

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Научно-технический журнал

№2 2020



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**
- **PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES IN ENVIRONMENTS, 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, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Бурмыкин В.В., Думанова В.С. Отечественный опыт применения светопрозрачных ограждающих конструкций в общественных зданиях	5
--	---

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Герашенко В.Н., Дурнев Д.С. Механизм гусеничных лент гидравлических экскаваторов...	12
Герашенко В.Н., Комаров А.А. О некоторых проблемах экскаваторостроения в стране	14
Дегтев Д.Н., Щетилов К.С., Жидких Н.С., Тюнина Ж.В., Волков И.Н., Каплин И.О., Краснолуцкий Д.А., Волков С.Н. Оценка показателей одиночного колёсного движителя с крупногабаритной шиной	17
Жулай В.А., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н., Кожакин Е.В. Регулируемый несимметричный балансирный привод ведущих колес автогрейдера	23
Наумов О.Е., Снегирева О.М., Наумов В.О., Будаев С.А. Исследование виброизоляторов и систем подрессоривания кабин	27
Нилов В.А., Федоров Е.В., Скукин А.А., Федоров И.В. Ножевая система скрепера для копания в условиях свободного резания	35
Тарасов Е.А. Определение скорости движения автомобиля по записи видеорегистратора.....	39

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Чудайкин А.Д., Поляков Р.С., Строкин А.С. Теоретические предпосылки расчета образования колеи на асфальтобетонном покрытии железобетонных автодорожных мостов...	45
---	----

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.6

*Воронежский государственный
технический университет
Магистрант кафедры проектирования зда-
ний и сооружений им. Н.В. Троицкого
В.В. Бурмыкин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(910)-345-33-94
e-mail: vladislavburmykin@yandex.ru
Воронежский государственный
технический университет
Магистрант кафедры проектирования зда-
ний и сооружений им. Н.В. Троицкого
В.С. Думанова
Россия, г. Воронеж, тел. +7(920)-210-15-55
e-mail: Valeria_97@list.ru*

*Voronezh State
Technical University
Magistrate of Dept. of designing buildings
and constructions the name of N.V. Troitsky
V.V.Burmykin
Russia, Voronezh, tel. +7(910)-345-33-94
e-mail: vladislavburmykin@yandex.ru
Voronezh State
Technical University
Magistrate of Dept. of designing buildings
and constructions the name of N.V. Troitsky
V.S. Dumanova
Russia, Voronezh, tel. +7(920)-210-15-55
e-mail: Valeria_97@list.ru*

В.В. Бурмыкин, В.С. Думанова

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

В данной статье рассмотрен опыт применения светопрозрачных ограждающих конструкций в России начиная с XIX в. по настоящее время. Проанализированы реализованные проекты с применением фасадного и кровельного остекления. Рассмотрены различные типы конструкций и применяемое в них стекло. Проанализировано преимущество тенденции развития данной области с точки зрения энергоэффективности данных конструкций.

Ключевые слова: светопрозрачные ограждающие конструкции, фасадное остекление, естественное освещение, энергоэффективность.

V.V. Burmykin, V.S. Dumanova

DOMESTIC EXPERIENCE OF USING TRANSLUCENT FENCING STRUCTURES IN PUBLIC BUILDINGS

In given article experience of application of translucent fencing designs in Russia since XIX century up to the present is considered. The implemented projects with application of facade and roof glazing are analyzed. Various types of structures and the glass used in them are considered. The advantage of the development trend in this area in terms of energy efficiency of these structures has been analyzed.

Keywords: translucent enclosing structures, facade glazing, natural lighting, energy efficiency.

На сегодняшний день использование светопрозрачных конструкций с большой площадью остекления актуально для общественных зданий. Применение данной технологии позволяют не только справиться с задачей обеспечения естественного освещения, но и повысить энергоэффективность зданий за счет снижения энергетических расходов на освещение.

С точки зрения архитектурной выразительности зданий, применение светопрозрачных конструкций позволяет зрительно увеличить внутреннее пространство помещений, придать им легкость и воздушность. Появляется возможность связать окружающую среду непосредственно с помещениями здания, ведь сквозь светопрозрачные конструкции хорошо прослеживается как изменение погодных условий, так и времени в сутках, что оказывает влияние на восприятие интерьера зданий.

С точки зрения конструктивных решений, развитие данного направления приводит к появлению технологических новинок в области светопрозрачных конструкций. Усовершенствованные стеклопакеты уже обладают хорошими энергосберегающими и шумопоглощающими свойствами [1]. Совершенствование в компьютерном моделировании светопрозрачных поверхностей позволяет создавать разнообразные каркасы и варианты соединения стеклянных панелей. Разнообразие формы каркасов оказывает влияние на архитектурную выразительность конструкции.

Из-за природно-климатических условий и отсутствия производства в России стекла до XVII века в отечественной практике этого периода оконные проемы заполняли сырьем с низким показателем светопропускной способности [1].

Только к началу XVII века в России начала свое производство стекольная промышленность, однако первое развитие в сфере остекления фасадных конструкций происходит лишь к началу XIX века. В это время по аналогии с Европой в России начали появляться витражи, однако это было редким явлением из-за природно-климатических условий.

В России XIX века витражи использовались для зданий вокзалов, где было необходимо большое количество естественного освещения. Примером здания, использующего большое фасадное остекление, является здание Николаевского (сейчас Московского) вокзала (рис.1) в Санкт-Петербурге, построенного в 1944 г. Для освещения пирона и защиты от атмосферных осадков зона дебаркадера была закрыта стенами, в которых располагались светопрозрачные конструкции. Размер окон достигал 3х5,7 м [2].

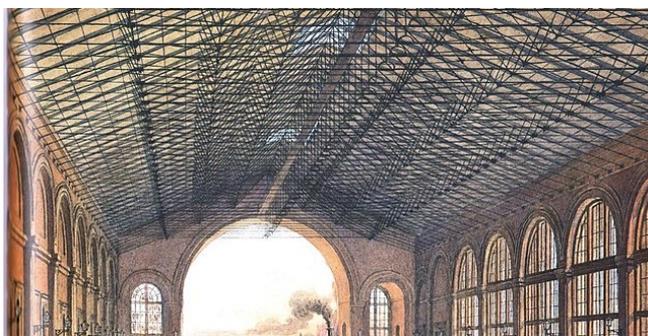


Рис. 1. Дебаркадер Николаевского дворца, Санкт-Петербург

К середине XIX века в отечественной практике начинают появляться здания со светопрозрачными конструкциями. К одному из таких примеров можно отнести первый пассаж Петербурга (рис.2 а), который был построен в 1842 году. Здание являлось подобием торговой улицы – галереей протяженностью порядка 180 метров, освещенной естественным светом через стеклянные фонари, устроенные в кровле. Это было первое здание Петербурга со столь протяженным световым покрытием.

Однако наиболее узнаваемым торговым пассажем с естественным освещением в нашей стране является московский Государственный универсальный магазин (рис.2 б). Здание было введено в эксплуатацию в 1893 году по проекту профессора А. Померанцева, стеклянная крыша которого выполнена выдающимся архитектором и инженером В. Шуховым. Именно он представил новаторский подход и использовал конструкцию гиперboloид с сетчатой структурой заполненных стеклом. Данная конструкция из тонких металлических арок была уникально лёгкой, а сам каркас выглядел утонченным несмотря на то, что на его создание ушло 800 тонн металла [3].

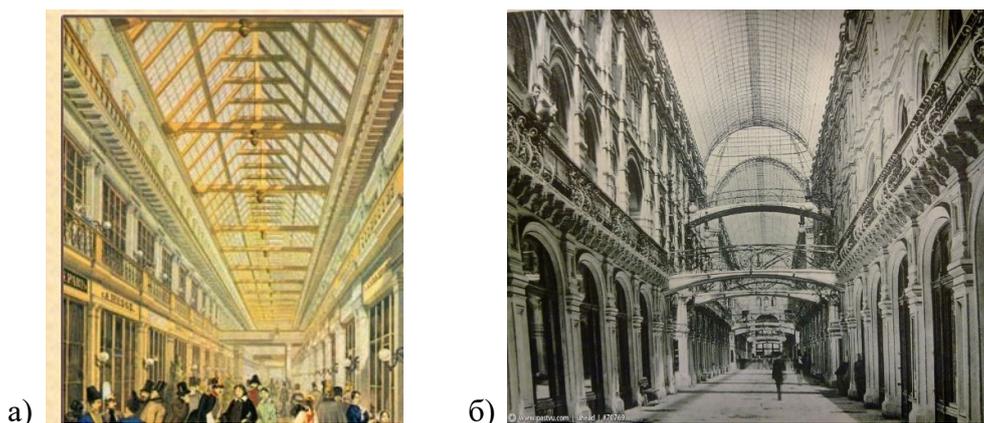


Рис. 2. Светопрозрачные конструкции покрытий:
 а) Пассаж (Щукин двор), Санкт-Петербург; б) здание ГУМа, фото 1908 г.

Можно обратить внимание, что светопрозрачное фасадное остекление в России до начала XX века используется не часто, в большей степени в зданиях вокзалов и торговых помещений, где естественное освещение играет важную роль. Однако конструкции, используемые в то время для остекления, не обладали достаточными теплоизоляционными свойствами, поэтому из-за природных климатических условий примеров в Российской архитектуре не так много.

В других зданиях общественного назначения остекление стало активно использоваться после революции 1917 г. В то время остекление приобретает новые качества, оно становится не утилитарным, а формообразующим материалом, играющим важную роль в формировании стиля. В советской архитектуре 20-х годов XX века остекление символизирует стремление к свободе, свету, раскрепощённости [4]. В эти годы произошло осмысление роли светопрозрачных фасадных конструкций и произошло зарождение Интернационального стиля, который объединял в себе успехи в развитии новых строительных технологий с идеями индустриализации.

Одним из примеров этого является дом культуры им. С.М. Зуева (рис.3 а). Автором проекта являлся архитектор И. Голосов, здание введено в эксплуатацию к 1929 году. Центром архитектурной композиции здания является большой цилиндр, состоящий из двухслойных стекол в металлических переплетах. Внутри него располагается лестница.

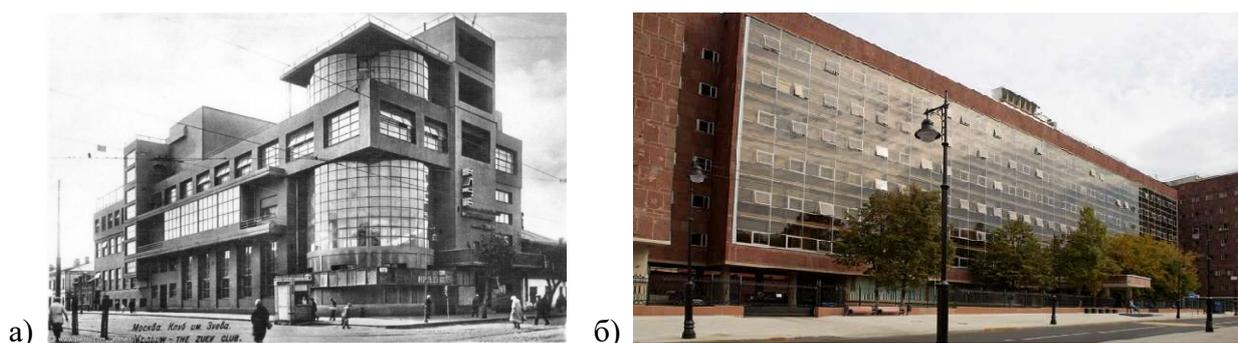


Рис. 3. Светопрозрачные фасадные конструкции в советской архитектуре:
 а) Дом культуры им. С. Зуева, Москва; б) Дом Центросоюза, Москва

В эти же годы признание получает архитектурный прием использования в зданиях больших ленточных светопроемов со сплошными ограждениями из стекла. Примером здания, в котором использовались большие (по тем временам) светопрозрачные конструкции, является Дом Центросоюза (рис.3 б) в Москве. Здание, спроектированное Ле Корбюзье, было введено в эксплуатацию в 1936 г. Это было первое здание с навесным фасадным остеклением, построенное в России. В нем использовались навесные герметичные стеклянные стены-экраны с вакуумом вместо воздуха между двумя слоями стекла [5], такие панели обладали теплоизоляционными свойствами, являя собой энергоэффективную конструкцию.

Уже с того времени для придания светопрозрачным конструкциям специальных свойств, например светоотражающих или теплоизоляционных, начинают использовать стекла с цветными непрозрачными покрытиями, в том числе эмалированное. Последующее развитие систем навесных ограждений существенно изменило характер их архитектуры, позволило иначе решать композиционную структуру зданий.

Можно отметить, что в XX веке светопрозрачные конструкции используются в зданиях общественного назначения: дворцах культуры, административных зданиях, универмагах, институтах, кинотеатрах и др. Использование светопрозрачных конструкций является показателем технического прогресса. Сплошное остекление было применено в здании института «Гидропроект» (рис.4 а), построенное к 1968 г. в Москве. Его архитектурный облик напоминает небоскребы, которые были популярны в то время за рубежом. Светопрозрачная фасадная система была собрана из алюминиевых рам, заполненных двухкамерным стеклопакетом, верхняя часть которого прозрачная, а нижняя выполнена из темного стекла. Примером устройства светопрозрачной фасадной конструкции в культурно-просветительском учреждении является новый корпус здания кинотеатра «Пролетарий» (рис.4 б), построенный в 1969 г. в Воронеже.



Рис. 4. Светопрозрачные фасадные конструкции в середине XX в.:
а) Здание института «Гидропроект», Москва; б) Здание кинотеатра «Пролетарий», Воронеж

К 70-м годам XX века в России было разработано и введено в эксплуатацию использование стекла с использованием магнетронного нанесения теплоотражающих покрытий на большеформатные листовые стекла, которые стали важнейшим элементом энергосберегающих светопрозрачных фасадных конструкций [1].

К началу XXI века сохраняется тенденция использования светопрозрачных конструкций в архитектуре. К этому времени уже построено большое количество подобных зданий как в зарубежной, так и в отечественной практике. Одним из примеров заимствования формы, но не контекста сооружения, является развлекательный комплекс «Приаида» в г. Казани (рис.5 а). Здание было введено в эксплуатацию в 2001 г. Пробразом данного здания является пирамида Лувра, однако в казанской «Пирамиде» светопрозрачной сделали лишь верхнюю часть здания. При создании светопрозрачной конструкции использовались стальные опорные элементы, заполненные ромбовидными сегментами. Светопрозрачными элементами являются стекла с низкоэмиссионным напылением.

Одним из таких примеров использование фасадного остекления в начале XXI в. является административно-общественный центр Московской области (Дом правительства Московской области) (Рис.5 б), построенный в 2007 г.

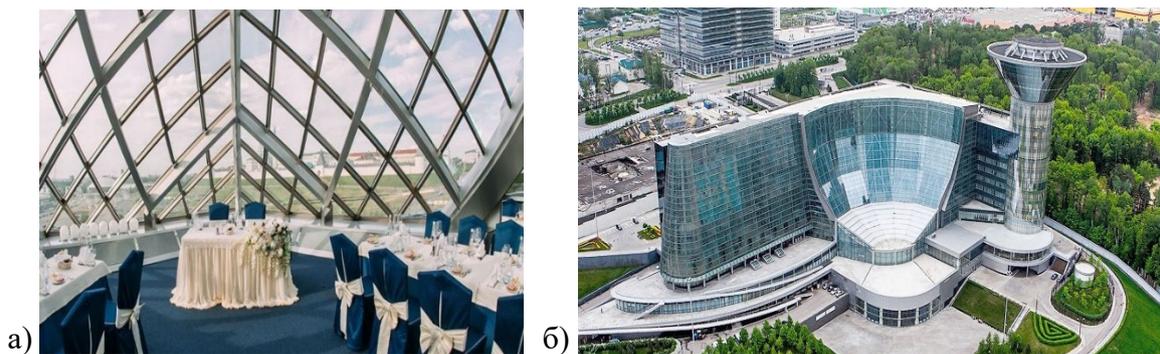


Рис. 5. Светопрозрачные конструкции в начале XXI в.:
 а) РК «Пирамида», Казань; б) Дом правительства Московской области, г. Красногорск

Наружняя отделка здания на 80% состоит из светопрозрачных элементов. Архитектор Д. Размахнин отмечал, что в данном проекте использование стекла имеет смысловое значение, показывая современность и прозрачность управляющих органов [6]. При создании светопрозрачных конструкций использовали высокоэффективные энергосберегающие стеклопакеты с i-стеклом. Теплоотражающие свойства данного остекления позволяют сохранять тепло в холодное время года, а большое количество естественного освещения в здании приводит к сокращению использования энергоресурсов.

Подкреплённая развитием технологий, архитектура светопрозрачных конструкций старалась перестать ограничиваться лаконичными и простыми формами. Уход от строгих прямолинейных объёмов стал возможен благодаря инженеру, создавшему в 1990 г. холодногнутое стекло. Данный способ, позволил гнуть стекла вокруг практически любых разнообразных конструкций [1].

Одним из первых реализованных проектов с использованием в фасадных системах холодногнутое стекло является деловой комплекс «Санкт-Петербург Плаза» (рис.6 а), построенный в 2009 г. в Санкт-Петербурге. Площадь остекления комплекса составила 20000 м². Здание характеризуется уникальным светопрозрачным фасадом. Остекление комплекса выполнено из многослойных стеклопакетов с различной комбинацией технологических характеристик стекол: термозащитные, солнцезащитные, шумозащитные и прочие.

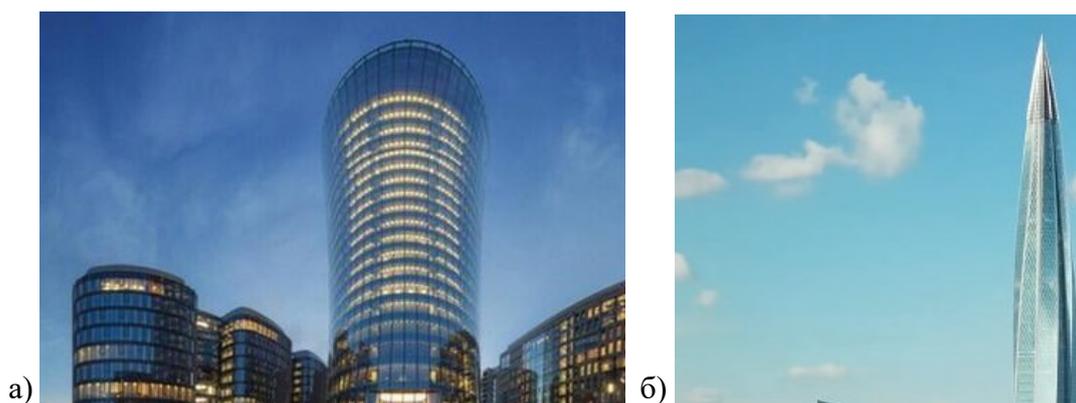


Рис. 6. Применение холодногнутого стекла в светопрозрачных конструкциях:
 а) Деловой комплекс «Санкт-Петербург Плаза», Санкт-Петербург; б) Лахта центр, Санкт-Петербург

В Санкт-Петербурге на сегодняшний день идет строительство еще одного современного офисного комплекса, в котором применяются технологии холодногнутого стекла. Это комплекс – «Лахта центр» (рис.6 б). Основное здание комплекса 465 метровая башня. Инновационное остекление башни выполнено из листового стекла высокой отражающей способности. Для обеспечения трехмерной кривизны фасадов применена новая технология использования холодногнутого стекла. Форма стеклопакетов трапециевидная, размерами 4,2×2,8 м,

благодаря этому отражение окружающей среды является непрерывным. Светопрозрачная конструкция многослойна, толщина слоев достигает 1 м, такой прием используется для обеспечения теплоизоляции и естественной вентиляции, что приводит к экономии энергии во время эксплуатации.

Одно из развивающихся направлений архитектуры нашего времени является бионика. Данный стиль отличается органичностью применяемых форм и их объединению с окружающей средой. Современные технологии в производстве строительных материалов и возможности компьютерного моделирования позволили современным архитекторам создавать оригинальные концептуальные проекты с использованием светопрозрачных конструкций [7].

В отечественной практике примерами данного направления служат здание Биотехнопарка «Кольцово» (рис. 6 а) и купол парка «Зарядье» (рис. 6 б).



Рис. 6. Светопрозрачные конструкции в бионической архитектуре:
а) Биотехнопарк «Кольцово», Новосибирск; б) Купол парка «Зарядье», Москва

Для создания ограждающей конструкции биотехнопарка, построенного в 2015 году, использовали технологию SpaceStructure, состоящую из стальных стержневых и узловых элементов, заполненную стеклопакетами с многослойным напылением, которое обеспечивает энергобережение и солнцезащиту. Благодаря этому со стороны улицы ограждающая конструкция выглядит синеватой и хорошо отражает. Комфорт внутри помещения обеспечивается за счет того, что свет беспрепятственно проникает в здание, однако инфракрасные лучи отражаются благодаря магнетронному напылению. Купол парка «Зарядье» является крупнейшей светопрозрачной конструкцией без ограждающих стен. В южной зоне купола установлены солнечные батареи, преобразованная энергия которых используется при обогреве внутреннего пространства. При создании стеклянной конструкции использовали металлические крепления для устойчивости огромных масштабов светопрозрачной площади, без единой опоры.

Выводы

Проанализировав отечественный опыт использования светопрозрачных ограждающих конструкций, можно сделать вывод, что история применения данных конструкций достаточно нова и только набирает обороты. Климатические особенности многих городов России не позволяли применять большие площади остекления, из-за низкой температуры в зимний период. Однако, совершенствование технологий в данной области привели к появлению энергоэффективных светопрозрачных конструкций с различными типами стекол.

Благодаря изобретению современных энергоэффективных светопрозрачных материалов, отвечающих таким требованиям, как практичность, долговечность и надежность, появляется возможность использовать остекление во всех типах общественных зданий от небольших торговых центров до высотных офисных зданий. Появилась возможность создания зданий с площадью остекления более 80% микроклимат которых комфортен благодаря стеклопакетам с многослойными напылениями. Такие конструкции обеспечивают не только солнцезащиту, но и энергосбережение. Кроме того, повышение энергоэффективности здания достигается благодаря снижению потребления энергии на освещение помещений в дневное время.

Исходя из рассмотренных примеров можно сделать вывод, что использование свето-прозрачных конструкций очень актуально на сегодняшний день в отечественной практике. Данная область динамично развивается и использование стекла в архитектуре будет востребовано еще долгие годы.

Библиографический список

1. Кудасова А.С. О развитии систем фасадного остекления гражданских зданий/ Кудасова А.С., В.Э. Нуриев, И.С. Морева, В.А. Турянская // Инженерный вестник Дона – 2018. – № 4.
2. Проект Россия. Архитектура на большой дороге [сайт]. – Россия – URL: <https://prorus.ru/interviews/arhitektura-na-bolshoj-doroge/> (дата обращения 20.11.2020). – Текст: электронный.
3. 6 великих конструкций Шухова: National Geographic Россия [сайт]. – Россия, 2017 – URL: <https://nat-geo.ru/travel/6-velikikh-konstruktsiy-shukhova/> (дата обращения 20.11.2020). – Текст: электронный.
4. Здания и сооружения со светопрозрачными фасадами и кровлями [текст] / И.В. Борискина – Санкт-Петербург: Инженерно-информационный центр оконных систем, 2012. – 201 с.
5. Дом Центросоюза (Наркомлегпрома) в Москве. 1928-1936 [сайт]. – Россия, 2014 – URL: <http://corbusier.totalarch.com/centrosoyus> (дата обращения 22.08.2020). – Текст: электронный.
6. Архидром/ Архитектура власти [сайт]. – Россия, 2014 – URL: <https://archidom.ru/projects/architecture/arkhitektura-vlasti/> (дата обращения 20.11.2020). – Текст: электронный.
7. Агеева Е.Ю. Анализ развития большепролетных светопрозрачных конструкций// Научная дискуссия современной молодежи International scientific conference: сборник статей V Международной научно-практической конференции V, Пенза, 2018. – с. 27-30.

References

1. Kudasova A.S. O razvitii sistem fasadnogo ostekleniya grazhdanskih zdaniy/ Kudasova A.S., V.E. Nuriev, I.S. Moreva, V.A. Turyanskaya // Inzhenernyj vestnik Dona – 2018. – № 4.
2. Proekt Rossiya. Arhitektura na bol'shoj doroge [sajt]. – Rossiya – URL: <https://prorus.ru/interviews/arhitektura-na-bolshoj-doroge/> (data obrashcheniya 20.11.2020). – Tekst: elektronnyj.
3. 6 velikih konstrukcij SHuhova: National Geographic Rossiya [sajt]. – Rossiya, 2017 – URL: <https://nat-geo.ru/travel/6-velikikh-konstruktsiy-shukhova/> (data obrashcheniya 20.11.2020). – Tekst: elektronnyj.
4. Zdaniya i sooruzheniya so svetoprozrachnymi fasadami i krovlyami [tekst] / I.V. Boriskina – Sankt-Peterburg: Inzhenerno-informacionnyj centr okonnyh sistem, 2012. – 201 s.
5. Dom Centrosoyuza (Narkomlegproma) v Moskve. 1928-1936 [sajt]. – Rossiya, 2014 – URL: <http://corbusier.totalarch.com/centrosoyus> (data obrashcheniya 22.08.2020). – Tekst: elektronnyj.
6. Arhidrom/ Arhitektura vlasti [sajt]. – Rossiya, 2014 – URL: <https://archidom.ru/projects/architecture/arkhitektura-vlasti/> (data obrashcheniya 20.11.2020). – Tekst: elektronnyj.
7. Ageeva E.YU. Analiz razvitiya bol'sheproletnyh svetoprozrachnyh konstrukcij// Nauchnaya diskussiya sovremennoj molodyozhi International scientific conference: sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii V, Penza, 2018. – s. 27-30.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 621.879.3:621.221.002.2

*Воронежский государственный
технический университет*

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

В.Н. Геращенко

студент гр. мСДМ-191, Д.С. Дурнев

Россия, г. Воронеж, тел. +7(980)535-60-47

e-mail: dima.durnev.1997@mail.ru

Voronezh State

Technical University

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

V.N. Geraschenko,

a student gr. mSDM-191 D.S. Durnev

Russia, Voronezh, tel. +7 980)535-60-47

e-mail: dima.durnev.1997@mail.ru

В.Н. Геращенко, Д.С. Дурнев

МЕХАНИЗМ ГУСЕНИЧНЫХ ЛЕНТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

В статье представлены результаты научно-исследовательской работы, целью которой является повышение производительности, надежности, удобства при замене пружины тарельчатой.

Ключевые слова: экскаватор гидравлический, механизм сдвигания, лента гусеничная, пружина тарельчатая.

V.N. Geraschenko, D.S. Durnev

MECHANISM OF HYDRAULIC EXCAVATOR TRACKS

The article presents the results of research work aimed at improving performance, reliability, and convenience when replacing the TA-rail spring.

Keywords: hydraulic excavator, the mechanism of handing the tape is tracked, the spring disc.

Внушительный объём работ в строительстве, связанный с грунтом, а именно копание траншей, котлованов, ремонт дорожного полотна требует эксплуатации машин для работ на земле, в том числе, и экскаваторов с одним ковшом. От эффективности экскаватора и его оборудования напрямую зависит эффективность выполненной работы.

Ранее, натяжение ленты гусеничной, как, к примеру было использовано на экскаваторе ЭО-5121, производилось с помощью болта натяжения. В скором времени болт был заменен на гидроцилиндр, где натяжение происходило с помощью нагнетания масла. Также конструкция экскаватора имела цилиндрическую пружину в механизме сдвигания. Это обеспечило разгрузку гусеничной ленты от внезапно возникших нагрузок. Из недостатков, данная конструкция имела большие размеры, но вскоре эта проблема была исправлена, где цилиндр решили вставить в полость пружины.

Важно отметить, что механизмы натяжения лент гусеничных должны быть более или менее компактными с применением в качестве демпфирующих элементов гостированных тарельчатых пружин. Касаемо конструкции катков опорных и поддерживающих, то особое внимание уделяется смазке и требования к материалу изготавливаемых деталей.

Тарельчатая пружина используется для предотвращения попадания сыпучих и твердых элементов, что обеспечивает меньший износ и продлевает срок службы.

Довольно известные фирмы оснащают свою технику электронными системами контроля, дающими полный отчет о состоянии техники.

Проблемы, которые имеют место в машиностроении в современном мире могут быть решены в централизованном порядке, при активном действии субъектов федерации.

Библиографический список

1. Геращенко В.Н. О некоторых особенностях конструирования гусеничного ходового оборудования гидравлических экскаваторов в современных условиях.
2. Башкиров В.А, Геращенко В.Н. О некоторых проблемах экскаваторостроения и путях их решения. //Строительные и дорожные машины. 1993. №10.С.6-8.

References

1. Gerashchenko V.N. On some of the design features of hydraulic excavator tracked undercarriage in modern conditions.
2. Bashkirov V.A., Gerashchenko V.N. On some problems of excavator construction and ways to solve them. // Construction and road machines. 1993. No.10.P.6-8.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
В.Н. Геращенко
студент гр. мСДМ-191, А.А. Комаров
Россия, г. Воронеж, тел. +7(920)221-47-77
e-mail: tema.comarov2011@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
V.N. Geraschenko,
a student gr. mSDM - 191, A.A. Komarov
Russia, Voronezh, tel. +7(920)221-47-77
e-mail: tema.comarov2011@yandex.ru*

В.Н. Геращенко, А.А. Комаров

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ЭКСКАВАТОРОСТРОЕНИЯ В СТРАНЕ

подавляющее большинство выполняемых разнообразных земляных строительных работ подразумевает использование одноковшовых экскаваторов с выбором различного сменного рабочего оборудования и ходовых устройств. Для развития и модернизации основных узлов которого, требуется применение современных материалов и передовых технологий.

Ключевые слова: одноковшовые экскаваторы, рабочее и ходовое оборудование, модернизация, новые материалы и технологии.

V.N. Geraschenko, A.A. Komarov

ABOUT SOME PROBLEMS OF EXCAVATOR CONSTRUCTION IN THE COUNTRY

The overwhelming majority of various earthwork construction works involves the use of single-bucket excavators with a choice of various replaceable working equipment and running gear. For the development and modernization of the main units of which, modern materials and advanced technologies are required.

Keywords: single-bucket excavators, working and running equipment, modernization, new materials and technologies.

Значительный объем строительных работ, подразумевающий разработку грунта, а именно: отсыпка насыпей, возведение дорожного полотна и плотин, отрывка траншей и котлованов, требует использования землеройных машин, в числе которых и одноковшовые экскаваторы. В нашей стране экскаваторы с универсальным рабочим оборудованием и различными типами приводов реализуют более половины от общей массы таких работ. Потому, возникает резонный вопрос роста производительности и надежности при снижении металлоемкости. [1]. Решение подобных вопросов неразрывно связано с определёнными особенностями конструирования агрегатов и основных узлов, таких как: привод, рабочее и ходовое оборудование. В передовых фирмах, таких как Caterpillar (США), Hitachi (Япония), Liebherr

(Германия), на повестке дня прослеживается ярко выраженная тенденция унифицирования составных частей и перехода на производство типоразмерных планетарных модулей, реализуемых в повороте платформы и приводе хода.

Как ни странно, но характерные проблемы экскаваторостроения, присущи и другим отраслям машиностроения. Ранее, в недалеком СССР, в разных странах союза выпускались однокорпусные экскаваторы 6-ти размерных групп. Конечно, на то время у них были свои недостатки, но был четкий план по их устранению и дальнейшему совершенствованию [1]. Однако времена «перестройки» не только благотворно не отразились на отечественном производстве, но и «похоронили» последнее. Так в Воронеже фактически развалился экскаваторный завод имени Коминтерна, выпускавший экскаваторы 4-ой, 5-ой и 6-ой размерных групп. К сожалению, именно эти типоразмеры в основном сейчас и закупаются из-за границы. И тут мы подходим к основному вопросу, вопросу выпуска отечественных конкурентноспособных гидравлических экскаваторов, либо модернизации старых на основе:

1. Повсеместного применения передовых сверхпрочных материалов
2. Использования технологий, увеличивающих износостойкость и надежность элементов рабочего и ходового оборудования.
3. Увеличения вместимости рабочего органа за счет изменения его геометрических параметров.
4. Внедрения энергосберегающих систем.

Различные исследования дают возможность говорить о целесообразности масштабного применения планетарных передач, что обусловлено их рядом достоинств перед простой зубчатой передачей:

- получение большого передаточного числа при малых габаритах
- меньший вес
- удобное встраивание в барабаны, ходовые колеса и электродвигатели, с куда меньшим шумом в процессе работы

Однако их явным недостатком можно выделить сложность изготовления, что требует иного, дорогостоящего оборудования.

Механизмы натяжения гусеничной ленты должен быть компактными с применением тарельчатых пружин в качестве демпфирующих элементов.

По истории развития экскаваторостроения можно заметить, что конструкция катков, в особенности опорных, непрерывно развивается в направлении снижения их веса, трения, а также повышения надежности, с целью меньших трудозатрат на ремонт и обслуживания данного узла.

Первым подобным конструктивным решением были катки выполненные с применением консистентной смазки на бронзовых подшипниках скольжения. Но данная конструкция показала себя недолговечной и требовала частого обслуживания.

Следующая конструкция использовала в своей основе подшипники качения, увеличивая при этом диаметральные размеры опорных катков. Эта конструкция так же требовала к себе ежемесячного внимания.

Дальнейшее развитие в сфере экскаватора строения позволило перейти на подшипники скольжения с жидкой смазкой при использовании торцевых уплотнений по лицензии фирмы Caterpillar.

Такая конструкция позволяет увеличить сроки эксплуатации и при этом уменьшить частоту и время обслуживания.

Вывод

Вышеприведенные особенности конструкции ходового оборудования позволяют устранить недостатки, характерные для традиционных ходовых устройств.

Библиографический список

1. В.А. Башкиров, В.Н. Геращенко. О некоторых проблемах экскаваторостроения и путях их решения. «Строительные дорожные машины», №10, 1993, с. 6-8.
2. В.Н. Геращенко, П.С. Вдовин «Исследование элементов ходового оборудования гидравлических экскаваторов 5-ой размерной группы». Высокие технологии. Экология. 15-ая межрегиональная научно-практическая конференция, ВГАСУ, Воронеж - 2012 г.

References

- 1.V.A. Bashkirov, V.N. Gerashchenko. On some problems of excavator construction and ways to solve them. "Construction road machines", No. 10, 1993, p. 6-8.
2. V.N. Gerashchenko, P.S. Vdovin "Research of elements of undercarriage equipment of hydraulic excavators of the 5th size group". High tech. Ecology. 15th inter-regional scientific and practical conference, VGASU, Voronezh – 2012.

Воронежский государственный технический университет
Канд. техн. наук, доцент Д.Н. Дегтев;
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
Cand. of Tech. Science, Associate prof. D. N. Degtev;
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

Д.Н. Дегтев, К.С. Щетилов, Н.С. Жидких, Ж.В. Тюнина,
И.Н. Волков, И.О. Каплин, Д.А. Краснолуцкий, С.Н. Волков

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОДИНОЧНОГО КОЛЁСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ С КРУПНОГАБАРИТНОЙ ШИНОЙ

В статье представлено теоретическое исследование показателей одиночного колёсного движителя с крупногабаритной пневматической шиной движущегося на плотном грунте. Представлена методика построения кривых скольжения и тяговой характеристики колёсного движителя с 20%-ным отбором мощности. Проведён анализ полученных расчётных данных.

Ключевые слова: колёсный движитель, скольжение, тяговая характеристика.

D. N. Degtev, K.S. Shchetilov, N.S. Zhidkikh, Zh. V. Tyunina,
I. N. Volkov, I. O. Kaplin, D. A. Krasnolutsky, S. N. Volkov

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF A SINGLE WHEEL DRIVE WITH A LARGE TIRE

The article presents a theoretical study of the performance of a single wheel mover with a large pneumatic tire moving on dense ground. A method for constructing sliding curves and traction characteristics of a wheel mover with 20% power take-off is presented. The analysis of the obtained calculated data is carried out.

Key words: wheel drive, sliding, traction characteristics.

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.

Проекция суммарной равнодействующей элементарных сил трения и нормальных сил на участке области контакта шины будет

$$T_\mu = \int_{-a_3}^{a_1} \sigma \left(\mu_{ci} - \frac{2vx}{\sqrt{R_i^2 - x^2}} \right) dx, \quad (4)$$

где μ_{ci} – интегрированный коэффициент трения скольжения μ_c , величину которого можно определить при $\Theta_\xi \geq 1$

$$\mu_{ci} = \mu_{c\theta\sigma} - U_{I\sigma} + (\mu_{c\theta\sigma} - \mu_{I\sigma} + (U_{II} - U_c) \cdot \sigma) \cdot (1 - 1/\Theta_\xi), \quad (5)$$

где: $\mu_{c\theta\sigma}$ – условный коэффициент трения скольжения резины при $\Theta_\xi \rightarrow \infty$;

$\mu_{II\sigma}$ – условный коэффициент трения покоя резины;

U_c – угловой коэффициент, учитывающий влияние нормальных контактных напряжений на характеристику трения скольжения;

U_{II} – угловой коэффициент, учитывающий влияние нормальных контактных напряжений на характеристику трения скольжения; n - параметр, зависящий от вида и состояния опорной поверхности.

Данное уравнение позволяет рассчитать проекцию суммарной равнодействующей элементарных сил трения и нормальных сил, определяющей силу тяги колёсного движителя для различных характеристик трения резины протектора и состояния опорной поверхности, характеризуемой модулем E_I .

Рассмотрим результаты теоретических характеристик проскальзывания колеса на деформирующейся поверхности. На рис. 1 приведены характеристики проскальзывания колеса с пневматической шиной размером 21,00-28 модели Я-131 диагональной конструкции на деформирующейся поверхности при различных радиусах поворота колеса.

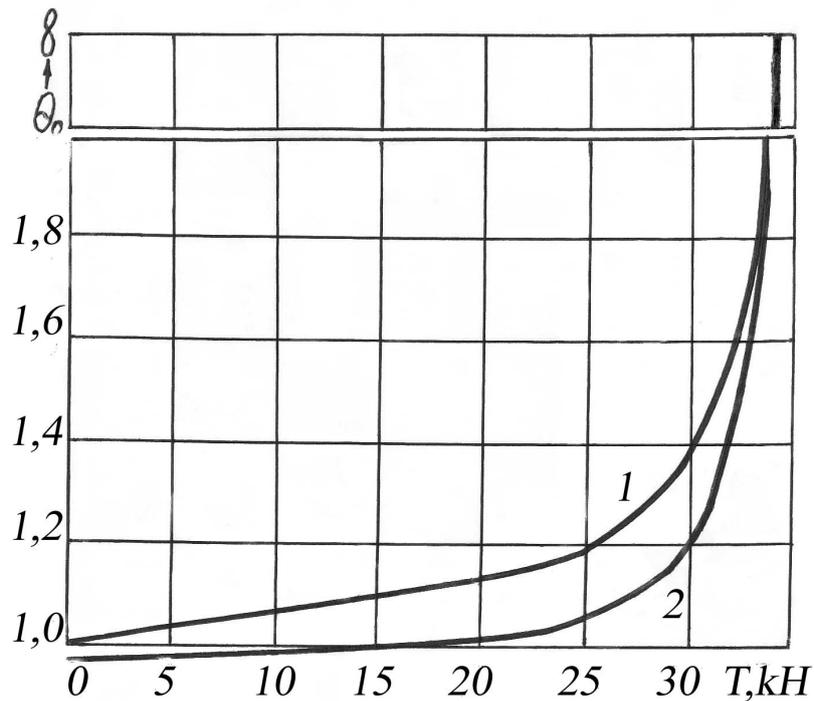


Рис. 1. Характеристики скольжения колеса с крупногабаритной шиной размером 21,00-28 диагональной конструкции на деформирующемся грунте ($P_0=0,6$ МПа, $G_k=68,67$ кН): 1 – $R_0=1,25$ м; 2 – $R_0=6,25$ м

Анализ полученных характеристик показывает, что при постоянном значении коэффициента проскальзывания сила тяги с уменьшением радиуса поворота колёсного движителя снижается.

Значение коэффициента буксования для построения тяговой характеристики получено с использованием кривых скольжения при различных радиусах поворота. Формула перехода от коэффициента проскальзывания к коэффициенту буксования имеет вид

$$\delta = (1 - \theta_{oc} / \theta_o) \cdot 100\%, \quad (6)$$

где θ_o – коэффициент проскальзывания центральной опорной точки;

θ_{oc} – коэффициент проскальзывания центральной опорной точки при $T=0$.

При работе землеройно-транспортных машин обычно отбирается мощность двигателя на привод вспомогательных механизмов и агрегатов. В результате отбора мощности на привод колёсного движителя идёт только часть мощности двигателя. Это сказывается на тяговых и топливно-экономических качествах машин и является наиболее общим случаем при построении тяговых характеристик [5, 6, 7].

Для оценки топливно-экономических показателей необходимо рассмотреть совместную работу двигателя внутреннего сгорания и колёсного движителя. Рассмотрим случай с механической трансмиссией и 20% отбором мощности [8, 9, 10].

С этой целью во втором квадранте (рис. 2) размещаем регуляторную характеристику дизельного двигателя, представленную в функции крутящего момента M_e .

По оси абсцисс влево от начала координат (точка O) графика регуляторной характеристики двигателя откладываем значение мощности двигателя, расходуемой на привод вспомогательных механизмов машины N_{e0} . Через полученную точку b_1 проводим вертикаль до пересечения с кривой N_e , а затем через точку b_2 – горизонталь так, чтобы она пересекала кривые частоты вращения n_e , часового расхода G_e топлива и ось ординат. После этого определяем крутящий момент M_{e0} двигателя, расходуемый на привод механизмов машины, а, проектируя точки b_3 и b_1 на ось абсцисс, по соответствующим шкалам устанавливаем часовой

расход топлива, который идёт на привод механизмов, и частоту вращения n_{e0} коленчатого вала двигателя при условии, если двигатель развивает мощность N_{e0} .

Рассматривая точку O_1 как начало координат силы тяги, строим кривую коэффициента δ буксования колёсного движителя, который рассчитывается по уже приведённой формуле.

Рассчитываем силу сопротивления качению колёсного движителя P_f по формуле

$$P_f = G_k f_k, \text{ кН}, \quad (7)$$

где G_k – вертикальная нагрузка на колесо, кН; f_k – коэффициент сопротивления качению колёсного движителя.

Откладываем значение P_f влево от точки O .

Строим график $M_e = M_e(P_k)$, применяя формулу

$$M_e = \frac{(T + P_f)r_c}{i_m \eta_m}, \text{ кН}\cdot\text{м}, \quad (8)$$

где r_c – силовой радиус колеса, м;

i_m – передаточное число механической трансмиссии;

η_m – КПД механической трансмиссии.

Для каждого радиуса данная зависимость выражается прямой, проходящей через точку O_1 .

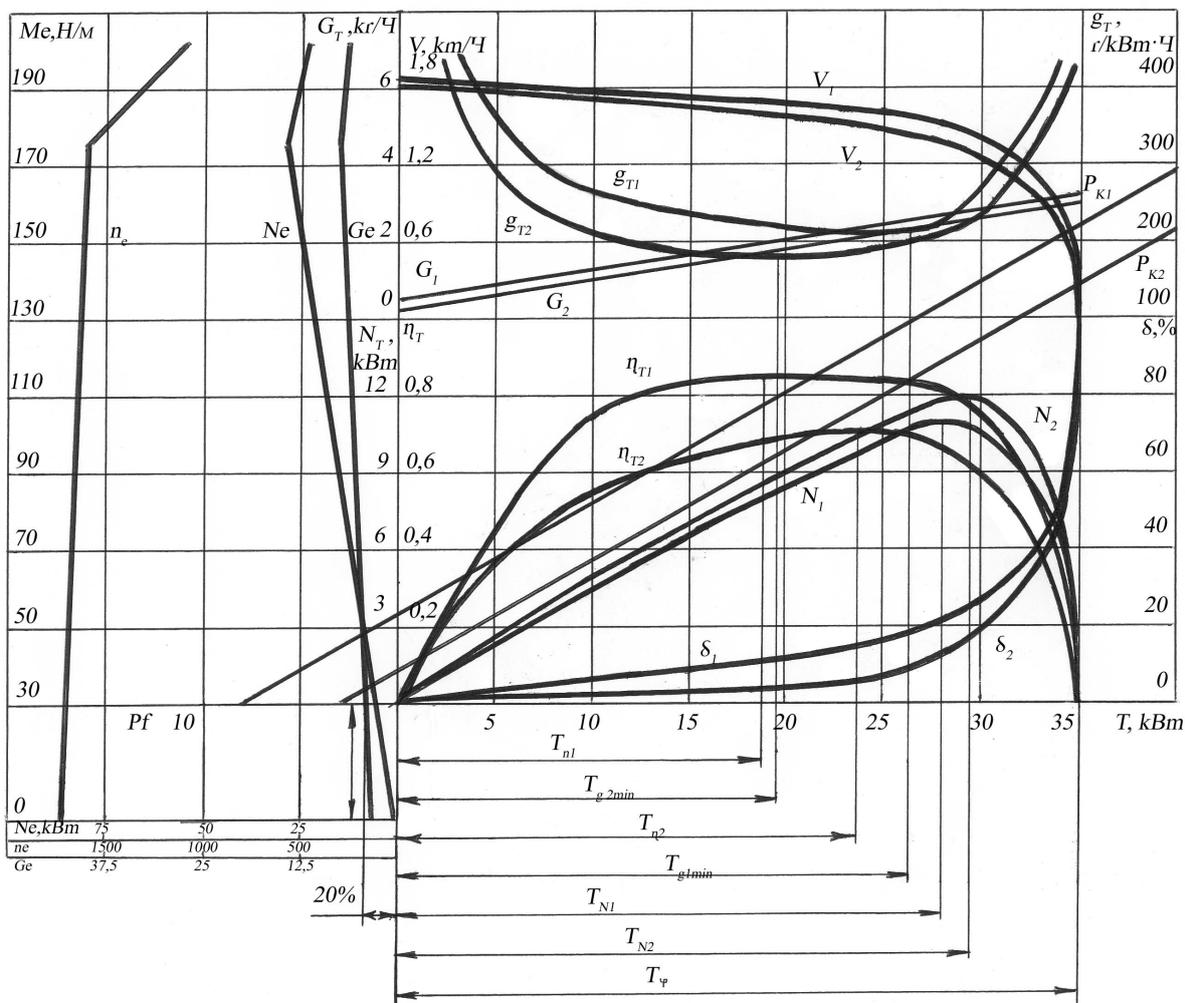


Рис. 2. Тяговая характеристика колёсного движителя с шиной 21.00-28 диагональной конструкции: $P_{f1}, P_1, \delta_1, N_{T1}, \eta_{T1}, G_{T1}, g_{T1}, V_{T1} - R_0=1,25\text{м}$; $P_{f2}, P_2, \delta_2, N_{T2}, \eta_{T2}, G_{T2}, g_{T2}, V_{T2} - R_0=6,25\text{м}$

Строим основную зависимость $v_{Д}=v_{Д}(T)$.

$$v_{Дi} = 0,377 \frac{n_{ei} r_c}{i_m} \left(1 - \frac{\delta_i}{100}\right), \text{ км/ч,} \quad (9)$$

где n_{ei} – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин;
 r_c – силовой радиус колеса, м;
 i_m – передаточное число трансмиссии.

Строим основную зависимость $G_T=G_T(T)$. Проектируя точку a_4 на ось абсцисс, по соответствующей шкале устанавливаем полный расход G_{Ti} топлива двигателем, состоящий из расхода на привод вспомогательных механизмов G_{e0} и колёсного движителя машины G_{eki} .

При силе тяги T_i

$$G_{eki} = G_{Ti} - G_{e0} \quad (10)$$

Найденное значение G_{eki} отложено в первом квадранте.

Построение производных зависимостей $N_T=N_T(T)$, $g_T=g_T(T)$ и $\eta_T=\eta_T(T)$ производится следующим образом. Кривая тяговой мощности строится на основании расчётов по формуле

$$N_T = T v_{Дi}, \text{ кВт,} \quad (11)$$

где T – сила тяги колёсного движителя, кН;
 $v_{Дi}$ – действительная скорость колёсного движителя, м/с.

Кривая удельного расхода топлива g_T строится с применением формулы

$$g_T = 10^3 \frac{G_T}{N_T}, \text{ г/кВт·ч.} \quad (12)$$

Кривую тягового КПД строим, пользуясь зависимостью

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_e - N_{e0}}. \quad (13)$$

Располагая тяговой характеристикой, можно определить следующие характерные значения силы тяги: максимальную силу тяги T_ϕ , определяемую условиями сцепления шин пневмоколёсного движителя с поверхностью качения; силу тяги T_{NT} при максимальной тяговой мощности; силу тяги T_η , соответствующую максимальному значению тягового КПД; силу тяги $T_{g \min}$, при минимальном значении удельного тягового расхода топлива.

С учётом вышеизложенного была построена тяговая характеристика колёсного движителя с шиной 21.00-28 диагональной конструкции на разных радиусах поворота. Анализ полученных тяговых характеристик позволяет сделать следующие выводы по влиянию радиуса поворота на их тяговые и топливно-экономические показатели колёсного движителя.

Уменьшение радиуса поворота от 6,25 до 1,25 м приводит к существенному возрастанию коэффициента буксования δ в результате чего при постоянной величине силы тяги снижается действительная скорость движения центра колеса, уменьшаются тяговая мощность и тяговый КПД, а удельный расход топлива увеличивается (рис. 2).

На плотном грунте при уменьшении радиуса поворота в исследуемых пределах минимальное значение удельного расхода топлива $g_{T \min}$ увеличивается на 13%, а величины $N_{T \max}$ и $\eta_{T \max}$ снижаются на 4 и 21% соответственно.

Библиографический список

1. Никулин П.И. Теория криволинейного движения колёсного движителя / П.И. Никулин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. – 212с.
2. Оценка ширины колеи при движении колеса землеройно-транспортной машины по грунту / Жулай В.А., Тюнин В.Л. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2013. – №1. – С. 140-143.

3. Определение ширины контакта крупногабаритных шин землеройно-транспортных машин при движении по грунту / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2014. – №1. – С. 191-195.
4. Определение параметров области контакта пневмошины землеройно-транспортной техники с деформируемой опорной поверхностью / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Строительные и дорожные машины. – 2015. – №8. – С. 51-54.
5. Исследование колесного движителя с крупногабаритными шинами на специальном стенде / П.И. Никулин, В.Л. Тюнин, Р.С. Солодов // Механизация строительства. – 2007. – №4. С. 8-10.
6. Комплект мобильной цифровой аппаратуры для обеспечения проведения экспериментальных исследований землеройно-транспортных машин / Жулай В.А., Василенко А.В., Тюнин В.Л., Крестников А.В. // Механизация строительства. – 2015. – №8 (854). С. 14-16.
7. Моделирование работы автогрейдера с объёмным гидроприводом переднего моста / Жулай В.А., Енин В.И., Серов А.А. // Строительные и дорожные машины. – 2007. – №10. – С. 44-45.
8. Ульянов Н.А. Самоходные колёсные землеройно-транспортные машины / Н.А. Ульянов, Э.Г. Ронинсон, В.Г. Соловьёв. – М.: Машиностроение, 1976. – 366с.
9. К вопросу оценки тяговых качеств землеройно-транспортных машин / П.И. Никулин, Ю.М. Бузин, В.А. Жулай // Строительные и дорожные машины. – 1993. – №2. – С. 22-23.
10. О производительности землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай // Строительные и дорожные машины. – 2013. – №3. – С. 37-39.

References

1. Nikulin P. I. Theory of curvilinear motion of a wheel mover / P. I. Nikulin. - Voronezh: VSU Publishing house, 1992 – 212 s.
2. Estimation of the track width when moving the wheel of an earthmoving transport machine on the ground / zhulai V. A., Tyunin V. L. // Scientific Bulletin of the Voronezh state University of architecture and civil engineering. Series: High technologies. Ecology. - 2013. - No. 1. - Pp. 140-143.
3. Determination of the contact width of large-sized tires of earth-moving vehicles when moving on the ground / V. A. zhulai, V. L. Tyunin // Scientific Bulletin of the Voronezh state University of architecture and construction. Series: High technologies. Ecology. - 2014. - No. 1. - Pp. 191-195.
4. Determination of parameters of the contact area of the pneumatic tire of earthmoving and transport equipment with a deformable support surface / V. A. zhulai, V. L. Tyunin // Construction and road machines. - 2015. - No. 8. - Pp. 51-54.
5. Research of a wheel mover with large-sized tires on a special stand / P. I. Nikulin, V. L. Tyunin, R. S. Solodov // Mechanization of construction. - 2007. - No. 4. Pp. 8-10.
6. Set of mobile digital equipment for providing experimental research of earthmoving and transport machines / zhulai V. A., Vasilenko A.V., Tyunin V. L., Krestnikov A.V. // Mechanization of construction. – 2015. – №8 (854). Pp. 14-16.
7. Modeling the operation of a motor grader with a volumetric hydraulic drive of the front bridge / zhulai V. A., ENIN V. I., Serov A. A. // Construction and road machines. – 2007. – No. 10. – Pp. 44-45.
8. Ulyanov N. And. Self-propelled wheeled earthmoving machinery / N.And. Ulianov, E., Roninson, V. G. Soloviev. – М.: Mashinostroenie, 1976. – Pp. 366.
9. To the question of assessing the traction qualities of earthmovers / P. I. Nikulin, Yu. M. Buzin, V. A. July // Construction and road machines. - 1993. - No. 2. - Pp. 22-23.
10. on the productivity of earthmoving and transport machines / V. A. zhulai // Construction and road machines. - 2013. - No. 3. - Pp. 37-39.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова*

В.А. Жулай;

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

В.Л. Тюнин;

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

А.Н. Щиенко;

*ст. преп. кафедры строительной техники и
инженерной механики имени профессора
Н.А. Ульянова*

Е.В. Кожакин

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-70-66-90
e-mail: kozhak-in-e@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University*

*Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of construc-
tion machinery and engineering mechanics of a
name of professor N.A. Ulyanov*

V.A. Zhulai;

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

V.L. Tyunin;

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

A.N. Shchienko;

*chief lecturer of the chair of construction ma-
chinery and engineering mechanics of a name of
professor N.A. Ulyanov*

E.V. Kozhakin,

*Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-70-66-90,
e-mail: kozhak-in-e@mail.ru*

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.N. Shchienko, E.V. Kozhakin

РЕГУЛИРУЕМЫЙ НЕСИММЕТРИЧНЫЙ БАЛАНСИРНЫЙ ПРИВОД ВЕДУЩИХ КОЛЕС АВТОГРЕЙДЕРА

Рассмотрена конструкция регулируемого несимметричного привода ведущих колес автогрейдера с бесступенчатым изменением величины смещения оси подвеса балансира, обеспечивающая равенство вертикальных реакций на передние и задние ведущие колеса балансирного привода и исключая возможность появления эффекта циркуляции «паразитной» мощности при любых режимах его работы.

Ключевые слова: балансирный привод, колесный движитель.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.N. Shchienko, E.V. Kozhakin

ADJUSTABLE UNBALANCED BALANCE DRIVE OF THE MOTOR GRADER'S DRIVING WHEELS

The design of adjustable steel drive wheels of the grader with the continuously variable shift size axis gimbal stabilizer, ensuring the equality of vertical reactions on front and rear driving wheels of the balancer drive and exclude the possibility of effect of the circulation of the "parasitic" power in all modes of his work.

Keywords: balance drive, wheel drive.

В настоящее время на автогрейдерх применяются балансирные тележки с эксцентрично установленными симметричными балансирами и заблокированным приводом ведущих колес.

Основными недостатками такого балансирного привода являются снижение полезной мощности идущей на создание силы тяги вследствие возникновения процесса циркуляции «паразитной» мощности, появляющегося из-за изменения силового радиуса пневматических шин от перераспределения вертикальных реакций, действующих на ведущие колеса [1-8].

Это перераспределение вызывает реактивный момент, возникающий от несовпадения центров колес и оси подвески балансирного привода; действия крутящего момента, подводимого к центральным полуосям балансира; момента сопротивления качению, действия силы тяги колесного движителя.

Для устранения этих недостатков используют балансирные тележки с несимметричными балансирами [1, 2], у которых центральный ведущий привод с точкой подвеса балансира установлен со смещением от центра балансира в сторону от заднего, более нагруженного колеса несимметричного балансирного привода с постоянным смещением равным $(0,25 \div 0,35) B$, где B - расстояние между центрами ведущих колес.

Величина смещения оси подвески балансира, обеспечивающая выравнивание вертикальных реакций на его ведущие колеса, зависит от значений конструктивных характеристик – передаточного отношения передач балансира, КПД передач балансира, эксцентриситета балансира, радиуса колес автогрейдера, веса, приходящегося на балансирный движитель, расстояния между центрами колес и режима нагружения тягового привода – величины силы тяги развиваемой ведущими колесами.

Установлено, что для автогрейдеров значение необходимой величины смещения оси подвески балансира ε несимметричного балансира, соответствующее режиму максимальной тяговой мощности, составляет $(0,25 \div 0,3) B$, где B - расстояние между центрами ведущих колес. А для режима максимальной силы тяги требуемая величина смещения ε будет равна $(0,3 \div 0,35) B$.

Таким образом, основными недостатками таких балансирных приводов с постоянной величиной смещения точки подвеса балансира являются: устранение неравномерности распределения вертикальных реакций на ведущие колеса только на одном фиксированном тяговом режиме работы машины и наличие эффекта циркуляции «паразитной» мощности при транспортном режиме.

В случае движения машины с несимметричным балансиром в транспортном режиме разница в нормальных реакциях на колеса будет значительной, следовательно, будет значимой и разность силовых радиусов ведущих колес [1].

При качении колес с разными силовыми радиусами и заблокированным бездифференциальным приводом выравнивание их радиусов качения будет происходить за счет буксования (юза) ведущих колес. При этом окружная сила колеса большего радиуса будет тяговой, а окружная сила колеса меньшего радиуса – тормозной. Работа колесного движителя в таком режиме будет вызывать снижение долговечности и повышение износа шин, а также дополнительные нагрузки в элементах трансмиссии из-за возникновения явления циркуляции мощности называемой "паразитной" [9].

Для устранения этих недостатков предложена конструкция балансирной тележки с изменяемой величиной смещения оси подвески несимметричного балансира, у которого точка подвеса балансира выполнена с возможностью перемещения относительно корпуса балансира.

При такой компоновке предлагаемого регулируемого несимметричного балансирного привода ведущих колес автогрейдера за счет подвижного исполнения опоры центральной ведущей звездочки цепного привода балансира совместно с осью его подвеса, возможно бесступенчатое изменение величины смещения оси подвеса балансира соответствующее любым значениям силы тяги T (горизонтальной нагрузке в шарнире балансира), т.е. обеспечения равенства вертикальных реакций на передние и задние ведущие колеса балансирного привода при любых режимах его работы.

Предлагаемая конструкция регулируемого несимметричного балансирующего привода колес НТТМ (рис. 1) работает следующим образом.

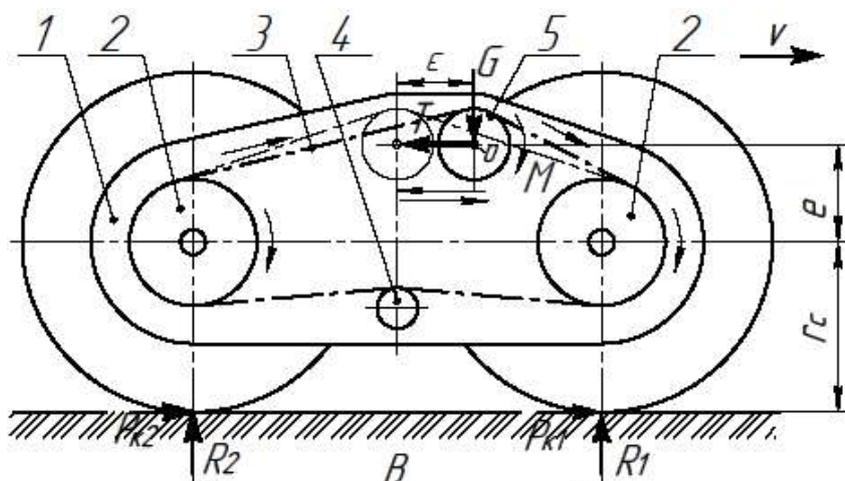


Рис. 1. Схема несимметричного регулируемого балансирующего привода ведущих колес автогрейдера

Крутящий момент от двигателя передается через трансмиссию на центральную ведущую звездочку (5) и приводную цепь (3) цепного привода балансира, посредством которого передается усилие на звездочки ведущих колес (2). При этом обеспечивается одинаковая угловая скорость ведущих колес, а также за счет увеличения плеча действия вертикальной реакции опорной поверхности на заднее колесо R_2 при бесступенчатом изменении величины смещения оси подвески балансира ε на величину соответствующую значениям силы тяги T (горизонтальной нагрузке в шарнире балансира) будет происходить компенсация действия реактивных сил и моментов при любых режимах работы балансирующего привода колес НТТМ.

Следовательно, за счет выравнивания вертикальных нагрузок на ведущие колеса при любых режимах работы балансирующего привода колес НТТМ, будет исключена возможность циркуляция «паразитной» мощности, а, соответственно, и минимизирован вред узлам и агрегатам трансмиссии и ходовой части НТТМ, что приведет к увеличению полезной тяговой мощности развиваемой его колесным двигателем, и обеспечит высокую надежность работы привода регулируемого несимметричного балансира.

Разработанная конструкция регулируемого несимметричного балансирующего привода ведущих колес автогрейдера обеспечивает компенсацию реактивных сил и моментов, разворачивающих балансира относительно точки подвеса при любых режимах его работы, что обеспечивает отсутствие эффекта циркуляции «паразитной мощности» без снижения надежности его работы. положительный эффект от использования предложенного регулируемый несимметричный балансирующий привод ведущих колес автогрейдера состоит в снижении расхода топлива, затрат на техническое обслуживание (ТО) и ремонт, увеличении тяговой мощности на рабочем органе, времени его работы за счет снижения простоев в ТО и ремонтах при снижении нагрузок в узлах и агрегатах трансмиссии и ходовой части, а, следовательно, повышении объема выполненных работ и эффективности использования автогрейдера.

Библиографический список

1. Жулай В.А., Феденев А.А., Андрухов Д.И., Перетрухин Д.С. Определение величины смещения оси подвески балансира несимметричного привода автогрейдера // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. №2. С. 113-118.

2. Несимметричный балансирный привод ведущих колес наземных транспортно-технологических машин. Жулай В.А., Тюнин В.Л., Феденев А.А., Андрухов Д.И. / Патент на изобретение № 2 727 224 с приоритетом от 21.10.2019, Опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.
3. Жулай В.А., Тюнин В.Л., Шиенко А.Н. Экспериментальные исследования тяговых качеств колесного тягача землеройно-транспортных машин // Строительные и дорожные машины. – 2019. – № 12. – С. 20 – 23.
4. Жулай В.А., Кожакин Е.В., Тельпов А.К., Осипов А.А. Определение статистических характеристик рабочих нагрузок землеройно-транспортных машин // Естественные и технические науки. – 2020. – № 3 (141). – С. 206 – 211.
5. Жулай В.А., Устинов Ю.Ф., Тюнин В.Л., Кожакин Е.В. Датчик осевого усилия в конструкциях с шаровым шарниром строительных машин // "Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях": материалы международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 441 с., С. 169 – 173.
6. Никулин П.И., Бузин Ю.М., Жулай В.А. К вопросу оценки тяговых качеств землеройно-транспортных машин // Строительные и дорожные машины. – 1993. – № 2. – С. 22-23.
7. Жулай В.А. О производительности землеройно-транспортных машин // [Строительные и дорожные машины](#). – 2013. – № 3. – С. 37-39.
8. Жулай В.А., Енин В.И., Серов А.А. Моделирование работы автогрейдера с объёмным гидроприводом переднего моста // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 10. – С. 44-45.
9. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.

References

1. Zhulai V. A., Fedenev A. A., Andrukhov D. I., Peretrukhin D. S. Determination of the value of the displacement of the suspension axis of the balancer of an asymmetric motor grader drive // High technologies in the construction complex. 2019. №. 2.p. 113-118.
2. Unbalanced balancing drive of driving wheels of ground transport and technological machines. Zhulai V. A., Tyunin V. L., Fedenev A. A., Andrukhov D. I. / Patent for invention No. 2,727,224 with priority from 21.10.2019, Publ. 21.07.2020, Byul. №. 21.
3. Zhulai V. A., Tyunin V. L., Shienko A. N. Experimental studies of the traction qualities of a wheeled tractor of earth-moving vehicles // Construction and road machines.- 2019. - №. 12. - p. 20-23.
4. Zhulai V. A., Kozhakin E. V., Telpov A. K., Osipov A. A. Determination of statistical characteristics of working loads of earth-moving machines // Natural and technical Sciences. – 2020. – № 3 (141). – p. 206-211.
5. Zhulai V. A., Ustinov Yu. F., Tyunin V. L., Kozhakin E. V. Sensor of axial force in constructions with a ball joint of construction machines // "Energy-resource-saving technologies and equipment in road and construction industries": materials of the international scientific and practical conference. - Belgorod: BSTU publishing House, 2020. - 441 sec., p. 169-173.
6. Nikulin P. I., Buzin Yu. M., Zhulai V. A. On the issue of evaluating the traction qualities of earthmoving and transport machines // Construction and road machines. - 1993. - №. 2. - p. 22-23.
7. Zhulai V. A. On the productivity of earthmoving and transport machines // Construction and road machines. - 2013. - №. 3. - P. 37-39.
8. Zhulai V. A., Enin V. I., Serov A. A. Modeling of the operation of a motor grader with a three-dimensional hydraulic drive of the front bridge // Construction and road vehicles. - 2007. - №. 10. - p. 44-45.
9. Tractors: Theory: Textbook for University students / Under the General editorship Of V. V. Guskov. - M.: Machine building, 1988. - 376 sec.

*Воронежский государственный
технический университет
Магистранты кафедры строительной тех-
ники и инженерной механики им. профессора
Н.А. Ульянова О.Е.Наумов, О.М. Снегирева,
В.О.Наумов, С.А. Будаев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: onaumo@yandex.ru*

*Voronezh State Technical University
Undergraduates of the pulpit of the chair of
building technique and mechanics engineer-
ing named after Professor N.A. Ul'yanova
O.E. Naumov, O.M. Snegireva, V.O.
Naumov, S.A. Budaev
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: onaumo@yandex.ru*

О.Е. Наумов, О.М. Снегирева, В.О. Наумов, С.А. Будаев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ И СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КАБИН

Виброизоляторы при эксплуатации испытывают статические нагрузки, от веса подрессорирваемого объекта, то есть кабины, и динамические нагрузки от воздействия рамы при выполнении техники рабочих функций. В связи с этим все виброизоляторы в в системе подрессоривания кабин должны подвергается испытаниям.

Ключевые слова: виброизолятор, система подрессоривания, подвеска кабины.

O.E. Naumov, O.M. Snegireva, V.O. Naumov, S.A. Budaev

RESEARCH OF VIBRATION ISOLATORS AND SUSPENSION SYSTEMS CABIN

Vibration isolators during operation experience static loads, from the weight of the object to be compressed, that is, the cab, and dynamic loads from the action of the frame during the performance of working functions. In this regard, all vibration isolators in in the cockpit restraint system shall be tested.

Keywords: vibration isolator, compression system, cockpit suspension.

Степень снижения колебаний на рабочем месте оператора дорожно-транспортной машины во многом зависит от компоновки машины (расположения кабины вдоль продольной базы трактора). Чем ближе кабина к задней оси машины, тем ниже эффективность подрессоривания переднего моста. В меньшей мере изучено влияние подрессоривания заднего моста трактора на уровень колебаний на рабочем месте оператора. Подрессоривание остова трактора связано с рядом ограничений конструктивного и эксплуатационного характера. Параметры систем подрессоривания остова тракторов также имеют ряд конструктивных ограничений по габаритам упругих элементов, их размещения, величине динамического хода остова, особенно при работе трактора с навесными и прицепными орудиями. Мало изучены вопросы влияния подрессоривания остова тракторов на управляемость и тягово-сцепные качества [1]. Подрессоривание переднего моста отечественных тракторов привело к определенному снижению уровня низкочастотных колебаний на рабочем месте тракториста. Однако это мероприятие не решило всей проблемы. Подрессоривание кабин в настоящее время на-

шло меньшее применение, чем подрессоривание остова трактора, однако в определенных ситуациях она позволяет снизить вибрационное влияние на оператора [1, 2, 3].

Для подрессоривания кабин гусеничной техники дорожно-транспортных машин (семейств ДТ и ВТ) используются виброизоляторы из эластомера, конструкция которых показана на рис. 1.

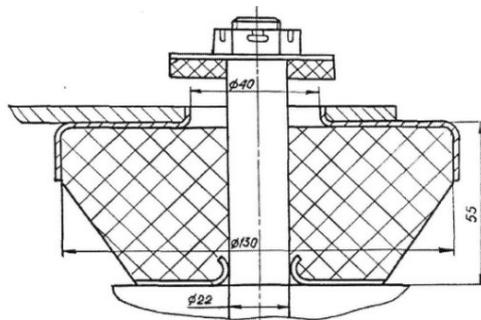


Рис. 1. Виброизолятор кабины трактора семейства ДТ и ВТ

Экспериментальное исследование упруго-демпфирующих свойств виброизоляторов при статическом нагружении можно выполнять на специальном стенде, схема которого показана на рис. 2.

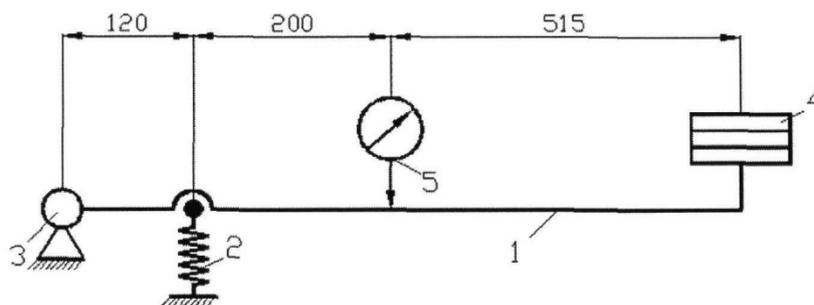


Рис.2. Схема для экспериментального исследования упруго-демпфирующих свойств виброизоляторов:
1 - качающийся рычаг; 2 - виброизолятор; 3 - ось качания; 4 - грузы; 5 - индикаторная головка

Во время исследований осуществляется ступенчатая нагрузка-разгрузка репрезентативной партии виброизоляторов в соответствии со схемой, представленной на рис. 2, грузами весом по 40 Н. В качестве регистрирующего прибора используется индикаторная головка. Нагрузка-разгрузка каждого виброизолятора повторялась определенное число раз. Таким образом определяется статическая вертикальная (осевая) жесткость виброизоляторов.

Во время исследований виброизолятор устанавливался на стенд в соответствии со схемой, представленной на рис. 3.

При обработки результатов исследования небольшой партии виброизоляторов были получены упруго-демпфирующие характеристики виброизоляторов данного типа, представленные на рис. 4, и зависимости их жесткости от величины деформации, представленные на рис. 5. На рис. 4 точечной линией показана упругая характеристика самого жесткого виброизолятора партии, пунктирной линией - самого мягкого, сплошной линией - осредненная упругая характеристика виброизоляторов партии, а двойной тонкой линией - средняя за цикл нагрузка-разгрузка. Анализ этих характеристик свидетельствует о том, что максимальное отклонение деформации виброизоляторов при максимальной нагрузке составляет 30% от средней величины для партии. В рабочей области упругая характеристика виброизоляторов данного типа близка к линейной [1].

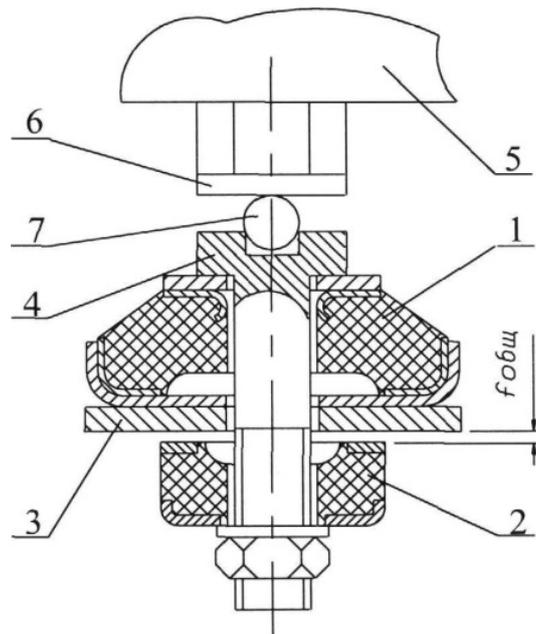


Рис. 3. Схема установки виброизолятора на стенде:
 1, 2 - верхний и нижний упругие элементы виброизолятора; 3 - нижняя опорная площадка; (имитация кабины);
 4 - болтовое соединение; 5 - рычаг стенда (имитация остова); 6 – болтовое соединение; 7 - опорный шарик

Существенная нелинейность наблюдается только на участках начала нагрузки и конца разгрузки.

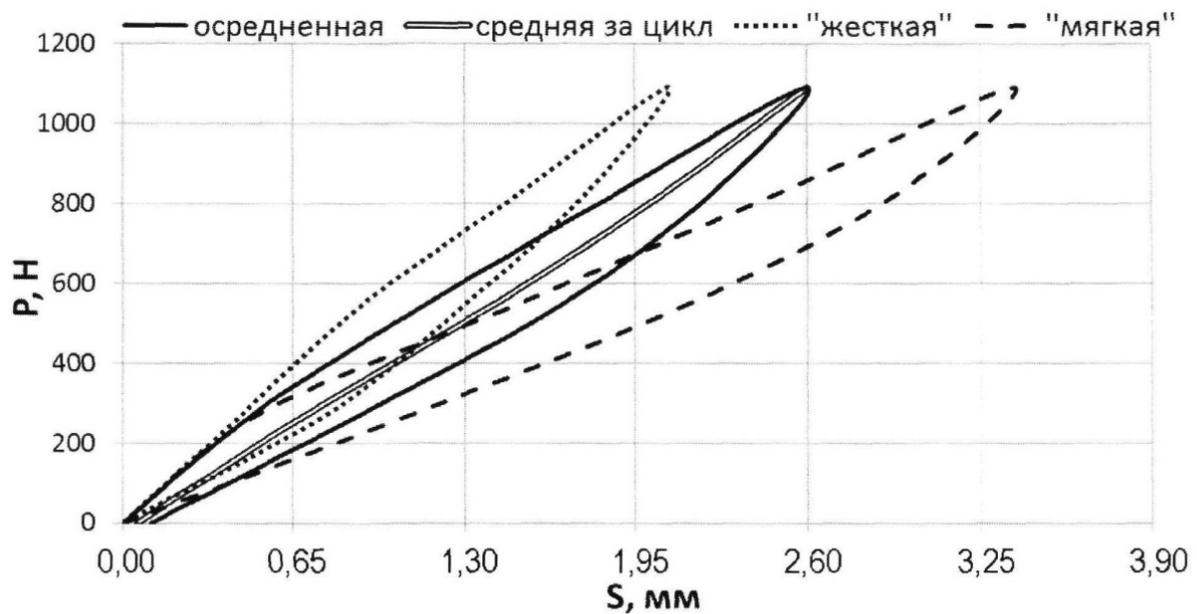


Рис. 4. Упруго-демпфирующие характеристики виброизоляторов

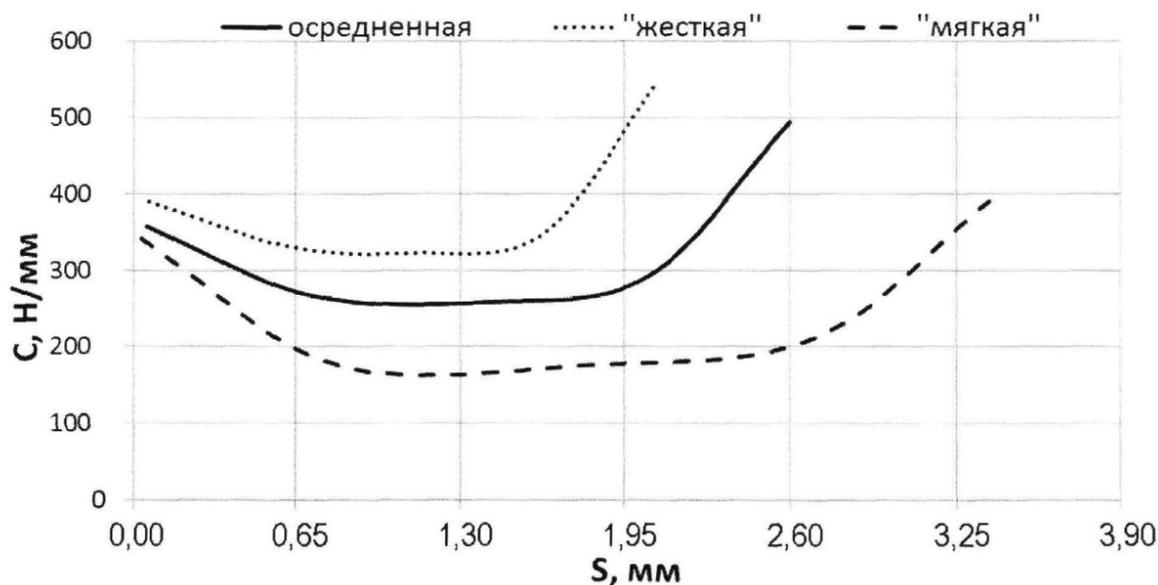


Рис. 5. Зависимости осевой жесткости виброизоляторов от деформации

Характеристики осевой жесткости виброизоляторов от деформации представлены на рис. 5, точечной линией - самого жесткого, пунктирной - самого мягкого, сплошной - осредненная характеристика для партии. Отклонение жесткости от средней величины также составляет 30 %. Осредненная характеристика имеет участок, на котором жесткость уменьшается при увеличении деформации — это имеет место при деформациях в диапазоне от 0 до 0,65 мм. На следующем участке, от 0,65 до 1,95 мм, жесткость остается практически постоянной. При дальнейшем росте деформации от 1,95 до 2,60 мм наблюдается увеличение жесткости от 275000 до 490000 Н/м.

Таким образом, для данного типа виброизоляторов величина максимальной вертикальной (осевой) статической жесткости находится в диапазоне от 390000 до 540000 Н/м.

Динамическую жесткость виброизолятора определяют по следующей зависимости

$$C_{din} = \frac{P}{S} \cos \Delta\varphi,$$

где P – амплитуда действующей на виброизолятор динамической силы;

S – амплитуда виброперемещения;

$\Delta\varphi$ – сдвиг фаз между динамической силой и виброперемещением.

Испытания виброизоляторов проводилась на стенде, представленном на рис. 6. На нем выполнена серия экспериментальных исследований динамической жесткости репрезентативной партии виброизоляторов.

Исследования выполнялись при работе виброизоляторов в режиме свободных (затухающих) колебаний, которые получались в результате импульсного воздействия от веса груза при срабатывании спускового устройства. При исследовании каждого из них, в соответствии с выше приведенной формулой, записывалась осциллограмма процесса изменения действующей на виброизолятор динамической силы P и деформации S виброизолятора. На рис. 7 приведена осредненная для репрезентативной партии виброизоляторов запись этих процессов.

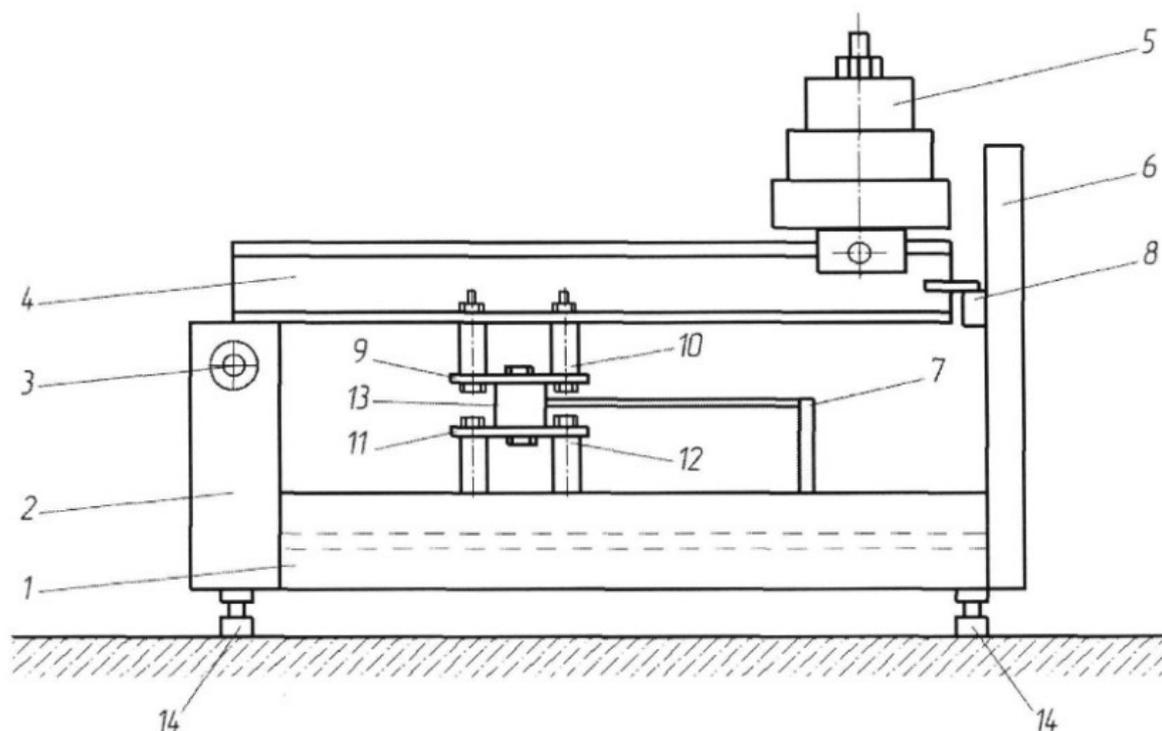


Рис. 6. Схема стенда для испытаний виброизоляторов:

1 - рама стенда; 2, 6 - вертикальные стойки; 3 - ось качания; 4 - качающийся рычаг; 5 - груз; 7 - устройство регистрации деформаций; 8 - спусковое устройство; 9 - верхняя опора испытуемого виброизолятора; 10, 12 - опорные ножки; 11 - нижняя опора испытуемого виброизолятора; 13 - испытуемый виброизолятор; 14 - болты крепления рамы

Значения динамической силы, деформации и рассчитанные по выше приведенной формуле значения динамической жесткости, определенные для амплитудных точек первых четырех циклов колебаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты значения динамической силы, деформации и динамическая жесткость

№ цикла	1	2	3	4
P , Н	572,3	532,2	344,4	349,6
S , м	0,00133	0,00117	0,00099	0,00088
C , Н/м	401000	401000	308000	344000

Графическое отображение полученных данных представлены на рис. 7.

На рисунке 8 показан график изменения осредненной для партии динамической жесткости виброизоляторов от деформации.

Для расчета величины динамической жесткости в каждой из этих четырех точек определено значение $\cos \varphi$. Угол φ определялся из отношения величины смещения (запаздывания) по времени амплитудных точек динамической силы P и деформации S на графике для каждого цикла колебаний. Его величина в градусах определялась из пропорции отношения времени запаздывания к времени полного цикла (360°) колебаний.

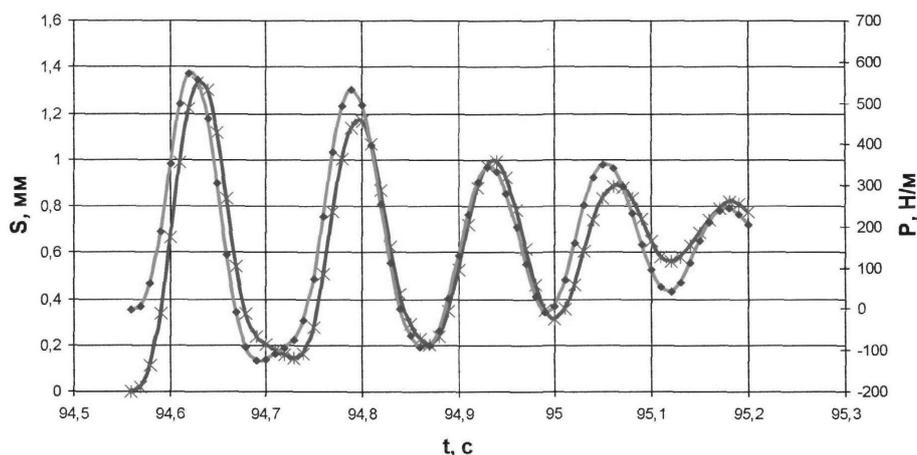


Рис. 7. Изменение усилия и деформации при затухающих колебаниях

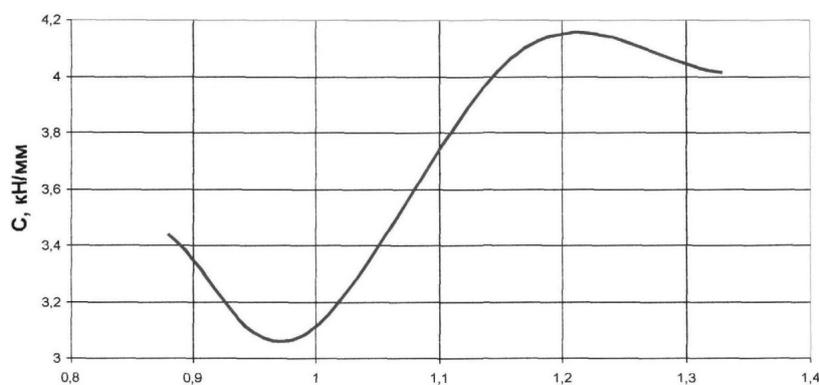


Рис. 8. Изменение осредненной динамической жесткости от деформации

Таким образом, для данного типа виброизоляторов величина динамической жесткости находится в диапазоне от 308000 до 401000 Н/м [1].

На базе Научно-исследовательского института проблем виброакустики (Воронежский государственный технический университет) был разработан виброизолятор новой конструктивной формы [2]. Общий вид и конструкция виброизолятора представлены на рис. 9. Особенностью данного опытного виброизолятора является то, что резина в нем работает не только на сжатие (как у многих штатных виброизоляторов), но и на сдвиг и кручение, что обеспечивает более эффективное гашение виброакустической энергии за счет сил внутреннего трения [3, 4].

Гашение виброакустической энергии в опорных связях кабины осуществляется в результате свойства резины – способности к большим обратимым, так называемым высокоэластическим деформациям в широком интервале температур [5].

Для определения жесткости опытного виброизолятора были проведены численные исследования методом конечных элементов. Построение и расчет модели осуществлялось в программе "Solidworks", образец представлен на рис. 9. Разбиение на конечные элементы осуществлялось программой автоматически.

Так как рабочая поверхность опытного виброизолятора математически описана синусоидой, для определения зависимости жесткости опытного образца от формы были построены другие модели виброизоляторов, у которых были изменены: период синусоиды T , описывающей поверхность, амплитуда синусоиды A , толщина слоя резины h .

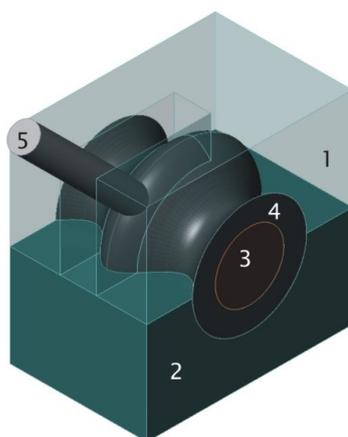


Рис. 9. Виброизолятор в сборе при расчете МКЭ

При расчете задавались следующие условия:

- нижняя 2 и верхняя 1 половины корпуса жестко связаны между собой и закреплены от перемещений в пространстве;
- резина 4 в виброизоляторе привулканизирована к фигурному пальцу 3 и к внутренней части корпуса 1, 2;
- шток 5 жестко связан с фигурным пальцем 3;
- нагрузка приложена вдоль оси штока 5.

В результате расчета получены следующие данные, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Значения жесткости виброизолятора в зависимости от его формы

Изменяемые параметры	Значение параметров	Значение жесткости c , кН/м
-	Базовый: $A=7,5$ мм, $T=40$ мм, $h=10$ мм	2105,263
Изменение периода T	$T=32,73$ мм	2330,513
	$T=34,29$ мм	2328,343
	$T=48$ мм	1960,784
	$T=51,43$ мм	1984,127
Изменение амплитуды A	$A=9$ мм	2272,727
	$A=11$ мм	2493,766
	$A=6$ мм	1930,501
	$A=4$ мм	1721,170
Изменение толщины слоя резины h	$h=12$ мм	1626,016
	$h=14$ мм	1312,335
	$h=16$ мм	1063,830
	$h=18$ мм	892,857

Выводы

1. Данные исследования показывают что при увеличении деформации увеличивается жесткость виброизоляторов и как следствие теряется эффект виброгашения кабины. Следовательно в зависимости от условий работы техники необходимо учитывать материал виброизоляторов.

2. Динамическая жесткость виброизоляторов зависит от амплитуды действующей динамической силы, следовательно на вибрацию кабины будет существенно влиять тип дорожного покрытия, где работает техника, нагрузка которая возникает при работе и как следствие силовые вибрации передаваемые от узлов и механизмов.

3. На основании исследований, проведенных методом конечных элементов, установлены зависимости жесткости опытного виброизолятора от периода и амплитуды синусоиды, описывающих его рабочую поверхность..

4. Следует отметить, что, варьируя параметрами, определяющими размеры виброизолятора (A , T , h), а также видом вибродемпфирующего материала, можно подобрать виброизолятор, эффективно работающий в любом другом заданном диапазоне частот.

Библиографический список

1. Шеховцов К.В. Снижение уровня вибронегруженности рабочего места оператора трактора за счет применения динамических гасителей колебаний в системе поддрессирования кабины машины/ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Волгоград – 2014.

2. 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.

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. Shekhovtsov K.V. Reducing the level of vibration load of the tractor operator's workplace due to the use of dynamic vibration dampers in the suspension system of the machine cab / Dissertation for the degree of candidate of technical sciences Volgograd - 2014.

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 д-р. техн. наук,
проф. кафедры строительной техники и
инженерной механики В.А. Нилов,
канд. техн. наук Е.В. Федоров,
студенты А.А. Скукин, И.В. Федоров,
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,
D.Sc.(Engineerin) E.V.Fedorov ,
Students A.A.Skukin, I.V.Fedorov,
Voronezh, tel. +7 (473) 277-01-29
e-mail: vladnil1014@mail.ru*

В.А. Нилов, Е.В. Федоров, А.А. Скукин, И.В. Федоров

НОЖЕВАЯ СИСТЕМА СКРЕПЕРА ДЛЯ КОПАНИЯ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНОГО РЕЗАНИЯ

Работа связана с исследованием заполнения ковша скреперов в условиях свободного резания грунта. Выполнен анализ конструкций ножевых систем, обеспечивающих такие условия резания и предложено изменение конструкции ножевой системы, обеспечивающей эффективное заполнение ковша.

Ключевые слова: ножевая система, свободное резание, формирование стружки.

V.A. Nilov, E.V. Fedorov, A.A. Skukin, I.V. Fedorov

SCRAPER KNIFE SYSTEM FOR DIGGING UNDER THE CONDITIONS OF FREE CUTTING

The work is related to the study of scraper bucket filling in conditions of free cutting of the soil. The analysis of the designs of the knife systems providing such cutting conditions is carried out and a change in the design of the knife system is proposed to ensure efficient filling of the bucket.

Key words: knife system, free cutting, shaving formation.

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



Рис. 1. Заполнение ковша скрепера с толкачом

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

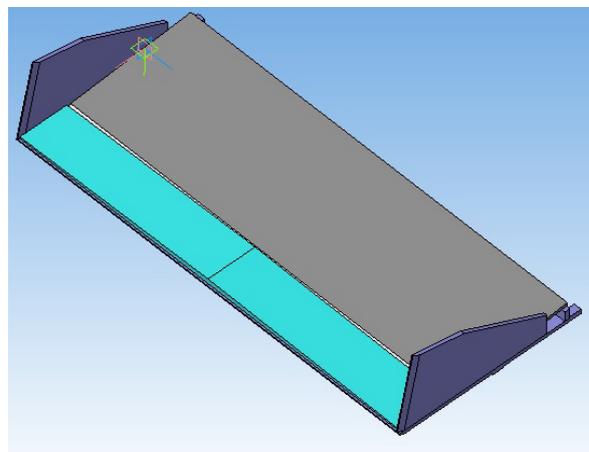
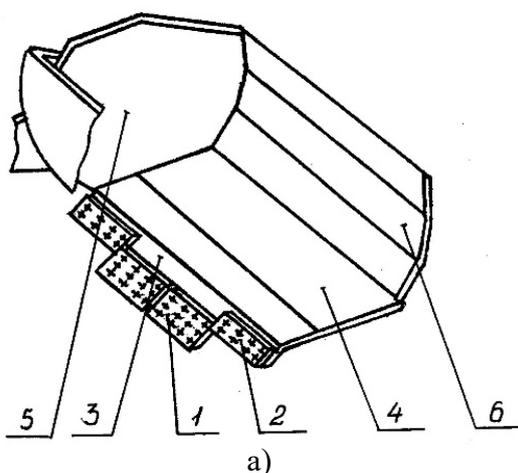


Рис. 2. Ножевые система скрепера:
а) ступенчатая; б) совковый режущий орган

Для обеспечения самостоятельной разработки грунта, без толкачей рекомендован совковый режущий орган [2] (рис. 2б), который имеет уменьшенную ширину резания и обеспечивает (без дополнительных толкачей) значительную толщину стружки и хорошее заполнение ковша (рис. 3). Проведенные исследования [2] позволили определить оптимальную ширину совкового режущего органа $0,6 B_k$ (рис. 4), которая обеспечивает уменьшение тягового усилия до 40% при одинаковой высоте заполнения. При этом также отмечено влияние совкового режущего органа на уплотнение грунта в ковше на 15...18%, что обеспечивает грунтовой стружке большую устойчивость и лучшее заполнение ковша.

Однако совковый режущий орган создает неровный забой, не может обеспечить качественное разравнивание грунта в отвале, поэтому его применение рекомендовано совместно со скреперами, имеющими традиционную ступенчатую ножевую систему по шахматной схеме [2].



Рис. 3. Заполнение ковша с совковым режущим органом

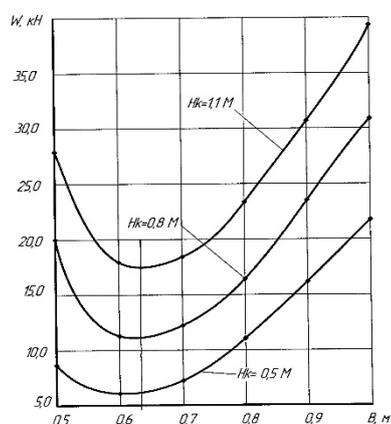


Рис. 4. Влияние ширины резания на заполнение ковша

Отмеченные недостатки ступенчатой ножевой системы и совкового режущего органа устранены в новой комбинированной ножевой системе [3, 4]. Комбинированная ножевая система (рис. 5) включает ковш 6 с серийной ступенчатой ножевой системой 9 и совковый режущий орган 14, который установлен на передней заслонке 5 ковша 6.

Испытания комбинированной ножевой системы показали её положительные качества по уменьшению энергоёмкости процесса резания (рис. 6), улучшению ровности забоя и выявили влияние ширины свободного резания на распределение грунта в ковше.

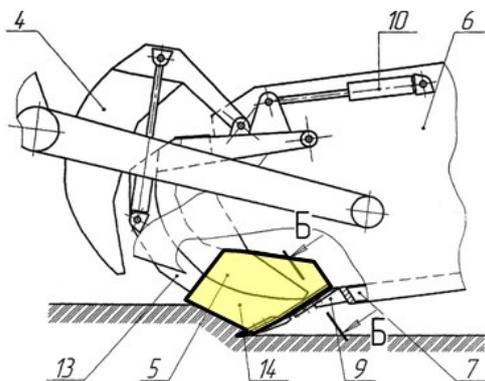


Рис. 5. Копание совковым режущим органом

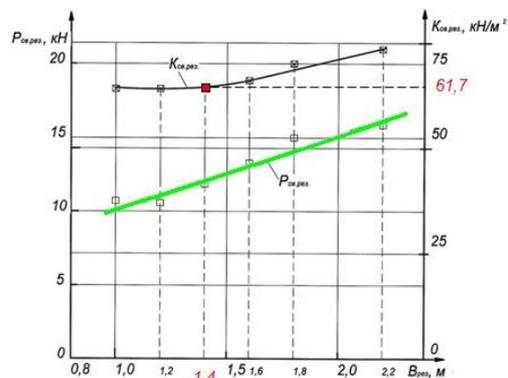


Рис. 6. Зависимость усилия свободного резания $P_{св.рез.}$ и удельного сопротивления свободному резанию $K_{св.рез.}$ от ширины резания

По результатам проведенных испытаний были разработаны рекомендации по рациональному распределению грунта в ковше скрепера в условиях свободного резания:

1. Ковш скрепера сначала заполняли на $\frac{1}{4}$ часть, затем останавливали скреперный агрегат. Перемещали заднюю стенку ковша вперед до конца и возвращали ее в исходное положение. Скреперный агрегат продолжал движение до полной загрузки ковша.

2. Скреперный агрегат начинал копание грунта с выдвинутой вперед задней стенки полностью. По мере заполнения передней части ковша, отодвигали заднюю стенку назад на ходу и завершали заполнение ковша.

3. Скреперный агрегат начинал копание грунта с выдвинутой вперед задней стенки до середины ковша, затем ее сдвигали вперед до полного заполнения области передней заслонки. После чего заднюю стенку полностью перемещали назад и завершали заполнение ковша.

При применении рекомендаций по рациональному распределению грунта в ковше скрепера в условиях свободного резания улучшалось заполнение области передней заслонки и ковша в целом (рис. 8). При этом отмечено, что быстрое перемещение задней стенки назад уменьшает высоту грунта в ковше в средней фазе заполнения, что благоприятно сказывается на уменьшении общего времени заполнения ковша.



Рис. 7. Заполнение ковша в условиях свободного резания при ширине меньше 1,6 м



Рис. 8. Заполнение ковша в условиях свободного резания при перемещении задней стенки

Полученные в ходе испытаний скрепера с комбинированной ножевой системой результаты показали необходимость её совершенствования в части обеспечения полного заполнения передней части ковша без манипуляций с задней стенкой. Перемещения задней стенки отвлекают оператора от копания грунта и увеличивают время набора грунта, что отрицательно сказывается на производительности скрепера. Нам представляется, что этот недостаток можно устранить изменив конструкцию комбинированной ножевой системы таким образом, чтобы она (по аналогии с совковым режущим органом) обеспечивала наряду со свободным резанием формирование из разрыхленного срезанного грунта плотной и устойчивой стружки. Такая стружка должна свободно проникать через набранный в ковш грунт и полностью заполнять его переднюю часть. Научные и конструкторские работы в этом направлении проводятся на кафедре Строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова.

Выводы

1. Создание и испытания комбинированной ножевой системы обеспечивает разработку грунта в условиях наименее энергоемкого свободного резания.
2. Для обеспечения полного заполнения ковша при свободном резании грунта (без манипуляций с задней стенкой) необходимо изменить её конструкцию и создать условия для формирования устойчивой и прочной стружки из уже срезанного грунта.

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. Федоров Е.В. Обоснование применения комбинированной ножевой системы и усовершенствованного прицепного устройства скрепера. Автореферат дис.... канд. техн. наук. – Воронеж, - 2016, 22 с.
4. Пат. РФ № 2467129 Российская Федерация, С2, E02F 3/64. Ковш скрепера / Нилов В.А., Летуновский К.П., Бударин Р.Э., Нилова В.И. Заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. № 210102451/03; заявл. 25.01.2010; 25.01.2010, опубл. 20.11.2012. Бюл. № 32. 5 с.

References

1. Self-Propelled pneumatic wheel scrapers and earth movers. Group of authors. Ed. by D. I. Pleshkov, Moscow, "Mashinostroenie", 1970, 272 p.
2. Borisenkov V. A., Katsin V. A. Research of the work of a scraper with a scoop cutting body //Transport construction. - 1972. - No. 12. With 50-51.
3. Fedorov E. V. Justification of the use of a combined knife system and an improved trailer device of the scraper. The author's abstract dis.... *D.Sc. (Engineerin)*. - Voronezh, - 2016, 22 p.
4. Pat. RF No. 2467129 Russian Federation, C2, E02F 3/64. Scraper bucket / Nilov V. A., letunovsky K. P., Budarin R. E., Nilova V. I. Applicant and patent holder Voronezh state technical University. No. 210102451/03; application no. 25.01.2010; 25.01.2010, publ. 20.11.2012. Byul. no. 32. 5 p.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University
D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ulyanova E.A. Tarasov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Е.А. Тарасов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПО ЗАПИСИ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРА

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.

Ключевые слова: автомобиль, скорость движения, видеорегиистратор.

Е.А. Tarasov

DETERMINING THE SPEED OF THE CAR BY DVR RECORDING

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.

Keywords: car, speed, DVR.

На разрешение эксперта поставлены вопросы:

1. Какова скорость движения автомобиля «Форд Фокус» (автомобиль с которого ведется видеозапись происходящего) перед столкновением с автомобилем «Шеврале Лацетти»?
2. Каково расстояние между автомобилем «Форд Фокус» и встречным автомобилем «Шеврале Лацетти» в момент пересечения бампером последнего разметки разделяющей встречные полосы движения?

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 [1].

Предварительное исследование показало, что видеозапись зафиксирована в файле «MOVI0065.avi» (хэш-сумма MD5: A3632C16AB399E8DA84FC3030259D9DF).

Подлежащий исследованию файл видеозаписи был скопирован в память ПЭВМ на накопитель на жестком магнитном диске.

Представленная на исследование видеозапись была зафиксирована при помощи автомобильного видеорегистратора, установленного с внутренней стороны лобового стекла автомобиля. В нижней части кадра расположены маркеры, содержащие сведения о дате и времени записи, геолокации, скорости, а также символы в виде иероглифов. Видеозапись проводилась в светлое время суток при естественном освещении. Изображения объектов имеют достаточные для проведения исследования резкостные характеристики. Проезжая часть имеет две полосы движения. На дорожном покрытии хорошо различимы элементы дорожной разметки. Представленная на исследование видеозапись имеет продолжительность 01 мин. и состоит из 1500 кадров. Частота кадров составляет 25 кадров/с, то есть время отображения кадра составляет 0,04 с. [2].

Таким образом, технические характеристики и визуальное качество представленной на исследование видеозаписи достаточны для проведения дальнейшего исследования.

II. Решение вопроса: «Какова скорость движения автомобиля «Форд Фокус» (автомобиль с которого ведется видеозапись происходящего) перед столкновением с автомобилем «Шеврале Лацетти»?»

Исследование имело своей целью установление скорости движения транспортного средства оснащенного устройством видеофиксации по видеозаписи зафиксированной в файле «MOVI0065.avi», 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 [3].

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 транспортного средства оснащенного устройством видеофиксации, являются участки видеозаписи, на которых зафиксировано его движение между стационарными объектами дорожной инфраструктуры – элементами линии дорожной разметки 1.6, и знаками 5.15.5 и 6.10.1 (рис. 1).

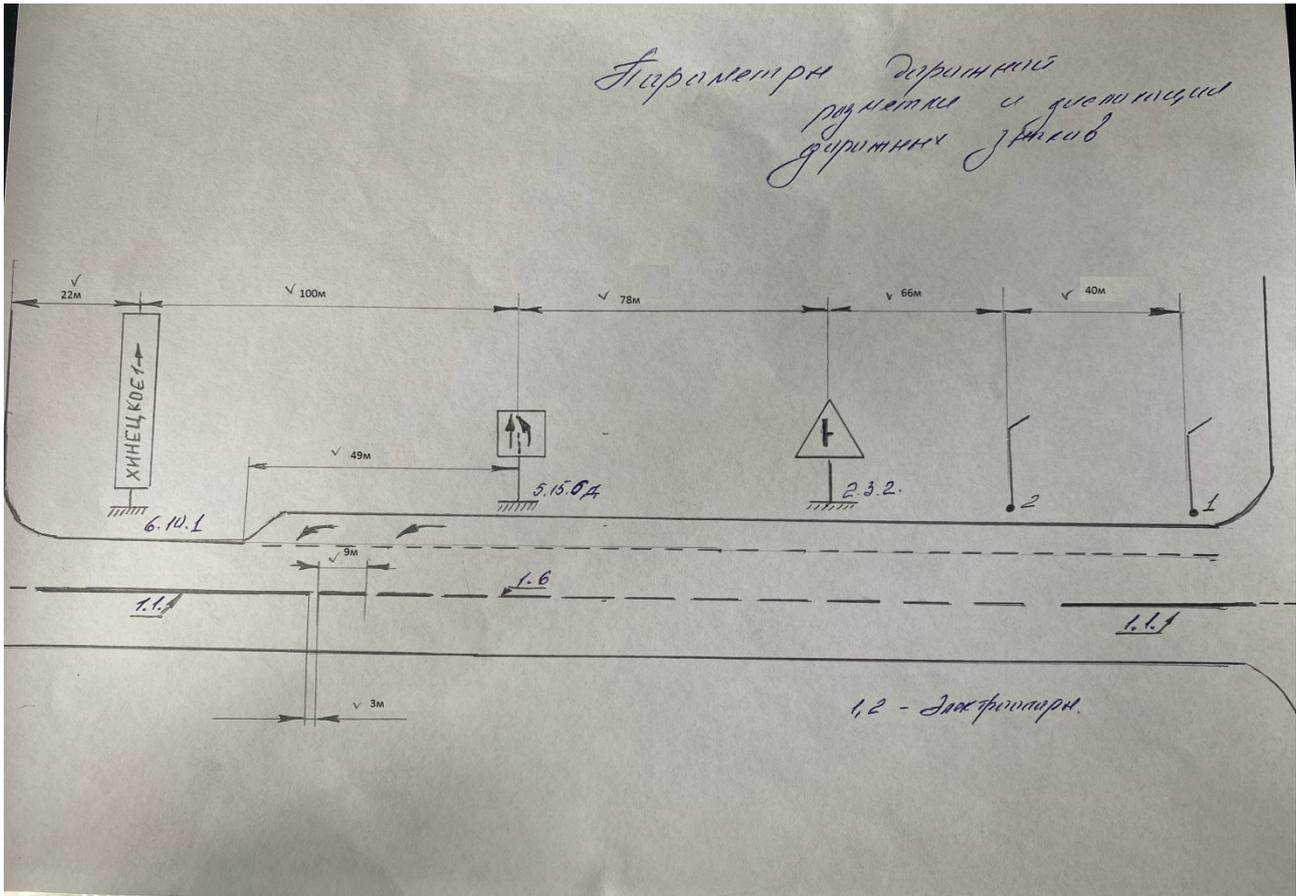


Рис. 1. Геометрические размеры прерывистой линии дорожной разметки 1.6, расстояние между знаками 5.15.5 и 6.10.1

Для решения поставленной задачи были выбраны два участка видеозаписи.

На первом участке позиционирование автомобиля производилось по правому краю кадра относительно дорожных знаков 5.15.5 и 6.10.1 (рис. 2) в кадрах 151 и 210 [4].

На втором участке позиционирование автомобиля производилось по нижней границе кадра относительно линий дорожной разметки 1.6 (рис. 3) в кадрах 150 и 191.



Рис. 2. Кадры 151 и 210 иллюстрирующие позиционирование автомобиля относительно дорожных знаков



Рис. 3. Кадры 150 и 191 иллюстрирующие позиционирование автомобиля относительно дорожной разметки

Расчет скорости на первом участке

Из отраженной в Илл. 1 схемы известно, что

- расстояние между знаками 5.15.5 и 6.10.1 равняется 100 метрам;
- вышеуказанный путь, пройденный автомобилем Форд Фокус зафиксирован в 60 кадрах;
- время отображения кадра равняется 0,04 с.

Следовательно, $V=S/T$, $V=100/60*0,04=41,7\text{ м/с} * 3,6=150,12\text{ км/ч}$.

Таким образом, средняя расчетная скорость автомобиля Форд Фокус равняется 150,12 км/ч.

Расчет скорости на втором участке

Из отраженной на рисунке 1 схемы известно, что

- длина линии разметки 1.6 равна 9 м., длина промежутка равна 3 м.;
- путь, отраженный в кадрах 150-191 равен 6 линиям и 6 промежуткам, то есть равен 72 метрам;

- вышеуказанный путь, пройденный автомобилем Форд Фокус зафиксирован в 42 кадрах;
- время отображения кадра равняется 0,04 с.

Следовательно, $V=S/T$, $V=72/42*0,04=42,8\text{ м/с} * 3,6=154,08\text{ км/ч}$

Таким образом, средняя расчетная скорость автомобиля Форд Фокус равняется 154,08 км/ч.

Так как скорость движения автомобиля не является величиной постоянной, то выводим среднее значение скорости движения автомобиля Форд Фокус: $(150,12+154,08)/2=152,1\text{ км/ч}$.

Таким образом, средняя расчетная скорость движения автомобиля «Форд Фокус» перед столкновением составляла 152,1 км/ч [5].

III. Решение вопроса: «Каково расстояние между автомобилем «Форд Фокус» и встречным автомобилем «Шеврале Лацетти» в момент пересечения бампером последнего разметки разделяющей встречные полосы движения?»

Исследование имело своей целью установить расстояние, на котором находились автомобили друг от друга в момент пересечения осевой линии разметки автомобилем Шеврале Лацетти.

Для решения поставленной задачи, экспертом проводился визуальный анализ представленной видеозаписи с применением метода просмотра в нормальном режиме, ускоренного и замедленного просмотра, а также покадрового просмотра в прямом и обратном направлении. Также проводился анализ расположения автомобилей относительно линий дорожной разметки 1,1, 1,6, 1,7, 1,13 [6].

Визуальный анализ показал, что

- момент пересечения бампером автомобиля Шевроле Лацетти разделительной линии зафиксирован в кадре 216 исследуемой видеозаписи (рис. 4);
- автомобиль Шевроле Лацетти при повороте налево пересекает левым передним колесом окончание линии разметки 1.6 (рис. 4);
- установить длину участка 1 не представляется возможным в связи с наличием перспективных искажений (особенность оптической системы видеорегистратора), отсутствием в данной области кадра какого-либо объекта, известные размеры которого возможно было бы использовать в качестве сравнительных;
- длина участка 2 (рис. 4) соответствует 23 линиям и 24 промежуткам разметки 1.7, что соответствует расстоянию 23,5 метра;
- длина участка 3 (рис. 4), то есть длина видимого фрагмента линии разметки 1.6 соответствует 3 линиям и 4 промежуткам разметки 1.7, что равняется 3,5 метрам (согласно ГОСТ Р 51256-2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. Длина линий и промежутков разметки 1.7 составляет 0,5 метров);
- между крайней передней точкой кузова автомобиля Форд Фокус и началом видимой зоны разметки 1.6 имеется расстояние, точно измерить которое не представляется возможным, так как данное расстояние (область мертвой зоны видимости камеры) зависит от высоты и вертикального угла установки камеры, и может составлять не менее 1-го и не более 3-х метров.

Проведенный анализ показал, что суммируя длины участков 2 и 3, а также минимальную длину мертвой зоны ($23,5+3,5+1=28$) получаем установленное расстояние между автомобилями 28 метров. Однако фактическое расстояние между автомобилями было больше, так как при расчете не учитывалась длина участка 1 (установить не представляется возможным), при расчете использовалась минимальная длина области мертвой зоны видимости камеры [7].

Таким образом, расстояние между автомобилем «Форд Фокус» и встречным автомобилем «Шевроле Лацетти» в момент пересечения бампером последнего разметки разделяющей встречные полосы движения, составляло более 28 метров.

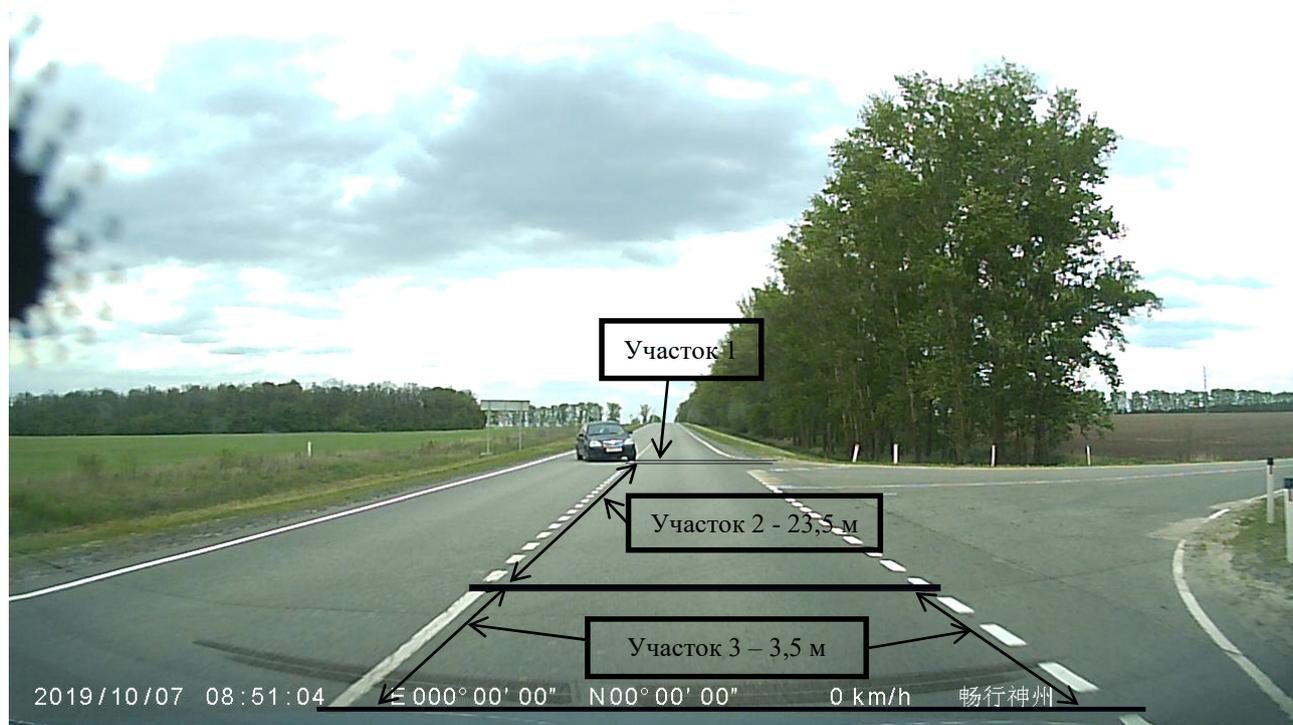


Рис. 4. Кадр 216, иллюстрирующий момент пересечения разметки автомобилем Шевроле Лацетти, а также установленные расстояния

Выводы

1. Средняя расчетная скорость движения автомобиля «Форд Фокус» перед столкновением с автомобилем «Шеврале Лацетти» составляла 152,1 км/ч.
2. Расстояние между автомобилем «Форд Фокус» и встречным автомобилем «Шеврале Лацетти» в момент пересечения бампером последнего разметки разделяющей встречные полосы движения, составляло более 28 метров.

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. Тарасов Е.А. Важность применения криминалистических методов при сборе материалов для автотехнической экспертизы обстоятельств ДТП // Адвокатская практика. - 2020. - № 4. - С. 37-43.
4. Кочетков А.Т. Криминалистическая видеозапись. М: Щит–М, 2004.
5. 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.
6. Тарасов Е.А. Особенности и тактика назначения судебной автотехнической экспертизы с учетом необходимости ситуационного моделирования обстоятельств возникновения ДТП // Транспортное право. - 2020. - № 2. - С. 25-28.
7. Тарасов Е.А. Пример заключения специалиста по исследованию причин неисправности гидроблока АКПП в процессе производства автотехнической экспертизы // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. № 2. С. 146–156.

References

1. GOST R 51256-2018. Technical means of traffic management. Road markings. Classification. Specifications. M: STANDARTINFORM 2018.;
2. Kaganov A. sh. Forensic research of video and sound recordings// Criminalistics. Information technologies of proof / ed.by Prof. V. ya. Koldin-m: Zertsalo-M, 2007. - 752 p.
3. Tarasov E. A. the Importance of using forensic methods when collecting materials for auto-technical examination of the circumstances of an accident. - 2020. - No. 4. - Pp. 37-43.
4. Kochetkov A. T. Forensic video recording. M: Shield-M, 2004.
5. 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:Sudex publishing center, 2011. – 223 p.
6. Tarasov E. A. Features and tactics of appointment of judicial auto technical expertise taking into account the need for situational modeling of the circumstances of an accident // Transport law. - 2020. - no. 2. - P. 25-28.
7. Tarasov E. A. Example of the conclusion of a specialist on the study of the causes of malfunction of the automatic transmission hydraulic unit in the process of production of auto technical expertise // High technologies in the construction complex. 2019. No. 2. Pp. 146-156.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 625.7

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

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

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

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАСЧЕТА ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЕИ НА АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Ровность покрытия автомобильной дороги – один из основных факторов безопасности движения. Ранее считалось, что образование колеи на проезжей части характерно только для автомобильных дорог, а на автодорожных мостах из-за железобетонного основания такого явления не должно быть. Рассмотрим причины ее образования, как избежать ее появления, разработаем алгоритм прогнозирования процесса колееобразования.

Ключевые слова: колея, железобетонный мост, асфальтобетонное покрытие, вязко-упругие свойства, пневмоколеса, деформация.

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

THEORETICAL BACKGROUND FOR CALCULATING TRACK FORMATION ON ASPHALT CONCRETE PAVEMENT OF REINFORCED CONCRETE ROAD BRIDGES

The smoothness of the road surface is one of the main factors of traffic safety. Previously, it was assumed that the formation of a track on the roadway is typical only for highways, and on road bridges, because of the reinforced concrete base, this phenomenon should not be. Let's consider the reason for its formation, how to avoid its appearance, and develop an algorithm for predicting the process of rutting.

Keywords: track, reinforced concrete bridge, asphalt concrete pavement, visco-elastic properties, pneumatic wheels, deformation.

Проблемами образования колеи на асфальтобетонном покрытии под действием транспортных средств и вопросами деформирования материалов дорожных одежд занимались многие ученые.

Математические модели колеи имеют достаточно сложное описание и требуют определения ряда параметров экспериментальным путем. Известны работы, где авторы предложили упрощенные математические модели образования колеи в материале дорожной одежды от действия пневмоколес. В данных моделях одновременно не учитывается термореологические свойства материала, разное время действия нагрузки пневмоколес от транспортного средства и температуры, а также толщина покрытия [1-3].

Учитывая это, существующие модели колеи для асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах требуют дополнительного исследования. Среди ряда различных факторов, влияющих на колею в материале дорожной одежды, наиболее существенным является исследование материала под нагрузкой. Математические модели с описанием реологического поведения материала под нагрузкой разнообразны. Рассматривая закономерности этого поведения выделяют линейное или нелинейное деформирование материала, имеющее упругие или неупругие свойства. В зависимости от величины приложенной нагрузки и времени его действия различают материалы со следующими свойствами: упругими, вязко-упругими, вязко-пластическими. Для описания закономерностей поведения материалов с такими свойствами используют три основных закона: Гука (упругое поведение материала), Ньютона (вязкое поведение материала) и Сен-Венана (характеризует трения материала), а их комбинация позволяет отображать поведение материала как упругого, вязко-упругого или вязко-пластического тела. Наличие большого количества элементов более точно отражает процесс деформирования материала, но существенно затрудняет его математический расчет. Однако существует мнение, что эти модели не отражают особенностей структуры и молекулярной природы вязко-упругих свойств материала, а в работах решительно утверждается о нецелесообразности попыток описания поведения материала моделями, состоящих из классических элементов. Поэтому для решения практических задач непосредственно связанных с взаимодействием пневмоколесных транспортных средств с асфальтобетонным покрытием необходимо учитывать упруго-вязко-пластические особенности поведения асфальтобетона под нагрузкой.

Поведение асфальтобетона под нагрузкой и образования в нем колеи от действия транспортных средств, изменяется в зоне контакта и связано с образованием колеи в материале из-за упруго-вязко-пластических изменений.

Анализ теории приспособленности, которая описывает реологическое поведение вязко-пластических деформаций в условиях напряженно-деформированного состояния, а также теории Джонсона К. и Ишлинского А.Ю. [3-6], показал, что слой асфальтобетонного материала под действием нагрузки и температуры, как и грунт земляного полотна, в зависимости от влажности и температуры, изменяет свои упруго-вязко-пластические деформации под нагрузкой. Особое упруго-вязко-пластическое состояние соответствует области, когда текучее состояние преодолевает границу пластичности, что связано с наличием каркаса в высокоструктурированном вяжущем для асфальтобетона. Асфальтобетон и грунт, как основа дорожной одежды, испытывают явления релаксации и ползучести. Поэтому обоим материалам свойственно пластическое деформирования под влиянием действующих усилий, а особенностью этого процесса является отсутствие разрывов сплошности. Кривая накопления остаточных деформаций для асфальтобетона имеет все те же характерные участки, что и при ползучести грунтов, о чем может свидетельствовать одинаковое математическое описание эмпирическими уравнениями нарастания суммарной деформации от количества числа приложенных нагрузок или времени действия нагрузки обоих материалов. Распределение напряжений в многослойных системах основано на методе эквивалентности слоя, который был разработан проф. Покровским И., в том числе и на

основе проведенных испытаний разно-слоистых почв. Проф. Н.Н. Иванов применил эту зависимость не только для грунтов, но и для других слоев дорожной одежды, в том числе и асфальтобетонных. Таким образом, исходя из концепции этого метода асфальтобетонный слой определенной толщины может быть заменен эквивалентным слоем грунта.

Анализ сравнений изменения напряжений в среде, при разном расстоянии до недеформированного объекта, дает основание утверждать, что присутствие близкорасположенной недеформированной поверхности изменяет значение напряжений в асфальтобетоне, причем увеличивая их на границе контакта и распространяясь на глубину активной зоны. Эта зона составляет 3-3,5 диаметра штампа и передает нагрузки [6-10]. Наличие жесткой основы в виде железобетонной плиты только вызывает выравнивание напряжений по толщине асфальтобетонных слоев. Важным фактором является скорость распространения напряжений и деформаций по глубине (рис. 1), с учетом известного факта, что асфальтобетон располагаясь на разных слоях имеет разное разрешение. Из рисунка 1 видно, что, если верхний слой материала имеет больший модуль деформации E_1 , то эпюра σ_z под нагрузкой будет с глубиной быстрее затухать (осадка минимальна). И наоборот, если верхний слой материала имеет меньшее значение модуля деформации, то эпюра σ_z под нагрузкой с изменением глубины проникновения будет затухать медленнее.

Сравнивая модуль упругости асфальтобетона при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ и выше, который составляет от 500 МПа до 100 МПа, и почвы в зависимости от влажности получаем аналогичные значения модуля соответствующие нормативу. Это позволяет сделать заключение о том, что теории Джонсона К. [1] и Ишлинского А.Ю. [5-6] можно использовать в разработке математической модели образования колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах.

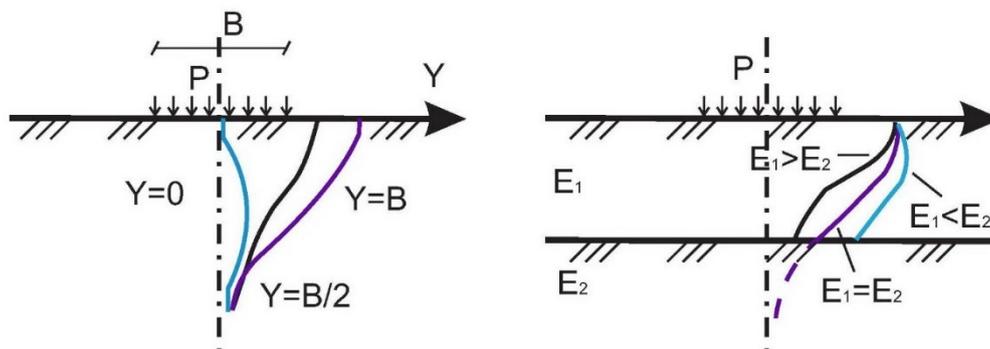


Рис. 1. Изменение эпюры вертикальных сжимающих напряжений

При выборе расчетной схемы исходили из неблагоприятных для асфальтобетона условий появления колеи - при повышенной температуре. Для расчета принимали два типа конструкций слоев дорожной одежды, когда покрытие устраивается по железобетонной плите проезжей части и состоит из четырех конструктивных слоев и когда покрытие устраивается по железобетонной плите проезжей части, не имеет защитного слоя, и состоит из трех конструктивных слоев.

Но ведь асфальтобетонное покрытие работает совместно с железобетонным пролетным строением и на его поверхности появляются колеи, потому что в зоне контакта покрытия и жесткой основы под действием нагрузок возникают значительные касательные напряжения, обусловленные большой разницей жесткости материалов, что в свою очередь приводит к образованию остаточных деформаций с постепенным образованием колеи и оползней на поверхности асфальтобетона. При повышении температуры асфальтобетонное покрытие меняет свою жесткость, а основание из железобетона не меняет свои свойства, поэтому на практике могут встречаться различные случаи сцепления между асфальтобетонным покрытием и основой из железобетона [9-11].

Для рационального прогнозирования образования колеи нужно учитывать комплексное действие основных факторов, таких как термовязкопластичные свойства асфальтобетона, температуру асфальтобетона, вертикальное давление на покрытие пневматических колес при проезде транспортных средств, интенсивность приложения вертикальных нагрузок и время действия таких нагрузок. В то же время анализ экспериментальных данных и специально разработанных положений показывает, что образование колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах происходит от действия циклической вертикальной нагрузки пневмоколес транспортных средств при высоких летних температурах за счет накопления остаточных пластических деформаций в конструкции мостового полотна, которая опирается на жесткую железобетонную основу под воздействием внутренних (структурных, конструктивных, технологических) и внешних (климатических, транспортных, эксплуатационных) факторов. В асфальтобетонном покрытии должно быть обеспечено надлежащее сцепление с нижним слоем, гидроизоляцией и жесткой основой автодорожного моста. Устойчивость асфальтобетонного покрытия к образованию колеи обеспечивается: коэффициентом бокового деформирования, функции и отражает влияние циклической нагрузки. Метод определения температуры асфальтобетона в полосе наката предполагается определять с помощью теоретической и экспериментально проверенной температурной модели прогрева покрытия на автодорожных мостах [5-9]. Прогнозирование образования колеи в асфальтобетонном покрытии железобетонных автодорожных мостов базируется на феноменологической модели, описывающей закономерности накопления остаточных вертикальных деформаций от действия внешних факторов независимо от вида проявления внутренних факторов образования колеи [10-14].

Учитывая эти данные, разработан алгоритм последовательности расчета и прогнозирования образования глубины колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах, который состоит из различных подсистем. Модель комплексно учитывает все подсистемы одновременно, а если действует только температура, то колея на асфальтобетонном покрытии не появляется.



Рис. 2. Алгоритм расчета образования колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах

Выводы

1. На основе литературного анализа разработана классификация причин образования колеи на асфальтобетонном покрытии автодорожных мостов с железобетонной плитой проезжей части, что позволило более полно учесть внутренние (рецептурно-структурные, конструктивные, технологические) и внешние (климатические, транспортные, эксплуатационные) факторы при разработке математической модели и метода прогнозирования образования колеи.

2. Согласно научной идеи, разработаны концептуальные положения по аналитическому расчету образования колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах с железобетонной плитой проезжей части, с целью повышения его долговечности, которые включают в себя экспериментальные, теоретические и практические подходы.

3. При взаимодействии пневматических колес транспортных средств с покрытием необходимо учитывать дополнительный нагрев покрытия за счет его взаимодействия с пневматическими колесами транспортных средств.

4. На основе проведенного исследования режимов транспортной нагрузки на асфальтобетонное покрытие автодорожных мостов, для оценки их устойчивости к образованию колеи разработана классификация режима транспортной нагрузки.

5. Разработан алгоритм расчета прогнозирования образования колеи в асфальтобетонном покрытии на жестком железобетонном основании и зависящие от действия циклического вертикальной нагрузки пневматических колес транспортных средств при высоких летних температурах.

Библиографический список

1. Овчинников И. Г., Щербаков А. Г., Бочкарев А.В., Наумова Г. А. Прикладная механика дорожных одежд на мостовых сооружениях: монография. Волгоград: ВолгГАСУ, 2006. 310 с.

2. Цытович Н. А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1983. 288 с.

3. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия: монография. М.: Мир, 1989. 510 с.

4. Золотарь И. А. К определению остаточных деформаций в дорожных конструкциях при многократных динамических воздействиях на них подвижных транспортных средств. Санкт-Петербург: Изд-во "ВАТТ", 1999. 31 с.

5. Ишлинский А. Ю., Ивлев Д. Д. Математическая теория пластичности: монография. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 704 с.

6. Ишлинский А. Ю. Механика вязкопластических и НЕ вполне упругих тел. М.: Наука, 1986. 360 с.

7. Матуа В. П., Пинск Л. Н. Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций в дорожных конструкциях. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2001. 327 с.

8. Матуа В. П. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций с учетом их неупругих свойств и пространственного нагружения: Автореф. дис ... докт. техн. наук. Ростов-на-Дону: Изд-во РГСУ, 2002. 40 с.

9. Матуа В. П., Чирный Д. В., Матуа Р. В. Влияние упруговязкопластических свойств асфальтобетонов на накопление остаточных деформаций в слоях покрытий автомобильных дорог // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 10. С. 71-77.

10. Казарновского В. Д. Проблема колеобразования на дорогах с асфальтобетонным покрытием // Наука и техника в дорожной отрасли. 2000. № 2. С. 3-4.

11. Validation of asphalt binder and mixture tests that measure rutting susceptibility / Kevin D. Stuart, WS Mogawer, P. Romero, FHWA-RD-99-204, 2000.

12. Santucci L. Rut resistant asphalt pavements, Institute of transportation studies. 2002.

13. Экспериментальные исследования асфальтобетонов верхних слоев покрытия (ЩМА, плотных асфальтобетонов на ПБВ и др.) Для определения расчетных характеристик, используемых при проектировании нежестким дорожных одежд (дополнительно к ОДН 218.046-01) / Открытое акционерное общество «Дорожный научно-исследовательский институт «СоюздорНИИ» (ОАО«СоюздорНИИ»). - Государственный контракт № УД-47/310. Балашиха, 2009. 112 с.

14. Кирюхин Г. Н. Остаточные деформации в асфальтобетонных покрытия // Наука и техника в дорожной отрасли. 1998. № 3. С. 14-16.

References

1. Ovchinnikov I. G., Shcherbakov A. G., Bochkarev A.V., Naumova G. A. Applied mechanics of road coverings on bridge structures: monograph. Volgograd: VolgGASU, 2006. 310 p.

2. Tsytoovich N. A. soil Mechanics: Higher school, 1983, 288 p.

3. Johnson K. Mechanics of contact interaction: monograph. M.: Mir, 1989. 510 p.

4. Zolotar I. A. to the determination of residual deformations in road structures under repeated dynamic effects of mobile vehicles on them. Saint Petersburg: VATT Publishing house, 1999, 31 p.

5. ishlinский A. Yu., Ivlev D. D. Mathematical theory of plasticity: monograph. M.: FIZMATLIT, 2003. 704 p.

6. ishlinский A. Yu. Mechanics of viscoplastic and NOT completely elastic bodies. Moscow: Nauka, 1986. 360 p.

7. Matua V. P., Pinsk L. N. Forecasting and accounting for the accumulation of residual deformations in road structures. Rostov-on-don: Russian state social University, 2001. 327 s

8. Matua V. P. Investigation of the stress-strain state of road structures taking into account their inelastic properties and spatial loading: autoref. dis ... doctor. technical Sciences. Rostov-on-don: RSSU Publishing house, 2002. 40 p.

9. Matua V. P., Chirny D. V., Matua R. V. Influence of elastic-viscoplastic properties of asphalt concrete on the accumulation of residual deformations in the layers of road coverings. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Construction. 2009. No. 10. Pp. 71-77.

10. Kazarnovsky V. D. The problem of rut formation on roads with asphalt concrete coating / Science and technology in the road industry. 2000. No. 2. Pp. 3-4.

11. Validation of asphalt binder and mixture tests that measure rutting susceptibility / Kevin D. Stuart, WS Mogawer, P. Romero, FHWA-RD-99-204, 2000.

12. Santucci L. Rut resistant asphalt pavements, Institute of transportation studies. 2002.

13. Experimental studies of asphalt concrete of the upper layers of the coating (Shma, dense asphalt concrete on PBV, etc.) to determine the design characteristics used in the design of non-rigid road surfaces (in addition to ODN 218.046-01) / open joint stock company "road research Institute "Soyuzdornii" (JSC "Soyuzdornii"). - State contract no. UD-47/310. Balashikha, 2009. 112 p.

14. Kiryukhin G. N. Residual deformations in asphalt concrete coatings / Science and technology in the road industry. 1998. No. 3. Pp. 14-16.