ки}}$ – срок эксплуатации комплектующего изделия (детали, узла, агрегата) (лет);

ΔL – коэффициент, учитывающий влияние на износ комплектующего (детали, узла, агрегата) величины пробега транспортного средства с этим комплектующим изделием;

$L_{\text{ки}}$ – пробег транспортного средства на дату дорожно-транспортного происшествия (тысяч километров).

Значения коэффициентов ΔT и ΔL для различных категорий и марок транспортных средств приведены в приложении 5 единой методики Банка России от 19 сентября 2014г. № 432-П.

При этом на комплектующие изделия (детали, узлы, агрегаты), которые находятся в заведомо худшем состоянии, чем общее состояние транспортного средства в целом и его основных частей, вследствие влияния факторов, не учтенных при расчете износа (например, проведение ремонта с нарушением технологии, не устранение значительных повреждений лакокрасочного покрытия), может быть начислен дополнительный индивидуальный износ в соответствии с приложением 6 единой методики Банка России от 19 сентября 2014г. № 432-П.

Для комплектующих изделий (деталей, узлов, агрегатов), при неисправности которых в соответствии с законодательством Российской Федерации о безопасности дорожного движения запрещается движение транспортного средства, а также для раскрывающихся элементов подушек безопасности и удерживающих устройств (ремней безопасности) транспортного средства принимается нулевое значение износа.

Номенклатура комплектующих изделий (деталей, узлов, агрегатов), для которых устанавливается нулевое значение износа при расчете размера расходов на запасные части при восстановительном ремонте транспортного средства, приведена в приложении 7 единой методики Банка России от 19 сентября 2014г. № 432-П.

Износ шины транспортного средства рассчитывается по следующей формуле

$$I_{\text{ш}} = \frac{H_{\text{н}} - H_{\text{ф}}}{H_{\text{н}} - H_{\text{доп}}} \times 100\% \quad (2)$$

где $I_{\text{ш}}$ – износ шины (процентов);

$H_{\text{н}}$ – высота рисунка протектора новой шины (миллиметров);

$H_{\text{ф}}$ – фактическая высота рисунка протектора шины (миллиметров);

$H_{\text{доп}}$ – минимально допустимая высота рисунка протектора шины в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации (миллиметров).

Износ шины дополнительно увеличивается для шин с возрастом от 3 до 5 лет – на 15 процентов, свыше 5 лет – на 25 процентов.

Исследование

Восстановительный ремонт – это комплекс работ, которые необходимо выполнить для восстановления технических характеристик и потребительских свойств, которые автомобиль имел непосредственно до повреждения.

Размер расходов на восстановительный ремонт определяется исходя из стоимости ремонтных работ (работ по восстановлению, в том числе окраске, контролю, диагностике и ре-

гулировке, сопутствующих работ), стоимости используемых в процессе восстановления транспортного средства деталей (узлов, агрегатов) и материалов взамен поврежденных.

Расчет размера расходов (в рублях) на восстановительный ремонт производится по формуле

$$C_{\text{вр}} = P_p + P_m + P_{\text{зч}} \quad (3)$$

где $C_{\text{вр}}$ – стоимость ремонта (расходы на восстановительный ремонт);

P_p – расходы на проведение работ по ремонту транспортного средства;

P_m – расходы на материалы;

$P_{\text{зч}}$ – расходы на запасные части, используемые взамен поврежденных деталей (узлов, агрегатов).

Результат расчета расходов на восстановительный ремонт при формировании выводов исследования округляется до сотен рублей.

Размер расходов на запасные части рассчитывается по следующей формуле

$$P_{\text{зч}} = \sum_{j=1}^m k_j \times C_j^{\text{зч}} \times \left(1 - \frac{И_j}{100} \right), \quad (4)$$

где $P_{\text{зч}}$ – расходы на запасные части (рублей);

m – количество наименований деталей (узлов, агрегатов), подлежащих замене;

k_j – количество единиц детали (узла, агрегата) j -го наименования, подлежащих замене;

$C_j^{\text{зч}}$ – стоимость детали (узла, агрегата) j -го наименования, установка которой назначается взамен детали (узла, агрегата) j -го наименования, подлежащего замене (рублей);

$И_j$ – износ детали (узла, агрегата) j -го наименования, подлежащего замене (процентов).

Осмотр транспортного средства «LEXUS NX200 AWD», с целью исследования и последующей фиксации полученных повреждений с определением необходимых ремонтных воздействий экспертом не производился. Вся необходимая, для данного исследования информация была представлена эксперту в ЗАКАЗ-НАРЯД № ZZ2000 от 05.10.2020.

Определение величины утраты товарной стоимости в результате повреждения и последующего ремонта АМТС

1. При проведении восстановительного ремонта АМТС ему будут возвращены только функции транспортного средства, но не восстановлена его стоимость как имущества. В связи с этим в установленных случаях для АМТС рассчитывается утрата товарной стоимости (далее – УТС).

УТС может быть рассчитана для АМТС, находящихся как в поврежденном, так и в отремонтированном состоянии (при возможности установить степень повреждения) независимо от их принадлежности. УТС не связана с неудовлетворительным качеством восстановительного ремонта.

2. УТС может быть рассчитана для АМТС, при осмотре которых выявлена необходимость выполнения одного из нижеперечисленных видов ремонтных воздействий или установлено их выполнение:

устранение перекоса каркаса кузова АМТС;

замена несъемных элементов кузова АМТС (полная или частичная);

ремонт отдельных (съемных или несъемных) элементов кузова АМТС;

полная или частичная окраска наружных поверхностей кузова

АМТС, окрашенных пластмассовых деталей (бамперов, спойлеров, корпусов зеркал и т.д.);

полная разборка салона АМТС, вызывающая нарушение качества заводской сборки.

3. УТС не рассчитывается в случае, когда на момент повреждения величина эксплуатационного износа АМТС превышает 35% или с даты выпуска прошло более 5 лет.

4. Величина УТС (Сутс) при повреждении АМТС определяется в процентах от его рыночной цены

$$\text{Сутс} = \text{Цок} \times \sum \text{Кутс } i / 100\%, \quad (5)$$

где Цок – окончательная цена АМТС, руб.;

Кутс i – коэффициент УТС по i -му элементу АМТС, ремонтному воздействию, %.

5. Величина УТС зависит от вида, характера и объема повреждений (ремонтных воздействий). Значения коэффициентов УТС Кутс i , по отдельным позициям определены по результатам экспертной практики и приведены в таблице 1

6. При замене сопряженных несъемных элементов кузова, соединенных между собой с помощью сварки, для исключения двойного учета влияния одного и того же воздействия сумма коэффициентов УТС Кутс i по позиции «Замена» для группы этих элементов должна быть уменьшена на 20%.

7. При ремонте съемной детали АМТС сумма стоимости ремонта (включая стоимость разборки для ремонта и при необходимости снятия детали для ремонта) и величины УТС (без учета УТС вследствие окраски) не должна превышать суммы стоимости этой детали (с учетом эксплуатационного износа) и стоимости работ по ее замене.

8. Значение коэффициента УТС Кутс по позиции «Перекося кузова» не должно превышать 50% установленного значения, если при осмотре АМТС в поврежденной части кузова были обнаружены следы устранения перекося (документально установлен факт устранения перекося), не относящегося к данному происшествию.

9. УТС при полной, наружной или частичной окраске кузова (кабины) рассчитывается для АМТС с заводским лакокрасочным покрытием и сроком с момента выпуска для АМТС производства (СССР, СНГ) до 3 лет включительно, до 5 лет для иностранного производства (в том числе произведенных в СНГ по лицензии или на совместном предприятии; не имеющим коррозионных или других дефектов для устранения которых требуется окраска элемента в целом.

9.1. Значение коэффициента УТС Кутс окр при поэлементной окраске наружных поверхностей кузова АМТС рассчитывается пропорционально количеству окрашиваемых элементов N (позиция «Окраска; одного наружного элемента кузова» - таблица 1, строка 28 по формуле

$$\text{Кутс окр} = \text{Кутс Окр}(1) + \text{Кутс Окр} (N-1) \times (N-1), \quad (6)$$

где Кутс окр (1) – коэффициент УТС по окраске первого наружного элемента кузова АМТС, %;

Кутс окр ($N-i$) ~ коэффициент УТС по окраске второго и каждого следующего наружного элемента кузова АМТС, %;

N – количество окрашиваемых наружных элементов кузова АМТС, по которым рассчитывается УТС

Следует учитывать, что при наличии на окрашенных элементах кузова АМТС, находящихся как в зоне полученных повреждений, так и вне зоны полученных повреждений, возникших до момента происшествия дефектов и повреждений и/или следов их устранения (следов ремонта, окраски), необходимо в расчете принимать

$$\text{Кутс окр} (1) = \text{Кутс окр} (N-1), \quad (7)$$

9.2. При выполнении наружной или полной окраски АМТС при наличии дефектов и повреждений лакокрасочного покрытия наружных элементов кузова (и/или следов их устранения), возникших до момента происшествия, величина коэффициента УТС Кутс окр по наружной или полной окраске уменьшается пропорционально количеству таких элементов (например, при наличии 2 поврежденных элементов при общем количестве 14 величина коэффициента составит

$$\text{Кутс окр} = 5\% - 5\% \times 2 / 14 = 4,29\%, \quad (8)$$

9.3. УТС не рассчитывается:

а) по замене и ремонту отдельных элементов незначительное повреждение элемента, требующее ремонта без нагрева и реставрации (ремонт 1-й категории сложности);

поврежденный в результате происшествия элемент ремонтировался (заменялся) ранее или требовал ремонта (замены) по причинам, не связанным с данным происшествием (имеются коррозионные повреждения (разрушения) или их следы, неустраненные повреждения, следы ремонта (замены) этого элемента после предыдущих происшествий);

б) по окраске:

поврежденный в результате происшествия элемент окрашивался ранее или требовал окраски по причинам, не связанным с данным происшествием (имеются коррозионные повреждения (разрушения) или их следы, повреждения неаварийного характера (сколы, царапины и т.п.), неустраненные повреждения или следы ремонта (замены) этого элемента после предыдущих происшествий);

АМТС ранее подвергалось полной или наружной окраске или требовало окраски по причинам, не связанным с данным происшествием.

Таблица 1

Коэффициенты утраты товарной стоимости АМТС
в результате повреждения и последующих ремонтных воздействий

№ п/п	Элемент кузова, ремонтное воздействия	Значение коэффициентов УТС по видам ремонтного воздействия, %		
		Замена	Ремонт №2	Ремонт №3-4
1	Пол кузова (основание)	3,0	0,7	1,4
2	Пол багажного отделения	0,6	0,4	0,6
3	Лонжерон задний	0,7	1,0	1,5
4	Лонжерон передний	0,7	0,3	0,8
5	Лонжерон, поперечина пола	0,3	0,2	0,3
6	Панель передка, рамка радиатора, поперечина передка	0,5	0,2	0,4
7	Брызговик переднего крыла	1,7	0,7	1,0
8	Щит передка	0,7	0,4	0,7
9	Брызговик облицовки радиатора	0,3	0,2	0,3
10	Панель рамы ветрового окна или окна задка	0,7	0,4	0,5
11	Боковина кузова	1,5	-	-
12	Панель боковины задняя наружная (заднее крыло)	0,6	0,4	0,7
13	Стойка центральная	0,5	0,3	0,4
14	Стойка передняя	0,7	0,3	0,4
15	Стойка ветрового или заднего окна	0,2	0,1	0,2
16	Порог (низ боковины)	0,5	0,5	1,0
17	Арка заднего колеса (брызговик боковины)	0,4	0,3	0,4
18	Дверь (дверь задка)	-	0,2	0,4
19	Панель задка	0,4	0,3	0,5

20	Надставка поперечины заднего пола	0,3	0,2	0,3
21	Панель крыши	1,5	0,7	1,7
22	Панель крыши боковая	0,3	0,2	0,3
23	Крыло не съемное	0,5	0,3	0,5
24	Крыло съемное	-	0,1	0,3
25	Капот	-	0,3	0,7
26	Крышка багажника	-	0,4	0,6
27	Полная или наружная окраска кузова	5,0		
	Окраска одного наружного элемента кузова:	0,5		
28	окраска первого элемента Кутс окр(1), окраска второго и каждого следующего элемента (Кутс окр(N-1))	0,35		
29	Нарушение целостности заводской сборки при полной разборке салона легкового автомобиля, микроавтобуса	1,0		
	Перекосы:			
	несложный	1,0		
30	средний	2,0		
	сложный	3,0		
	особо сложный	5,0		

Рыночная стоимость транспортного средства определяется по результатам статистического наблюдения в предварительно определенных географических границах рынка транспортных средств в месте государственной регистрации транспортного средства потерпевшего.

Единицей статистического наблюдения является одно предложение конкретного продавца к продаже транспортного средства на открытом рынке в форме публичной оферты, содержащее все существенные условия договора купли-продажи: марка (модель, модификация) транспортного средства, возраст и пробег с начала эксплуатации транспортного средства, цена транспортного средства и реквизиты продавца. При определении единицы статистического наблюдения необходимо дополнительно проверить отсутствие ошибок идентификации, обусловленных установкой на одних и тех же моделях транспортных средств различных моделей базовых агрегатов и (или) различной комплектацией дополнительного оборудования.

Исходя из вышесказанного задаются следующие параметры результатов расчета:

доверительная вероятность $P_d = 0,85$

относительная предельная ошибка $\Delta C_{от} = 15,00\%$

необходимый объем выборки $n = 4$.

Таблица 2

Определение рыночной стоимости транспортного средства

Марка (модель, модификация) транспортного средства. «LEXUS NX200 AWD»
Возраст транспортного средства Т(годы). 1
Пробег с начала эксплуатации транспортного средства L (тыс.км.) 10
Географические границы рынка. Воронежская обл.

№ единицы стат. наблюдения	Источник информации о продаже транспортного средства	Реквизиты продавца	Цена транспортного средства, руб.	Год выпуска	Пробег, тыс.км	Характеристика условий обращения транспортных средств на рынке, ограничивающих возможности их приобретения
1	www.auto.ru	89202116725	2850000	2019	16000	-
2	www.auto.ru	89065814322	2700000	2019	13500	-
3	www.auto.ru	89042128842	2600000	2019	12300	-
4	www.auto.ru	89529585831	2530000	2019	18312	-

Расчет прямым методом оценки рыночной стоимости конкретной марки (модели, модификации) нового или подержанного транспортного средства по результатам статистического наблюдения цен на товарных рынках транспортных средств проводится по формуле

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}, \quad (8)$$

где n – количество единиц статистического наблюдения по цене конкретной марки (модели, модификации) транспортного средства;

C_i – значение цены конкретной марки (модели, модификации) транспортного средства для i -ой единицы статистического наблюдения, руб.

Рыночная стоимость «LEXUS NX200 AWD составляет 2 670 000,00 руб.

Таблица 3

Определение коэффициентов УТС

	Элемент	Ремонтное воздействие	Коэффициент УТС
1	Бампер передний	Окраска	0,5
2	Капот	Окраска + замена	0,35
3	Панель передняя	Окраска + замена	0,35+0,5
4	Крыло переднее левое	Окраска + замена	0,35
5	Крыло переднее правое	Окраска + ремонт	0,35+0,1
6	Бампер задний	Окраска	0,35
7	Крышка багажника	Окраска + замена	0,35
8	Перекося проема капота	Устранить перекося	1,00
9	Боковина задняя левая	Окраска+ремонт	0,35+0,4
10	Боковина задняя правая	Окраска+ремонт	0,35
11	Пол багажника	Окраска+ремонт	0,35+0,4
12	Лонжерон задний левый	Ремонт	1,00
13	Лонжерон задний правый	Ремонт	1,00
14	Панель задняя	Окраска + замена	0,35+0,4

$$\sum K_{UTC} i = 9,7$$

$$C_{UTC} = 2\,670\,000 \cdot 9,7 / 100 = 258\,990 \text{ руб.}$$

Величина UTC для «LEXUS NX200 AWD» составляет 258990 руб.

Библиографический список

1. Положение Банка России от 19 сентября 2014г. № 432-П «О единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства» с Приложением
2. Чалкин П.П. и др. Осмотр. Фиксация и моделирование механизма образования внешних повреждений автомобилей с использованием их масштабных изображений. Москва, МВД ВНКЦ, 1991 г.
3. Судебная автотехническая экспертиза, ч.2 под ред. В.А.Иларионова, ВНИИСЭ, М., 1980.
4. Экспертиза транспортных средств при ОСАГО. Международная Академия Оценки и Консалтинга. Андрианов Ю.В., Москва РИО МАОК, 2008
5. Кузова легковых автомобилей: Техническое обслуживание и ремонт/ А.Ф. Синельников, С.В. Лосавио, С.А. Скрипников, Р.А. Синельников – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004
6. Методические рекомендации по проведению судебных автотехнических экспертиз и исследований колесных транспортных средств в целях определения размера ущерба, стоимости восстановительного ремонта и оценки, Москва 2018 г.
7. Андрианов Ю.В., Юдин А.В. Параметрическое обеспечение косвенных методов оценки машин и оборудования в рамках сравнительного подхода, 2004.

References

1. Regulation of the Bank of Russia No. 432-P of September 19, 2014 "On the Unified Methodology for determining the amount of expenses for restoration repairs in respect of a damaged Vehicle" with an Appendix
2. Chalkin P. P. et al. Inspection. Fixing and modeling of the mechanism of formation of external damage to cars using their large-scale images. Moscow, MVD VNKTS, 1991
3. Forensic auto-technical expertise, part 2, edited by V. A. Ilarionov, VNIISE, M., 1980.
4. Examination of vehicles under OSAGO. International Academy of Assessment and Consulting. Andrianov Yu. V., Moscow, MAOK, 2008
5. Car bodies: Maintenance and repair/ A. F. Sinelnikov, S. V. Losavio, S. A. Skripnikov, R. A. Sinelnikov-M.: ICC " Akademkniga No., 2004
6. Methodological recommendations for conducting forensic auto-technical examinations and studies of wheeled vehicles in order to determine the amount of damage, the cost of restoration repairs and evaluation, Moscow, 2018.
7. Andrianov Yu. V., Yudin A.V. Parametric support of indirect methods for evaluating machines and equipment in the framework of a comparative approach, 2004.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Н.М. Волков

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Д.Н. Дегтев

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

С.А. Никитин

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

А.Н. Щиенко

*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 con-
struction engineering and engineering me-
chanics named after Professor N.Ul'yanova
E.A. Tarasov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova N.M. Volkov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova D.N. Degtev*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova S.A. Nikitin*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova A.N. Shchienko*

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

Е.А. Тарасов, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, С.А. Никитин, А.Н. Щиенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МОТОЦИКЛА ПО ЗАПИСИ СТАЦИОНАРНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ

Исследование имело своей целью установление основных параметров видеопотока, пригодности визуального качества методами криминалистической экспертизы видеозаписей (визуальным и инструментальным) с использованием комплекса программных и аппаратных средств. Проверка целостности и работоспособности программного обеспечения и компьютера осуществлялась путем выполнения штатных тестовых процедур. Определена расчетная скорость движения участвовавшего в ДТП мотоцикла перед столкновением.

Ключевые слова: мотоцикл, скорость, видеозапись, камера.

Е.А. Tarasov, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.A. Nikitin, A.N. Shchienko

DETERMINING THE SPEED OF A MOTORCYCLE BY RECORDING A STATIONARY VIDEO CAMERA

The study was aimed at establishing the main parameters of the video stream, the suitability of visual quality by methods of forensic examination of

video recordings (visual and instrumental) using a set of software and hardware. The integrity and operability of the software and the computer were checked by performing regular test procedures. The estimated speed of the motorcycle involved in the accident before the collision was determined.

Keywords: motorcycle, speed, video recording, camera.

На разрешение эксперта поставлен вопрос:

Какова скорость движения участвовавшего в ДТП мотоцикла перед столкновением?

Обстоятельства дела известны специалисту из представленных на исследование материалов.

Предварительное исследование

Исследование имело своей целью установление основных параметров видеопотока, пригодности визуального качества методами криминалистической экспертизы видеозаписей (визуальным и инструментальным) с использованием комплекса программных и аппаратных средств:

ПЭВМ INTEL Core i5 2500k CPU 3.3 GHz, 16 Gb ОЗУ, монитор Philips 273E;

программные пакеты: VirtualDub-1.10.4., K-Lite Mega Codec Pack 11.2.0, HashTab 5.2.0.14, Adobe Photoshop Elements 9.0, MediaInfo 0.7.79.

Проверка целостности и работоспособности программного обеспечения и компьютера осуществлялась путем выполнения штатных тестовых процедур.

Подлежащий исследованию файл видеозаписи был скопирован в память ПЭВМ на накопитель на жестком магнитном диске.

Представленная на исследование видеозапись была зафиксирована при помощи стационарно установленной камеры системы наружного видеонаблюдения. В левой нижней части кадра расположен маркер, содержащий сведения о номере камеры системы видеонаблюдения, в правой верхней части кадра расположен маркер, содержащий сведения о дате и времени записи. Видеозапись проводилась в светлое время суток при естественном освещении. Изображения объектов имеют достаточные для проведения исследования резкостные характеристики. Проезжая часть имеет четыре полосы движения (по две полосы для каждого направления). На дорожном покрытии хорошо различимы элементы дорожной разметки.

Представленная на исследование видеозапись имеет продолжительность 01 мин. 18,33 с. и состоит из 1175 кадров. Частота кадров составляет 15 кадров/с, то есть время отображения кадра составляет 0,066 с.

Таким образом, технические характеристики и визуальное качество представленной на исследование видеозаписи достаточны для проведения дальнейшего исследования.

Установление скорости движения участвовавшего в ДТП мотоцикла

Исследование имело своей целью установление скорости движения транспортного средства зафиксированной в файле, методами криминалистической экспертизы видеозаписей (визуальным, инструментальным и расчетным) с использованием комплекса программных и аппаратных средств:

ПЭВМ INTEL Core i5 2500k CPU 3.3 GHz, 16 Gb ОЗУ, монитор Philips 273E;

программные пакеты: VirtualDub-1.10.4, GIMP 2.8.20, Microsoft Mathematics 4.0.

Проверка целостности и работоспособности программного обеспечения и компьютера осуществлялась путем выполнения штатных тестовых процедур.

Методом визуального анализа путем многократного покадрового просмотра в прямом и обратном направлении, а также просмотра в обычном и ускоренном режиме, было установлено, что наиболее подходящими для позиционирования и измерения скорости движения мотоцикла, является участок видеозаписи, на котором зафиксировано его движение между стационарными объектами дорожной инфраструктуры – элементами линии дорожной разметки, разделяющей полосы движения в попутном мотоциклу направлении (рис. 1).

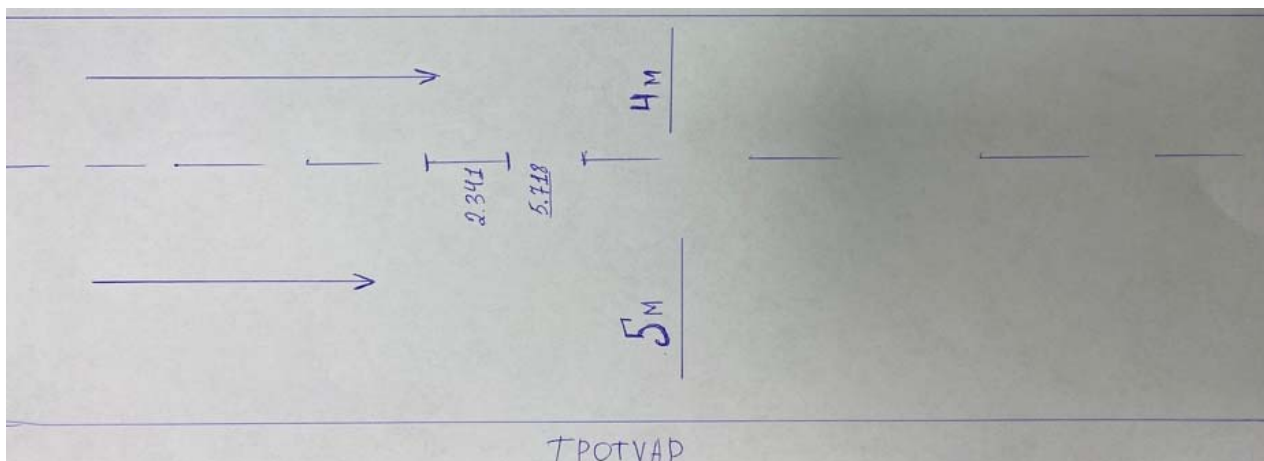


Рис. 1. Геометрические размеры прерывистой линии дорожной разметки

Для решения поставленной задачи был выбран участок видеозаписи соответствующий двум линиям разметки и двум промежуткам, соответственно длина данного участка составляет 16 метров. На данном участке возможно позиционирование переднего колеса мотоцикла относительно краев линий дорожной разметки, также на данном участке отсутствуют визуальные признаки торможения. Указанный участок отображается в исследуемой видеозаписи с 806-го по 815-й кадр (Рис. 2, 3)



Рис. 2, 3. Кадры 806 и 815 иллюстрирующие положение мотоцикла в начале и конце исследуемого участка



Рис. 4. Позиционирование мотоцикла относительно дорожной разметки

Для наиболее точного позиционирования мотоцикла относительно линий дорожной разметки было проведено послойное совмещение кадров 806 и 815. Так как расположенная на проезжей части искусственная неровность размещена перпендикулярно краям проезжей части, а также линиям дорожной разметки, специалист на совмещенном изображении разместил относительно края линий дорожной разметки линии, параллельные оси искусственной неровности (Рис. 4), что позволило спроецировать края необходимых линий дорожной разметки на переднее колесо мотоцикла

Расчет скорости

- путь, отраженный в кадрах 806-815 равен 2-м линиям и 2-м промежуткам, то есть равен 16 метрам;

- вышеуказанный путь, пройденный мотоциклом зафиксирован в 9-ти кадрах (815-806=9);

- время отображения кадра равняется 0,066 с.

Следовательно, $V=S/T$, $V=16/9 \cdot 0,066=26,9 \text{ м/с} \cdot 3,6=96,84 \text{ км/ч}$

Таким образом, расчетная скорость мотоцикла перед столкновением составляет 96,84 км/ч.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 51256-2018. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. М: Стандартинформ 2018.;
2. Каганов А.Ш. Криминалистические исследования видео– и звукозаписей// Криминалистика. Информационные технологии доказывания / под ред. д.ю.н. проф. В.Я. Колдина – М: Зерцало–М, 2007. – 752 с.;
3. Кочетков А.Т. Криминалистическая видеозапись. М: Щит–М, 2004.
4. С.С.Абрамов, А.С.Абрамов, А.М.Зимин, А.Ш.Каганов, П.А.Кириянов, Н.А.Романько, И.И.Чава Особенности проведения комплексных экспертиз по материалам видеозаписей – М:Издательский центр “Судэкс”, 2011. – 223 с.

References

1. GOST R 51256-2018. Technical means of traffic management. Road markings. Classification. Technical requirements. M: Standartinform 2018.;
2. Kaganov A. Sh. Criminalisticheskie issledovaniya video– i zvukozapisei [Forensic studies of video and sound recordings]. Information technologies of proof / ed. D. yu. n. prof. V. Ya. Koldin-M: Zertsalo-M, 2007. - 752 p.;
3. Kochetkov A. T. Criminalisticheskaya videotape. M: Shield-M, 2004.
4. S. S. Abramov, A. S. Abramov, A. M. Zimin, A. Sh. Kaganov, P. A. Kiryanov, N. A. Romanko, I. I. Chava Features of conducting complex examinations based on video recordings-M: Sudeks Publishing Center, 2011. - 223 p.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

УДК 625.731

*Воронежский государственный
технический университет
Кандидат технических наук, доцент ка-
федры проектирования автомобильных до-
рог и мостов О.А. Волокитина
Кандидат технических наук, доцент ка-
федры проектирования автомобильных до-
рог и мостов А.В. Ерёмин
Воронежский государственный
технический университет
студентка группы Б-АМТ 181 Волокитина А.В.
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (904) 212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru
студент группы САС-161
Волков И.Н.
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (908) 141-26-12
e-mail: adnin4voronezh@bk.ru*

*Voronezh State
Technical University
D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of
Postgraduate at the Department of Road and
Bridge O.A. Volokitina
D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of
Postgraduate at the Department of Road and
Bridge A.V. Eremin
Voronezh State Technical University
Student of the group B-AMT 181
Volokitina A.V.
Russia, Voronezh, tel. 7 (904) 212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru
Voronezh State Technical University
Student of group SAS-161 Volkov I.N.
Russia, Voronezh, tel. +7 (908) 141-26-12
e-mail: adnin4voronezh@bk.ru*

О.А. Волокитина, А.В. Еремин, А.В. Волокитина, И.Н. Волков

АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕДОСТАТОЧНОЙ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Произведен анализ факторов, обуславливающих недостаточную надежность запроектированных дорожных одежд. Обоснована необходимость проведения экспериментально-теоретического исследования с целью получения адекватных показателей конструктивных слоев, на основании которых можно осуществлять проектирование конструкций дорожных одежд.

Ключевые слова: слой, дорожная одежда, деформация, прочность, напряжения, коэффициент Пуассона.

О.А. Volokitina, A.V. Eremin, A.V. Volokitina, I.N. Volkov

ANALYSIS OF REASONS FOR LACK OF RELIABILITY ROADWEAR STRUCTURES

The factors contributing to the insufficient reliability of the designed road garments have been analysed. The need for an experimental and theoretical study is justified in order to obtain adequate indicators of structural layers, on the basis of which it is possible to design road garments.

Keywords: layer, road clothing, deformation, strength, stresses, Poisson coefficient.

Основные транспортно-эксплуатационные и деформационно-прочностные свойства дорожных одежд закладываются в период их проектирования, обеспечиваются качеством применяемых материалов и качеством технологии устройства земляного полотна и конструктивных слоев, изменяются в период эксплуатации под воздействием транспортных нагрузок и погодно-климатических факторов.

Надежность и долговечность запроектированных дорожных одежд определяются деформационно-прочностными свойствами.

Обобщенная схема формирования деформационно-прочностных свойств представлена на рис. 1.

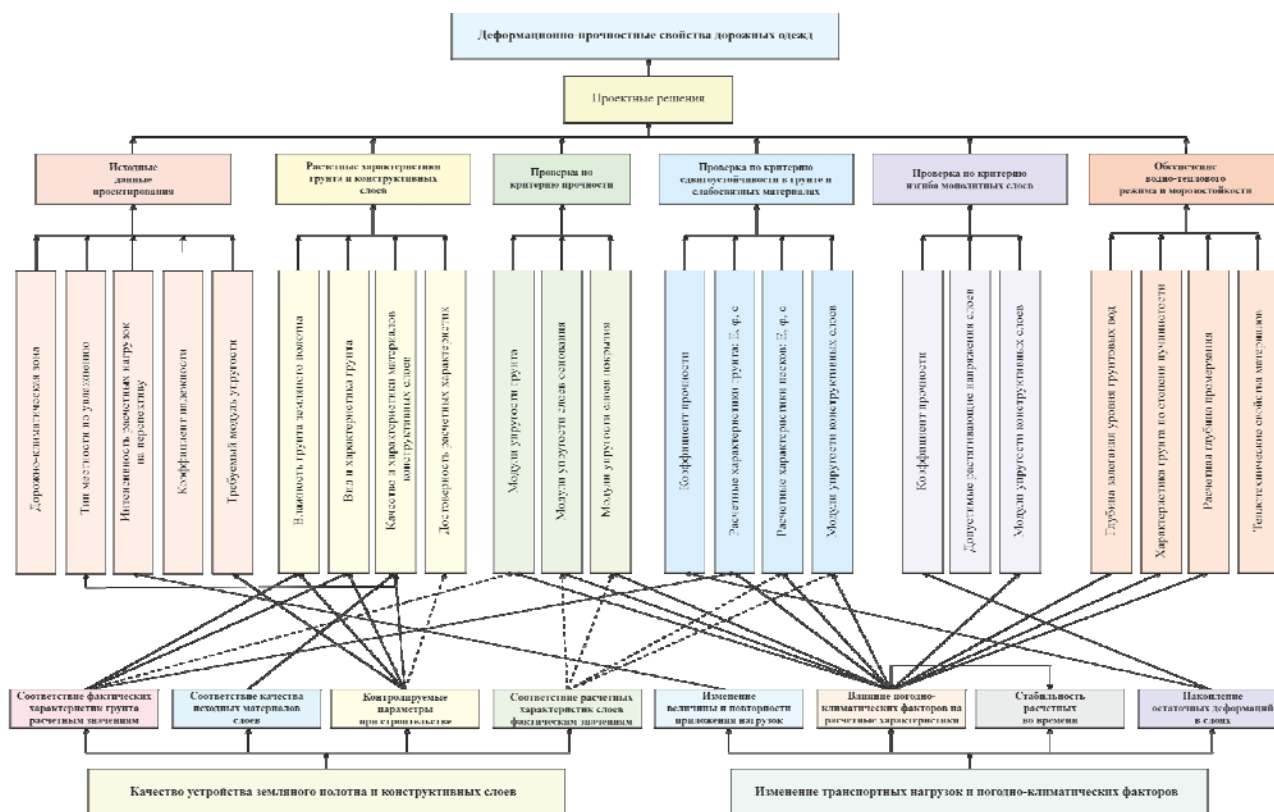


Рис. 1. Схема формирования деформационно-прочностных свойств дорожных одежд

В данной схеме четко прослеживается два блока факторов, отвечающих за формирование деформационно-прочностных свойств дорожных одежд.

Первая группа факторов характеризует уровень запроектированных дорожных одежд. При этом особое влияние имеют исходные данные, определяющие прогнозируемую перспективную интенсивность расчетных нагрузок, а также достоверность назначенных расчетных характеристик грунта земляного полотна и конструктивных слоев дорожной одежды.

Вторая группа факторов отвечает за формирование деформационно-прочностных свойств в процессе строительства и изменение их в течение длительной эксплуатации.

На этих этапах особое значение имеет полное соответствие применяемых материалов проектным решениям и качество технологии строительства.

Изучая изменение деформационно-прочностных свойств конструкций дорожных одежд в процессе эксплуатации, можно прийти к выводу, что первоосновой причиной появления и накопления различного рода деформаций является многократность и повторяемость приложения нагрузки в сочетании с изменяющимися погодно-климатическими факторами, каждый из которых по-особому проявляется в различных дорожно-климатических зонах.

Туман, гололед, снежные заносы, паводки могут резко ухудшить транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги.

Переувлажнение низа дорожной одежды и земляного полотна приводит к быстрому разрушению дороги и нарушению нормального транспортного процесса. Данное условие ослабляет сопротивление материалов покрытия и этим увеличивает разрушительный эффект механического воздействия колес автомобилей.

Основное влияние на напряженно-деформируемое состояние дороги и непосредственно на слои дорожной одежды оказывают нагрузки при движении, остановке и стоянке автомобилей. При этом возникают статические и динамические воздействия.

Движение автотранспорта вызывает в покрытии дороги вертикальные и горизонтальные силы, а также касательные усилия, наиболее значительные при разгоне и торможении автомобиля в зоне контакта шины колеса с покрытием, определяющие относительное смещение верхних слоев покрытия. Также в зоне контакта возникают и динамические вертикальные, продольные и поперечные касательные силы, значение которых зависит от типа, характеристик протектора шины и от величины нагрузки.

Особенностью автомобильного колеса является его эластичность. Под действием вертикальной силы колесо деформируется, в месте контакта радиус колеса меньше, чем в других частях колеса, не соприкасающихся с покрытием. При движении вертикальная нагрузка на покрытие составляет

$$Q_p = P \sqrt{1 + \phi_{KT}^2},$$

где P - вертикальная сила на колесо;

ϕ_{KT} - коэффициент сопротивления качению или коэффициент трения.

Результирующая нагрузка от шин колес распределяется по опорной поверхности обычно в виде эллипса [1]. В центре эллипса удельная нагрузка (контактное давление) максимальна, а по периметру равна нулю.

Характер воздействия транспорта различен на транзитных участках дороги, в пределах которых автомобиль движется сравнительно беспрепятственно, и на тормозных участках – у перекрестков и светофоров. На транзитных участках на покрытие передается мгновенное усилие от колеса, задерживающегося в каждой точке на сотые и тысячные доли секунды в зависимости от скорости движения автомобиля. Период «отдыха» покрытия в данной точке определяется плотностью автомобильного потока и является небольшим во временном периоде, поэтому асфальтобетон не успевает полностью освободиться от возникших в нем напряжений. С увеличением плотности потока вероятность совпадения следа на след колеса возрастает, период «отдыха» сокращается, накопление остаточных напряжений ускоряется. Следствием этого является накопление существенных суммарных напряжений в материале, либо образование хрупкого разрыва [2, 3].

На тормозных участках продолжительность действия колеса варьируется от долей секунды до 1-1,5 с. В таких местах возникают значительные касательные усилия, которые во взаимодействии с нормальными напряжениями повышают суммарную величину внутренних напряжений в покрытии, способствуют появлению и развитию сдвиговых деформаций или разрывов слоя покрытия.

Дорожные одежды в своем составе могут иметь слабосвязные и зернистые материалы, недостаточно или вовсе неспособные сопротивляться растягивающим напряжениям. В момент, когда напряжения в материалах этих слоев превышают сопротивление сдвигу, возникают постепенно накапливающиеся от многократных приложений нагрузки, остаточные деформации, и в результате этого дорожная одежда начинает разрушаться. Поэтому обязательным критерием прочности при расчете таких конструкций дорожных одежд следует считать

достижение местного предельного равновесия по сдвигу в подстилающем грунте или слабо-связном материале одного из слоев.

В то же время необходимо отметить, что одним из аспектов, который не находит отражения в научной литературе, является вопрос влияния качества устройства отдельных конструктивных слоев на деформационно-прочностные свойства дорожных одежд в целом.

Назначение расчетных характеристик конструктивных слоев основывается на фактических значениях, приведенных в нормативной литературе, однако эти показатели даны слишком обобщенно и не учитывают разнообразия механических свойств материалов и технологических особенностей при строительстве.

В настоящее время нормативными документами не предусматривается определение деформативных характеристик отдельных конструктивных слоев дорожной одежды и соответственно не предусматривается сопоставление фактического значения модуля упругости слоя с назначенным при расчете дорожной одежды или определенным в лабораторных условиях. Модули упругости определяются на поверхности дорожной одежды, т.е. для всей конструкции в целом. Нахождение же модуля упругости одного слоя возможно путем пересчета конструкции с назначением табличных значений модулей упругости других слоев. Это не дает гарантии точности определения искомого модуля упругости.

Реальное значение модуля упругости отдельного конструктивного слоя можно получить при послойном испытании дорожной одежды жестким штампом при динамическом или статическом действии нагрузки [2,3,4]. Этот метод наиболее применим в процессе строительства слоев дорожной одежды, но не является достаточно надежным, так как определение модуля упругости может производиться на недостаточно сформировавшихся слоях.

Изучая вопросы влияния ошибочного назначения расчетных характеристик конструктивных слоев на деформационно-прочностные свойства дорожной одежды, было установлено, что уменьшение модуля упругости верхнего слоя и его толщины до уровня жесткого покрытия приводит к уменьшению значений вертикальной составляющей напряжений на 30 - 40 %, а значений горизонтальной составляющей на 60 - 85 %, в других слоях – на 30 - 40 %. Сдвигающие напряжения на контакте верхних двух слоев меняют знак, при этом по абсолютной величине уменьшаются на 70 %, затем с увеличением толщины следует смена знака и увеличение значения до максимального на контакте второго и третьего слоев. Существенное влияние на характер изменения напряженного состояния оказывает вариация значений коэффициентов Пуассона, значение которого для первого слоя в 2 раза приводит к уменьшению горизонтальной и вертикальной составляющих напряжений на 85 и 75% соответственно, а сдвигающие напряжения на контакте первого и второго слоев уменьшаются на 65%. По другим слоям уменьшение горизонтальной составляющей колеблется от 4 до 6%, а для вертикальной составляющей напряжений и сдвигающих напряжений увеличение для нижележащих слоев составляет соответственно 4 - 8%.

Показатели сдвигающих напряжений для нижележащих слоев вначале (3-й конструктивный слой) увеличиваются на 7 - 10%, а затем уменьшаются на 10 - 30%.

При увеличении коэффициента Пуассона первого слоя в 1,3 раза характер изменения горизонтальной составляющей напряжений находится в диапазоне 3 - 7% в нижних слоях конструкции. Значение вертикальной составляющей напряжений возрастает на 60% на контакте первого и второго слоев, для нижележащих слоев значения уменьшаются на 4 - 7%. Касательные напряжения достигают максимума на контакте первого и второго слоев, увеличиваясь в 2 - 3 раза, для нижележащих слоев характер изменения предполагает увеличение в нижних слоях.

Наличие трещины во втором слое не вызывает изменений в характере горизонтальной составляющей напряжений для выше- и нижележащих слоев, хотя может вызвать уменьшение на контакте с грунтовым основанием. Характер вертикальной составляющей напряжений представляет собой следующую закономерность: в вышележащем слое напряжения становятся растягивающими и в точках, непосредственно примыкающих к слою с трещиной, по абсолютной величине увеличиваются на 68 %, в нижележащих слоях увеличение может быть в 6 - 7 раз, но без изменения знака. Касательная составляющая напряжений в вышележащем слое меняет знак и возрастает в 4 - 5 раз. В нижележащих слоях увеличение достигает 4 раз, без смены знака.

Однако в методической литературе и в программах по расчету дорожных одежд не учитываются напряжения и прочностные характеристики слоев на контакте, так как в реальных условиях эксплуатации дорог модули упругости, деформаций и напряжения сжатия в слоистой конструкции переменны в соответствии температурно-влажностным режимом. В зимний период, когда слоистая конструкция, включая грунт земляного полотна, находится в мерзлом состоянии, остаточные и полные прогибы ничтожно малы и практически не учитываются, а в период работы слоистой конструкции на талом грунтовом основании полные прогибы и пластические деформации существенны.

На основании вышеизложенного, можно выделить следующие основные причины, влияющие на степень надежности запроектированных дорожных одежд:

- 1) влияние многократных приложений нагрузок на разуплотнение конструктивных слоев из несвязных материалов, а также частичное дробление щебеночных материалов;
- 2) накопление остаточных деформаций в конструктивных слоях с появлением деформаций на поверхности покрытия за счет воздействия повторных нагрузок;
- 3) инерционность подвижного состава и дорожной конструкции;
- 4) переменная во времени (в течение года и суток) интенсивность грузопотока, скорость движения транспортных средств и расположение движущихся автомобилей на проезжей части;
- 5) влияние переменных во времени температурно-влажностных факторов;
- 6) эффект старения материалов и изменение характеристик и геометрических параметров дорожной конструкции вследствие ее неравномерного деформирования;
- 7) качество технологии производства работ по устройству отдельных конструктивных слоев;
- 8) снижение уровня напряженного состояния на контактах слоев в случае увеличения модуля упругости, толщины конструктивных слоев дорожной одежды и коэффициента Пуассона (увеличения модуля сдвига) материала верхних слоев;
- 9) увеличение уровня напряженного состояния на контактах слоев при наличии трещин в нижележащих слоях, а также уменьшении толщины верхних слоев и в ряде случаев при увеличении коэффициента Пуассона (уменьшении модуля сдвига) материала этих слоев;
- 10) трещины в слоях конструкции, вызывающие растягивающие напряжения в точках вышележащих слоев, примыкающих к слоям с трещиной, и увеличение напряжений в нижележащих слоях.

Вывод

С целью контроля неблагоприятных процессов, происходящих в конструктивных слоях дорожной одежды в процессе эксплуатации, необходимо получение адекватных показателей, на основании которых можно осуществлять проектирование конструкций дорожных одежд с достаточным уровнем надежности.

Библиографический список

1. С.К. Илиополов, М.Г. Селезнев, Е.В. Углова Динамика дорожных конструкций.- Ростов-на-Дону: Изд-во «Юг». 2002 г. – 260 с.
2. О.А. Волокитина Особенности проектирования и расчета нежестких дорожных одежд на основе реальных расчетных характеристик конструктивных слоев / О.А. Волокитина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. [№ 4 \(20\)](#). С. 100-105.
3. В.П. Волокитин, О.А. Волокитина, А.В. Еремин Теоретическое обоснование метода определения деформационно-прочностных характеристик асфальтобетонных покрытий на мостовых сооружениях / В.П. Волокитин, О.А. Волокитина, А.В. Еремин // ДОРОГИ И МОСТЫ - 2017 - №1 (37) С.14, 205-212.
4. А.В. Ерёмин, В.П. Волокитин Испытание асфальтобетона сферическим штампом./ Научный вестник ВГАСУ, Выпуск № 3 (11) – 2008 – С.133.

References

1. S.K. Ilioplov, M.G. Seleznev, E.V. Uglova Dynamics of road structures. - Rostov-on-Don: Publishing House "South." 2002 – 260 pages.
2. O.A. Volokitina Features of designing and calculating non-rigid road clothes based on real design characteristics of structural layers/O.A. Volokitina//Scientific Bulletin of Voronezh State University of Architecture and Construction. Construction and architecture. 2010. № 4 (20). Page 100-105.
3. V.P. Volokitin, O.A. Volokitina, A.V. Eremin Theoretical justification of the method for determining the deformation and strength characteristics of asphalt concrete surfaces on bridge structures/V.P. Volokitin, O.A. Volokitin, A.V. Eremin//ROADS AND BRIDGES - 2017 - № 1 (37) P.14,
4. A.V. Eremin, V.P. Volokitin Testing of asphalt concrete with a spherical stamp ./Scientific bulletin of VGASU, Issue № 3 (11) - 2008 - P.133.

ФГБОУ ВО Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева

Канд. техн. наук, доцент кафедры
«Строительные и дорожные машины»

Ерасов И.А.

Канд. техн. наук, доцент кафедры
«Строительные и дорожные машины»

Лелиовский К.Я.

д.т.н., профессор кафедры «Строительные
и дорожные машины» Ю.И. Молев,

Россия, г. Н. Новгород,

тел. +7 (831) 436-01-59

email: moleff@yandex.ru

ФГБОУ ВО Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Ин-
формационные системы и технологии»

Куклина И.Г.

тел. +7 (831) 433-47-71

email: istkuklina@rambler.ru

ФГБОУ ВО Нижегородский государствен-
ный педагогический университет им.

К.Минина аспирант Мокеров Д.С.

тел. +7 (831) 419-39-07

email: mokerov90@bk.ru

Nizhny Novgorod State Technical University
n.a. R.E. Alekseev

D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the Road
Vehiclas Department.

Erasov I.A.

D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the Road
Vehiclas Department.

Leliovsky K.Ya.

Professor of the Road Vehiclas Department.

Molev Yu.I.

Russia, Nighny Novgorod,

tel. +7 (831) 436-01-59

email: moleff@yandex.ru

Nizhny Novgorod State University of Architec-
ture and Civil Engineering

Associate proessor. of the Information Tech-
nology Department.

Kuklina I.G.

tel. +7 (831) 433-47-71

email: istkuklina@rambler.ru

Nizhny Novgorod State Pedagogical University
n.a. K.Minina graduate student

Mokerov D.S.

tel. +7 (831) 419-39-07

email: mokerov90@bk.ru

И.А. Ерасов, И.Г. Куклина, К.Я. Лелиовский, Д.С. Мокеров, Ю.И. Молев

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМОЙ СРЕДЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ КРАТКОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВНЕДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ, ОСНАЩЁННОЙ РОТОРНО-ВИНТОВЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ

В представленной статье предложен концептуальный подход к уменьшению величины антропогенного загрязнения окружающей среды при использовании машин, оснащённых роторно-винтовым двигателем. В работе были выявлены основные источники шума, возникающие при работе машины, оценён вклад каждого из них в звуковое загрязнение, а так же получены регрессионные зависимости взаимосвязи шума и конструктивных параметров двигателя. На основе выполненного анализа были предложены основные пути совершенствования конструкций машин, с целью создания благоприятной окружающей среды.

Ключевые слова: роторно-винтовой двигатель, экологические последствия, уровень шума, конструктивные параметры.

CONCEPTUAL APPROACH TO CREATION OF A BIOSPHERIC COMPATIBLE ENVIRONMENT DESIGNED FOR SHORT-TERM USE OF OFF-ROAD EQUIPMENT EQUIPPED WITH ROTARY SCREWS BY DRIVER

The article presents a conceptual approach to reducing the amount of anthropogenic environmental pollution when using machines equipped with a rotary-screw propulsion system. In the work, the main sources of noise that arise during the operation of the machine were identified, the contribution of each of them to sound pollution was estimated, and regression dependences of the relationship between noise and the design parameters of the engine were obtained. Based on the performed analysis, the main ways of improving the machine designs were proposed in order to create a favorable environment.

Keywords: rotary-screw propulsion, environmental consequences, noise level, design parameter.

В настоящее время основным направлением развития подвижности в малонаселённых местах является вездеходная техника. Работа таких машин на территориях Арктики, Сибири и других мест с хрупкой экосистемой накладывает дополнительные требования к экологической безопасности применения как транспортных, так и технологических машин. Так как основными поверхностями движения роторно-винтовых машин являются снег, лёд и вода, то следует сделать вывод, что применение машин данного типа не приводит к повреждению почв и другим подобным последствиям. При этом, следует отметить, что экологические применения вездеходных машин связаны не только с разрушением трасс движения, но и другим, менее очевидным, но от того не менее опасным антропогенным загрязнением. Так, одним из факторов, ухудшающих условия труда водителей вездеходов, является высокий уровень шума в салоне, который как влияет на самочувствие водителя, так и отвлекает его. Многочисленные исследователи доказали, что повышенный уровень шума (более 55-65 дБ) значительно влияет на здоровье человека. Превышение уровня шума на 10-20 дБ относительно фона приводит к возникновению паники у рыб. Такое же превышение уровня шума приводит к снижению популяции птиц на 90%. Таким образом, нормирование уровня шума при работе вездеходной техники является актуальной научной задачей, а разработка путей совершенствования конструкции машин, позволяющей осуществлять их эксплуатацию – практической задачей.

В настоящее время, на основе экспериментальных и аналитических исследований можно считать установленным, что шум, создаваемый внедорожными транспортными средствами, в основном генерируется двигателем, трансмиссией, а также вибрациями, вызванными взаимодействием движителей с опорной поверхностью, в том числе и при движении машин с роторно-винтовым движителем по льду. Целью данного исследования является разработка требований к эксплуатации вездеходов с роторно-винтовым двигателем и выбор их конструктивных параметров, обеспечивающих движение машин с генерируемым уровнем шума менее 65 дБ. Данная работа выполнена на основе многочисленных работ отечественных и зарубежных исследований, таких как И.И. Артоболевский [1], Д. Байес [2], С.Ж. Браун [3], Ю.Вонг[4] . В.А. Жулай [5], Н.И. Иванов [6], Ю.Ф. Устинов [7], А.Е. Шашурин [8], Ю.И. Элькин [9] и другие [10]. Особый интерес в рамках данной работы представляли исследования Покачалова А.С. [11] и Никитина С.А. [12], выполненные в Воронежском государственном архитектурно-строительном университете и связанные с изучением генерации шума

шнекового рабочего органа машин для удаления снежно-ледяных отвалов с обочин дорог. Авторами была получена зависимость связывающая уровень шума и параметры взаимодействия рабочего органа со снегом [11,12]

$$L_P = L_0 + 10 \lg \left[\frac{M}{M_0} \right] + 10 \lg \left[\frac{e}{e_0} \right] + 20 \lg \left[\frac{n}{n_0} \right], \quad (1)$$

где L_P – искомый уровень шума;

L_0 – базовый уровень шума;

M/M_0 – относительное изменение массы рабочего органа;

e/e_0 – относительное изменение эксцентриситета рабочего органа;

n/n_0 – отношение частоты вращения рабочего органа.

Следует отметить, что в представленном выражении не нашли отражения ряд специфических условий взаимодействия шнека с поверхностью движения, характерные для работы движителя и не характерные для рабочего органа. К таким условиям в первую очередь относятся усилия врезания винтовой лопасти в лёд, трение лопасти и базового цилиндра по льду и деформация базового цилиндра [13,14]. Учёт указанных характерных условий нагружения роторно-винтового движителя позволил модернизировать представленную выше зависимость в зависимость вида

$$L_P = L_0 + L(\varphi) + L(\delta) + L(F) + 10 \lg \left[\frac{M}{M_0} \right] + 10 \lg \left[\frac{e}{e_0} \right] + 20 \lg \left[\frac{n}{n_0} \right], \quad (2)$$

где $L(\varphi)$ – уровень звука, генерируемый за счёт сил трения;

$L(\delta)$ – уровень звука, генерируемый за счёт деформации базового цилиндра;

$L(F)$ – уровень звука, генерируемый за счёт врезания винтовой лопасти в лёд.

Результаты исследования. Зависимости значений уровня генерации звука от тех или иных параметров были проверены экспериментально, с использованием шумомеров 2-го класса АЛГОРИТМ и TESTO, в результате чего были получены регрессионные зависимости взаимосвязи таких параметров как угол внедрения винтовой лопасти в лёд, скорость истирания ледовой поверхности, деформации базового цилиндра и уровня генерируемого шума, показанные на рис.1-5.



Рис. 1. Установка для испытания образца роторного движителя на уровень генерируемого шума:

- 1 – Базовый цилиндр; 2 – редуктор обратного вращения для стабилизации прямолинейного движения установки;
- 3 – тросовый привод, обеспечивающий вращение ротора без использования двигателей, за счёт массы подвешенного груза; 4 – сойка; 5 – грузы; 6 – стойки для регулировки высоты расположения ротора над поверхностью льда



Рис. 2. Штамп, имитирующий внедрение винтовой лопасти в лёд

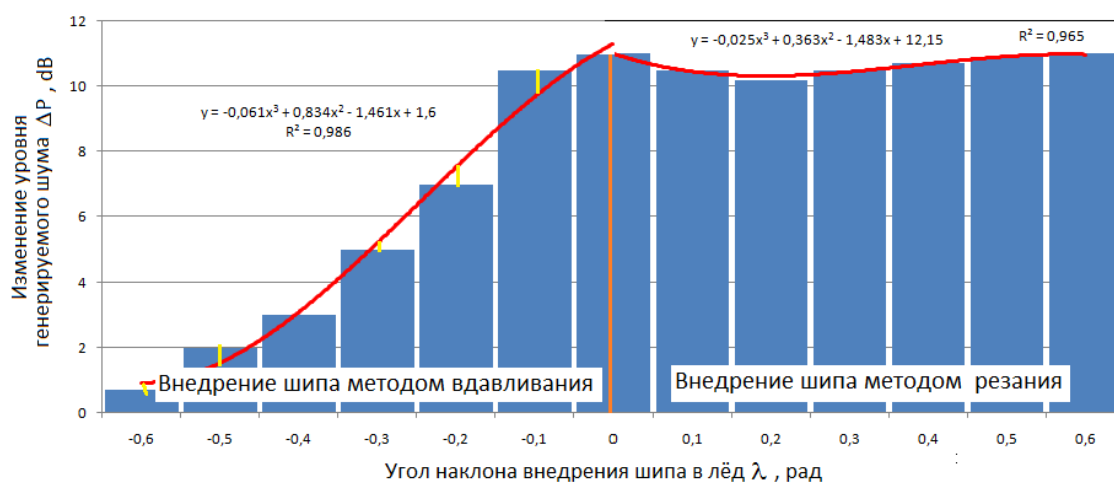


Рис. 3. Результаты обработки экспериментальных исследований по определению шумовых параметров от угла наклона внедрения винтовой лопасти в лёд

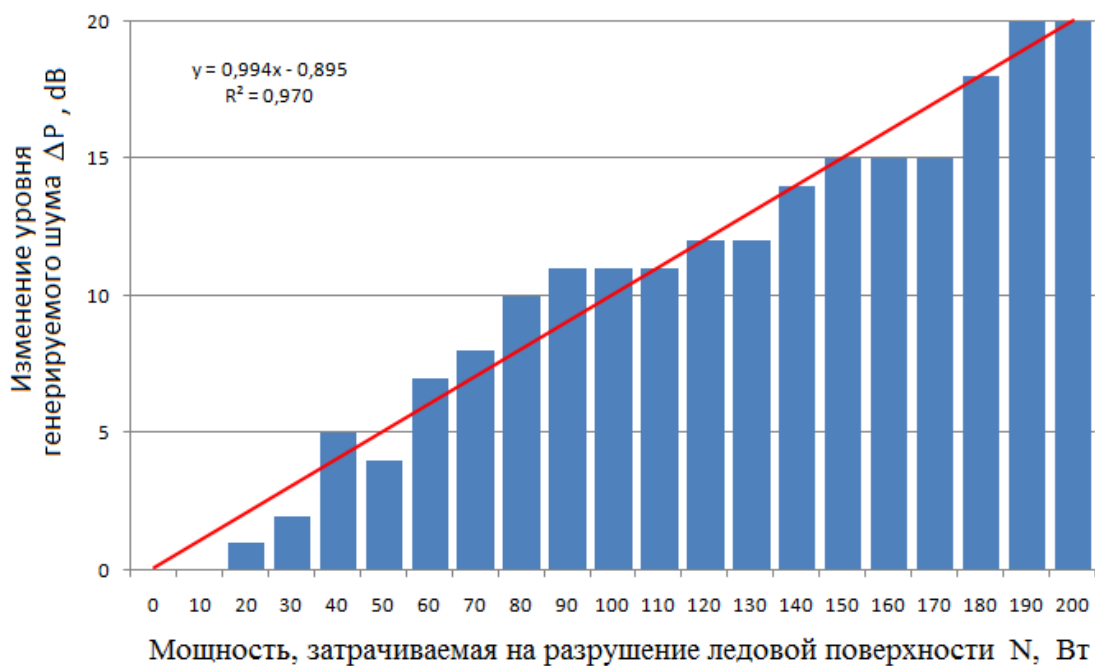


Рис. 4. Результаты обработки экспериментальных исследований по определению шумовых параметров от скорости истирания поверхности льда



Рис. 5. Результаты обработки экспериментальных исследований по определению шумовых параметров от скорости деформации базового цилиндра

Полученные результаты свидетельствуют о том, что изменение уровня генерируемого акустического излучения от силы трения и мощности внедрения винтовой лопасти в лёд носят прямолинейный, монотонно-возрастающий характер, притом, что коэффициент перераспределения энергии трения в энергию звуковых колебаний составляет величину $1/50 - 1/100$, а от мощности внедрения винтовой лопасти в лёд – $1/25 - 1/50$

$$L_P = L_0 + 0,01Mg\varphi\nu + 0,02\delta\nu^2 + 0,04\lambda F_P\nu + 10\lg\left[\frac{M}{M_0}\right] + 10\lg\left[\frac{e}{e_0}\right] + 20\lg\left[\frac{n}{n_0}\right], \quad (3)$$

где φ – коэффициент трения между базовым цилиндром и опорной поверхностью,

δ – величина прогиба базового цилиндра;

F_P – сила сопротивления врезания винтовой лопасти в лёд,

ν – скорость движения машины (нагрузки роторов), λ – угол внедрения винтовой лопасти в лёд.

Анализ полученных результатов показывает, что конструкция роторно-винтовых двигательных установок в целом и базового цилиндра в частности будет тем менее способна излучать акустическую энергию, чем меньше величина деформации и скорость перемещения транспортного средства. Изменение длины ротора уменьшает, с одной стороны, скорость колебаний, с другой стороны, это приводит к росту провисания. Таким образом, несмотря на то, что мощность генерируемого акустического излучения прямо пропорциональна диаметру ротора и обратно пропорциональна его длине, общий уровень шума будет расти с увеличением длины и с уменьшением диаметра, поскольку эти параметры влияют на величину провиса, обуславливая рост уровня шума не в линейной, а в квадратичной зависимости.

Общий вклад каждого процесса в генерацию уровня шума показан на рисунке 6, из которого видно, что более 50% уровня шума генерируется процессами деформацией базового цилиндра.

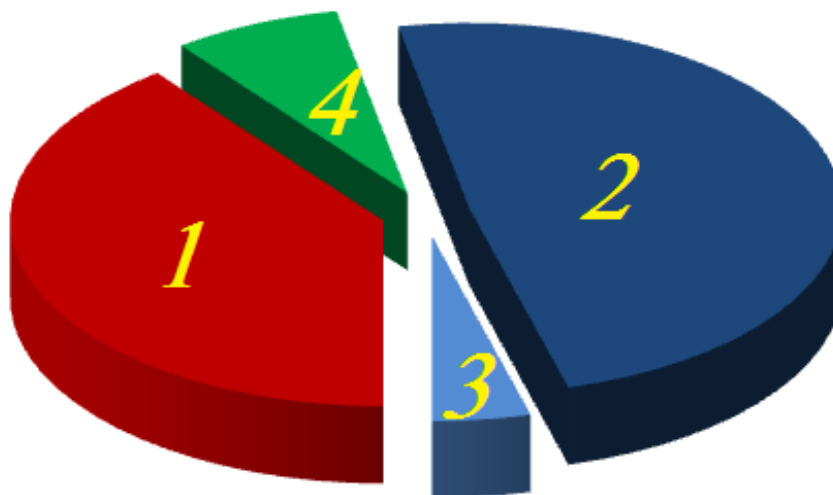


Рис. 6. Общий вклад каждого процесса в генерацию уровня шума роторно-винтового движителя:
1 – резание льда; 2 и 3- деформация базового цилиндра в виде смятия (2) и изгиба (3); 4- трение

Следует отметить, что такой показатель как уровень звукового излучения относится к постоянному шумовому воздействию, а проезд вездеходной машины является разовым антропогенным воздействием на окружающую среду. Связь между допустимым уровнем шума от прохода одной машины L_1 , количеством транспортных средств n , прошедших по исследуемой территории за время T и допустимым приращением уровня шума ΔL можно определить используя стандартную зависимость для сложения шума от нескольких источников [15]

$$L_1 = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_i} \rightarrow L_1 = 10 \lg \frac{10^{0,1(L_1 + \Delta L)} + \lg n}{T}. \text{ Откуда: } \lg n = 0,1\Delta L \text{ или: } \Delta L = 10 \lg n, \quad (4)$$

Полученная зависимость позволяет сделать вывод о том, что при звуковом поле формирующимся транспортным потоком с интенсивностью постоянного движения равной 10000 шт/сут допустимое приращение уровня шума от одной машины составит 40dB. То есть допустимый уровень шума от прохода одной машины по поверхности, где допустимый уровень шума составляет 70dB (Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домовинтернатов для престарелых и инвалидов, площадки дошкольных образовательных организаций и других образовательных организаций) [16] не может превышать 110 dB. С учётом того, что уровень шума от выпускной системы машин допускается равным 100 dB [17] получим, что иные узлы и агрегаты машины и в первую очередь движитель могут генерировать звук мощностью, не более, чем 100 dB

$$L_{MAX} = 10 \lg(10^{0,1 \cdot L_{ДВС}} + 10^{0,1\Delta L}) \rightarrow 10^{11} = 10^{10} + 10^{0,1\Delta L} \rightarrow \Delta L \leq 100, \quad (4)$$

где L_{MAX} – общий допустимый уровень шумового излучения транспортного средства,
 $L_{ДВС}$ – уровень шумового давления создаваемой системой выпуска отработавших газов;
 ΔL – максимально-допустимый уровень шумового давления создаваемыми остальными узлами и механизмами машины, в первую очередь движителем.

Полученные данные позволили разработать требования к роторно-винтовой установке для обеспечения ее работы на льду с допустимым уровнем акустического излучения.

Выяснилось, что базовый цилиндр должен иметь как можно больший диаметр (ограниченный только габаритными размерами транспортного средства) и как можно меньшую длину (ограниченную необходимостью наличия не менее двух витков намотки лопасти винта). Основная стенка цилиндра должна иметь толщину стенки не менее 5 мм (а для тяжёлых машин и до 10 мм).

Результаты, полученные в данной работе, четко указывают на то, что использование 4 коротких роторов с точки зрения акустического излучения является наиболее перспективным способом разработки машин этого класса. Таким образом, в предыдущих работах не было сделано различий по основному провисанию цилиндра и деформации оболочки. Кроме того, эффективными средствами повышения акустического комфорта при движении машины являются: применение роторов, имеющих систему балансировки, заполненных шумоизоляционным материалом с установленными не сварными, а цельковыми винтовыми лопастями, заходный виток которых на протяжении всего витка равномерно увеличивает площадь внедрения обеспечивая неизменность силы внедрения лопасти в лёд.

Выводы

Полученные данные позволили как конструкцию транспортного средства, обладающую минимум уровня генерируемого шума, за счёт снижения эффективности работы движителя, а также разработать методику расчёта шумовых характеристик машин с роторно-винтовым движителем, которая на этапе проектирования или доводочных испытаний позволяет скорректировать основные параметры взаимодействия движителей со льдом, обеспечивая при движении генерации допустимого уровня шума, в первую очередь за уменьшения длины роторов, повышения их жёсткости, а также за счёт обеспечения постоянного резания льда винтовой лопастью. Полученные результаты позволяют сделать вывод о наличии принципиальной возможности уменьшить уровень шума, генерируемого роторно-винтовым движителем на 50-80%, за счёт снижения тягового усилия и отсутствия возможности выхода машины из полыньи на лёд.

Библиографический список

1. Артоболевский, И.И. Введение в акустическую диагностику машиностроения. . - М.: Наука, 1979.-296 с.
2. Bies, D. Engineering Noise Control: Theory and Practice Text. / D. Bies, C. Hansen. Spon Press, 2003. - 744 p.
3. Braun, S.G. Encyclopedia of Vibration Text. / S.G. Braun, D.J. Ewins, S.S. Rao.- Academic Press, 2001.-Vols. 1/3. 1645 p.
4. Wang, J. Survey of nonlinear vibration of gear transmission systems Text. / J. Wang, R. Li, X. Peng // Appi Mech Rev. 2003. - Vol. 56, № 3. - P. 309- 329.
5. Жулай, В.А. Виброакустические методы прогнозирования работоспособности механических передач строительных и дорожных машин. Дисс. на соискание уч. степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины» Воронеж, 2006. – 323с.
6. Техническая акустика транспортных машин: Справочник / Л.Г. Балишанская, Л.Ф. Дроздова, Н.И. Иванов и др.; Под ред. Н.И. Иванова. Спб.: Политехника, 1992,- 365 с.
7. Устинов, Ю.Ф. Прогнозирование и методы расчета виброакустических параметров землеройно-транспортных машин : диссертация ... доктора технических наук : 05.05.04. - Воронеж, 1997. - 257 с.
8. Шашурин, А.Е. Снижение внутреннего шума звукоизолирующими кабинами: на примере строительно-дорожных машин. Дисс. на соискание уч. степени кандидата технических наук по специальности 01.04.06 «Акустика» Санкт-Петербург, 2010. – 144с.

9. Элькин, Ю.И. Снижение шума строительно-дорожных машин. Дисс. на соискание уч. степени доктора технических наук по специальности 01.04.06 «Акустика» Санкт-Петербург, 2006. – 377с.
10. Куклин, Д.А. Экспериментально-аналитическая методика разделения вклада источников шума с целью разработки шумозащиты: На примере строительно-дорожных машин. Дисс. на соискание уч. степени кандидата технических наук по специальности 01.04.06 «Акустика» Санкт-Петербург, 2002. – 173с.
11. Покачалов, А.С. Прогнозирование параметров шума дорожной снегоочистительной машины шнекороторного типа. Дисс. на соискание уч. степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины» Воронеж, 2003. – 155с.
12. Никитин, С.А. Шнекороторный снегоочиститель с улучшенными виброакустическими характеристиками. Дисс. на соискание уч. степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины» Воронеж, 2004. – 143с.
13. Al-Bedoor, B. O. Reduced order nonlinear dynamic model of coupled shaft-torsional and blade-bending vibrations in rotors Text. /B. O. Al-Bedoor // Trans. ASME. J. Eng. Gas Turbines and Power. - 2001. -Vol. 123, № 1. - P. 82-88.
14. Куклина, И.Г. Вибронагруженность длинных винтовых роторов. - Saarbrücken: Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. - 137 с.
15. ГОСТ Р 52231-2004 Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерения.
16. СП 51.13330.2011 Свод правил. Защита от шума.
17. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

References

1. Artobolevsky, I.I. Introduction to acoustic diagnostics of mechanical engineering. ... -М.: Nauka, 1979.-296 p.
2. Bies, D. Engineering Noise Control: Theory and Practice Text. / D. Bies, C. Hansen. Spon Press, 2003. - 744 p.
3. Braun, S.G. Encyclopedia of Vibration Text. / S.G. Braun, D.J. Ewins, S.S. Rao.- Academic Press, 2001.-Vols. 1/3. 1645 p.
4. Wang, J. Survey of nonlinear vibration of gear transmission systems Text. / J. Wang, R. Li, X. Peng // Appl Mech Rev. 2003. - Vol. 56, № 3. - P. 309- 329.
5. Zhulay, V.A. Vibroacoustic methods for predicting the performance of mechanical transmissions of construction and road machines. Diss. to apply for an account. Doctor of Science degree in specialty 05.05.04 "Road, construction and hoisting-and-transport machines" Voronezh, 2006. - 323p.
6. Technical acoustics of transport machines: Handbook / L.G. Balishanskaya, L.F., Drozdova, N.I. Ivanov and others; Ed. N.I. Ivanova. SPb.: Polytechnic, 1992, - 365 p.
7. Ustinov, Yu.F. Forecasting and calculation methods of vibroacoustic parameters of earth-moving vehicles: dissertation ... Doctors of technical sciences: 05.05.04. - Voronezh, 1997. -- 257 p.
8. Shashurin, A.E. Reducing internal noise with soundproof cabins: an example of road construction machines. Diss. to apply for an account. degree of candidate of technical sciences in the specialty 01.04.06 "Acoustics" St. Petersburg, 2010. – 144 p.

9. Elkin, Yu.I. Reducing the noise of road construction machines. Diss. to apply for an account. degree of Doctor of Technical Sciences, specialty 01.04.06 "Acoustics" St. Petersburg, 2006. – 377 p.
10. Kuklin, D.A. Experimental and analytical technique for separating the contribution of noise sources in order to develop noise protection: On the example of road-building vehicles. Diss. to apply for an account. degree of candidate of technical sciences in the specialty 01.04.06 "Acoustics" St. Petersburg, 2002. - 173p.
11. Pokachalov, A.S. Prediction of the noise parameters of the auger-type road snowplow. Diss. to apply for an account. degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.05.04 "Road, construction and hoisting-and-transport machines" Voronezh, 2003. - 155p.
12. Nikitin, S.A. Rotary auger snow blower with improved vibroacoustic characteristics. Diss. to apply for an account. degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.05.04 "Road, construction and hoisting-and-transport machines" Voronezh, 2004. - 143p.
13. Al-Bedoor, B. O. Reduced order nonlinear dynamic model of coupled shaft-torsional and blade-bending vibrations in rotors Text. /B. O. Al-Bendoor // Trans. ASME. J. Eng. Gas Turbines and Power. - 2001. -Vol. 123, № 1. - P. 82-88.
14. Kuklina, I. G. Vibration loading of long helical rotors. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013 .-- 137 p.
15. GOST R 52231-2004 External noise of vehicles in operation. Acceptable levels and methods of measurement.
16. SP 51.13330.2011 Set of rules. Noise protection.
17. GOST 12.1.003-2014 Occupational safety standards system. Noise. General safety requirements.

Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова студент Е.Г. Пахомов
Россия, г. Белгород
e-mail: evgny@mail.ru
студент М.Л. Жучков
Россия, г. Белгород
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
студент А.А. Польшин
Россия, г. Белгород
e-mail: info@polshin.ru
студент А.А. Тихонов
Россия, г. Белгород
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Научный руководитель канд. техн. наук, ст.
преподаватель. Н.С. Любимый
Россия, г. Белгород
e-mail: nslubim@bk.ru

Belgorod State
Technological University
Student E.G. Pahomov
Russia, Belgorod
e-mail: evgny@mail.ru
Student M.L. Zhuchkov
Russia, Belgorod
e-mail: mikhail.zhuchkov@bk.ru
Student A.A. Polishin
Russia, Belgorod
e-mail: info@polshin.ru
Student A.A. Tihonov
Russia, Belgorod
e-mail: cherep2240@rambler.ru
Scientific adviser, Cand. tech. Sciences, Art.
teacher N.S. Lubimyi
Russia, Belgorod
e-mail: nslubim@bk.ru

Е.Г. Пахомов, М.Л. Жучков, А.А. Польшин, А.А. Тихонов

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОТАЛИ

Данная статья анализирует устройство и работу электрической тали. Дает общее представление об элементах ее конструкции и выполняемых ею задачах. Материал для статьи взят из различных информативных источников, в которых содержится наглядная информация о работе подъемно-транспортной техники. Полученные результаты позволят узнать больше сведений про данный механизм и те виды работ в которых он применяется.

Ключевые слова: электрическая таль, подъемно-транспортная техника.

E.G. Pahomov, M.L. Zhuchkov, A.A. Polishin, A.A. Tihonov

ANALYSIS OF THE DESIGN AND OPERATION OF THE ELECTROTAL

This article analyzes the design and operation of an electric hoist. Gives a general idea of the elements of its structure and the tasks it performs. The material for the article is taken from various informative sources, which provide visual information about the operation of lifting and transport equipment. The results obtained will allow you to find out more information about this mechanism and the types of work in which it is used.

Keywords: electric hoist, material handling equipment.

На сегодняшний день, серьезно изменилось назначение машин, созданных для подъемно-транспортных операций. Данные машины уже давным-давно превзошли границы, в рамках которых им предполагалось работать изначально и стали важными звеньями в техноло-

гической цепочке, обеспечивающими безостановочный процесс производства. Они сделались главным контроллером различных технологических процессов, определяющих ритм и производительность основного рабочего оборудования различных предприятий.

Высокопроизводительная работа всей компании зависит от правильного выбора рациональных машин

Электрические тали - это подъемные приспособления большой области применения, предназначенные с целью передвижения различных объектов по горизонтальным и вертикальным плоскостям. Электрическая таль имеет различную грузоподъемность, достигающую 16 т и может поднимать грузы на высоту 36м.

При работах на производстве очень часто используют электрические тали двух видов: мобильные и неподвижные. Неподвижные подъемники предназначены для выполнения различных ремонтных и монтажных работ. Они прикрепляются к металлическим балкам или кронштейнам над рабочим местом с помощью специальных крепежных элементов. В этом случае грузы передвигают по вертикальному направлению.

Электротали (Рис.1.) представляют собой весьма компактные грузоподъемные механизмы, применяющиеся в качестве подъемных механизмов однобалочных мостовых кранов и как самостоятельный стационарный подъемный механизм. Они являются целесообразным и экономичным видом грузоподъемных машин для внутризаводской транспортной системы. Компактность электротали достигается установкой электродвигателя внутри канатного барабана и соосного редуктора.

По расположению относительно направления ездовой балки тали бывают продольного и поперечного исполнений.

Конструкция электроталей унифицирована, состоит из отдельных узлов-блоков, что облегчает их изготовление и повышает качество.

В зависимости от назначения электротали могут быть оборудованы различными грузозахватными устройствами[1].

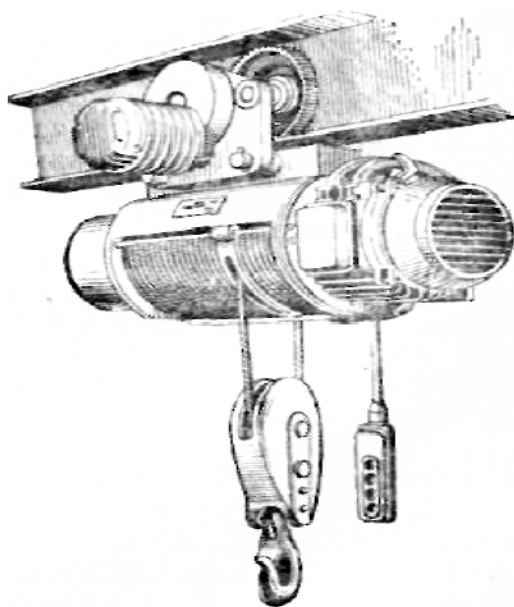


Рис. 1. Общий вид электрической тали

В состав мобильной конструкции электротельфера включены: двигатели предназначенные для движения тележки и поднятия грузов; тележка; редуктор; подъемный крюк; механизм подъема, включающий систему канатов, снижающих нагрузку на подъемные агрегаты; барабан.

Схема устройства подъема груза электрических талей представлена на рис.2. Электрический двигатель 9 встроен в рифленый барабан 6, в который ток подается щетками через кольцевой токосъемник 7. Двухступенчатый редуктор 13, имеет две пары цилиндрических зубчатых колес 5 и приводится в движение электродвигателем с помощью шлицевой муфты 10. Через полую шестерню 11, соединяющую ведомую шестерню с барабаном, проходит вал. Полость редуктора отделена от барабанного двигателя резиновым уплотнением 12. Шестерни смазываются масляной струей, когда шестерня, соединенная с высокоскоростной передачей, погружается в масляную ванну.

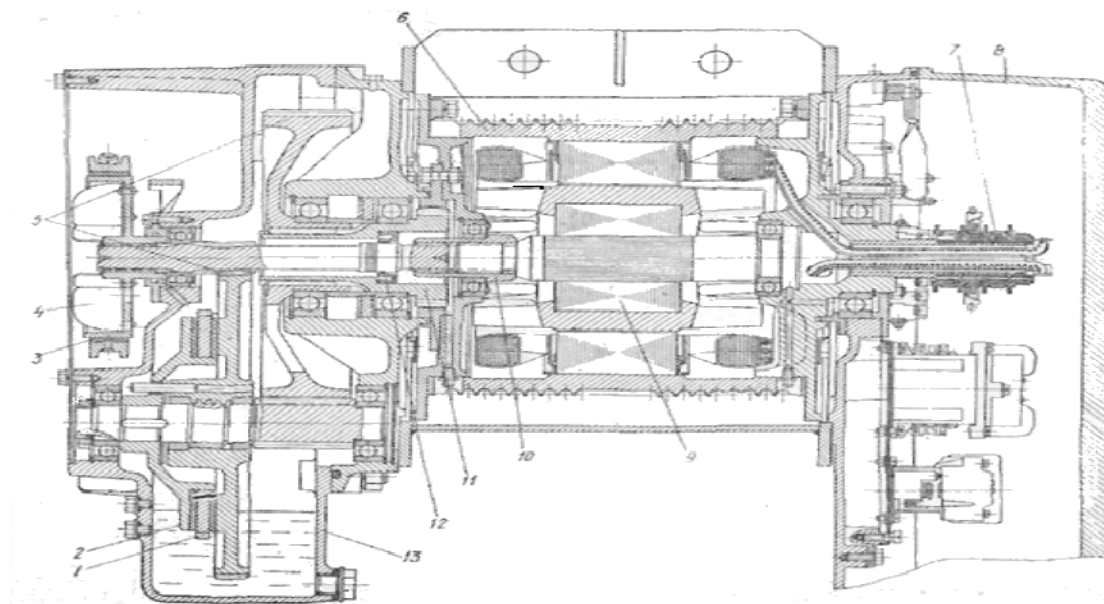


Рис. 2. Устройство подъема груза:

- 1 – храповый механизм; 2 – диск тормозной; 3 – тормоз колодочный; 4 – вентилятор центробежный;
 5 – колёса цилиндрические и зубчатые; 6 – барабан рифленый; 7 – токосъёмник кольцевой;
 8 – короб с электрооборудованием; 9 – электрический двигатель; 10 – муфта шлицевая; 11 – муфта зубчатая;
 12 – уплотнитель резиновый; 13 – редуктор двухступенчатый

Два тормоза призваны обезопасить работы. Замкнутый колодочный тормоз 3 с электромагнитом представляет собой стояночный тормоз, настроенный на тормозной момент с требуемым диапазоном торможения. Центробежный вентилятор 4 обдувает редуктор воздушным потоком.

Второй тормоз подъемного механизма представляет собой грузоупорный тормоз, служащий для уменьшения нагрузки, с тормозными дисками 2 и храповым механизмом 1, установленными на промежуточных валах редуктора[3].

Торцевая сторона барабана представляет собой короб 8 с электрооборудованием, являющийся собой противовесом для редуктора.

Из приводных и не приводных шарнирных тележек, соединенных поперечной балкой, к которой прикреплен ее корпус, состоит ходовая часть электрической тали.

Схема приводной тележки электрических талей показана на рис. 3. Тележка состоит из двух ведущих колес 3, которые получают вращение от электродвигателя 1 через цилиндрические шестерни двух вертикальных редукторов 4. Один из редукторов приводится в движение от трансмиссионного вала 2.

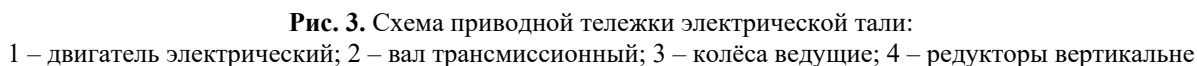


Схема установки зубчатого барабана показана на рис. 4,а. Вал редуктора, который называется выходным изготавливается в фасонной форме. На внешней поверхности нарезаны зубья, а внутри находится паз, в котором расположен подшипник, организующий статически определяемую систему привода и компенсацию перекося при установке.



На барабан зубчатая муфта передает крутящий момент. На рис.4,б, представлены канавочные профили. При многослойной намотке, для расположения троса на барабане, используют тросукладчик (рис.4,в). Винт с противоположными резьбами, который перемещает каретку по направляющей, приводится в действие от цепного привода. Ход тележки за один оборот равняется диаметру троса.

В основном, барабан представляет собой цилиндр. Бывают случаи, когда возникает потребность уменьшить или наоборот увеличить натяжение намотанного троса, тогда используются барабаны в форме конуса (рис.4,г). Также возможно применение других форм, обеспечивающих стабильность приводного момента.

Еще одной неотъемлемой частью подъемных машин являются тормоза, которые предназначены для ограничения скорости и поддержания на весу груза.

Тормоза с осевой блокировкой получили распространение в электрических подъемниках. К данному типу тормозов относят дисковые, конические, грузоустойчивые (рис.5.). Для дисковых тормозов (рис.5,а) тормозной момент создается с помощью силы прижатия неподвижных дисков 5 к вращающимся 6. Пружина 1 с помощью регулировочного винта 2 запускает тормоз и размыкает его - с помощью трех электромагнитов 3. В корпусе 4 установленный тормоз может работать без смазки в масляной ванне [2].

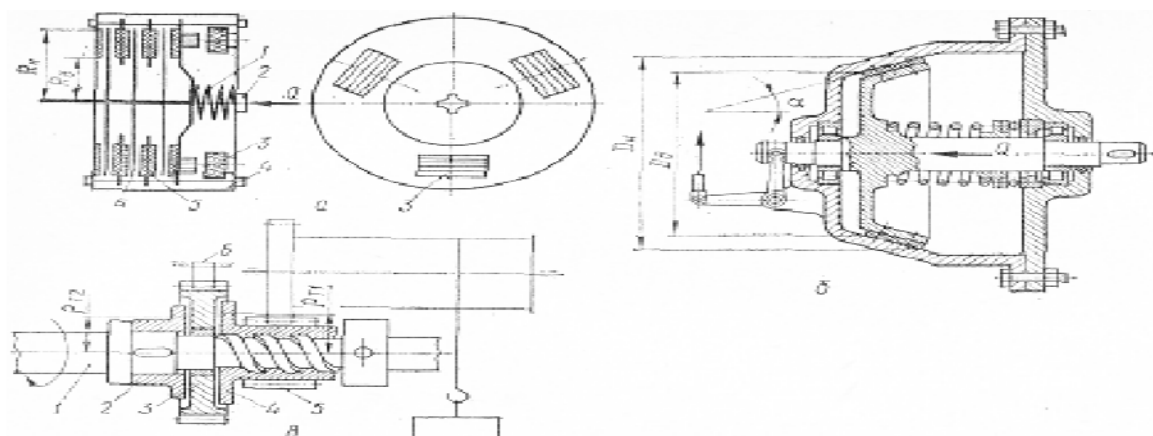


Рис. 5. Тормозное устройство:

а – тормоз дисковый: 1 – пружина, 2 – винт регулировочный, 3 – электромагниты, 4 – корпус, 5 – неподвижные диски, 6 – вращающиеся диски; б – тормоз конический; в – тормоз грузоустойчивый: 1 – вал, 2,4 – диски, 3 – колесо храповое, 5 – колесо зубчатое, 6 – защелка

Грузоустойчивый тормоз (рис.5,в) представляет собой два диска: первый 2 крепится шпонкой к валу 1, а другой диск 4, сделанный вместе с шестерней 5, навинчивается на резьбу. На валу между дисками неплотно закреплено храповое колесо 3. Когда вал 1 вращается вверх, зубчатое колесо 5, соединенное шестерней с барабаном, навинчивается на резьбу и прижимается храповым колесом. Груз удерживается на весу защелкой 6. Диск 4 навинчивается и перемещается вправо от храпового колеса до того, как давление не опустится к такому уровню, что трение между диском и храповым механизмом будет не меньше момента нагрузки и груз начинает ускоряться вниз. По причине свободного падения груза угловая скорость тормозного вала становится больше до момента, пока не станет больше скорости вращения зубчатого колеса 5. После этого она навинчивается на резьбу, зажимает храповик и увеличивает трение.

Подъемные крюки являются самым массовым, но также несовершенным подъемным устройством, потому что краны не могут работать самостоятельно, а их постоянное обслуживание требует постоянного присутствия рабочих. Крюки бывают по конструкции двух видов: однорогие (рис.6,а) и двурогие (рис.6,г)[4].

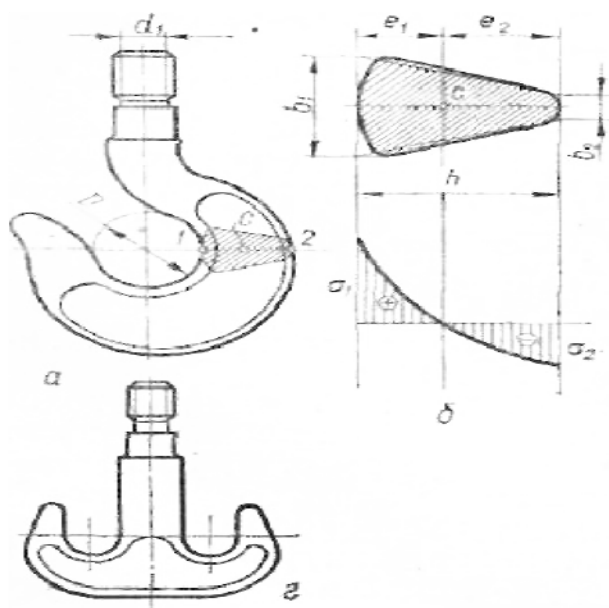


Рис. 6. Грузовые крюки

Трапеция с круглыми краями (рис.6,б) является самой экономичной рабочей частью крюка.

Электрические тали делают высокую интенсивность работы, высокую скорость подъема и, следовательно, высокую производительность труда. Электрические тали используются там, где требуются высокие рабочие скорости: в крупных сооружениях, на крупных промышленных предприятиях и т.д.

Электроталь относительно универсальна и может применяться не только в качестве независимого подъемного механизма, но и в составе более сложных подъемных устройств: строительных кранов, кран-балок и т.д. В этих устройствах электрическая таль также выступает как грузоподъемный элемент, однако диапазон её применения значительно расширяется. Канатные электрические тали могут использоваться для составления полиспастов.

Библиографический список

1. Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. Исследование многоступенчатого вибрационного механизма с направленными колебаниями каждой ступени // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 3. С. 88-93.
2. Бауман Л.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 160 с.
3. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Т. 327. № 3 С. 032009.
4. Чепчуров М.С., Четвериков Б.С., Масловская А.Н., Любимый Н.С. Реализация автоматизированного обозначения шероховатостей поверхностей объектов электронной модели изделия. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2020. № 8 (281). С. 3-9. DOI: 10.14489/hb.2020.08.pp.003-009
5. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум: учеб. пособие. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.
6. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С. Грузоподъемные машины и оборудование: Лабораторный практикум: учеб. пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. -99с.

References

1. Gerasimov M.D., Vorobiev N.D., Gerasimov D.M., Stepanishchev V.A. Investigation of a multistage vibration mechanism with directional vibrations of each stage. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhov. 2017. No. 3. S. 88-93.
2. Bauman L.A., Klushantsev B.V., Martynov V.D. Mechanical equipment for enterprises of building materials, products and structures. Moscow: Mashinostroenie, 1981. 160 p.
3. Methods to improve efficiency of production technology of the innovative composite cementing materials. / Romanovich A.A., Glagolev S.N., Babaevskiy A.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. T. 327. No. 3 C. 032009.
4. Chepchurov M.S., Chetverikov B.S., Maslovskaya A.N., Lyubimyi N.S. Implementation of the automated designation of the surface roughness of the objects of the electronic model of the product. Directory. Engineering journal with annex. 2020. No. 8 (281). S. 3-9. DOI: 10.14489 / hb.2020.08.pp.003-009
5. Lubimyi N.S., Orekhova T.N., Chetverikov B.S., Starchik Yu.Yu. Hoisting machines and equipment: workshop: textbook. allowance. - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2019.-98p.
6. Lubimyi N.S., Orekhova T.N., Chetverikov B.S. Hoisting machines and equipment: Laboratory workshop: textbook. allowance - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2018.-99p.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р техн. наук, проф. Ю.Ф. Устинов;
Канд. техн. наук, доц. Ю.И. Калинин;
Старший преподаватель А.В. Ульянов;
Магистрант А.А. Мишенин;
Магистрант А.С. Сигов;
Россия, Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
E-mail: ustinov@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University
Dr. Sci. Tech., Prof. Yu.F. Ustinov;
Cand. of Tech. Science Yu.I. Kalinin;
Senior Lecturer A.V. Ulyanov;
Graduate student A.A. Mishenin;
Graduate student A.S. Sigov;
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
E-mail: ustinov@vgasu.vrn.ru*

Ю.Ф. Устинов, Ю.И. Калинин, А.В. Ульянов, А.А. Мишенин, А.С. Сигов

УЛУЧШЕНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Представлены конструкторские разработки виброизоляторов для снижения вибрации транспортно-технологических машин.

Ключевые слова: виброзащита, виброизоляторы, изменяемая жесткость.

Yu.F. Ustinov, Yu.I. Kalinin, A.V. Ulyanov, A.A. Mishenin, A.S. Sigov

IMPROVEMENT OF VIBROACOUSTIC PARAMETERS TRANSPORTATION AND TECHNOLOGY MACHINES

The design of vibration isolators for reducing the vibration of transport-technological machines is presented.

Key words: vibration protection, vibration isolators, variable stiffness.

Для машин и механизмов, работающих на разных режимах, разработаны различные типы виброизоляторов с принудительно изменяемой жесткостью: с дискретно изменяемой жесткостью; с плавно изменяемой жесткостью и косопопавленными эластомерами; с плавно изменяемой жесткостью с эластомерами, работающими на сжатие-коаксиальное кручение [1].

Недостатком известных способов виброзащиты является то, что при изменении режима работы машины, состоящего в изменении линейных или угловых скоростей ее подвижных звеньев, изменении действующих сил и моментов сил, изменении мощностей силовых установок или рабочих органов, изменяются вибрационные характеристики в опорных связях защищаемого объекта, однако жесткость упругих элементов виброизоляторов остается неизменной.

Виброизолятор (рис.1) с принудительно плавно изменяемой жесткостью [2] состоит из двух косо размещённых призматических упругих элементов 4 и 5, привулканизированных к верхним 2 и 3 и нижним 6 и 7 металлическим пластинам и наклоненных под углами φ к раме 8 машины. Защищаемый объект 1, являющийся вибрирующим агрегатом при силовом возбуждении или кабиной машины при кинематическом возбуждении, соединен шарнирами В и С с верхними металлическими пластинами 2 и 3 виброизолятора.

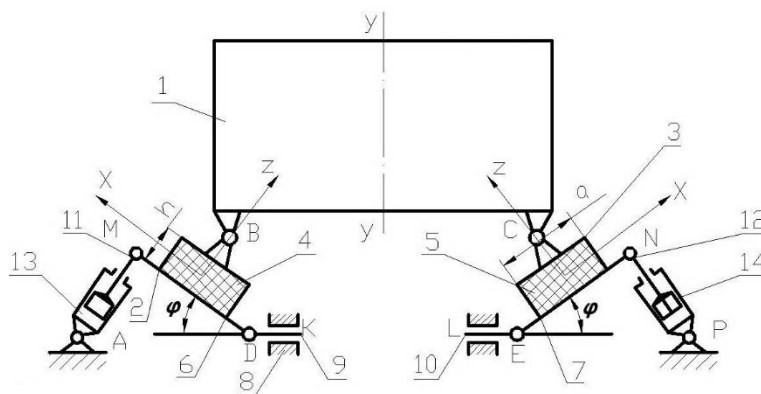


Рис. 1. Виброизолятор с косо поставленными эластомерами

Нижние металлические пластины 6 и 7 с одной стороны в шарнирах D и E соединены с ползунами 9 и 10, входящими в поступательные пары K и L с рамой 8 и в поступательную пару 0 между собой. С другой стороны, нижние металлические пластины 6 и 7 в шарнирах M и N соединены со штоками 11 и 12 гидроцилиндров 13 и 14, соединенных в шарнирах A и P с рамой машины.

Описанные элементы крепления защищаемого объекта 1 на раме 8 машины расположены по разные стороны от оси Y – Y защищаемого объекта 1 симметрично.

В соответствии с изменением режима работы машины принудительно плавно изменяют жесткость виброизолятора путем изменения углов φ наклона косо размещенных упругих элементов 4 и 5 в интервале значений от 0^0 до 90^0 путем одновременного согласованного перемещения штоков 11 и 12 гидроцилиндров 13 и 14.

При этом поворачиваются по отношению к защищаемому объекту 1 верхние 2 и 3 и нижние 6 и 7 металлические пластины и привулканизированные к ним упругие призматические элементы 4 и 5, ползуны 9 и 10 поступательно движутся относительно рамы машины 8, а ось симметрии Y – Y защищаемого объекта 1 по отношению к раме 8 машины своего положения не меняет.

Жесткость принятого виброизолятора определяется выражением [3]

$$C = 10^3 \text{ Ж} \cdot G \cdot S / h, \quad (1)$$

где Ж – безразмерная жесткость упругого элемента (резины), зависящая от его формы;

G – модуль сдвига резины, МПа;

S – площадь поперечного сечения упругого элемента, м^2 ;

h – высота упругого элемента, м (рис. 1).

Для наклонного упругого элемента при сжимающей нагрузке со стороны колеблющегося защищаемого объекта 1 безразмерная жесткость определяется формулой [3]

$$2/\text{Ж} = \sin^2 \varphi / \text{Ж}_X + \cos^2 \varphi / \text{Ж}_Z, \quad (2)$$

где Ж_X и Ж_Z – соответственно безразмерная жесткость призматического упругого элемента в направлении осей X и Z.

В направлении оси X упругий элемент работает на сдвиг, а в направлении оси Z – на сжатие.

Если упругий элемент расположен под углом $\varphi = 90^0$ к раме машины, то он работает только на сдвиг; при этом $\text{Ж}_X = 1$. При расположении упругого элемента под углом $\varphi = 0^0$ к раме машины он работает только на сжатие; при этом значение Ж_Z может быть найдено по формуле [3]

$$\text{Ж}_Z = 3 \cdot (0,92 + 0,5 \cdot \alpha^2), \quad (3)$$

где $\alpha = a/h$, a – длина призматического упругого элемента (рис.1), если $0,4 \leq \alpha \leq 6$.

Для призматического упругого элемента с размерами: $a = 100$ мм и $h = 68$ мм, $\alpha = a/h = 100/68 = 1,47$ и по формуле (3) $J_z = 6$.

Пусть площадь поперечного сечения упругого элемента $S = a^2 = 0,01\text{м}^2$, его резина – марки 278-4, модуль сдвига которой $G = 6$ МПа [1, 3].

Используя формулы (2) и (1) при значениях $\varphi = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$, получаем значения безразмерной жесткости J и расчетной жесткости C виброизолятора с одним упругим элементом. Результаты расчетов приведены в табл.1.

Таблица 1

Значения безразмерной и расчетной жесткости виброизолятора с одним призматическим упругим элементом из резины марки 278-4

Угол наклона упругого элемента φ°	Безразмерная жесткость J	Расчетная жесткость $C, 10^3$ кН/м
0	6,000	5,29
30	2,670	2,35
60	1,263	1,11
90	1,000	0,88

По данным табл. 1 построена диаграмма зависимости расчетной жесткости виброизолятора от угла наклона φ его упругого элемента (рис. 2).

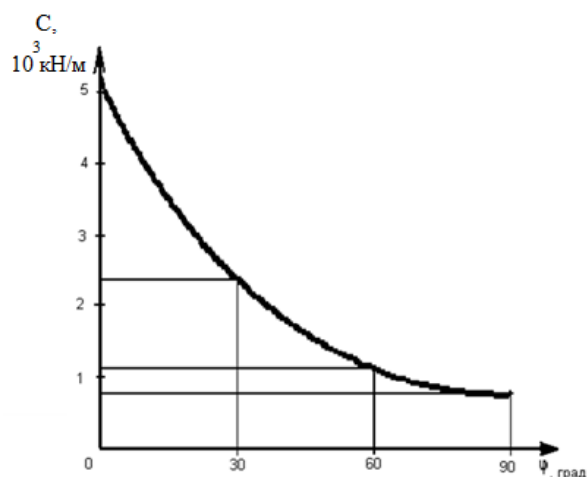


Рис. 2. Диаграмма зависимости расчетной жесткости виброизолятора C от угла наклона φ его упругого элемента

На диаграмме видно, что при изменении угла наклона виброизолятора от 0° до 90° жесткость его изменяется в 6 раз (от $0,88 \cdot 10^3$ до $5,29 \cdot 10^3$ кН/м). При этом расчетная жесткость изменяется плавно и в широком диапазоне.

Например, устанавливаемый режим работы виброкатков типа ДУ-98 и ДУ-99 зависит от вида уплотняемой среды. При уплотнении грунта задаваемая частота колебаний вибровальца $f = 40$ Гц, а при уплотнении асфальтобетона $f = 50$ Гц. На транспортном режиме источником вибрации является двигатель. При номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя этих виброкатков частота колебаний $f = 80$ Гц.

При транспортно-технологической вибрации виброскорость на рабочем месте оператора (пола кабины) при средних геометрических частотах колебаний в октавных полосах $f \geq 16$

Гц не должна превышать установленной нормы $v = 0,56 \cdot 10^{-2}$ (м/с). На транспортном режиме виброскорость – не более $v = 1,10 \cdot 10^{-2}$ (м/с).

Таким образом, при изменении режима работы машины, когда изменяются частота и амплитуда колебаний рамы машины, появляется необходимость изменения жесткости в опорных связях защищаемого объекта с целью снижения вибрационных характеристик до нормативных значений.

При кинематическом возбуждении массы m (кабина) со стороны основания P (рама машины, на которой установлены источники вибрации) при слабом демпфировании колебаний ($b \approx 0$) и $c/m < \omega$ имеем абсолютное перемещение защищаемого объекта (массы m) как сумму перемещения основания S и относительного перемещения y в соответствии с рис.1 [4]

$$z = A_s \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega^2 - c/m} \right) \sin \omega t, \quad (4)$$

где A_s – максимальное значение амплитуды перемещения (P), м;

ω – угловая частота основания, c^{-1} ;

c – приведенный коэффициент жесткости упругого элемента, далее просто жесткость, кН/м.

Известно, что угловая частота ω может быть выражена через частоту колебаний f в герцах, т.е.

$$\omega = 2\pi f, \quad (5)$$

Дифференцируя выражение (4), получим виброскорость

$$\dot{z} = A_s \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega^2 - c/m} \right) \omega \cos \omega t, \quad (6)$$

Наибольшее значение виброскорости будет при $\cos \omega t = 1$, тогда

$$\dot{z}_{\max} = A_s \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega^2 - c/m} \right) \omega, \quad (7)$$

Из полученного выражения определяем жесткость c с учетом (2)

$$c = \frac{\dot{z}_{\max} m (2\pi f)^2}{\dot{z}_{\max} - A_s (2\pi f)^2}, \quad (8)$$

Нормативное значение виброскорости на частотах более 16 Гц в октавных полосах не должно превышать $0,0001$ м/с [4].

Принимаем для примера $A_s = 0,001$, а массу кабины виброкатка ДУ-98 с учетом массы оператора $m = 375$ кг.

Определяем требуемую суммарную жесткость виброизоляторов кабины при различных частотах колебаний рамы, данные заносим в таблицу 2.

Таблица 2

Суммарная жёсткость виброизоляторов

Частота колебаний рамы, Гц	20	40	50	60	80
Суммарная жёсткость виброизоляторов, 10^3 кН/м	10,7	22,6	27,7	32,8	42,8

Как видно из табл. 2, суммарная жёсткость виброизоляторов кабины при увеличении частоты колебаний рамы существенно возрастает. Таким образом, при изменении режима работы машины, когда имеет место и изменение частоты колебаний рамы, необходимо изменять жёсткость виброизоляторов в опорных связях кабины. Это и позволяет сделать рассматриваемый виброизолятор (рис.1).

Вывод

Предлагаемые конструктивные решения отличаются сложностью, но являются более эффективными в отличие от традиционных, что подтверждено результатами лабораторных и натурных испытаний различных транспортно-технологических машин на полигоне кафедры ВГТУ строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова.

Библиографический список

1. Устинов Ю.Ф. Механические колебания и виброакустическая защита транспортно-технологических строительных машин: учеб. пособие / Ю.Ф. Устинов. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2015. - 239 с.
2. Пат. 2557323 Российская Федерация, МПК 7 G01N 3/32. Способ определения динамических характеристик эластомеров / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Гольцов Д.Н., Чернышев Д.И., Колтаков А.А., Кравченко А.А., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т.- №2013135619/28, заявл. 29.07.13, опубл. 20.07.15, Бюл. №20. - 7 с.: ил.
3. Ляпунов В.Т. Резиновые виброизоляторы: справочник / В.Т. Ляпунов, Э.Э. Лавендэл, С.А. Шляпочников, – Л.: Судостроение, 1988, - 216 с.
4. Левитский Н.И. Колебания в механизмах: Учеб. пособие для втузов / Н.И. Левитский. - М.: Наука, гл. ред. физ.- мат. лит., 1988. – 336 с.

References

1. Y.F. Ustinov Mechanical vibrations and vibroacoustic protection of transport and technological machines and construction: proc. a manual / Y.F. Ustinov. – Voronezh: Voronezh ski GASU, 2015. - 239 p.
2. Pat. 2557323 Russian Federation, IPC 7 G01N 3/32. Method for determining dynamic-ical characteristics of elastomers / Ustinov Yu.F., Murav'ev V.A., Goltsov D.N., Chernyshev D.I., Kolmakov A.A., Kravchenko A.A., applicant and patentee Voronezh. the state architect. - builds. Univ. - No. 2013135619/28, Appl. 29.07.13, publ. 20.07.15, bull. No. 20. - 7 p.: ill.
3. Lyapunov V.T. Rubber vibration isolators: a Handbook / T.V. Lyapunov, E.E. Lanvin-del, S.A. shlyapochnikov, – L.: Shipbuilding, 1988, - 216 C.
4. Levitsky N.I. Oscillations in mechanisms: Textbook. manual for technical colleges / N.I. Levitsky. - M.: Science, Ch. ed. physical - mat. lit., 1988 . - 336 p.

Воронежский государственный технический университет

Студенты дорожно-транспортного факультета К.С. Щетилов, Н.С. Жидких, Ж.В. Тюнина, И.Н. Волков, И.О. Каплин, Д.А. Краснолуцкий;

Студент строительного факультета С.Н. Волков;

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

Voronezh State

Technical University

Students of the road and transport faculty

K.S. Shchetilov, N.S. Zhidkikh, Zh. V. Tyunina, I. N. Volkov, I. O. Kaplin,

D. A. Krasnolutsky

Student of the faculty of construction

S. N. Volkov;

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

К.С. Щетилов, Н.С. Жидких, Ж.В. Тюнина,
И.Н. Волков, И.О. Каплин, Д.А. Краснолуцкий, С.Н. Волков

ОЦЕНКА ШИРИНЫ КОНТАКТА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ГРУНТОМ

В статье представлены выражения для определения ширины контакта пневматической шины транспортно-технологической машины с грунтом. Для ряда шин были получены зависимости ширины контакта в любой точке, при изменении давления в шине, вертикальной нагрузки и конструкции.

Ключевые слова: пневматическая шина, ширина контакта, грунт.

K.S. Shchetilov, N.S. Zhidkikh, Zh.V. Tyunina,
I.N. Volkov, I.O. Kaplin, D.A. Krasnolutsky, S.N. Volkov

EVALUATION OF THE CONTACT WIDTH OF THE PNEUMATIC TIRE TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES WITH SOIL

The article presents expressions for determining the contact width of a pneumatic tire of a transport and technological machine with the ground. For a number of tires, the dependences of the contact width at any point, with changes in tire pressure, vertical load, and structure were obtained.

Key words: pneumatic tire, contact width, ground.

При работе колеса в ведущем режиме сила тяги T_μ будет представлять собой равнодействующую элементарных сил трения, возникающих вследствие проскальзывания элементов протектора пневматической шины относительно опорной поверхности, и элементарных нормальных сил, действующих в области контакта протектора шины с грунтом, в проекции на горизонтальную ось. При очень малых значениях T_μ , когда $\theta_0 \leq 1$, эпюра скоростей проскальзывания изменяет свой знак, что обусловлено кинематикой качения колеса по дуге окружности. При больших значениях силы тяги, когда $\theta_0 > 1$, скорость проскальзывания элементов протектора шины с координатами $-y$, $\pm x$ будет иметь только один знак – положительный. И наконец, когда $\theta_0 \gg 1$, все элементы протектора шины в области контакта проскальзывают только в одном направлении – с буксованием [1].

Решение задачи об определении сил трения в области контакта пневматической шины при качении колеса по деформирующейся опорной поверхности [2, 3, 4] заключается в

определении зависимости равнодействующей элементарных сил трения и нормальных элементарных сил, спроектированной на горизонтальную ось x , от коэффициента проскальзывания центральной опорной точки шины θ_0 и радиуса поворота колеса R_0 , т.е. $T_\mu = T_\mu(\theta_0, R_0)$.

Элементарная сила трения dF , возникающая на площадке контакта протектора пневматической шины длиной ds и шириной dy , вследствие его проскальзывания относительно опорной поверхности, в зоне буксования

$$dF = \mu_c \sigma ds dy, \quad (1)$$

в зоне юза

$$-dF = \mu_c \sigma ds dy, \quad (2)$$

где μ_c – коэффициент трения скольжения резины протектора,
 σ – нормальное контактное напряжение.

Нормальная элементарная сила, действующая на участке контакта протектора пневматической шины вследствие вертикальной нагрузки в зонах загрузки и разгрузки

$$dN = \sigma dy ds. \quad (3)$$

Элементарные силы трения dF в области контакта при θ_0 менее единицы имеют различное направление, противоположное скорости проскальзывания.

Транспортно-технологические машины (ТТМ), такие как, колёсные землеройно-транспортные машины разрабатывают грунт за счёт силы тяги, создаваемой колёсным двигателем (КД). Преобразование крутящего момента на КД в силу тяги ТТМ осуществляется в процессе взаимодействия крупногабаритных пневматических шин (КГШ) с грунтом.

При аналитическом определении основных характеристик работы двигателя ТТМ таких как сила тяги и сопротивление качению необходимо пользоваться параметрами контакта КД с опорной поверхностью.

В работе Н.А. Ульянова [1] показано, что под влиянием вертикальной нагрузки, приложенной к оси колеса, шина испытывает радиальную (нормальную) и боковую деформацию. Последняя приводит к увеличению ширины профиля шины, что необходимо учитывать при определении тягово-сцепных свойств и сопротивления качению КД. Представлена расчётная схема и формулы для нахождения ширины колеи при движении по грунту. Отмечается, что основной деформацией шины является радиальная (нормальная), величина которой исследована более глубоко. При рассмотрении взаимодействия качения КД по грунту вводится коэффициент увеличения ширины колеи за счёт боковой деформации шины V , который зависит только от давления воздуха в пневматической шине.

В работе Я.С. Агейкина [2] подробно рассмотрены вопросы определения параметров профиля шины на мягком грунте, приводятся выражения для определения ширины колеи с учётом деформации боковин пневматической шины.

Из анализа работ [1, 2] следует, что вопросы исследования ширины профиля КГШ на грунте являются актуальными, т.к. при эксплуатации ТТМ в основном движутся по грунтам различной прочности. В связи с этим была разработана следующая методика определения ширины профиля КГШ ТТМ при движении по грунту.

При деформации шина практически не растягивается [1, 3], поэтому периметр поперечного профиля как ненагруженной, так и нагруженной шины будет одинаковым. Следовательно, при деформации шины изменится только радиус кривизны боковых стенок, а их длина останется прежней.

Периметр профиля шины, определяется из геометрических параметров недеформированной КГШ (рис. 1)

$$U = 2l_{B0} + V_{\text{ПР}}, \quad (4)$$

где l_{B0} – длина дуги протектора;
 $V_{\text{ПР}}$ – ширина протектора шины.

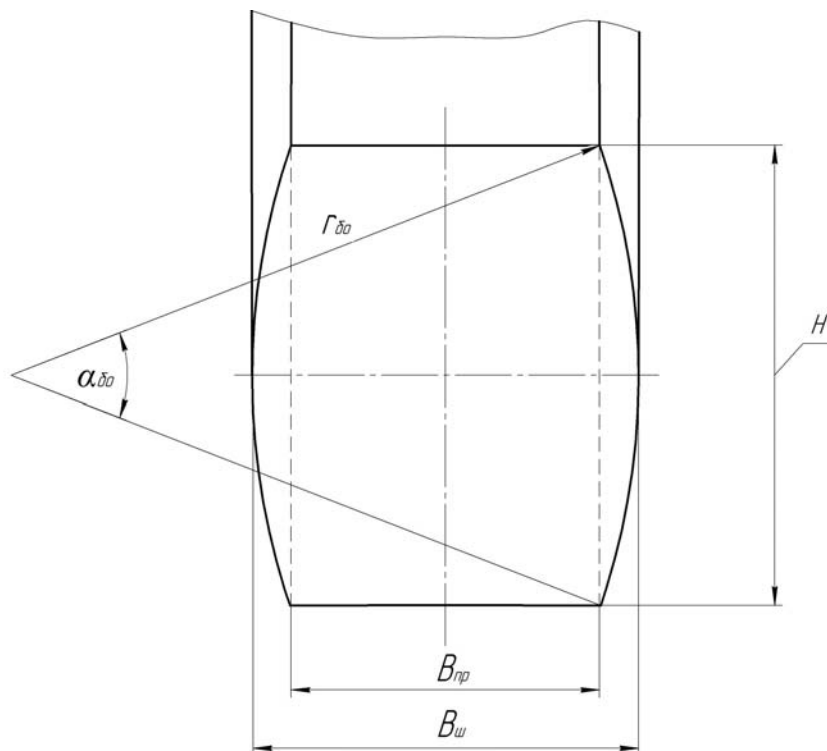


Рис. 1. Схема к расчёту параметров недеформированной КГШ

Параметры боковин недеформированной крупногабаритной шины:

- длина дуги боковины

$$l_{б0} = r_{б0} \alpha_{б0}, \quad (5)$$

- радиус боковой стенки

$$r_{б0} = \frac{H^2}{4(B_{ш} - B_{пр})}, \quad (6)$$

- угол дуги боковой стенки

$$\alpha_{б0} = 2 \arcsin \left(\frac{H}{2r_{б0}} \right), \quad (7)$$

где H – высота профиля шины;

$B_{ш}$ – ширина профиля шины в свободном состоянии.

Для определения ширины колеи с учётом деформации боковых стенок рассмотрим схему деформации профиля КГШ на грунте (рис. 2), при следующих допущениях, которые используются так же в работах [1, 2]: ширина протектора шины ВПР равна ширине посадочной части обода колеса и предполагается, что протектор лишен кривизны. Данные допущения, как показывает анализ геометрических параметров КГШ, обоснованы.

Параметры боковин деформированной КГШ

- радиус боковой стенки

$$r_{б} = \frac{U - B_{пр}}{2\alpha_{б}}, \quad (8)$$

- угол дуги боковой стенки

$$\alpha_{б} = 2 \sqrt{6 \left[1 - \frac{2(H - \lambda)}{U - B_{пр}} \right]}, \quad (9)$$

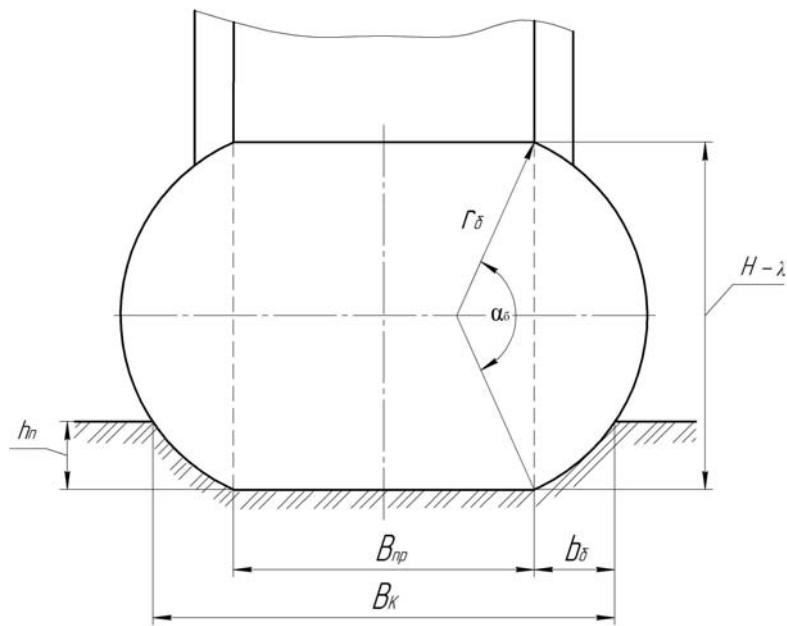


Рис. 2. Схема к расчёту параметров деформированной КГШ под центром колеса

Зная геометрические параметры и полную деформацию грунта h_{π} можно определить величину ширины боковины в зоне контакта b_{δ} под центром колеса

$$b_{\delta} = r_{\delta} \left[1 - \cos\left(\frac{\alpha_{\delta}}{2}\right) - \frac{1}{2} \left(\sin\left(\frac{\alpha_{\delta}}{2}\right) - \frac{h_{\pi}}{r_{\delta}} \right)^2 \right], \quad (10)$$

Исходя из схемы (рис. 2) ширина колеи $B_{к0}$ под центром колеса равна

$$B_{к0} = B_{\pi\pi} + 2b_{\delta}. \quad (11)$$

По формулам (5)...(8) были получены зависимости ширины колеи под центром колеса от прочности грунта (статического модуля полной деформации грунта E_1) и давления воздуха в шине 18.00-25 мод. Ф-27 (рис. 3) [4].

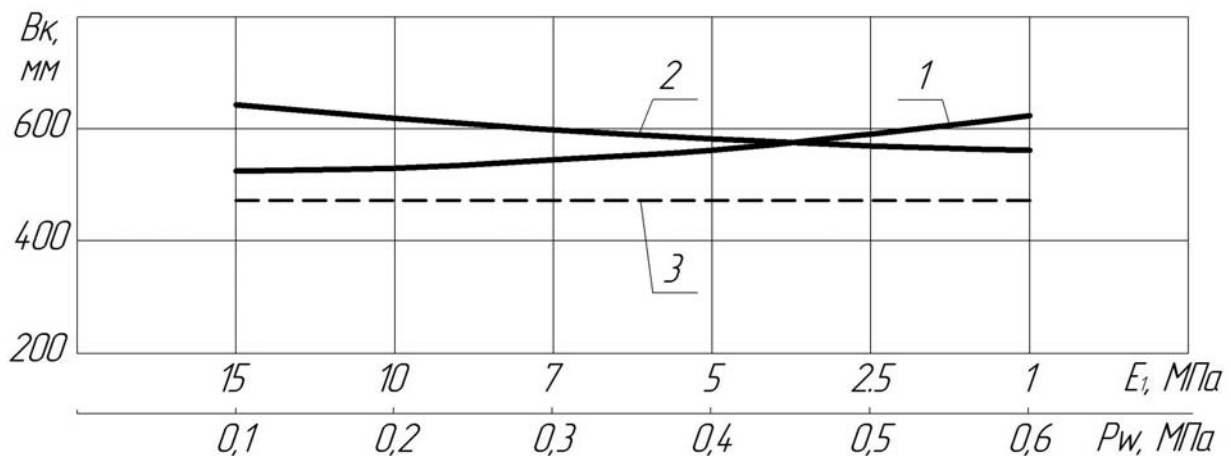


Рис. 3. Зависимость ширины колеи под центром колеса:

1 — от прочности грунта при $P_w = 0.5$ МПа, 2 — от внутреннего давления в шине при $E_1 = 5$ МПа;
3 — ширина протектора шины

Анализ полученных зависимостей показал, что с уменьшением прочности грунта E_1 от 15 до 1 МПа ширина колеи под центром колеса увеличивается на 15,8 %. При движении на плотном грунте ($E_1 = 15$ МПа) разница между шириной колеи B_{K0} и шириной беговой дорожки протектора шины $B_{ПР}$ составляет 8,5 %, а на мягком грунте ($E_1 = 2,5$ МПа) - 22 %. При увеличении внутреннего давления в шине от 0,1 до 0,6 МПа (при движении по рыхлому грунту $E_1 = 5$ МПа) ширина колеи под центром колеса уменьшается на 14 %. При минимальном давлении в шине разница между B_{K0} и $B_{ПР}$ составляет 28,2 %, а при максимальном 16,5 %.

Для определения полной деформации грунта $h_{П}$ и деформации грунта в любой точке контакта $z_{Г}$ необходимо рассмотреть схему взаимодействия крупногабаритной шины с грунтом в продольной плоскости. За основу была взята модель, описанная в работах [1, 5, 6].

При построении данной модели были приняты следующие допущения: колесо движется с постоянной линейной $V_{КД}$ и угловой ω_K скоростью по прямолинейной траектории; пневматическая шина деформируется в радиальном направлении, причем только те ее элементы, которые находятся в пределах области контакта nm (рис. 4); колесо с пневматической шиной представлено: вне области контакта - в виде цилиндра шириной $B_{П}$ с радиусом r_0 , в области контакта - сопряженными цилиндрами с радиусами R_1 и R_2 ($R_2 > R_1$), центры которых располагаются на вертикальной оси, проходящей через центр вращения колеса.

Полную деформацию грунта $h_{П}$ можно определить по формуле [5, 6]

$$h_{П} = \frac{a_1^2}{2r_0} \left(\frac{K_1}{C_1 + K_1} \right), \quad (12)$$

где a_1 – длина зоны загрузки области контакта;

r_0 – радиус недеформированной шины;

K_1 – коэффициент деформации пневматической шины при сжатии;

C_1 – коэффициент полной деформации грунта.

Величина деформации грунта в любой точке контакта $z_{Г}(x)$ определяется из выражения [5, 6]

$$z_{Г}(x) = h_{П} - \frac{x^2}{2R_i}, \quad (13)$$

где x – текущее значение координаты точки ξ ;

R_i – текущее значение радиуса в области контакта (в зоне загрузки $R_i = R_1$, в зоне разгрузки $R_i = R_2$).

Подставив в формулы для нахождения параметров профиля шины под центром колеса (5) – (8) параметры в любой точке контакта получим выражения для определения данных величин в зависимости от значения переменной x в области контакта [7].

Угол дуги боковой стенки

$$\alpha_{Б\xi}(x) = 2 \sqrt{6 \left[1 - \frac{2H_{\xi}(x)}{U - B_{ПР}} \right]}, \quad (14)$$

где $H_{\xi}(x)$ – высота профиля шины в точке ξ (рис. 4).

Радиус боковой стенки

$$r_{Б\xi}(x) = \frac{U - B_{ПР}}{2\alpha_{Б\xi}(x)}, \quad (15)$$

Ширина боковины в зоне контакта

$$b_{Б\xi}(x) = r_{Б\xi}(x) \left[1 - \cos \left(\frac{\alpha_{Б\xi}(x)}{2} \right) - \frac{1}{2} \left(\sin \left(\frac{\alpha_{Б\xi}(x)}{2} \right) - \frac{z_{Г}(x)}{r_{Б\xi}(x)} \right)^2 \right], \quad (16)$$

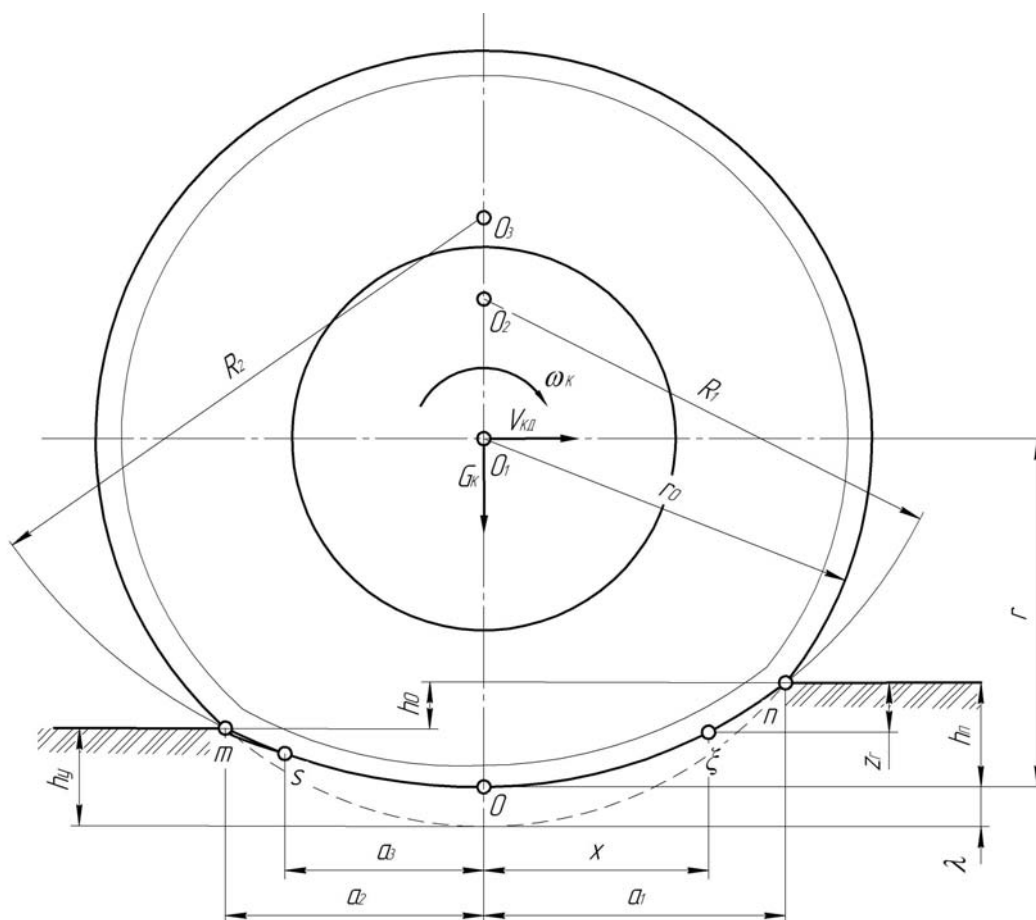


Рис. 4. Схема взаимодействия колёсного движителя с деформирующейся опорной поверхностью

Ширина колеи в любой точке контакта

$$B_{к\zeta}(x) = B_{пр} + 2b_{б\zeta}(x). \quad (17)$$

Методика определения ширины колеи в любой точке контакта реализована в программе для ЭВМ [8].

Вывод. Параметры области контакта крупногабаритной шины с грунтом оказывают значимое влияние на основные характеристики работы КД СКЗТМ, поэтому необходимо определять и учитывать значение ширины контакта.

Библиографический список

1. Ульянов Н. А. Основы теории и расчёта колёсного движителя землеройных машин / Н.А. Ульянов. – М.: Машгиз, 1962. – 208 с.
2. Агейкин Я.С. Вездеходные колёсные и комбинированные движители / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
3. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин / Б.Л. Бухин. – М.: Химия, 1988. – 224 с.
4. Жулай В.А. Оценка ширины колеи при движении колеса землеройно-транспортной машины по грунту / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия «Высокие технологии. Экология». 2013. – С. 140-143.
5. Ульянов Н.А. Колёсные движители строительных и дорожных машин: Теория и расчёт / Н.А. Ульянов. – М.: Машиностроение, 1982. – 279 с.

6. Василенко А.В. Методика расчёта тяговых качеств колёсного движителя с крупногабаритными пневматическими шинами землеройно-транспортных машин : дис...канд.техн.наук / Василенко Андрей Владимирович. – Воронеж, 2000. – 220 с.

7. Жулай В.А. Определение ширины контакта крупногабаритных шин землеройно-транспортных машин при движении по грунту / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия «Высокие технологии. Экология». 2014. – С. 191-195.

8. Жулай В.А., Тюнин В.Л. Аналитическое определение параметров контакта колеса с крупногабаритной шиной землеройно-транспортной машины с деформируемой поверхностью: программа для ЭВМ. Инвентарный № ВНТИЦ 50201450710 от 28.10.2014.

References

1. Ulyanov N. A. Osnovy teorii i rascheta kolesnogo dvizhitelya zemleroynykh mashin [Fundamentals of the theory and calculation of the wheel mover of earthmoving machines].

2. Ageikin Ya. S. All-terrain wheeled and combined propellers / Ya. S. Ageikin. - M.: Mashinostroenie, 1972. - 184 p.

3. Bukhin B. L. Introduction to the mechanics of pneumatic tires / B. L. Bukhin. - M.: Chemistry, 1988 – - 224 p.

4. Zhulai V. A., Tyunin V. L. Evaluation of the gauge width when moving the wheel of an earthmoving and transport machine on the ground / / Nauchny vestnik Voronezhskogo GASU. Series " High Technologies. Ecology". 2013. - pp. 140-143.

5. Ulyanov N. A. Wheel movers of construction and road machines: Theory and calculation /N. A. Ulyanov. - M.: Mashinostroenie, 1982 – - 279 p.

6. Vasilenko A.V. Method of calculating the traction qualities of a wheel mover with large-sized pneumatic tires of earthmoving and transport machines: dis ... cand. tech.sciences / Vasilenko Andrey Vladimirovich. - Voronezh, 2000. - 220 p.

7. Zhulai V. A. Determination of the contact width of large-sized tires of earthmoving and transport machines when moving on the ground / V. A. Zhulai, V. L. Tyunin // Scientific Bulletin of the Voronezh GASU. Series " High Technologies. Ecology". 2014. - p. 191-195.

8. Zhulai V. A., Tyunin V. L. Analytical determination of the parameters of the wheel contact with a large-sized tire of an earthmoving and transport machine with a deformable surface: a computer program. Inventory No. VNTIC 50201450710 dated 28.10.2014.