



Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина

**Институт новых материалов
и технологий**

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

V ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Сборник статей

Екатеринбург, 15 декабря 2023 года

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

**V Всероссийская
научно-практическая конференция**

Сборник статей

Екатеринбург, 15 декабря 2023 года

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2024

УДК 656.1/.5(063)
ББК 39.1я43
И66

И66 Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта :
V Всероссийская научно-практическая конференция : сборник статей (Екатеринбург, 15 декабря 2023 года) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2024. — 253 с. : ил. — ISBN 978-5-7996-3838-2. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-7996-3838-2

В сборнике представлены научные исследования V Всероссийской научно-практической конференции «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта». Рассмотрены вопросы современного состояния, проблемы и перспективы развития и внедрения инновационных технологий и результатов фундаментальных и прикладных исследований в различных областях науки (естественные, технические, экономические) в области транспорта.

Сборник адресован научным работникам, преподавателям, аспирантам и студентам, специализирующимся в области техники и технологий наземного транспорта.

УДК 656.1/.5(063)
ББК 39.1я43

КОНФЕРЕНЦИЯ ОРГАНИЗОВАНА КАФЕДРОЙ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И РОБОТОВ

Научный редактор:

Лукашук О. А., канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой подъемно-транспортных машин и роботов

Организационный комитет конференции

Председатель:

Германенко А. В., проректор по науке, д-р физ.-мат. наук

Заместители председателя:

Шешуков О. Ю., директор Института новых материалов и технологий, д-р техн. наук, профессор;

Куреннов Д. В., директор Школы базового инженерного образования Института новых материалов и технологий, канд. техн. наук, доцент, завкафедрой информационных технологий и автоматизации проектирования;

Самохвалов Ю. П., начальник Военного учебного центра при УрФУ, доцент, канд. социол. наук

Члены оргкомитета:

Капустин Ф. Л., замдиректора по научной и инновационной деятельности ИНМТ, завкафедрой материаловедения в строительстве, д-р техн. наук, профессор;

Спиридонов В. А., директор департамента машиностроения Института новых материалов и технологий, доцент; канд. техн. наук;

Лукашук О. А., завкафедрой подъемно-транспортных машин и роботов, канд. техн. наук, доцент;

Великанов В. С., профессор кафедры подъемно-транспортных машин и роботов, д-р техн. наук;

Ильин А. В., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и роботов, канд. техн. наук;

Строганов Ю. Н., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и роботов, канд. техн. наук;

Долганов А. Г., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и роботов, канд. техн. наук;

Летнев К. Ю., старший преподаватель кафедры подъемно-транспортных машин и роботов;

Лукашов С. В., начальник кафедры танковых войск Военного учебного центра при УрФУ;

Багин Д. Н., профессор кафедры танковых войск Военного учебного центра при УрФУ, доцент, канд. техн. наук

Секретариат организационного комитета:

Сутормина А. А., ведущий инженер кафедры подъемно-транспортных машин и роботов;

Макарова В. В., ведущий инженер кафедры подъемно-транспортных машин и роботов.



**V Всероссийская научно-практическая
конференция
«Инновационное развитие техники и технологий
наземного транспорта»**

1 СЕКЦИЯ

**«Проблемы инновационного
развития в транспортной отрасли»**

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ПО ОСЯМ КОЛЕС ТРАКТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Н. В. Латыпова,

аспирант

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

Проведен анализ влияния нерационального распределения нагрузок по осям колес трактора при его работе в составе агрегата на агротехнологические, энергетические, технико-экономические и технические показатели.

Ключевые слова: эксплуатационная масса, распределение нагрузок, давление на почву, паразитная мощность.

THE INFLUENCE OF LOAD DISTRIBUTION ALONG THE AXES OF TRACTOR WHEELS ON THE INDICATORS OF ITS USING

The analysis of the influence of the irrational distribution of loads along the axes of the tractor wheels during its operation as part of the unit on agrotechnological, energy, technical, economic and technical indicators is carried out.

Keywords: operational mass, load distribution, soil pressure, parasitic power.

Тенденция увеличения мощности тракторов для выполнения более энерго-емких технологических операций машинно-тракторными агрегатами (МТА) сопровождается повышением его эксплуатационной массы с целью обеспечить оптимальные тягово-сцепные показатели. Однако увеличение массы также имеет негативные последствия:

- повышение затрат энергии на перемещение по полю;
- увеличение давление ходовой системы на почву.

Поэтому в процессе работы трактора в составе МТА имеет значение не только применять необходимую по величине его эксплуатационную массу, но и важно рационально распределять ее по осям.

Нерациональное распределение нагрузок по осям колес трактора приводит к потере урожайности, уменьшению производительности агрегатов и незапланированным финансовым расходам, в итоге снижается экономическая эффективность всего технологического процесса.

На схеме (рис. 1) показаны последствия нерационального распределения нагрузок по осям колес. Их можно поделить на четыре группы: агротехнологические, энергетические, технико-экономические и технические показатели.



Рис. 1. Последствия нерационального распределения нагрузок по осям трактора

Под воздействием ходовых систем МТА происходит уплотнение почвы, ухудшаются физико-механические свойства пахотного слоя, в результате снижается урожайность. Большая эксплуатационная масса трактора, многочисленные

проходы МТА по полю приводят к накоплению уплотнения, твердость почвы увеличивается в 2–3 раза, удельное сопротивление при обработке такой переуплотненной поверхности повышается на 15–65 %, что является причиной роста топливных затрат на 15–20 %. Разрушенная структура почвы полностью не восстанавливается и со временем деградирует, что приводит к потере урожайности возделываемых культур: у зерновых – на 10–15 %, у корнеклубнеплодов – на 20–30 % [1–3].

В процессе выполнения технологической операции МТА при неравномерном распределении нагрузки на оси колеса будут находиться в различных условиях работы. Таким образом появится кинематическое несоответствие, одни колеса будут буксовать, что приводит к разрушению верхнего плодородного слоя, другие – скользить, что обуславливает появление паразитной мощности между движителями и опорной поверхностью. В результате увеличиваются затраты на перекачивание трактора по полю [4].

Увеличение эксплуатационной массы трактора и неравномерное распределение нагрузок приводит к интенсивному износу механизмов трансмиссии, грунтозацепов колес. Это приводит к преждевременному ремонту либо замене деталей и узлов, что приводит к дополнительным финансовым затратам. Стоимость комплекта колес составляет 9–11 % стоимости трактора [1].

Таким образом, нерациональное распределение нагрузок по осям колес трактора влияет на экономическую эффективность технологического процесса. Во время его работы в составе различных агрегатов под действием различных факторов происходит ее изменение, что требует корректировки распределения нагрузок по осям для обеспечения наилучших энергетических, агротехнологических и технико-экономических показателей.

Список литературы

1. Зырянов А. П. Повышение эффективности использования МТА с колесными тракторами высокого тягового класса путем дифференциации их массы : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2009. 164 с.
2. Закономерности уплотнения почвы под воздействием колес сельскохозяйственных

машин / И. Н. Шило, Н. Н. Романюк, А. Н. Орда и др. // Агропанорама. 2016. № 2 (114). С. 2–7.

3. *Гайнуллин И. А., Зайнуллин А. Р.* Влияние конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов тракторов на почву // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 2. С. 31–36.

4. *Чумаков В. Л., Бижаев А. В.* Анализ проблемы воздействия паразитной мощности трактора на работу ведущих колес // *Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20–21 января 2021 года*. М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. С. 307–313.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЕРЦИОННОГО ТОРМОЗА ПРИЦЕПА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Ар. Ю. Михеев,

студент,

Ю. Н. Строганов,

доц., канд. техн. наук,

Ан. Ю. Михеев,

аспирант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Эффективность использования легковых автомобилей определяется возможностью перевозки не только пассажиров, но и различных грузов. Использование прицепов с легковыми автомобилями расширяет возможности транспортировки грузов. Безопасная эксплуатация легковых автопоездов на дорогах общего пользования зависит от эффективности и надежности тормозных систем автомобилей и прицепов. Предложена конструкция инерционного тормоза прицепа, обеспечивающая повышение безопасности автопоезда.

Ключевые слова: автопоезд, тормоз наката, прицепное устройство, безопасность движения, эксплуатационные свойства.

IMPROVING THE INERTIA BRAKE OF A CAR TRAILER

The efficiency of using cars is determined by the possibility of transporting not only passengers, but also various goods. The use of trailers with cars expands the possibilities of cargo transportation. The safe operation of road trains on public roads depends on the efficiency and reliability of the braking systems of cars and trailers. The authors proposed the design of the inertia brake of the trailer, which provides an increase in the safety of the road train.

Keywords: road train, inertia brake, trailer device, traffic safety, operational properties.

Современные темпы роста прицепной техники для легковых автомобилей подталкивают владельцев транспортных средств обращать внимание на безопасность их эксплуатации [1]. В частности, основными факторами, влияющими на

безопасность движения легкового автопоезда, являются тормозные свойства, свойства стабилизации и устойчивости движения транспортного средства. Увеличение общей массы автопоезда без внедрения дополнительных тормозных механизмов может способствовать увеличению числа возможных ДТП. Поэтому важно применять тормозные механизмы не только на автомобиле, но и предусмотреть их в конструкции прицепа.

На сегодняшний день большая часть прицепной техники не имеет тормозных механизмов, а те прицепы, которые снабжены тормозами, имеют ряд недостатков. Одним из недостатков инерционных тормозов, применяемых на прицепах легковых автомобилей, является то, что для движения автопоезда задним ходом необходимо вручную отключить тормозную систему прицепа для исключения складывания автопоезда.

Авторами статьи предложена конструкция тормоза наката одноосного прицепа, схема которого показана на рис. 1 и 2, данная конструкция позволит избавиться от указанного выше недостатка.

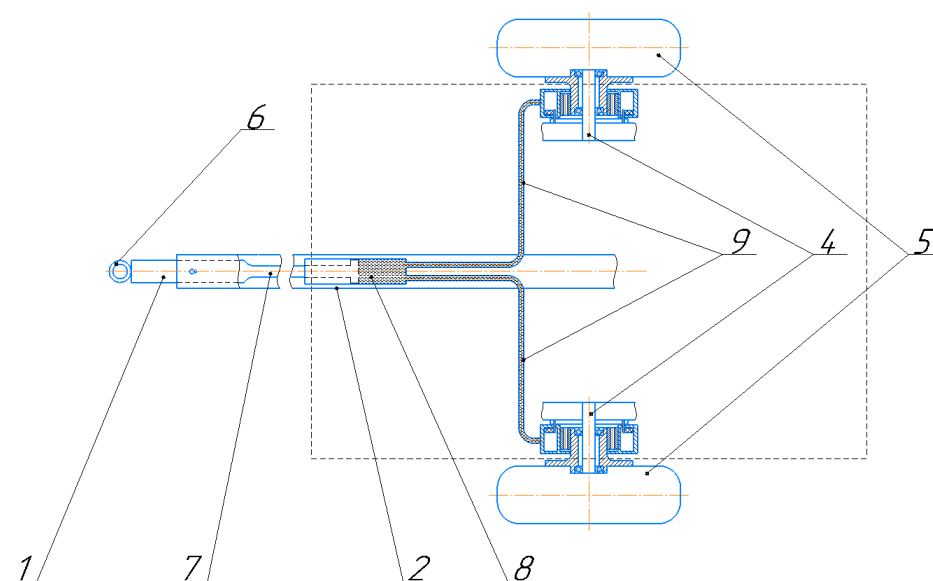


Рис. 1. Общий вид тормозной системы одноосного прицепа

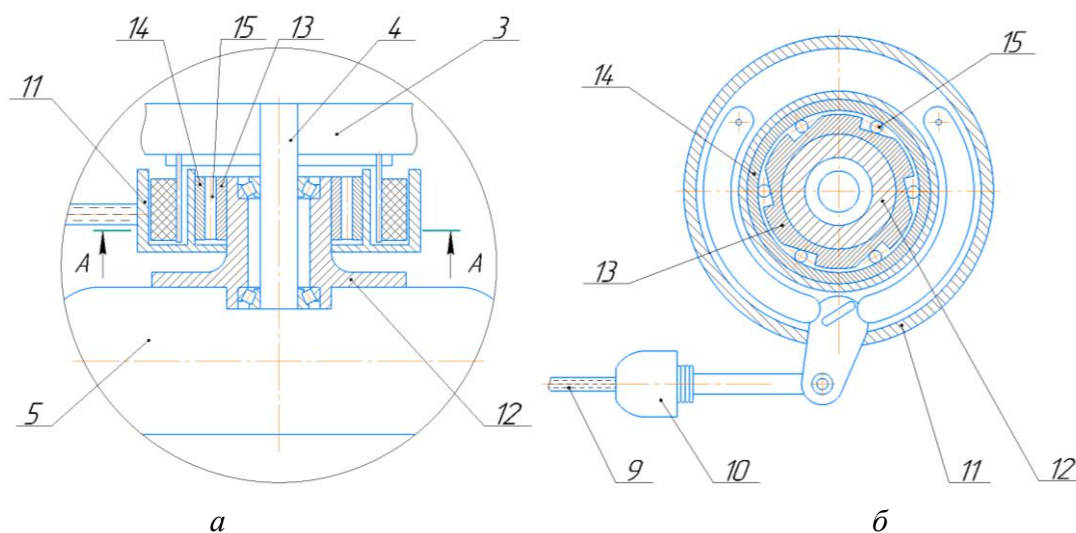


Рис. 2. Тормозной механизм колеса прицепа: *а* – вид сверху; *б* – вид сбоку

Работа тормоза наката одноосного прицепа осуществляется следующим образом. При движении автопоезда вперед крутящий момент от ходовых колес 5 передается через ступицы 12 и связанные с ними внутренние обоймы 13 обгонных муфт на внешние обоймы 14, неподвижно связанные с тормозными барабанами 11. При этом внутренние и внешние обоймы 13 и 14 обгонных муфт заклинены между собой фиксирующими роликами 15.

При накате прицепа на автомобиль внутреннее звено 1 тягового рычага воздействует на шток 7 главного тормозного цилиндра, в результате чего происходит подача тормозной жидкости к колесным тормозным цилиндрам 10 и торможение прицепа. Усилие наката от прицепа на тягач при этом уменьшается, и сокращается тормозной путь автопоезда.

При движении задним ходом происходит сближение тягача с прицепом и аналогично процессу наката прицепа на тягач при движении вперед осуществляется подача тормозной жидкости к колесным тормозным цилиндрам 10, штоки которых воздействуют на тормозные колодки и препятствуют вращению тормозных барабанов 11. При этом стопорные ролики 15 обгонных муфт перекатываются в превышающие диаметр роликов 15 пазы внутренних обойм 13, не препятствуя свободному вращению внутренних обойм 13 и связанных с ними ступиц 12, соединенных с ходовыми колесами 5 прицепа.

Для данной конструкции получен патент на изобретение, что подтверждает работоспособность и перспективность разработки [2].

Список литературы

1. Анализ рынка легковых прицепов в России – 2023. Показатели и прогнозы : маркетинговое исследование (электронная версия) // Tebiz Group, 2023. 179 с.
2. Патент № 2805422 С1 Российская Федерация, МПК В60Т 13/08. Тормоз наката одноосного прицепа : № 2023110190 : заявл. 21.04.2023 : опубл. 16.10.2023 / Ю. Н. Строганов, А. Ю. Михеев, Ю. Н. Сидыганов и др. ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина».

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ САМОХОДНЫХ ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖЕК

Д. Д. Николаенков,

студент

Научный руководитель Ю. Г. Попов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль

В работе описывается применение самоходной грузовой тележки для транспортировки грузов, ее основные элементы конструкции, а также вариации исполнения тележек на примере некоторых компаний, производящих такие машины.

Ключевые слова: самоходные транспортировщики, тележки для транспортировки сыпучих материалов, гусеничные мини транспортеры.

OVERVIEW OF EXISTING DESIGN ELEMENTS OF SELF-PROPELLED CARGO TRUCKS

This paper describes the use of a self-propelled cargo trolley for cargo transportation, its main design elements, as well as variations in the design of trolleys on the example of some companies that produce such machines.

Keywords: self-propelled transporters, trucks for transporting bulk materials, crawler mini conveyors.

В настоящее время эксплуатация машин, относящихся к средствам малой механизации (СММ), является неотъемлемой частью наиболее распространенных операций в различных отраслях строительной промышленности. Средства малой механизации получают сейчас все более широкое распространение, благодаря их сравнительно низкой стоимости и высокой универсальности.

К одной из категорий средств малой механизации (СММ) относят самоходные грузовые тележки.

Одними из самых простых и при этом самыми маневренными являются те-

лежка и минитранспортер, управляемые одним человеком (рис. 1). Эти подъемно-транспортные машины могут иметь различную конструкцию, перемещаться под управлением человека или самостоятельно, преодолевать препятствия в виде насыпей грунта или мусора, а также совершать подъем по лестницам и крутым участкам.

Внедрение таких систем, особенно на основе модульной конструкции и с электрическим приводом, является перспективным как для строительства, в том числе малоэтажного, так и в городском коммунальном хозяйстве.

В настоящее время исследования и разработки в области проектирования тележечных машин не остановлены, модернизация и усовершенствование данного типа подъемно-транспортных машин актуальны и востребованы.



Рис. 1. Гусеничный транспортер

Существуют большое количество исполнений и конфигураций данных машин, которые предназначены для исполнения различных целей. Небольшие габариты, благодаря которым такие машины могут перемещаться по стандартным дверным проемам, позволяют использовать минитранспортеры внутри помещений.

По типу привода существуют:

1. Привод, осуществляемый двигателем внутреннего сгорания.

В данных моделях (рис. 2) источником энергии служит бензиновый двигатель, крутящий момент которого передается через редуктор на колеса, в случае колесного транспортера. При гусеничном движителе на ведущие звездочки так же через редуктор [1].

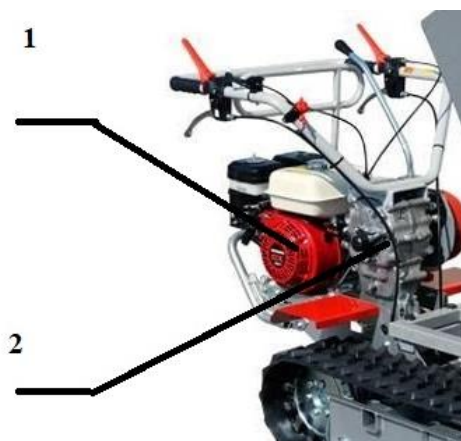


Рис. 2. Привод транспортера: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – редуктор

2. Электрический привод.

Для движения выполняют установку двух электродвигателей, мощность которых зависит от параметров и эксплуатационных свойств машины. Электродвигатели постоянного тока, питающиеся от аккумуляторов, установлены на раме транспортера (рис. 3). Данный вид привода является наиболее распространенным в сфере мини-транспортеров [2].



Рис. 3. Мини-транспортер с электроприводом

3. Электрогидравлический привод.

Электрогидравлический привод применяется в тех случаях, когда есть навесное оборудование. Насос с рабочей жидкостью приводится в движение электродвигателем (рис. 4).



Рис. 4. Транспортер с электрогидравлическим приводом

Так как наиболее распространены транспортеры с приводом от электродвигателей, была разработана мототележка для транспортирования сыпучих материалов (рис. 5).

В ходе проектирования создана модель, состоящая из движителя, актуатора, кузова и стойки управления.

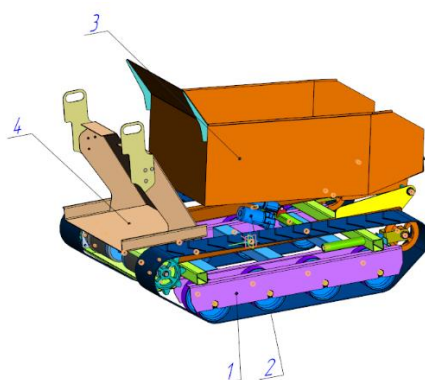


Рис. 5. Спроектированная мототележка:

1 – движитель; 2 – актуатор; 3 – кузов (бункер); 4 – стойка управления

Основной узел-движитель (рис. 6) состоит из сварной рамы, к которой крепятся опорные катки диаметром 160 мм (ролики), натяжной ролик для контроля натяжения гусениц, приводная звездочка (2 элемента), мотор редуктор, а также сварная рама кузова. На раму кузова через проушины и ось устанавливается кузов сварной.

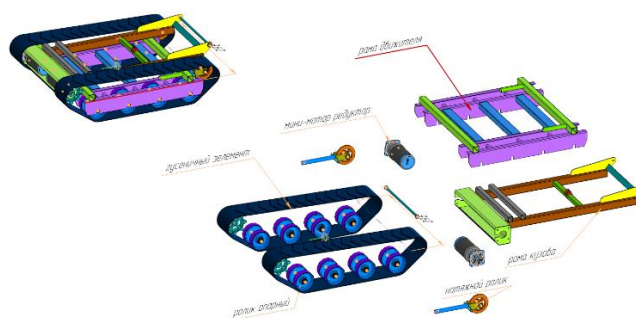


Рис. 6. Основные узлы движителя

Подъем и опускание бункера с грузом осуществляется за счет электрического актуатора (рис. 7), принцип действия которого основан на подобии винтовой пары. Электрический мотор передает вращение на шток, который в свою очередь линейно перемещает кузов, для последующего опрокидывания.

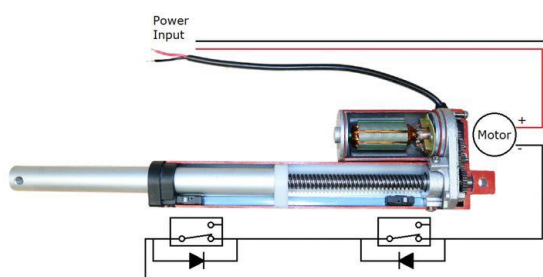


Рис. 7. Схема актуатора

Также при наличии дополнительного навесного оборудования – отвал, ковш – их работу можно заменить актуаторами, что уменьшает габариты силовой установки и полную стоимость тележки.

В данный момент самоходные грузовые тележки, как и самоходные грузовые мини-бульдозеры, мини-экскаваторы широко используются в перемещении грузов, где необходима не локальная работа, а местная небольшая работа, которая облегчает труд человека. Использование таких тележек выгодно с экономической точки зрения. Это способствует увеличению заинтересованности в применении такого типа самоходных машин.

Список литературы

1. Каталог запчастей и мини думперов : [сайт]. URL: <https://mini-dumper.su> (дата обращения: 01.11.2023).
2. Synergy EV : [сайт]. URL: <https://www.synergy-ev.com> (дата обращения: 05.11.2023).

ЗАВИСИМОСТЬ ДАВЛЕНИЯ КОЛЕС ТРАКТОРА НА ПОЧВУ ОТ НАГРУЗКИ НА ЕГО КРЮКЕ

Д. П. Сухинина,

магистрант

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

В результате проведенного теоретического исследования получены аналитические зависимости удельного давления движителей трактора на почву от нагрузки на его крюке. Анализ показал, что с повышением тягового усилия удельное давление задних колес на почву увеличивается, а передних – уменьшается. Наименьшее уплотняющее воздействие ходовой системы на почву достигается при одинаковом давлении на нее колес. Это возможно при определенной нагрузке на крюке.

Ключевые слова: трактор, распределение нагрузки, усилие на крюке, уплотнение.

DEPENDENCE OF THE PRESSURE OF THE TRACTOR WHEELS ON THE SOIL ON THE LOAD ON ITS HOOK

As a result of the theoretical study, analytical dependences of the specific pressure of tractor propellers on the soil on the load on its hook were obtained. The analysis showed that with an increase in traction, the specific pressure of the rear wheels on the ground increases, and the front wheels decreases. The smallest compacting effect of the running system on the soil is achieved with the same pressure on it of the wheels. This is possible with a certain load on the hook.

Keywords: tractor, load distribution, hook force, seal.

Почва, по которой перемещается трактор при выполнении технологических и транспортных операций в составе различных агрегатов в растениеводстве, является для движителей опорной поверхностью, при взаимодействии с которой реализуются потенциальные тягово-сцепные показатели машины. Однако верхний плодородный слой земли поля – это среда обитания корневой системы сельскохозяйственных культур. От ее качественного состояния (гумуса, наличия пи-

тательных элементов, обеспеченности влагой и воздухом) зависит их урожайность. При воздействии ходовой системы трактора наблюдается ее уплотнение, нарушение структуры, ухудшение водного и воздушного режимов питания растений [1, 2]. В конечном итоге эти негативные явления приводят к снижению урожайности культур [3].

Одним из факторов, влияющих на распределение нагрузок по осям колес трактора и уплотнение почвы, является усилие на его крюке [4].

Целью исследования является снижение давления колес трактора на почву.

Задача исследования: выявить зависимость давления колес трактора на почву от нагрузки на его крюке.

Проведенные теоретические исследования (с учетом методики определения воздействия движителей на почву, регламентированной ГОСТ Р 58656-2019 [5]) позволили выявить следующие зависимости удельного давления задних и передних колес трактора соответственно:

$$p_k = \frac{K_2}{L \cdot K_1 \cdot F_k \cdot n_k} [g(m_{\text{тр}}(L - a_{\text{цт}}) + m_{\text{тр}} \cdot f \cdot r_d) + P_{\text{кр}} h_{\text{кр}}], \quad (1)$$

$$p_{\text{п}} = \frac{K_2}{L \cdot K_1 \cdot F_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}}} [g(m_{\text{тр}} \cdot a_{\text{цт}} - m_{\text{тр}} \cdot f \cdot r_d) - P_{\text{кр}} h_{\text{кр}}], \quad (2)$$

где K_2 – коэффициент продольной неравномерности распределения давления по площади контакта шины; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; $m_{\text{тр}}$ – масса трактора, т; L – колесная база трактора, м; $a_{\text{цт}}$ – расстояние от оси задних колес до центра тяжести трактора, м; f – коэффициент сопротивления перекачиванию трактора; r_d – динамический радиус колес трактора, м; $P_{\text{кр}}$ – усилие на крюке трактора, кН; $h_{\text{кр}}$ – высота положения точки приложения усилия на крюке трактора, м; K_1 – коэффициент, зависящий от наружного диаметра шины колеса; F_k , $F_{\text{п}}$ – контурная площадь контакта шины соответственно заднего и переднего колеса с почвой, определяемая на жестком основании, м^2 ; n_k , $n_{\text{п}}$ – соответственно количество колес на задней и передней осях трактора, шт.

С помощью полученных выражений (1), (2) было определено изменение давления передних и задних колес для трактора Buhler Versatile 2425 в зависимости от нагрузки на его крюке. Результаты представлены на рис. 1.

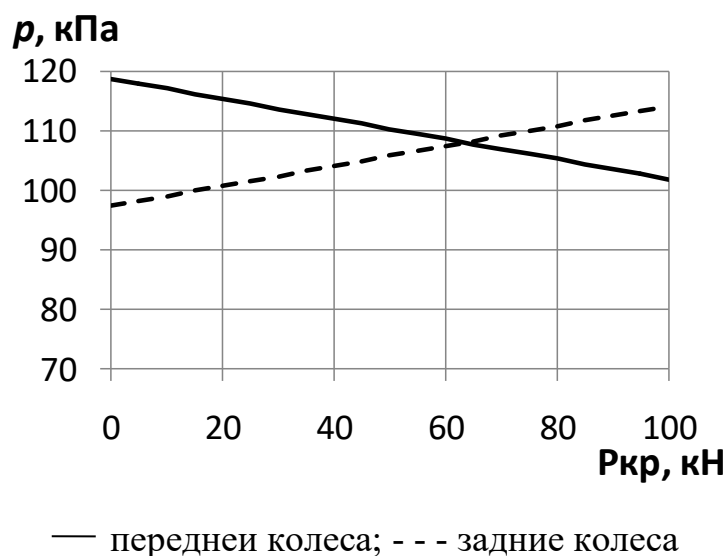


Рис. 1. Изменение максимального удельного давления колес Buhler Versatile 2425 на почву в зависимости от нагрузки на крюке (с балластом и сдвоенными шинами)

С повышением нагрузки на крюке трактора происходит увеличение давления задних колес на почву и уменьшение – передних (рис. 1). Наименьшее уплотняющее воздействие ходовой системы на плодородный слой земли достигается при одинаковом давлении на него колес. Это достигается при определенной (как правило, номинальной) нагрузке на крюке. При ее изменении в большую или меньшую сторону уплотнение почвы движителями увеличивается. Способами снижения уплотнения почвы при высокой энергоемкости технологического процесса может быть применение тягово-приводных агрегатов [5], а также дополнительного прицепного ведущего моста [6].

Список литературы

1. Зырянов А. П., Пятаев М. В., Рябова Т. С. Исследование воздействия ходовой системы прицепа тракторно-транспортного агрегата на почву // Технологии и средства механизации в АПК : материалы Международ. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 80-летию со дня рождения академика РАН, д-ра техн. наук Василия Васильевича Бледных,

Челябинск, 12–14 марта 2018 года. Челябинск : Юж.-Урал. гос. аграр. ун-т, 2018. С. 73–79.

2. *Зырянов А. П., Капкаева Е. Д.* Снижение воздействия ходовой системы МТА на почву при выполнении полевых работ // Достижения науки – агропромышленному производству : материалы ЛШ международ. науч.-техн. конф., Челябинск, 30 января 2014 года. Ч. II. Челябинск : Челяб. гос. агроинженер. академия, 2014. С. 57–62.

3. *Левшин А. Г., Гаспарян И. Н., Голубев И. Г.* Развитие мобильной энергетики с учетом агротехнологических ограничений // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 4. С. 26–32. DOI 10.26897/2687-1149-2023-4-26-32.

4. ГОСТ Р 58656-2019 Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву; 01.08.2020. М. : Изд-во Стандартиформ, 2019. 20 с.

5. *Зырянов А. П.* Исследование взаимосвязи энергетических и технико-экономических показателей работы тягово-приводных агрегатов // АПК России. 2015. Т. 72, № 1. С. 36–39.

6. *Окунев Г. А., Зырянов А. П., Пятаев М. В.* Влияние конструктивных и эксплуатационных параметров агрегата на рациональное положение центра тяжести дополнительного прицепного ведущего моста // АПК России. 2022. Т. 29, № 1. С. 48–53.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БУКСОВАНИЯ КОЛЕСА С ШИНОЙ «КАМА-1260»

С. В. Ушнурцев,

канд. техн. наук,

А. Д. Ситников,

курсант,

М. В. Комар,

курсант

Филиал Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии
А. В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации, г. Омск

В статье представлены результаты проведенного исследования зависимости критического буксования ведущего колеса с наиболее часто применяемой на полноприводных грузовых автомобилях шиной «Кама-1260» от вертикальной нагрузки и давления воздуха с учетом коэффициента сцепления, а также обоснована необходимость учета взаимосвязи между кинематическими и силовыми параметрами ведущих колес в алгоритмах управления противобуксовочными системами.

Ключевые слова: буксование, коэффициент сцепления, ведущее колесо, противобуксовочная система, блокировка дифференциала, полноприводный грузовой автомобиль.

THE RESULTS OF THE WHEEL SLIPPING STUDY WITH KAMA-1260 BUS

The article presents the results of a study of the dependence of the critical slipping of the drive wheel with the most commonly used, on four-wheel drive trucks, the KAMA-1260 tire, on vertical load and air pressure, taking into account the coefficient of adhesion, and also justifies the need to take into account the relationship between the kinematic and power parameters of the drive wheels in the algorithms of control of traction control systems.

Keywords: slipping, coupling coefficient, driving wheel, traction control system, differential lock, four-wheel drive truck.

Для управления распределением крутящего момента между ведущими колесами транспортного средства в настоящее время используются различные системы управления блокировкой дифференциалов (БД), противобуксовочные системы (ПБС), индивидуальный привод (электромеханический или гидрообъемный). Однако вследствие недостаточной эффективности широкого распространения указанные системы не получили.

Объяснить это положение можно невысоким совершенством логики функционирования систем управления, которые в настоящее время стремительно развиваются [1].

Как известно, функциональная задача любой современной системы управления БД, ПБС индивидуальным приводом сводится к тому, чтобы поддерживать максимально возможные для конкретно сложившихся дорожных условий значения сил тяги колес автомобиля с опорной поверхностью. Во всех реально выполненных системах логика управления основана на диаграмме изменения коэффициента сцепления от буксования относительно опорной поверхности. Данная диаграмма для шины «Кама-1260» получена в ходе экспериментального исследования и представлена на рис. 1.

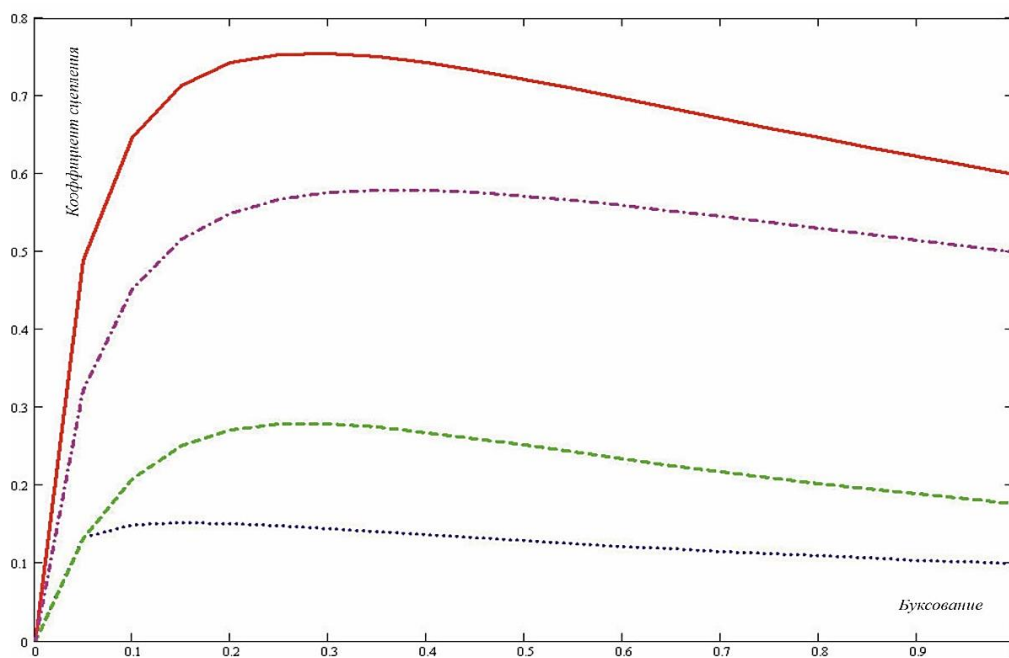


Рис. 1. Зависимость коэффициента сцепления от буксования
в различных дорожных условиях

Для обеспечения эффективного функционирования ПБС требуется

получение зависимости изменения коэффициента сцепления в продольном направлении в функции от буксования, которая имеет явно выраженный экстремальный характер с наличием докритической и закритической по буксованию зон [2].

Значения коэффициентов полинома для шины «Кама-1260» в различных условиях получены в ходе обработки результатов экспериментального исследования с использованием метода наименьших квадратов и представлены в табл. 1.

Для описания данной функции воспользуемся полиномиальной зависимостью вида:

$$\varphi_x = \varphi_0 \frac{\sigma_x}{a \cdot \sigma_x^2 + b \cdot \sigma_x + c}, \quad (1)$$

где φ_0 – значение коэффициента сцепления при полном буксовании колеса; a , b , c – коэффициенты полинома.

Таблица 1

Значения коэффициентов a , b , c шины «Кама-1260» для некоторых видов опорной поверхности при номинальных значениях давления воздуха и вертикальной нагрузки

Тип опорной поверхности	φ_0	a	b	c
Сухой асфальтобетон	0,7	0,4	0,568	0,032
Обледенелая дорога, укатанный снег	0,15	0,732	0,768	0,016
Щебеночная дорога	0,5	0,342	0,612	0,046
Задернованный грунт	0,35	1,385	0,49	0,105

Второй важной характеристикой определяющей качество ПБС является критическое буксование, при котором коэффициент сцепления достигает максимального значения. В существующих логиках управления ПБС принимается, что коэффициент сцепления достигает максимального значения при буксовании порядка 18–20 %. Однако ряд исследований показал, что величина коэффициента буксования, при котором коэффициент сцепления используется максимально, имеет различные значения, характерные только для данных дорожных условий, при этом диапазон изменения величины критического буксования в зависимости

от условий эксплуатации значительно шире [3, 4].

Для исследования величины критического буксования была разработана методика, основанная на использовании методов теории математического планирования эксперимента. Использовался метод ротататбельного центрального композиционного планирования, а в качестве регрессионной модели – полином второй степени:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} \cdot x_i^2 + \sum_{j=i+1}^n \sum_{i=1}^n b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j. \quad (2)$$

В качестве функции отклика y принято критическое буксование, а в качестве варьируемых факторов выбраны вертикальная нагрузка на колесо и давление воздуха в шине, которые являются основными влияющими факторами и удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним с точки зрения планирования эксперимента (управляемость, совместимость, независимость).

На основе обработки экспериментальных данных (рис. 2) получено следующее уравнение, связывающие величину критического буксования с давлением воздуха шине и вертикальной нагрузкой на колесо:

$$\sigma_{кр} = 20,73 - 0,001194R_z^2 + 0,0934R_z - 0,06p_w^2 + 0,14p_w. \quad (3)$$

Исходя из выражений (1) и (3), следует, что реализация одного и того же значения коэффициента сцепления ведущими колесами, отличающимися соотношениями вертикальной нагрузки и давлением воздуха в шине и меняющиеся в широком диапазоне, практически исключает получение одинакового значения критического буксования. Анализ рис. 2 и результатов расчета показывает, что в зависимости от вертикальной нагрузки и давления воздуха в шине величина критического буксования находится в диапазоне от 11 до 35 %.

Следовательно, точность реагирования систем управления БД (ПБС) на дорожные условия недостаточная и при движении в дорожных условиях с $\delta_{кр} \geq 30\%$ тяговые возможности ведущих колес будут использоваться не в полном объеме, а при $\delta_{кр} \leq 18\%$ будут иметь место повышенные потери мощности на буксование [5].

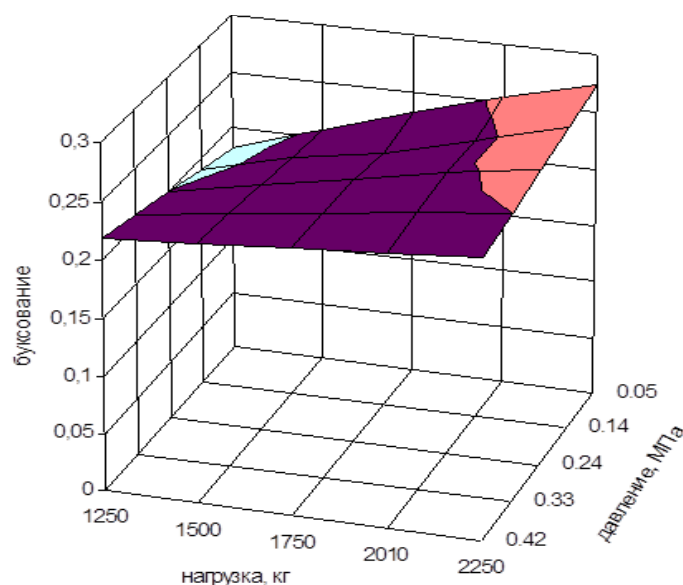


Рис. 2. Изменение критического буксования шины «Кама-1260» от вертикальной нагрузки и давления воздуха в шинах

Таким образом, логика управления, основанная на использовании кинематических параметров движения автомобиля, недостаточно эффективна.

Все вышеизложенное говорит о необходимости разработки более совершенных алгоритмов управления указанными системами, которые учитывали бы взаимосвязь между кинематическими и силовыми параметрами ведущих колес.

Список литературы

1. Келлер А. В., Мурог И. А. Принципы и методы распределения мощности между ведущими колесами автомобильных базовых шасси. Челябинск, 2009. 218 с.
2. Жилейкин М. М., Климов А. В., Масленников И. К. Анализ энергоэффективности электродинамической противобуксовочной системы городского электробуса // Изв. МГТУ МАМИ. 2022. Т. 16, № 2. С. 161–171.
3. Кристальный С. Р. Критерии оценки автотранспортных средств, оснащенных противобуксовочными системами : дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2007. 269 с.
4. Петин В. В. Повышение активной безопасности автомобиля на основе синтеза адаптивного алгоритма функционирования системы автоматического экстренного торможения : дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2022. 168 с.
5. Анчуков В. В., Алюков А. С. Имитационное моделирование системы автоматического управления блокировкой дифференциалов грузовых автомобилей // Вестн. Юж.-Урал. гос. ун. Серия: Машиностроение. 2018. Т. 18, № 3. С. 68–79.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИМПУЛЬСА НА ЭЛЕКТРОННУЮ АППАРАТУРУ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

Ю. Ю. Ушнурцева¹,

канд. техн. наук,

В. Е. Митрохин²,

проф., д-р. техн. наук

¹ Филиал Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии
А. В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации, г. Омск

² Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

В статье рассмотрено негативное воздействие наиболее разрушительного источника электромагнитного излучения искусственного происхождения, такого как ядерный взрыв, на электронную аппаратуру наземного транспорта, а также разработана методика, позволяющая выработать эксплуатационно-технические требования к устройствам защиты электронных систем.

Ключевые слова: электромагнитный импульс, напряжение, частота, электронная аппаратура, наземный транспорт.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF AN ELECTROMAGNETIC PULSE ON ELECTRONIC EQUIPMENT OF GROUND TRANSPORT

The article considers the negative impact of the most destructive source of electromagnetic radiation of artificial origin, such as a nuclear explosion, on the electronic equipment of ground transport, and also developed a technique that allows to develop operational and technical requirements for electronic system protection devices.

Keywords: electromagnetic pulse, voltage, frequency, electronic equipment, ground transport.

Технологии в XXI веке охватывают все аспекты жизни. Большинство из них используют микропроцессорную электронику. По мере развития прогресса им доверяют контроль над важными критическими функциями безопасности, в том числе и в наземном транспорте (НТ). Несмотря на все очевидные

преимущества, уязвимость электроники перед электромагнитными излучениями остается серьезной проблемой. Наиболее мощным искусственным источником электромагнитного излучения является ядерный взрыв (ЯВ). Импульсные электромагнитные поля, возникающие при ядерном взрыве, принято называть электромагнитным импульсом ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ), а он, в свою очередь, способен вывести из строя на достаточно большом удалении от эпицентра различные системы электроники, в том числе и НТ. При этом в соответствии со стандартом МЭК серии 61000 выделяют три стадии развития высотного ядерного взрыва: ранняя, промежуточная и поздняя.

Для всех стадий поведение электрического поля определяется соотношением:

$$e(t) = e_{\max}k(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}), \quad (1)$$

где $e_{\max}$ – максимальная амплитуда импульса, В/м (для ранней стадии ЭМИ ЯВ имеет максимальную амплитуду 50 кВ/м); k – нормировочный коэффициент $k = 1,3$ (для ранней стадии, $k = 1$ для промежуточной стадии); α, β – показатели экспоненты, с^{-1} (для ранней стадии $\alpha = 4 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$, $\beta = 6 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$, для промежуточной – $\alpha = 10^3 \text{ с}^{-1}$, $\beta = 6 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$) [1].

Обеспечение надежной эксплуатации современных электронных устройств и систем НТ требует обязательного учета влияния на их работу электромагнитных импульсов естественного и искусственного происхождения. Для аппаратуры НТ необходим учет влияния электромагнитных импульсов, сопровождающих действие ионизирующих излучений ядерного взрыва [2].

Согласно ГОСТу [3], длительность фронта импульсов должна составлять 5 нс, длительность импульса (на уровне 50 % пикового значения) – 50 нс, частота повторения импульсов при амплитуде напряжения 2 кВ – 2,5 кГц, длительность пачки импульсов – 15 мс, период повторения пачек импульсов – 300 мс, выходное сопротивление испытательного генератора – 50 Ом.

Требования и методы испытаний приборов на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии устанавливает ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) [4]. Согласно этому ГОСТу, длительность

фронта импульса должна быть равной 1 мкс, длительность импульса (на уровне 50 % пикового значения) – 50 мкс, интервал между импульсами – 1 мин, выходное сопротивление испытательного генератора – 10 Ом (схема «провод – заземление») или 2 Ом (схема «провод – провод»).

Исходя из вышеперечисленного, имеет место необходимость разработки методики позволяющей моделировать воздействие ЭМИ, в том числе и ЯВ, на электронные системы НТ, для чего был проведен аналитический поиск зависимостей наведенного напряжения от частоты (рис. 1).

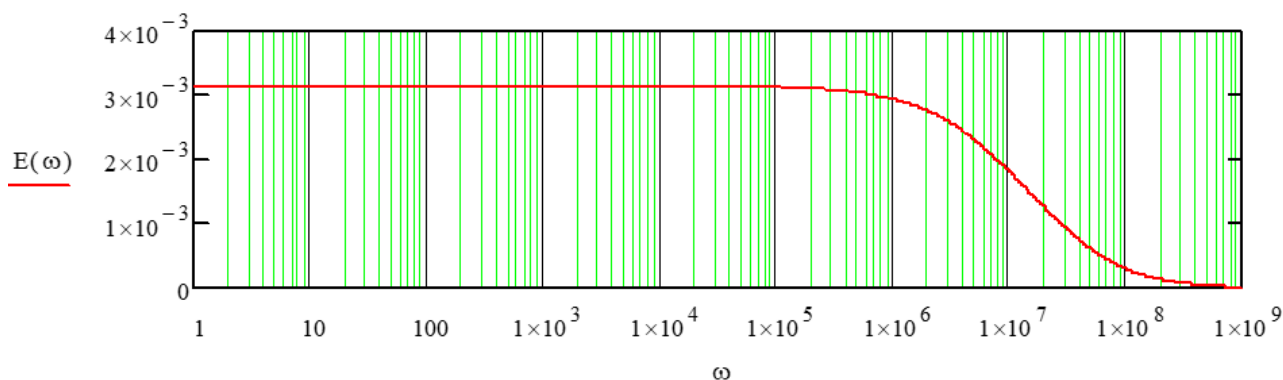


Рис. 1. График зависимости наведенного напряжения от частоты

При этом ток описывается следующими выражениями:

при $r > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ – аperiодический режим: $i(t) = -\frac{E}{\beta \cdot L} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sinh(\beta \cdot t)$; (2)

при $r < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ – колебательный режим: $i(t) = -\frac{E}{\omega L} e^{-\alpha t} \sin \omega t$; (3)

при $r = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ – критический режим: $i(t) = -\frac{E}{L} - t e^{-\alpha t}$. (4)

Чтобы получить ток такой формы, были подставлены значения параметров R, C, L [5].

Для аperiодического режима: $R = 50$ Ом; $C = 2,33$ нФ; $L = 1,22$ мкГн; $E = 100$ В (рис. 2).

$$i(t) = -\frac{E}{\beta \cdot L} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta \cdot t); \alpha = \frac{R}{2L}; \beta = \sqrt{\alpha^2 - \frac{1}{L \cdot C}}. \quad (5)$$

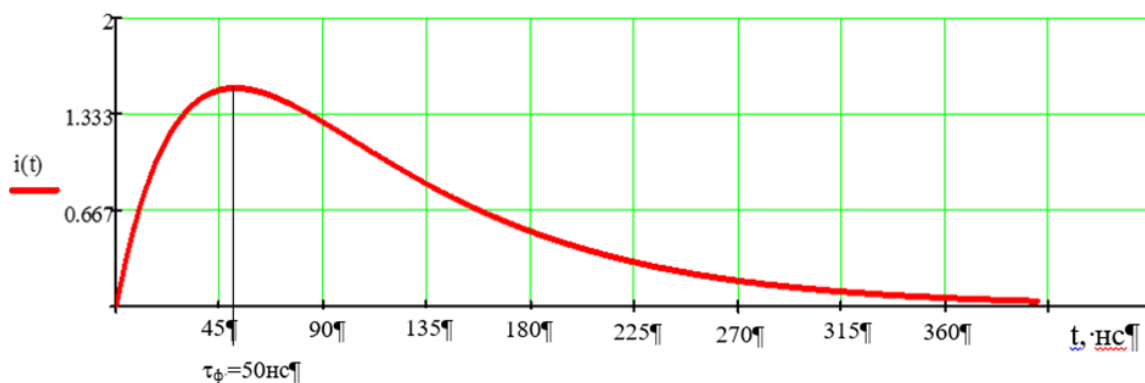


Рис. 2. График аperiodического режим

Для колебательного режима: $R = 50 \text{ Ом}$; $C = 2,33 \text{ нФ}$; $L = 1,22 \text{ мкГн}$; $E = 100 \text{ В}$ (рис. 3).

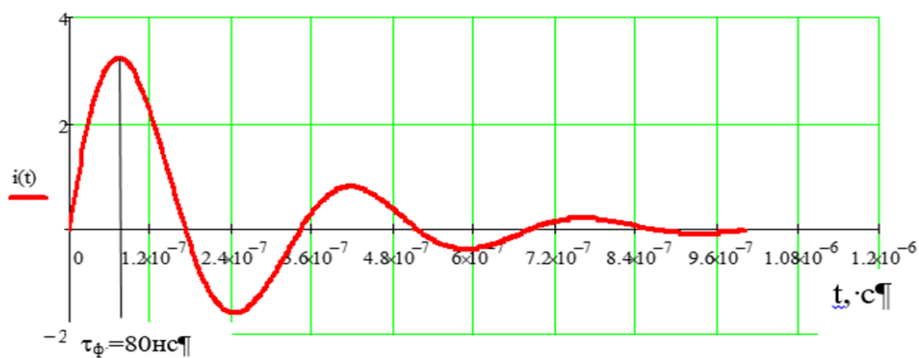


Рис. 3. График колебательного режима

Достоверность полученных аналитическим методом зависимостей была подтверждена экспериментально.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная методика позволяет на стадии проектирования определять параметры испытательной установки.
2. Используя экспериментальную установку, возможно провести натурные испытания электронных систем НТ на устойчивость к импульсным воздействиям.
3. Базируясь на разработанной методике, можно выработать эксплуатационно-технические требования к устройствам защиты электронных систем НТ.

Список литературы

1. *Балюк Н. В., Кечиев Л. Н., Степанов П. В.* Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты. М. : ООО «Группа ИДТ», 2007. 478 с.
2. *Рикетс Л. У., Бриджес Дж. Э., Майлетта Дж.* Электромагнитный импульс и методы защиты. М. : Атомиздат, 1979. 328 с.
3. ГОСТ Р 51317.4.4-2007 (МЭК 61000-4-4:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний. М. : Стандартиформ, 2008. 33 с.
4. ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний. М. : Стандартиформ, 2008. 35 с.
5. *Митрохин В. Е., Жабина А. В., Митрохин М. В.* Математическое моделирование разряда статического электричества, возникающего на поверхности космического аппарата // Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической и авиационной техники : материалы IV Всерос. науч. конф. посвящ. 80-летию со дня рождения Главного конструктора ПО «Полет» А. С. Клинышкова. Омск : ОмГТУ, 2009. С. 47–50.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДВЕСКАХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В. В. Венедиктов,

студент,

А. В. Ильин,

доц., канд. техн. наук,

А. А. Сутормина,

ведущий инженер

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Предложены конструктивные варианты автомобильных подвесок, обеспечивающих большую безопасность и комфортабельность, меньший крен автомобиля при прохождении поворотов. Разобраны варианты применения современных технологий в автомобильных подвесках, позволяющих существенно повысить эксплуатационные показатели автомобилей. Основными конструктивными особенностями являются применение электрических двигателей в подвесках и использование программного управления.

Ключевые слова: автомобиль, транспорт, подвеска автомобиля, торсион, неподрессоренная масса, линейный электромотор.

APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN PASSENGER CAR SUSPENSIONS

Design options for automobile suspensions are proposed that provide greater safety and comfort, and less roll of the car when passing through gates. The option of using modern technologies in automobile suspensions, which can significantly improve the performance of vehicles, is discussed. The main design features are: the use of electric motors in the suspensions and the use of program control.

Keywords: car, transport, car suspension, torsion bar, unsprung weight, linear electric motor.

Подвеска с применением линейного электромотора Bose. Основной конструкции является линейный электромотор, питаемый усилителями и управляемый системой на основе микропроцессора. Электромотор выполняет функции амортизационной стойки: он сжимается и разжимается, но делает это в разы быстрее обычного амортизатора с пружиной, изменяя свою длину за миллисекунды. Именно этот показатель у традиционной подвески не позволяет ей обеспечить абсолютный покой кузова: ее ходы и скорость отклика ограничены свойствами материалов деталей и рабочего тела, и в определенный момент сжатие или разжатие подвески не позволяет компенсировать размеры преодолеваемой неровности, передавая остаточные колебания на кузов. Линейные электромоторы с быстрым откликом полностью решают эту проблему, прецизионно повторяя неровности поверхности, не передавая колебания на кузовные элементы. Диапазон перемещения электромоторов составляет 20 см – промежуток, в пределах которого кузов оставался неподвижным. Конструкция вышеописанной подвески представлена на рис. 1.



Рис. 1. Конструкция подвески Bose

Разумеется, настолько сложная и мощная электронная система, несущая большую нагрузку в виде автомобиля, требует соответствующего питания. Однако эта особенность во многом компенсируется схемой работы моторов: они имеют рекуперативную функцию, возвращая обратно на усилители часть затраченной энергии в циклах сжатия. По данным разработчиков данной подвески

Bose, такая схема позволяет обеспечить потребляемую мощность на уровне втрое меньшем, чем у штатной системы кондиционирования автомобиля [1].

Конструкция подвески предусматривает гашение не только крупных, но и мельчайших неровностей, проявляющих себя на уровне вибраций. Для этого ступичные узлы имеют собственные встроенные демпферы, подавляющие микроколебания. Помимо этого, программный комплекс обеспечивает идеально стабильное положение кузова автомобиля не только на неровностях, но и при маневрировании, полностью исключая поперечную раскачку в поворотах и продольную при разгонах и торможениях. Надежную основу подвески составляют торсионы, которые выполняют несущую функцию для кузова, оставляя всю настоящую работу системе управления [2].

Будучи управляемой программно, данная подвеска позволяет вносить изменения в алгоритмы ее работы и создавать алгоритмы различных режимов движения. В Bose отказались от того, к чему в наши дни пришел Mercedes-Benz с подвеской MagicBodyControl – наклона кузова автомобиля в поворотах, хотя подобные алгоритмы были разработаны и протестированы. Испытания, проведенные к тому моменту, показали, что подобное «мотоциклетное» поведение было слишком непривычным и неожиданным для пассажиров, а некоторые водители в скоростных поворотах, напротив, переоценивали возможности автомобиля, провоцируя опасные ситуации [3].

Недостатками данной подвески является масса конструкции. Целевой показателем увеличения веса автомобиля, по расчетам инженеров, составляет 90 кг – именно на столько увеличивается вес автомобиля с подвеской Bose. Вторым и третьим недостатком является потеря динамики и повышенный расход топлива, являющиеся следствием повышения массы.

Дальнейшее развитие системы предполагает сбор и анализ данных о рельефе дорожного полотна, их глобальное аккумулирование в облачных хранилищах и дальнейшее использование для прогнозирования поведения подвески.

На данный момент тестовыми прототипами, разработанными в 2004 году,

являются два седана представительского класса – Lexus LS 400. На рис. 2 представлены кадры с испытания подвесок на скорости 90 км/ч при прохождении поворота. Слева продемонстрирована обычная многорычажная подвеска, справа – подвеска Bose [4].



Рис. 2. Испытания подвесок

Список литературы

1. Колеса.ru. URL: <https://www.kolesa.ru> (дата обращения: 01.11.2023).
2. Советы и технологии, автомобили, новости, статьи, фотографии. URL: <https://1gai.ru> (дата обращения: 05.11.2023).
3. Bose. URL: <https://www.bose.com> (дата обращения: 15.10.2023).
4. Bose Краснодар. URL: <https://bosekr.ru> (дата обращения: 15.10.2023).

ВЛИЯНИЕ УГЛА ПОПЕРЕЧНОГО НАКЛОНА ТРАКТОРА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК ПО ЕГО КОЛЕСАМ

А. П. Зырянов,

доц., канд. техн. наук

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

Получена аналитическая зависимость реакций опорной поверхности на колеса трактора при его движении поперек склона. Ее анализ показал, что при увеличении угла поперечного наклона трактора происходит повышение нагрузки на колеса, расположенные ниже по склону, и снижение – на противоположных. Выявлена зависимость, позволяющая определять расстояние от продольной плоскости оси колес до центра тяжести трактора, обеспечивающее выравнивание нагрузок на колеса.

Ключевые слова: трактор, угол наклона, нагрузка на колеса, распределение.

THE INFLUENCE OF THE ANGLE OF TRANSVERSE INCLINATION OF THE TRACTOR ON THE LOAD DISTRIBUTION ON ITS WHEELS

The analytical dependence of the reactions of the bearing surface on the tractor wheels during its movement across the slope is obtained. Its analysis showed that with an increase in the angle of transverse inclination of the tractor, there is an increase in the load on the wheels located lower down the slope, and a decrease on the opposite ones. The dependence is revealed, which allows determining the distance from the longitudinal plane of the wheel axis to the center of gravity of the tractor, ensuring the alignment of loads on the wheels.

Keywords: tractor, tilt angle, wheel load, distribution.

Наличие в Челябинской области Уральских гор, равнин и низменностей характеризует рельеф поверхности земли с колебаниями высот. Возделывание в такой местности сельскохозяйственных культур обуславливает использование тракторов при выполнении технологических операций и транспортных работ на наклонных поверхностях полей. Их движение поперек склона приводит к перераспределению нагрузок на единичные движители. Как следствие, это вызывает

не только ухудшение энергетических показателей агрегата [1–3], но и увеличение уплотнения почвы [4–5], снижение урожайности культур.

Целью исследования является определение влияния угла поперечного наклона трактора на распределение нагрузок по его колесам.

Задача исследования: выявить зависимость угла поперечного наклона трактора на распределение нагрузок по его колесам.

Для решения поставленной задачи составим схему сил, действующих на трактор в поперечно-вертикальной плоскости (рис. 1).

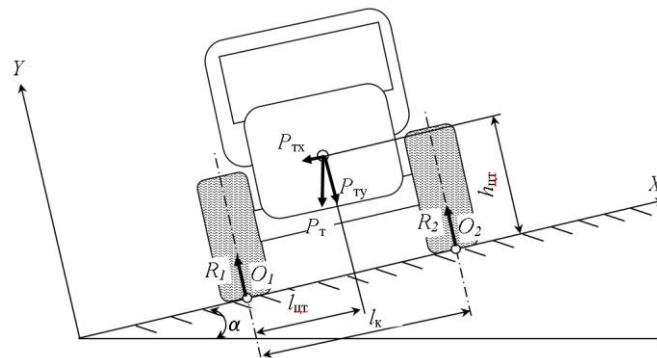


Рис. 1. Схема сил, действующих на трактор на склоне в поперечной плоскости:

P_T – сила тяжести трактора; P_{TX} – проекция силы тяжести трактора на ось X ;

P_{TY} – проекция силы тяжести трактора на ось Y ; R_1, R_2 – реакции опорной поверхности на колеса трактора; $h_{ЦТ}$ – высота центра тяжести трактора; $l_{ЦТ}$ – расстояние от продольной плоскости оси колес до центра тяжести трактора; l_K – колея трактора;

O_1, O_2 – точки приложения сил реакций опорной поверхности к колесам; α – угол склона

Для определения сил реакций опорной поверхности найдем сумму моментов сил относительно точек O_1 и O_2 , учитывая, что $P_{TX} = m_{тр} \cdot g \cdot \sin \alpha$, $P_{TY} = m_{тр} \cdot g \cdot \cos \alpha$. После преобразований получим силы реакций опорной поверхности, кН

$$R_1 = \frac{m_{тр} \cdot g \cdot ((l_K - l_{ЦТ}) \cos \alpha + h_{ЦТ} \sin \alpha)}{l_K}, \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{m_{тр} \cdot g \cdot (l_{ЦТ} \cos \alpha - h_{ЦТ} \sin \alpha)}{l_K}, \quad (2)$$

где $m_{тр}$ – масса трактора, т; g – ускорение свободного падения, м/с².

Из полученных выражений (1), (2) видно, что при изменении угла наклона поверхности, по которой перемещается трактор, происходит перераспределение

нагрузок по его левым и правым колесам (рис. 2).

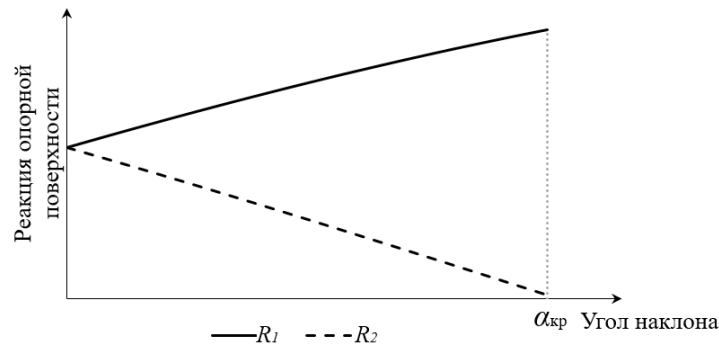


Рис. 2. Изменение реакций опорной поверхности на колеса трактора в зависимости от угла его поперечного наклона

При увеличении угла поперечного наклона трактора нагрузка на нижние колеса повышается, а на верхние – снижается. При достижении критического угла наклона ($\alpha_{кр}$) вся нагрузка, создаваемая массой трактора, перераспределяется на нижние колеса. В этом случае возникает ситуация его опрокидывания. Приравняв выражение (2) к нулю, найдем критический угол

$$\alpha_{кр} = \arctg\left(\frac{l_{цт}}{h_{цт}}\right). \quad (3)$$

Неравномерное распределение нагрузок на колеса приводит к ухудшению сцепления движителей с опорной поверхностью, повышению давления нижними колесами на почву и ее переуплотнению, что в конечном итоге вызывает снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Для определения величины смещения центра тяжести трактора приравняем выражения (1), (2) между собой и после преобразования получим

$$l_{цт} = h_{цт} \operatorname{tg}(\alpha) + 0,5l_{к}. \quad (4)$$

Таким образом, проведенные теоретические исследования показали, что при движении трактора поперек склона происходит перераспределение нагрузки с колес, расположенных выше по склону, на нижние. Для их выравнивания требуется смещать центр тяжести в поперечной плоскости трактора в сторону, противоположной уклону, на величину $l_{цт}$, которая определяется по выражению (4), относительно продольной оси нижних колес.

Список литературы

1. *Зырянов А. П.* Исследование взаимосвязи энергетических и технико-экономических показателей работы тягово-приводных агрегатов // АПК России. 2015. Т. 72, № 1. С. 36–39.
2. *Зырянов А. П., Сусанин А. В.* Влияние неравномерного распределения нагрузки по осям колес полноприводного трактора на его тягово-сцепные показатели // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : сб. ст. IV Всерос. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16 декабря 2022 года. Екатеринбург, 2023. С. 45–48.
3. *Сусанин А. В.* Методика и результаты экспериментальных исследований влияния распределения нагрузки по осям колес машины на ее энергетические показатели // Достижения науки – агропромышленному производству: реализация социально-гуманитарных и инженерно-технических задач : материалы Международ. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, Челябинск, 17–18 мая 2023 года / под редакцией С. Д. Шепелева. Челябинск : Юж.-Урал. госуд. аграр. ун-т, 2023. С. 169–174.
4. *Зырянов А. П., Капкаева Е. Д.* Снижение воздействия ходовой системы МТА на почву при выполнении полевых работ // Достижения науки – агропромышленному производству : материалы LIII международ. науч.-техн. конф., Челябинск, 30 января 2014 года. Ч. II. Челябинск : Челяб. гос. агроинженер. академия, 2014. С. 57–62.
5. *Зырянов А. П., Пятаев М. В., Максименко А. В.* Рациональное распределение грузов на тракторе в зависимости от нагрузки на его крюке // Современные тенденции технологического развития АПК : материалы Международ. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 85-летию кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка им. профессора М. П. Сергеева, Челябинск, 29–30 января 2019 года / под ред. М. Ф. Юдина. Челябинск : Юж.-Урал. госуд. аграр. ун-т, 2019. С. 66–74.

ЗАВИСИМОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ПО ОСЯМ КОЛЕС ТРАКТОРА ОТ ЕГО ПРОДОЛЬНОГО НАКЛОНА

А. П. Зырянов,

доц., канд. техн. наук,

Н. В. Латыпова,

аспирант

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

Проведены теоретические исследования влияния продольного наклона трактора на распределение нагрузок на его колеса, в результате которых выявлены их связи. Получены зависимости, позволяющие определять положение центра тяжести трактора, обеспечивающего выравнивание нагрузок на колеса при работе на склоне.

Ключевые слова: трактор, угол наклона, нагрузка на колеса, распределение.

DEPENDENCE OF THE LOAD DISTRIBUTION ALONG THE AXES OF THE TRACTOR WHEELS ON ITS LONGITUDINAL INCLINATION

Theoretical studies of the influence of the longitudinal tilt of the tractor on the distribution of loads on its wheels have been carried out, as a result of which their connections have been revealed. Dependences are obtained that allow determining the position of the tractor's center of gravity, which equalizes the loads on the wheels when working on a slope.

Keywords: tractor, tilt angle, wheel load, distribution.

Вследствие неровного мезорельефа поверхности местности, по которой осуществляется движение мобильных машин, используемых при производстве сельскохозяйственной продукции, происходит изменение нагрузок на их единичные движители. В результате этого происходит ухудшение энергетических показателей колесных машин [1, 2] и снижение урожайности возделываемых культур [3]. Выявление зависимости распределения нагрузок по осям колес от продольного наклона трактора позволит повысить эффективность его использования.

Целью исследования является повышение эффективности использования трактора при его движении на негоризонтальной поверхности.

Задача исследования: выявить зависимость распределения нагрузок по осям колес трактора от его продольного наклона при движении на негоризонтальной поверхности.

Для решения указанной задачи составим схему сил, действующих на трактор в продольно-вертикальной плоскости (рис. 1).

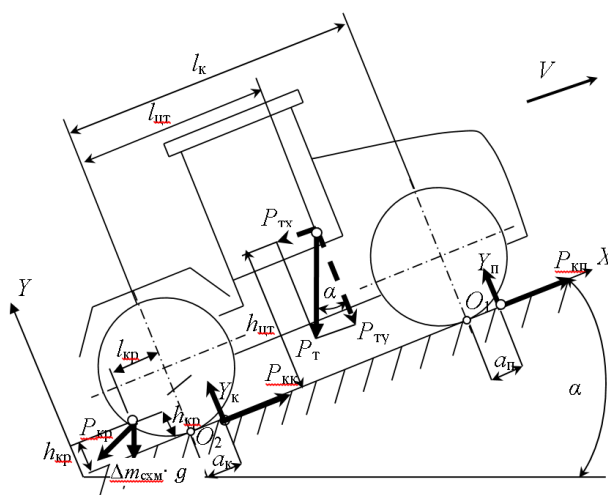


Рис. 1. Схема сил, действующих на трактор на склоне в продольно-вертикальной плоскости при движении на подъем: P_T – сила тяжести трактора; P_{Tx} – проекция сила тяжести трактора на ось X ; P_{Ty} – проекция силы тяжести трактора на ось Y ; $P_{кр}$ – усилие на крюке трактора;

$P_{кп}$, $P_{кк}$ – касательные силы соответственно передних и задних колес;

$Y_п$, $Y_к$ – реакции опорной поверхности соответственно на передние и задние колеса трактора;

$\Delta m_{схм}$ – часть массы сельскохозяйственной машины, приходящейся на трактор;

g – ускорение свободного падения; $h_{цт}$ – высота центра тяжести трактора;

$h_{кр}$ – высота положения точки соединения сельскохозяйственной машины с трактором;

$l_{цт}$ – расстояние проекции на ось Y от оси задних колес до центра тяжести трактора; $l_{кр}$ – колея трактора; $l_{кр}$ – продольное расстояние от оси задних колес до точки соединения трактора с сельскохозяйственной машиной; $a_п$, $a_к$ – расстояние проекции на ось Y от оси задних колес до приложения реакций соответственно на передние и задние колеса трактора;

O_1 , O_2 – точки приложения сил реакций опорной поверхности к колесам; α – угол склона;

γ – угол наклона усилия на крюке к горизонтальной поверхности; V – скорость движения

С помощью составленной схемы найдем сумму моментов сил относи-

тельно точек O_1 и O_2 и определим реакции опорной поверхности на колеса передней и задней осей (с учетом того, что $P_{\text{тх}} = m_{\text{тр}} \cdot g \cdot \sin \alpha$, $P_{\text{ту}} = m_{\text{тр}} \cdot g \cdot \cos \alpha$):

$$Y_{\text{п}} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot g \left((l_{\text{цт}} - f r_{\text{д}}) \cos \alpha - h_{\text{цт}} \sin \alpha \right) - P_{\text{кр}} (h_{\text{кр}} \cos \gamma + l_{\text{кр}} \sin \gamma) - \Delta m_{\text{схм}} \cdot g (l_{\text{кр}} \cos \alpha + h_{\text{кр}} \sin \alpha)}{l_{\text{к}}}, \quad (1)$$

$$Y_{\text{к}} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot g \left((l_{\text{к}} - l_{\text{цт}} + f r_{\text{д}}) \cos \alpha + h_{\text{цт}} \sin \alpha \right) + P_{\text{кр}} (h_{\text{кр}} \cos \gamma + (l_{\text{к}} + l_{\text{кр}}) \sin \gamma) + \Delta m_{\text{схм}} \cdot g \left((l_{\text{к}} + l_{\text{кр}}) \cos \alpha + h_{\text{кр}} \sin \alpha \right)}{l_{\text{к}}}, \quad (2)$$

где f – коэффициент сопротивления перекачиванию трактора; $r_{\text{д}}$ – динамический радиус колеса, м.

При движении трактора со склона реакции опорной поверхности на колеса будут равны:

$$Y_{\text{п}} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot g \left((l_{\text{цт}} - f r_{\text{д}}) \cos \alpha + h_{\text{цт}} \sin \alpha \right) - P_{\text{кр}} (h_{\text{кр}} \cos \gamma + l_{\text{кр}} \sin \gamma) - \Delta m_{\text{схм}} \cdot g (l_{\text{кр}} \cos \alpha - h_{\text{кр}} \sin \alpha)}{l_{\text{к}}}, \quad (3)$$

$$Y_{\text{к}} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot g \left((l_{\text{к}} - l_{\text{цт}} + f r_{\text{д}}) \cos \alpha - h_{\text{цт}} \sin \alpha \right) + P_{\text{кр}} (h_{\text{кр}} \cos \gamma + (l_{\text{к}} + l_{\text{кр}}) \sin \gamma) + \Delta m_{\text{схм}} \cdot g \left((l_{\text{к}} + l_{\text{кр}}) \cos \alpha - h_{\text{кр}} \sin \alpha \right)}{l_{\text{к}}}. \quad (4)$$

Анализ полученных зависимостей (1)–(4) показывает, что с увеличением угла наклона поверхности, по которой перемещается трактор, происходит повышение нагрузки на колеса, находящиеся ниже по склону (рис. 2).

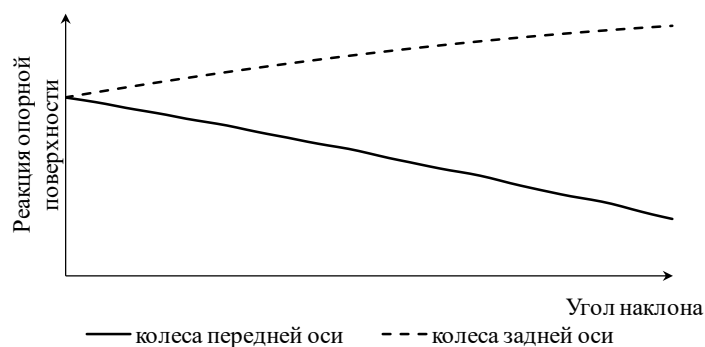


Рис. 2. Изменение реакций опорной поверхности на колеса трактора в зависимости от угла его наклона при движении на подъем

Наилучшая эффективность колесной машины достигается в случае, когда при ее движении нагрузки, приходящиеся на колеса, одинаковы [4]. Это достигается при следующем продольном положении центра тяжести машины:

– на подъеме:

$$l_{\text{цт}} = \frac{P_{\text{кр}}(2h_{\text{кр}}\cos\gamma + (l_{\text{к}} + 2l_{\text{кр}})\sin\gamma) + \Delta m_{\text{схм}} \cdot g((l_{\text{к}} + 2l_{\text{кр}})\cos\alpha + 2h_{\text{кр}}\sin\alpha) - m_{\text{тр}} \cdot g((2fr_{\text{д}} - l_{\text{к}})\cos\alpha - 2h_{\text{цт}}\sin\alpha)}{2m_{\text{тр}}g\cos\alpha}; \quad (5)$$

– на спуске:

$$l_{\text{цт}} = \frac{P_{\text{кр}}(2h_{\text{кр}}\cos\gamma + (l_{\text{к}} + 2l_{\text{кр}})\sin\gamma) + \Delta m_{\text{схм}} \cdot g((l_{\text{к}} + 2l_{\text{кр}})\cos\alpha - 2h_{\text{кр}}\sin\alpha) - m_{\text{тр}} \cdot g((2fr_{\text{д}} - l_{\text{к}})\cos\alpha + 2h_{\text{цт}}\sin\alpha)}{2m_{\text{тр}}g\cos\alpha}. \quad (6)$$

Таким образом, результаты теоретических исследований показывают, что при продольном наклоне трактора, движущегося на склоне, происходит перераспределение нагрузок на его движители. Получены зависимости, позволяющие определять положение центра тяжести трактора, обеспечивающие выравнивание нагрузок на колеса при работе на склоне.

Список литературы

1. Зырянов А. П. Исследование взаимосвязи энергетических и технико-экономических показателей работы тягово-приводных агрегатов // АПК России. 2015. Т. 72, № 1. С. 36–39.
2. Зырянов А. П., Сусанин А. В. Влияние неравномерного распределения нагрузки по осям колес полноприводного трактора на его тягово-сцепные показатели // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : сб. ст. IV Всерос. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16 декабря 2022 года. Екатеринбург. 2023. С. 45–48.
3. Зырянов А. П., Капкаева Е. Д. Снижение воздействия ходовой системы МТА на почву при выполнении полевых работ // Достижения науки – агропромышленному производству : материалы ЛШ международ. науч.-техн. конф., Челябинск, 30 января 2014 года. Ч. II. Челябинск : Челяб. гос. агроинженер. академия, 2014. С. 57–62.
4. Зырянов А. П., Пятаев М. В., Максименко А. В. Рациональное распределение грузов на тракторе в зависимости от нагрузки на его крюке // Современные тенденции технологического развития АПК : материалы Международ. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 85-летию кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка им. профессора М. П. Сергеева, Челябинск, 29–30 января 2019 года / под ред. М. Ф. Юдина. Челябинск : Юж.-Урал. госуд. аграр. ун-т, 2019. С. 66–74.

О ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ РИСКЕ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Л. Н. Горбунова,

доцент,

Д. А. Пивиков,

магистр

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Рассмотрены некоторые вопросы оценки профессионального риска водителей транспортных средств по результатам ежегодных медицинских осмотров, психофизиологического тестирования и специальной оценки условий труда. Использование полученных результатов позволит принимать обоснованные управленческие решения по улучшению условий труда водителей и производить оценку их эффективности.

Ключевые слова: водитель, профессиональный риск, условия труда, спецоценка.

ABOUT THE PROFESSIONAL RISK OF DRIVERS OF VEHICLES

Some issues of assessing the professional risk of drivers of vehicles based on the results of annual medical examinations, psychophysiological testing and special assessment of working. The use of the results obtained will make it possible to make informed management decisions to improve the working conditions of drivers and evaluate their effectiveness.

Keywords: driver, professional risk, working conditions, special assessment.

Основой повышения производительности труда и эффективности работы любой организации, независимо от сферы ее деятельности, размеров и организационно-правовой формы, является комплексная механизация транспортных работ. От уровня механизации транспортных работ зависят не только производительность труда, эффективность работы, но безопасность и профессиональный риск водителей.

Научно-технический прогресс в области механизации транспортных работ

направлен на улучшение технико-экономических показателей вновь создаваемых и модернизируемых машин и оборудования, повышение их мощности, энергонасыщенности, производительности, надежности и долговечности. Безопасность эксплуатации машин и оборудования обеспечивается такими факторами, как конструктивное совершенство и качество его изготовления, ремонта и технического обслуживания, наличие исправных устройств и приборов безопасности, ограждений, уровень подготовленности и ответственности водителей, культура безопасности и др.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что по результатам анализа статистических данных травматизм, связанный с транспортными работами, устойчиво занимает первое место в общем количестве несчастных случаев, а в целом на промышленном транспорте гибнет более половины от числа людей, пострадавших на производстве. Основными факторами опасности транспортных работ являются движущиеся объекты: машины и механизмы, подвижные элементы машин, перемещаемые грузы и др.

Цель работы – формирование системного подхода в части идентификации опасностей, анализа полученных данных и сравнительной оценки профессионального риска водителей транспортных средств согласно ГОСТ Р 70675–2023.

В профессиональной деятельности водителя транспортных средств объектами одновременного наблюдения служат различные индикаторы, дисплеи, органы управления, клавиатура и т. п. – до пяти объектов одновременного наблюдения (1-й класс условий труда).

Например, наибольшая длительность сосредоточенного наблюдения за ходом технологического процесса отмечается у водителей транспортных средств (более 75 % смены – класс условий труда вредный второй степени 3.2). В основе этого процесса, характеризующего напряженность труда водителя, лежит сосредоточение или концентрация внимания на каком-либо реальном объекте. Определяющей характеристикой здесь является именно сосредоточение внимания в отличие от пассивного характера наблюдения за ходом технологического процесса, когда исполнитель время от времени контролирует состояние какого-либо объекта.

Однако это справедливо далеко не для всех водителей. Например, этот показатель существенно ниже у водителей вахтовых и пожарных автомобилей, а также автомобилей, на которых смонтировано специальное оборудование (бурильные, паровые установки, грузоподъемные краны и др.). Поэтому данный показатель оценивают в каждом конкретном случае по его фактическому значению, получаемому либо с помощью хронометража, либо иным способом. У водителей автомобилей его можно определить по показателю сменного пробега (км), деленному на среднюю скорость движения автомобиля (км/ч) на данном участке. На практике достаточно часто такие расчеты показывают, что суммарное время вождения автомобиля и, соответственно, длительность сосредоточенного наблюдения не превышают 2–4 ч за рабочую смену.

Количество воспринимаемых и передаваемых сигналов (сообщений, распоряжений) позволяет оценивать занятость, специфику деятельности водителя. Чем больше число поступающих и передаваемых сигналов или сообщений, тем выше информационная нагрузка, приводящая к возрастанию напряженности. Производственная деятельность водителя во время управления транспортными средствами – в среднем около 200 сигналов в течение часа (класс условий труда вредный первой степени – 3.1). Этот показатель может быть существенно ниже у водителей, например, междугородных автобусов, водителей-дальнобойщиков, водителей вахтовых автомобилей или в случаях, когда плотность транспортного потока невелика, что характерно для сельской местности.

Профессиональный риск водителей зависит также от образа жизни, наследственной предрасположенности, с учетом базового состояния их здоровья, качества медицинских осмотров и иных факторов (рис. 1).

Для оценки профессионального риска водителей используем:

1) результаты спецоценки условий труда по протоколам:

- содержание взвешенных веществ, оксида углерода, свинца, диоксида азота, бензола, формальдегида, марганца;
- параметры микроклимата, шума, инфразвука, локальной и общей вибрации;

- 2) результаты ежегодных медицинских осмотров (с учетом возраста, группы диспансеризации, вредных привычек, таких как курение и др.);
- 3) результаты психофизиологического тестирования.

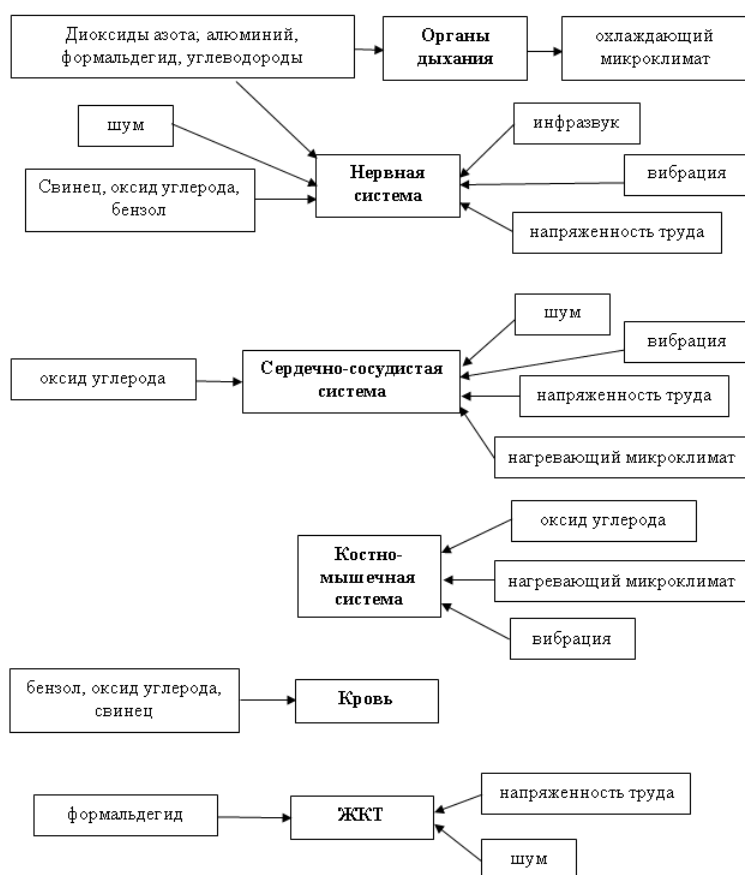


Рис. 1. Критические органы и системы при воздействии условий труда для водителей транспортных средств

По каждому из результатов (п. 1–3) определяется профессиональный риск.

Вывод. Использование полученных результатов позволит принимать обоснованные управленческие решения по улучшению условий труда водителей и производить оценку их эффективности.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАТОРА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

А. Г. Долганов,

доц., канд. техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Приведены подходы к повышению точности общей модели идентификатора в интеллектуальной системе управления беспилотного автомобиля. Исследование этого вопроса позволяет повысить безопасность дорожного движения в области беспилотного транспорта.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, интеллектуальная система управления, идентификация.

INCREASING THE ACCURACY OF THE IDENTIFIER MODEL IN THE CONTROL SYSTEM OF AN UNMANNED VEHICLE

Approaches to increasing the accuracy of the general model reflecting the identifier in the intelligent control system used in an unmanned vehicle are presented. Research on this issue can improve road safety in the field of unmanned vehicles.

Keywords: unmanned vehicle, intelligent control system, identification.

В России компании «Сбер», «Яндекс», КамАЗ и StarLine начали активно внедрять в пассажирских и грузовых перевозках беспилотные автомобили (БПА) с интеллектуальными системами управления (ИСУ). В тоже время, по результатам исследования АО «АльфаСтрахования», около 50 % опрошенных россиян против установки ИСУ в свои автомобили и еще 33 % опасаются БПА [1]. Основная **проблема** недоверия населения – неприемлемый уровень безопасности дорожного движения (БДД) БПА из-за ошибок его системы управления. Действительно, доверие к водителю пилотируемого автомобиля выше, поскольку

«естественная система управления» (ЕСУ) человека более совершенна, чем искусственная ИСУ БПА, содержащая ошибки моделирования. Для решения этой проблемы необходимо повысить точность модели ИСУ БПА и ее структурных элементов до уровня ЕСУ. **Актуальность** данного исследования состоит в определении подходов к повышению точности модели идентификатора ИСУ БПА. **Цель** исследования – повышение точности модели идентификатора в общей структуре ИСУ БПА. **Практическая значимость** исследования состоит в повышении уровня БДД БПА.

Задачи исследования: 1) анализ общей структуры ИСУ, применяемой в современной математической теории управления, в частности представленной в публикациях директора Института проблем управления им. В. А. Трапезникова, члена-корреспондента РАН, д-ра техн. наук Д. А. Новикова [2]; 2) определение подходов к повышению точности общей модели идентификатора ИСУ БПА в дополнении к концепции ИСУ полностью автономного БПА [3–5].

Эти задачи могут быть решены на основе **системного и информационно-кибернетического подходов, методом структурного анализа** общей модели ИСУ и **методом аналогии** ИСУ и ЕСУ, применяемого в области кибернетики и искусственного интеллекта.

Анализ общей структуры ИСУ позволил определить следующие подходы к повышению точности общей модели идентификатора ИСУ БПА: 1) общая модель идентификатора ИСУ БПА рассматривается в рамках общей структуры ИСУ [2], в которой идентификатор – это структурный элемент управляющей системы (УщС), обеспечивающий моделирование воздействий УщС на управляемую систему (УмС) с целью обеспечения требуемого ее поведения; 2) повышение точности модели идентификатора повышает качество ИСУ и улучшает ее свойства, такие как управляемость, наблюдаемость, устойчивость и робастность; 3) идентификатор не осуществляет само управленческое воздействие, но является необходимым условием достижения цели управления в общем случае оптимизации поведения УмС; 4) УщС в системах автоматического управления рас-

сма­три­ва­ет­ся как мо­дель ес­те­ствен­но­го субъ­ек­та управ­ле­ния. При этом ес­те­ствен­ный субъ­ек­т управ­ле­ния, по опре­де­ле­нию по­ня­тия «субъ­ек­т», не может быть об­ъ­ек­том управ­ле­ния. По­это­му ото­ждеств­ле­ние по­ня­тий субъ­ек­т и об­ъ­ек­т в об­щей мо­де­ли ИСУ соз­да­ет гно­се­оло­гическую оши­бку, ко­торая при­водит к сни­же­нию точ­но­сти мо­де­ли иден­ти­фи­ка­то­ра ИСУ. Для умень­ше­ния не­га­тив­но­го влия­ния этой оши­бки на ре­зуль­тат иден­ти­фи­ка­ции не­об­хо­ди­мо в мо­де­ли иден­ти­фи­ка­то­ра пре­дус­мо­т­ре­ть про­це­ду­ру са­мо­иден­ти­фи­ка­ции УщС рас­то­ждеств­ля­ю­щую субъ­ек­т и об­ъ­ек­т управ­ле­ния и тем са­мым по­вы­ша­ю­щую точ­ность иден­ти­фи­ка­ции и ка­че­ство ИСУ; 5) иден­ти­фи­ка­тор (наб­лю­да­тель) со­сто­я­ния УмС по ее вы­хо­ду (пове­де­нию) и вхо­ду (управ­ля­ю­щим воз­дей­ствиям УщС) при­ни­ма­ет ча­стич­ное (вместе с экс­пер­том) или пол­ное (без экс­пер­та) уча­стие в по­стро­е­нии за­ко­на управ­ле­ния пове­де­нием УмС (за­да­ча син­те­за). В за­ко­не управ­ле­ния от­ра­жа­ет­ся ин­фор­ма­ция об УмС (вы­хо­ду) и УщС (управ­ля­ю­щим воз­дей­ствиям). Точ­ность мо­де­ли иден­ти­фи­ка­то­ра ИСУ опре­де­ля­ет­ся точ­но­стью иден­ти­фи­ка­ции вы­хо­да (пове­де­ния УмС) и точ­но­стью са­мо­иден­ти­фи­ка­ции УщС в ча­сти ее управ­ля­ю­щих воз­дей­ствий. Та­ким об­разом, иден­ти­фи­ка­тор ИСУ пред­став­ля­ет со­бой цен­тр иден­ти­фи­ка­ции и са­мо­иден­ти­фи­ка­ции ИСУ; 6) са­мо­иден­ти­фи­ка­ция УщС по­вы­ша­ет на­блю­да­е­мость и ка­че­ство ИСУ до уров­ня ЕСУ, так как в оцен­ке ЕСУ во­ди­те­ля все­гда при­сут­ствует са­мо­оцен­ка его управ­лен­че­ских воз­дей­ствий, ко­торая яв­ля­ет­ся ос­но­вой осоз­нан­но­го, от­вет­ствен­но­го и без­опас­но­го во­жде­ния ав­то­мо­би­лем; 7) УщС при са­мо­иден­ти­фи­ка­ции яв­ля­ет­ся об­ъ­ек­том управ­ле­ния (УмС), т. е. ха­рак­те­ри­зу­ет­ся опре­де­лен­ным со­сто­я­нием и вы­хо­дом. Вы­ход (пове­де­ние) УщС – это ее управ­лен­че­ские воз­дей­ствия, ко­торы­е все­гда пол­но­стью из­вест­ны. Со­сто­я­ние УщС – это за­кон управ­ле­ния, ко­то­рый может быть не пол­но­стью из­вест­ным (на­при­мер, в ней­ро­се­те­вом ре­гу­ля­то­ре). При этом со­сто­я­ние и вы­ход УщС могут из­ме­нять­ся во вре­ме­ни как ха­рак­те­рис­ти­ки ди­на­мичес­кой си­сте­мы. Со­сто­я­ние УщС опре­де­ля­ет ее вы­ход, а вы­ход кор­ре­ля­тив­но (в про­стей­шем слу­чае, де­тер­ми­ни­ро­ва­но) за­ви­сит от со­сто­я­ния УщС; 8) при вза­имо­дей­ствии с дру­гими уча­ст­ни­ка­ми доро­жно­го дви­же­ния (УДД) обес­пе­че­ние БДД

БПА на уровне ЕСУ возможно при условии осуществления стратегического поведения ИСУ, которое также основано на самоидентификации ИСУ; 9) стратегическое поведение ИСУ выражается в таких ее способностях как самостоятельное целеполагание (исходя из главных целей обеспечения БДД и выполнения транспортной работы), сознательное противодействие искажению информации и невыполнению обязательств УДД при нарушении правил дорожного движения, рефлексия и дальновидность при учете собственных ошибок и прогнозировании поведения других УДД, использование нетривиальной взаимной информированности УДД, исполнение роли вежливого УДД, принятие решений в условиях ограниченной рациональности при дефиците информации и времени, кооперативное (коалиционное) взаимодействие при безопасном поведении и конкурентное противодействие при опасном и небезопасном поведении УДД.

Результат исследования: определены подходы к повышению точности общей модели идентификатора ИСУ БПА. **Выводы** исследования: 1) повышение точности модели идентификатора ИСУ обеспечивает повышение БДД БПА; 2) требуется детализация модели идентификатора ИСУ БПА на основе выработанных в данном исследовании подходов.

Список литературы

1. Искусный интеллект: почему автопилот водит машину лучше человека. URL: <https://iz.ru/1533696/denis-savosin/iskusnyi-intellekt-pochemu-avtopilot-vodit-mashinu-luchshe-cheloveka> (дата обращения: 27.11.2023).
2. Теория управления (дополнительные главы) : учеб. пособие / под ред. Д. А. Новикова. М. : ЛЕНАНД, 2019. 552 с.
3. Долганов А. Г. Основные положения концепции полной автономности беспилотного автомобиля / сб. ст. III Всерос. науч.-практ. конф. «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта», 3 декабря 2021 г. Екатеринбург, 2022. С. 22–23.
4. Долганов А. Г. Концепция интеллектуальной системы управления полностью автономного беспилотного автомобиля / сб. ст. IV Всерос. науч.-практ. конф. «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта», 16 декабря 2022 г. Екатеринбург, 2023. С. 65–68.

5. Долганов А. Г. Идентификация интеллектуальной системы управления полностью автономного беспилотного автомобиля / сб. ст. IV Всерос. науч.-практ. конф. «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта 16 декабря 2022 г. Екатеринбург, 2023. С. 69–72.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, УСТОЙЧИВЫЕ К ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИМ СРЕДАМ

А. А. Прядеин,

магистрант,

А. В. Ильин,

доц., канд. техн. наук,

А. А. Сутормина,

ведущий инженер

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

В XXI в. водород становится одним из главных мировых источников альтернативного топлива. Существует несколько вариантов его эффективного использования на транспорте: для автомобилей на топливных элементах и для применения в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) в качестве основного топлива и в качестве добавки к традиционным углеводородным топливам. Для реализации программы использования водорода в качестве альтернативного топлива необходимо решить важную проблему организации эффективного хранения водорода на борту транспортного средства.

Ключевые слова: водород, баллон, транспортное средство, альтернативное топливо, хранение водорода.

STRUCTURAL MATERIALS RESISTANT TO HYDROGEN- CONTAINING FRAMEWORKS

In the 21st century, hydrogen is becoming one of the world's main sources of alternative fuels. There are several options for its effective use in transport: for fuel cell vehicles and for use in internal combustion engines (ICE) as the main fuel and as an additive to traditional hydrocarbon fuels. To implement the program of using hydrogen as an alternative fuel, it is necessary to solve the important problem of organizing efficient storage of hydrogen on board a vehicle.

Keywords: hydrogen, balloon, vehicle, alternative fuel, hydrogen storage.

Хранить водород можно в газообразном виде под давлением, в жидком состоянии, в связанном виде в твердых или жидких носителях и в форме химических соединений, которые при разложении выделяют водород (аммиак, жидкие углеводороды).

Для транспорта наиболее важными являются следующие технологии:

- хранение сжатого газообразного водорода в резервуарах высокого давления;
- хранение жидкого водорода;
- хранение водорода в виде гидридов;
- хранение водорода в носителях.

Следует отметить, что хранение водорода отличается от хранения других видов моторных топлив, например бензина, тем, что системы хранения должны работать в неблагоприятных условиях: при криогенных температурах, при высоком давлении или при использовании материала, активного на воздухе, или в присутствии воды. Следовательно, необходимо обеспечивать надежность и безопасность системы хранения водорода.

На практике технология хранения водорода под давлением в резервуарах используется уже много лет, она аналогична технологии хранения природного газа. Как правило, при хранении водорода используются баллоны цилиндрического типа или контейнеры в виде труб большого объема. При использовании обычных стальных баллонов, заполненных водородом с давлением до 20 МПа, 4 кг водорода занимают объем 225 л. Массовая плотность по разным данным при давлении ~35 МПа составляет 6,7–8,7 % масс. Использование специальных баллонов позволит увеличить массовую плотность. В России созданы системы газобаллонного хранения водорода под давлением до 40 МПа, в том числе криволинейные титановые баллоны [1].

Водород хранят и транспортируют в стальных баллонах под давлением 150 кгс/см² (рис. 1). Водородный баллон стандартного размера содержит при таком давлении 6 м³ газа. При работе с водородом следует обращать особое вни-

мание на герметичность всей аппаратуры и газовых коммуникаций, так как водород способен проникать через мельчайшие неплотности, в результате чего могут образовываться взрывоопасные концентрации водорода в воздухе при содержании водорода в смеси 3,3–81,5 % [2].



Рис. 1. Стальной баллон для хранения водорода

В настоящее время водородные баллоны на 35 и 70 МПа сертифицированы в соответствии со стандартами ISO 11439 (Европа), NGV-2 (США), ReijikijunBetten (Исландия) и одобрены TUV (Германия) и КНК (Япония). Баллоны были использованы на нескольких опытных образцах автомобилей на топливных элементах и имеются в продаже. В соответствии с требованиями European Integrated Hydrogen Project (EIHPP) для композитных баллонов на 70 МПа был продемонстрирован фактор безопасности 2,35 (давление разрыва ~165 МПа) [3].

Композитный баллон, выпускаемый фирмой «Quantum Technologies, Inc.», показан на рис. 2 [3].

Главный недостаток этого метода заключается в его небезопасности. К системе клапанов предъявляются жесткие требования (должны быть исключены утечка водорода и возможность образования взрывоопасной гремучей смеси). При использовании баллонов высокого давления требуется дополнительный контроль.

Проведя анализ, можно сделать вывод, что баллоны из композитных материалов выдерживают большее давление и меньший вес.

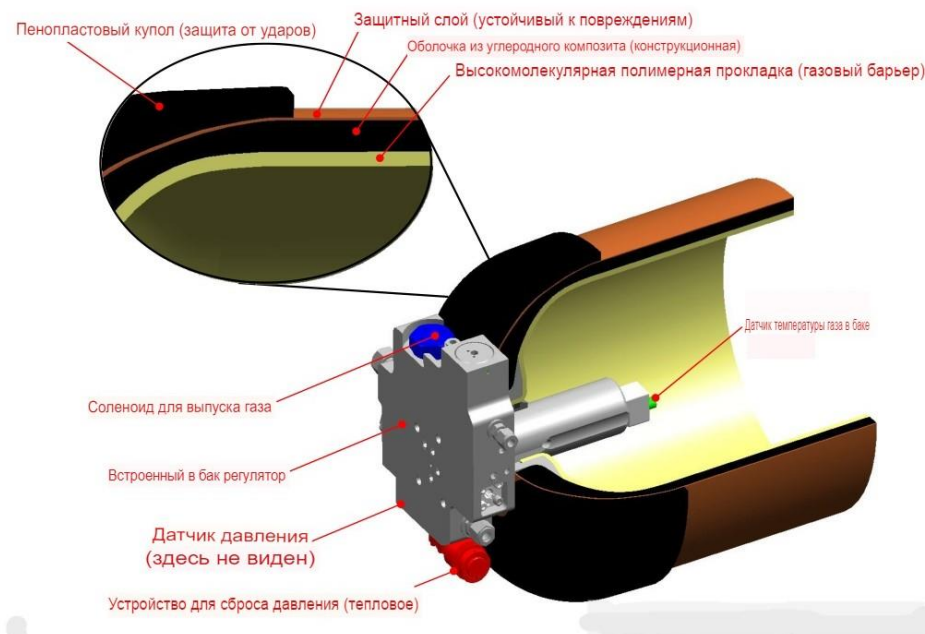


Рис. 2. Композитный баллон для хранения водорода

Список литературы

1. Системы хранения водорода / О. К. Алексеева, С. И. Козлов, Р. О. Самсонов и др. // Транспорт на альтернативном топливе. 2009. № 4 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-hraneniya-vodoroda> (дата обращения: 15.11.2023).
2. Ялышко Г. Ф., Луговский В. П. Газосварочные работы. М. : Стройиздат, 1976. 187 с.
3. Physical hydrogen storage. URL: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/physical-hydrogen-storage> (дата обращения: 15.11.2023).

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛЕЕЗАКЛЕПОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Цзэлун Ли,

аспирант,

М. Д. Лукашук,

аспирант,

О. А. Лукашук,

доц., канд. техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

В статье рассмотрены особенности применения клеевого заклепочного соединения в автомобилестроении, приведены его достоинства и недостатки, область применения. Рассмотрен технологический процесс клеезаклепочного соединения, включая предварительную обработку поверхности, процессы клеевой фиксации и заклепки.

Ключевые слова: клеевое заклепочное соединение, прочность, алюминиевый сплав, качество соединения.

FEATURES OF THE USE OF GLUE-RIVET CONNECTION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

The article discusses the features of the use of adhesive rivet joint in the automotive industry, its advantages and disadvantages, scope of application are given. The technological process of the glue-rivet connection, including pretreatment of the surface, the processes of adhesive fixation and riveting, is considered.

Keywords: adhesive rivet joint, strength, aluminum alloy, joint quality.

Согласно проведенным исследованиям, для дальнейшей эволюции автомобилестроения требуются новые идеи производства материалов, из которых изготавливаются автомобили. Одним из таких решений является углепластик. Углепластики широко используются при изготовлении легких, но

прочных деталей, заменяя собой металлы. В автомобилестроении они нашли себе применение: спортивные автомобили (например, бамперы, пороги, двери, крышки капотов), мотоциклы, прототипы MotoGP, болиды «Формулы 1», а также при оформлении салонов [1].

Еще одним направлением в развитии автомобилестроения в настоящее время является применение легких сплавов. Применение легких сплавов позволяет кардинально изменить конструкцию автомобиля, например создавать сотовые или, как их называют, каркасные конструкции с остовом из стандартных прессованных профилей, который заполняют элементами из стали, алюминия, пластика или даже дерева. Как и в самолетостроении, в конструкции автомобиля можно использовать цельноштампованные или прессованные элементы, которые можно получить лишь из алюминиевых сплавов [2]. Речь идет об изготовлении крупногабаритных интегрированных элементов автомобиля (боковины, крыша, пол и т. п.). При этом предполагается, что рост применения алюминиевых сплавов в грузовых и специальных автомобилях будет опережать рост его использования в легковых автомобилях. Это связано с тем, что использование алюминиевых сплавов в конструкции грузовых автомобилей значительно сократит производственные затраты и благоприятно скажется на сохранении окружающей среды, а за счет снижения их веса позволит уменьшить расход топлива.

Использование в конструкции автомобиля различных сплавов металлов или углепластика ставит задачу выбора способа соединения этих деталей, т. к. все материалы обладают различными механическими и технологическими свойствами. Известны различные способы соединения: сварка, спайка, болтовые и заклепочные соединения. Использование традиционной сварки для соединения деталей из алюминиевых сплавов и композиционных материалов (углепластиков) со стальными элементами, образующими силовой каркас, в единую связку весьма затруднительно, а в ряде случаев невозможно, т. к. при сборке разнородных или плохосвариваемых материалов, термообработанных или окончательно обработанных точных деталей часто недопустим нагрев. В некоторых случаях клепка является единственно возможным способом сборки.

В современном автомобилестроении используют клепаные соединения, однако устойчивость заклепочного, винтового или болтового соединения к повторно-статическим нагрузкам недостаточна, т. к. отверстия являются концентраторами напряжений (рис. 1), вызывающими преждевременное возникновение усталостных трещин.

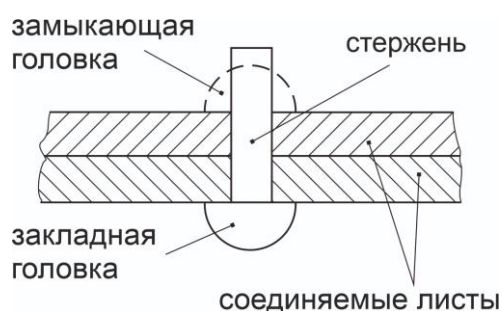


Рис. 1. Соединение листов заклепкой

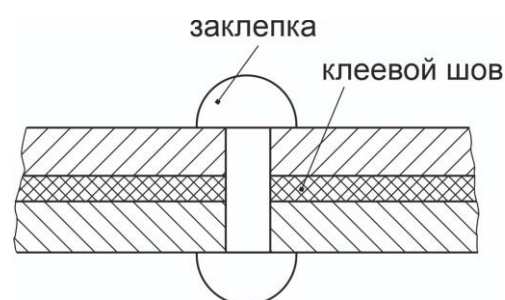


Рис. 2. Соединение листов клеезаклепочной технологией

Прочностные характеристики заклепочных соединений могут быть повышены благодаря введению в соединение клея. Клеезаклепочная технология (рис. 2) заключается в объединении в одну двух самостоятельных операций «склеивания» и «клепки». В клеезаклепочных соединениях клей одновременно защищает внутренние поверхности сопрягаемых деталей от коррозии и делает соединение герметичным, клеевой шов воспринимает на себя значительную часть напряжений, в результате чего увеличивается срок службы соединения и снижается деформация материала. Также установлено, что клеезаклепочные соединения обладают более высокой прочностью на сдвиг (на 15–35 %), равномерный (на 20 %) и неравномерный отрыв (на 25–40 %) чем аналогичные клеевые соединения [3].

Для изготовления клеезаклепочных соединений применяют эластичные клеи, обладающие текучестью и хорошо заполняющие зазоры между соединяемыми поверхностями. Выбор клея зависит от природы связующего в композиционном материале. Наиболее подходящими являются пастообразные клеи холодного отверждения.

По конструктивному выполнению клеезаклепочные соединения могут

быть трех типов: клеевые соединения с малым числом заклепок; заклепочные соединения, в которых клей незначительно усиливает соединение и играет в основном роль герметизирующего материала; соединения, в которых при расчете следует учитывать прочность и клея, и заклепок.

Клеезаклепочная технология сборки деталей машин взамен контактной точечной сварки является весьма перспективной для машино- и автомобилестроения. Данная технология имеет огромные преимущества перед классической точечной сваркой и клепкой. Введение клея в шов при изготовлении клеезаклепочного соединения позволило существенным образом повысить такие параметры соединения, как коррозионную стойкость, прочность и долговечность, особенно при знакопеременных нагрузках [4].

Микроструктура и чистота поверхности соединяемых элементов являются ключевыми факторами, влияющими на механические эффекты соединения. Процесс соединения деталей клеезаклепочным соединением начинается с предварительной поверхностной обработки склеиваемых плоскостей – процесса удаления оксидной пленки и загрязнения с поверхности посредством механических, электрохимических или химических процессов, после чего можно приступить к этапу склеивания. Нанесение клея должно осуществляться в одном направлении с фиксированной скоростью. Некоторые клеи отверждаются при комнатной температуре, а в некоторых для ускорения полимеризации требуется нагрев. Как правило, склеиваемые поверхности следует плотно прижать друг к другу после завершения нанесения клея, чтобы гарантировать отсутствие смещения между пластинами во время процесса отверждения.

Известны эксперименты [5], доказывающие, что при выполнении клепки до отверждения клея позволяет получить соединение с лучшими механическими свойствами. При этом вместо зажимного приспособления для фиксации пластины можно использовать самопроникающие заклепки (SPR). Посредством экспериментов и моделирования клеезаклепочного соединения [6] было доказано, что слишком тонкая толщина клеевого слоя приведет к возникновению остаточ-

ных напряжений после полимеризации и, как следствие, когезионному разрушению соединения. В этом случае увеличение толщины клеевого слоя может снизить остаточное напряжение и деформацию склеиваемых деталей, однако слишком большая толщина клеевого слоя приведет к тому, что связь между покрытием и поверхностью будет слабой, что может привести к отрыву покрытия. Поэтому на этапе проектирования следует выбирать соответствующую толщину клеевого слоя с учетом характеристик соединяемых материалов.

Список литературы

1. *Каня В. А., Пономаренко В. С.* Эксплуатационные материалы : курс лекций. Омск : СибАДИ, 2015. 277 с.
2. *Гуреева М. А., Грушко О. Е.* Алюминиевые сплавы в сварных конструкциях современных транспортных средств // *Машиностроение и инженерное образование*. 2009. № 3 (20). С. 27–41.
3. *Баурова Н. И., Аноприенко А. К.* Применение клеезаклепочных соединений при производстве и ремонте машин // *Автомобиль. Дорога. Инфраструктура*. 2015. № 4 (6). С. 5.
4. *Аноприенко А. К.* Совершенствование технологических процессов создания и демонтажа клееклепанных соединений при ремонте автомобильных кузовов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2018. 22 с.
5. *Sadowski T., Kneć M., Golewski P.* Experimental investigations and numerical modelling of steel adhesive joints reinforced by rivets // *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2009. № 30 (5). P. 338–346.
6. *Zhuang Wei-min, Chen Shen, Wang Nan.* Influence on thermal stress of autobody steel-aluminum clinchadhesive connection structure // *Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition)*. 2002. Vol. 52, № 1. P. 70–78 (in Chinese). DOI: 10.13229/j.cnki.jdxbgxb20200738.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КЛЕЕЗАКЛЕПОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цзэлун Ли,

аспирант,

М. Д. Лукашук,

аспирант,

О. А. Лукашук,

доц., канд. техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

По объему промышленного производства композиционные материалы на основе алюминия являются наиболее динамично развивающимся и значимым направлением. Крайне важным становится вопрос соединения металлических композиционных материалов между собой и с другими материалами. В статье говорится о технических характеристиках соединения алюминиевого сплава с использованием клеевого соединения и самопроникающей заклепки с целью определения его преимуществ, недостатков и области применения. Несмотря на небольшое снижение прочности на растяжение, клеезаклепочное соединение остается перспективным с точки зрения механических характеристик по сравнению с традиционным методом соединения алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: клеевое заклепочное соединение, прочность, алюминиевый сплав, качество соединения.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE GLUE-RIVET JOINT FOR ALUMINUM AUTOMOTIVE ELEMENTS

In terms of industrial production, aluminum-based composite materials are the most dynamically developing and significant direction. The issue of connecting metal composite materials with each other and with other materials becomes extremely important. The article examines the technical characteristics of an aluminum alloy joint using an adhesive joint and a self-penetrating rivet in order to determine its advantages, disadvantages and scope of application. Despite a slight decrease in

tensile strength, the glue-rivet joint remains promising in terms of mechanical characteristics compared to traditional methods of joining aluminum alloys.

Keywords: *adhesive-riveted joint, strength, aluminum alloy, connection quality.*

Применение алюминиевого сплава в кузове и структурных элементах автомобиля не только позволяет снизить массу конструкции, приводит к уменьшению расхода топлива, а также снижает негативное воздействие на окружающую среду [1]. Однако соединение таких деталей со стальными, образующими силовую каркас, в единую связку с использованием традиционной точечной сварки невозможно, поэтому в последние годы при изготовлении и ремонте автомобильных кузовов широкое распространение получили клеезаклепочные соединения. Клеезаклепочные соединения образуются в результате объединения в единый технологический процесс операций склеивания и клепки [2].

Для объективной оценки качества клеезаклепочного соединения необходимо экспериментально определить прочность на сдвиг/растяжение/отслаивание соединения и проанализировать полученные результаты, оценивая не только этап их разрушения, но и качество стыка на этапе формирования. Оценку качества клепанного соединения, выполненного с применением самопроникающих заклепок (SPR), можно произвести через параметры величины нижнего выреза (b) и остаточную толщину (a) [3]. Величина нижнего выреза (b) – горизонтальное расстояние от нижнего края проникаемой пластины до нижней точки внешней ножки заклепки (рис. 1). Чем больше величина нижнего выреза, тем глубже вогнутости ножки заклепки входят в нижнюю пластину, тем выше степень взаимной блокировки между заклепкой и нижней пластиной и, следовательно, тем выше прочность клепанного соединения. Остаточная толщина (a) – это толщина самой тонкой части нижней соединяемой пластины до ножки внутренней стороны заклепки (рис. 1). Ее значение не должно быть менее 0,2 мм, чем меньше это значение, тем более вероятно возникновение разрушения внутреннего слоя материала от заклепки.

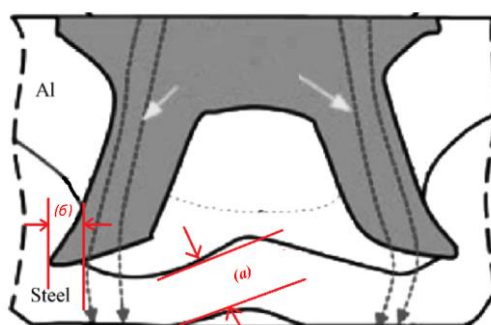


Рис. 1. Типичное сечение формованного клеезаклепочного соединения SPR

Для оценки качества клеезаклепочного соединения был проведен эксперимент [4] с целью определения качества формирования клеезаклепочного соединения сталеалюминиевых деталей и его механические показатели. Для эксперимента была взята верхняя пластина из алюминиевого сплава 6061-Т6 толщиной $130 \times 38 \times 2$ мм, а нижняя стальная пластина BUSD толщиной $130 \times 38 \times 1,6$ мм была склеена с помощью двух клеев А и Б, ширина склеиваемой части – 30 мм. Характеристики клеев приведены в табл. 1. Клей наносился после очистки и сушки поверхностей раствором изопропилового спирта, для клепки использовался клепочный станок Henrob. Всего было изготовлено пять типов образцов, в том числе только клепка (SPR), клеевые соединения с клеем А и Б (AD-A, AD-B) и клеезаклепочные соединения с клеем А и Б (AD-A+SPR, AD-B+SPR).

Таблица 1

Характеристики клея использованного для испытания

Тип клея	Прочность растяжения τ , МПа	Прочность отслаивания T_p , Н·мм ⁻¹	Вязкость μ (50 °С), Па·с	Удлинение, %	Требования к отверждению
А	20,8	8	29	43	>140 °С, 30 мин
Б	32	10	1300	5,5	160~200 °С, 20~40 мин

При наблюдении металлографического сечения соединения обнаружено, что величина нижнего выреза и остаточная толщина клеезаклепочного соединения ниже, чем у клепаного соединения, причем чем выше вязкость клея, тем меньше величина нижнего выреза (рис. 2).

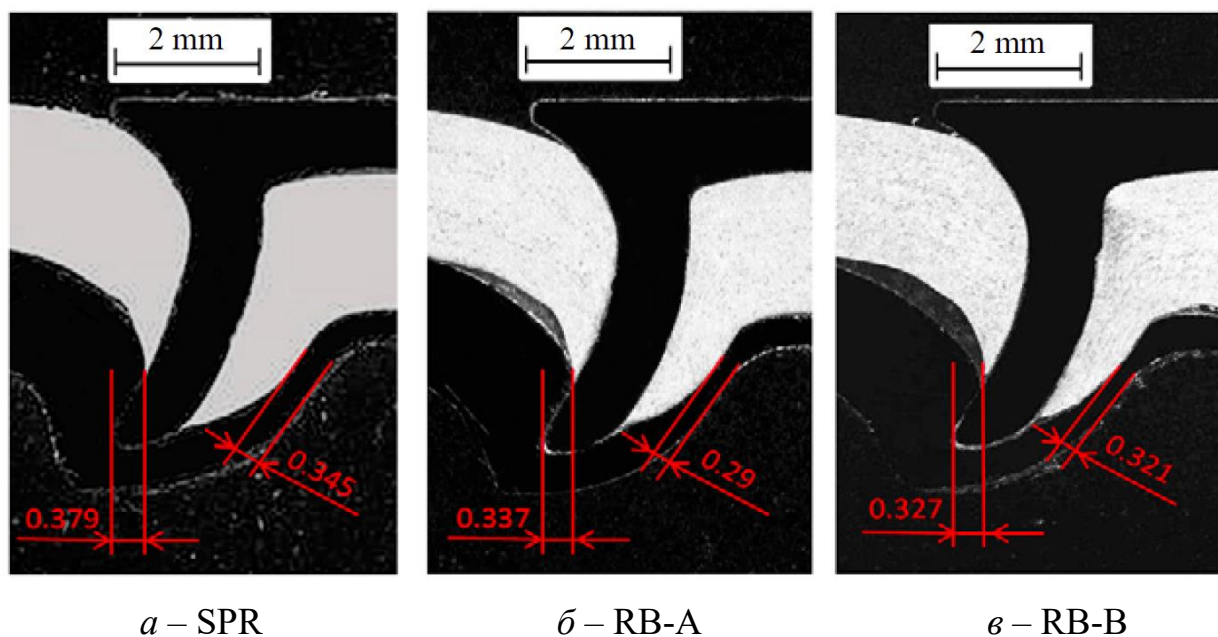


Рис. 2. Металлографическое сечение трех соединений и значения показателя величины нижнего выреза и остаточной толщины [4]

Авторы данной статьи на пяти типах образцов соединений показывают, что по всем способам соединения проведены испытания на растяжение с целью сравнения механических характеристик. Для соединения применен лежащий клепальный станок ZCM-5 Irivet. А для соединения клееклепаного и клепаного соединения применяется заклепками Irivet $\phi 5.3$ L3.5. Остальные условия и расположения образцов как в писаны [4]. Результаты показаны на рис. 3.

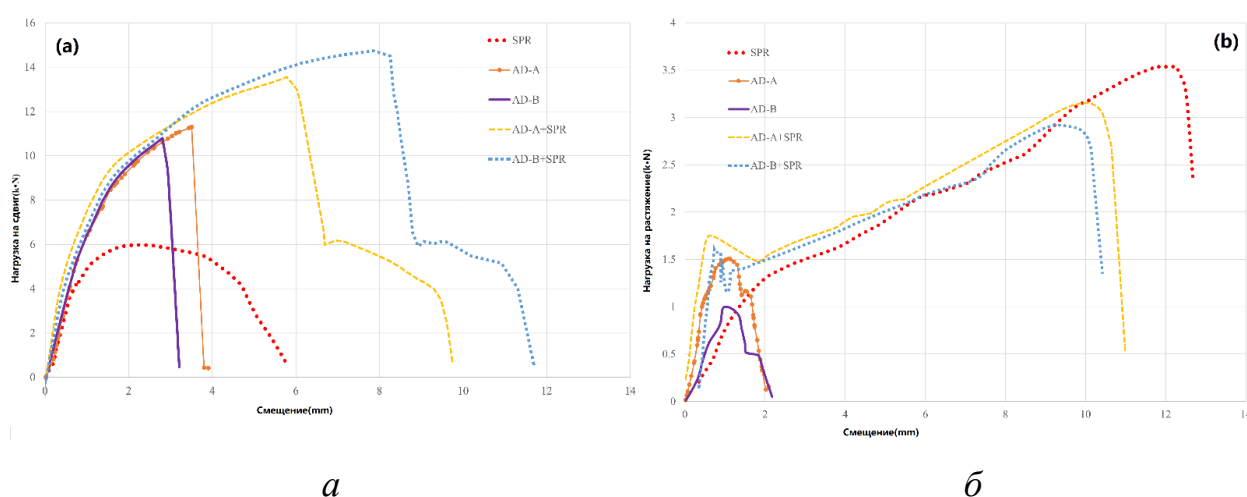


Рис. 3. Результаты испытаний на сдвиг (левый) и растяжение (правый) для пяти типов образцов

График на рис. 3а показывает, что заклепочное соединение выдерживает наименьшее усилие на сдвиг при разрушении. Однако хотя максимальное усилие, выдержанное клеевым соединением, выше, чем у заклепочного, но при смещении разрушение клеевого соединения короткое, а процесс разрушения происходит внезапно. Причина заключается в том, что пластины деформируются под действием напряжения в процессе вытягивания, что, в свою очередь, вызывает напряжение отрыва клеевого соединения, вызывающее разрыв.

Клеевое соединение при испытании показало достаточную хрупкость, что является опасным при эксплуатации автомобиля. Отмечено, что у группы AD-A и AD-B разрушение происходит из-за разрушения адгезионного клеевого слоя, в то время как у AD-A+SPR, AD-B+SPR и SPR режим разрушения связан с отказом самозащелкивающегося механизма заклепки, что приводит к вытягиванию заклепки из основного материала. В итоге делаем вывод: 1. Группы AD-A+SPR и AD-B+SPR выдерживают наибольшие нагрузки сдвига и деформации при разрушении. 2. Результаты подтверждают отличные механические свойства клееклепаных соединений в условиях сдвига, где клеевой слой несет основную часть силы сдвига, а заклепочное соединение повышает устойчивость к деформациям соединения, а также предотвращает хрупкий разрыв.

Результат испытаний на растяжение (рис. 3б) показал, что у заклепочного соединения самая высокая прочность на растяжение, а также наибольшее смещение при разрушении, в то время как клеевое соединение обычно обладает наименьшей прочностью на растяжение и небольшим смещением при разрушении. Следовательно, заклепочное соединение имеет хорошую адаптивность как к сдвигу, так и к растяжению. В то же время клеезаклепочные соединения AD-A+SPR и AD-B+SPR объединяют в себе преимущества клеевых и заклепочных соединений, прочность на растяжение клееклепаных соединений довольно высока.

Наличие клея в клеезаклепочных соединениях улучшает герметизацию и гидроизоляцию соединения, эффективно уменьшает фреттинг-коррозию и элек-

трохимическую коррозию, вызванную контактом разнородных металлов, а следовательно, повышает усталостную долговечность соединения. С другой стороны, наличие клеевого слоя снижает прочность на растяжение клеезаклепочных соединений в сравнении заклепочными. В целом механические свойства клеезаклепочного соединения лучше, что доказывает эффективность метода клеевой клепки. Рекомендуется использовать данный метод при изготовлении деталей автомобиля, требующих высокой прочности и вибростойкости, таких как передний и задний бамперы, лонжерон, капот, двери и крышки багажника, боковые крылья и т. д. А при кузовных ремонтах данный метод поможет восстановить прочность поврежденных областей до заводского уровня.

Список литературы

1. *Wang Hong-bo, He Chang-xie.* Applications Of Aluminum Alloy Body Plates For Autolight weight [J] // *世界有色金属* (World Nonferrous Metals). 2018. April. P. 186–187 (in Chinese).
2. *Баурова Н. И., Аноприенко А. К.* Применение клеезаклепочных соединений при производстве и ремонте машин // *Автомобиль. Дорога. Инфраструктура*. 2015. № 4 (6). С. 5.
3. Process Optimization of Self-Piercing Riveting Aluminum to High Strength Steel Using DOE Method [J] / Jin Xin, Li Yongbing, Lou Ming et al. // *Chinese Journal of Automotive Engineering*. 2011. Vol. 1, № 3. P. 185–191 (in Chinese).
4. Impact of Structural Adhesive on Self-Piercing Riveted Aluminum to Steel Joints [J] / Zhou Jiangqi, Pan Haitao et al. // *Chinese Journal of Automotive Engineering*. 2015 Sept. Vol. 5, № 5. P. 313–320 (in Chinese).

ВЛИЯНИЕ ГИДРООБЪЕМНОГО СИЛОВОГО ПРИВОДА ВЕДУЩИХ КОЛЕС ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН НА ТЯГОВО-СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Р. А. Шабалин¹,

магистрант,

К. А. Асанбеков²,

доц., канд. техн. наук

И. И. Огнев^{2,3},

доц. канд. техн. наук

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

²Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

³Южно-Уральский технологический университет, г. Челябинск

В последние годы в направлении повышения эксплуатационных свойств транспортно-технологических машин (далее – ТТМ) высокой проходимости наметилась устойчивая тенденция исследований и конструирования электрических и гидрообъемных трансмиссий, позволяющих автоматически управлять распределением мощности двигателя к ведущим колесам в соответствии с условиями взаимодействия с опорной поверхностью. В статье рассмотрена математическая модель описания тягово-скоростных возможностей движения ТТМ с использованием гидрообъемного силового привода ведущих колес, работающего по принципу «чувствительный к нагрузке».

Ключевые слова: гидрообъемный привод, гидрообъемная трансмиссия, тягово-скоростные свойства, регулирование мощности, транспортно-технологические машины.

THE EFFECT OF THE HYDRO-VOLUME POWER DRIVE OF THE DRIVING WHEELS OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES ON TRACTION AND SPEED CHARACTERISTICS

In recent years, in the direction of improving the operational properties of high-cross-country transport and technological machines, there has been a steady trend in the research and design of

electric and hydro-volume transmissions that allow automatically controlling the distribution of engine power to the driving wheels in accordance with the conditions of interaction with the support surface. The article considers a mathematical model for describing the traction and speed capabilities of the movement of a transport and technological machine using a hydro-volume power drive of the driving wheels operating on the principle of «load sensing».

Keywords: *hydraulic volume drive, hydrostatic transmission, traction and speed properties, power regulation, transport and technological machines.*

Повышение эффективности использования транспортно-технологических машин (ТТМ) на дорогах со слабой несущей способностью может быть достигнуто главным образом за счет усовершенствования конструкции автомобиля. Одним из важных предъявляемых требований к совершенствованию конструкции ТТМ является его проходимость. На проходимость ТТМ транспорта, помимо конструкции ходовой части, существенно влияют параметры трансмиссии.

Основными факторами, определяющими влияние трансмиссии на проходимость, являются степень использования колес ТТМ с грунтом, плавность изменения крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, затраты мощности на буксование [1].

Ранее было рассмотрено применение гидропривода передних колес ТТМ и составлена принципиальная гидросхема трансмиссии, работающая по принципу «чувствительный к нагрузке».

Для анализа тяговых свойств ТТМ с гидрообъемным приводом, работающим по принципу «чувствительный к нагрузке», составим дифференциальное уравнение прямолинейного движения аналогично уравнению для машины с механической трансмиссией [2]. Исключением будет являться то, что вместо характеристики двигателя $M_d = f(n_d)$ в уравнении будет использоваться характеристика гидромотора $M_{гм} = f(n_{гм})$. С учетом этого дифференциальное уравнение будет иметь вид

$$\delta_{п.м.} m \frac{dv}{dt} = \frac{M_{гм} u_p \eta_p}{R_k} - mg\psi, \quad (1)$$

где $\delta_{п.м.}$ – коэффициент приведенных масс; m – масса машины; v – скорость машины; u_p – передаточное отношение редуктора (если имеется в компоновке трансмиссии); η_p – КПД редуктора; R_k – радиус колеса; ψ – коэффициент суммарного дорожного сопротивления.

Крутящий момент на валу гидромотора и потребный расход рабочей жидкости определяются выражениями

$$M_{гм} = \frac{q_{гм} P \eta_{mh}}{2\pi}, \quad (2)$$

$$Q_{гм} = \frac{q_{гм} n_{гм}}{1000 \eta_v}, \quad (3)$$

где P – номинальное давление в гидросистеме; η_{mh} – механический КПД гидромотора; $q_{гм}$ – рабочий объем гидромотора; $n_{гм}$ – частота вращения выходного вала гидромотора; η_v – объемный КПД гидромотора.

Известно [3], что величина расхода рабочей жидкости, подводимой к гидромотору, зависит от давления

$$Q_{гм} = A C_d \sqrt{\frac{2P}{\rho}}, \quad (4)$$

где A – площадь открытия золотника, определяется конструктивно; C_d – коэффициент расхода, при числе $Re > 4000$ есть величина постоянная, $C_d = 0,632$; ρ – плотность рабочей жидкости.

Решая совместно уравнения (2), (3) и (4), получаем

$$M_{гм} = \frac{1000 A C_d \eta_{гм}}{2\pi n_{гм}} \sqrt{\frac{2P^3}{\rho}}.$$

Тогда окончательно дифференциальное уравнение движения ТТМ примет вид

$$\delta_{п.м.} m \frac{dv}{dt} = \frac{1000 A C_d \eta_{гм}}{v} \sqrt{\frac{2P^3}{\rho}} - mg\psi, \quad (5)$$

где $v = 2\pi n_{гм} R_k / u_p \eta_p$.

Уравнение (5) не имеет явных решений, поскольку при эксплуатации ТТМ в реальных условиях эксплуатации скорость движения будет зависеть от группы

сил сопротивления, которые непрерывно изменяют свой характер. Экспериментально установлено, что характер изменения дорожного сопротивления подчиняется нормальному закону распределения [4]. Вследствие изменения группы сил сопротивления будет изменяться перепад давления в системе в напорной и сливной магистралях. В предлагаемом гидрообъемном силовом приводе ведущих колес перепад давления ввиду изменения нагрузки на ходовом движителе является сигналом обратной связи для управляющего устройства (насоса). При изменении давления в системе будет изменяться рабочий объем гидронасоса в зависимости:

$$q_n = \frac{1000AC_d}{n_n\eta_v} \sqrt{\frac{2P}{\rho}}, \quad (6)$$

где n_n – частота вращения насоса, регулируемая частотой вращения коленчатого вала двигателя; η_v – объемный КПД насоса.

Математическую модель необходимо апробировать путем проведения экспериментов с уточнением исходных данных, ограничений, допущений.

Таким образом, апробирование позволит получить необходимые результаты в интересах исследования эксплуатационных свойств ТТМ, а именно связанных с опорной проходимостью и тягово-скоростных свойств.

Список литературы

1. *Агейкин Я. С.* Проходимость автомобилей. М. : Машиностроение, 1981. 232 с.
2. *Тарасик В. И.* Теория движения автомобиля : учебник для вузов. СПб. : БХВ-Петербург, 2006. 478 с.
3. *Дорошенко В. А.* Объемный гидро- и пневмопривод : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. 196 с.
4. Проектирование полноприводных колесных машин : учебник для вузов : в 3 т. Т. 1 / Б. А. Асафьев, Б. Н. Белоусов, Г. И. Гладков и др. ; под ред. А. А. Полугяна. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. 496 с.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ И ПАССАЖИРОВ

Н. Т. Шаршембиева¹,

доц., канд. юр. наук,

К. А. Асанбеков¹,

доц., канд. техн. наук,

Е. А. Сутормин¹,

ст. преподаватель,

Д. Б. Бабилов²,

воспитатель учебного курса

¹Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

²Екатеринбургское суворовское военное училище, г. Екатеринбург

В работе рассмотрены метод и способ государственного регулирования автотранспортной деятельности в Российской Федерации. Определены и обоснованы пути решения конкретных вопросов деятельности перевозчиков, в результате которых выявлены важнейшие документы. Определены и обоснованы основные положения, порядок и критерии проведения конкурса для осуществления пассажирских перевозок. Проанализированы и обоснованы обязанность, ответственность и правила для всех автоперевозчиков во внутренних и международных перевозках.

Ключевые слова: автотранспортная деятельность, автомобильный транспорт, перевозчик, автовладелец, устав, положения, правила, метод, закон, регулирования, международная перевозка, договор.

REGULATORY AND LEGAL SUPPORT OF CARGO TRANSPORTATION AND PASSENGERS

This paper discusses the method and method of state regulation of motor transport activities in the Russian Federation. Ways to resolve specific issues in the activities of carriers have been identified and justified, as a result of which the most important documents have been identified. The main provisions, procedure and criteria for holding a competition for passenger transportation have been

determined and justified. The work also analyzes and substantiates the duties, responsibilities and rules for all road carriers in domestic and international transport.

Keywords: *motor transport activities, motor transport, carrier, car owner, charter, regulations, rules, method, law, regulation, international transport, contract.*

Одним из важнейших методов и способов государственного регулирования автотранспортной деятельности является ее нормативно-правовое обеспечение.

Все разрабатываемые и применяемые в настоящее время законы, правила перевозок, положения и другие нормативные документы, регулирующие автотранспортную деятельность, распространяются на всех перевозчиков, включая частных.

Все перевозчики грузов и пассажиров, как юридические лица, так и индивидуальные предприниматели, руководствуются в своей работе требованиями ГК РФ (часть вторая, глава 40), принятого Государственной думой 22.12.1995 г. [1]. Конкретные вопросы деятельности перевозчика определяются федеральными законами (ФЗ), указами Президента РФ, постановлениями Правительства, уставами и другими нормативными актами федеральных и местных органов исполнительной власти.

Важнейшим документом, регламентирующим деятельность субъектов автомобильного транспорта и отношения между ними, является Устав автомобильного транспорта (АТ) и городского наземного электрического транспорта (ГНЭТ). На территории РФ действует Устав, утвержденный от 08.11.2007 г., № 259.

Естественно, что происшедшие за последние годы экономические и правовые преобразования привели к тому, что некоторые положения этого документа перестали соответствовать современной ситуации и требованиям. В то же время устав остается основным документом, определяющим отношения между сторонами перевозочного процесса грузов и пассажиров, и используется при разрешении между ними конфликтных ситуаций.

В действующем уставе, в частности, содержатся положения и правила, регламентирующие пользование автомобильным транспортом, вопросы организации и планирования перевозок пассажиров и грузов, расчетов за услуги автотранспортных предприятий, ответственности автотранспортных предприятий, грузоотправителей, грузополучателей, пассажиров и др. Положения и требования устава находят свое конкретное отражение в правилах перевозок грузов и пассажиров и других нормативных документах, разрабатываемых как на федеральном, так и региональном уровне [2].

Автотранспортные предприятия и предприниматели имеют право заключать с заказчиками договоры на перевозку грузов. Заказчиками транспортных средств (заказчиками услуг) могут выступать грузоотправители, грузополучатели, посредники в лице снабженческо-сбытовой или иной организации, не являющейся грузоотправителем или грузополучателем.

Предприниматели могут выполнять функции (обязанности) экспедитора, заключив соответствующий договор с клиентом (грузоотправителем или грузополучателем). По договору транспортной экспедиции в обязанности экспедитора входят организация перевозки груза транспортом по маршруту, избранному экспедитором или клиентом, заключение от имени клиента или от своего имени договоров на перевозку груза, а также другие обязанности, связанные с перевозкой. В качестве дополнительных услуг договор транспортной экспедиции может предусматривать осуществление таких необходимых для доставки груза операций, как получение требующихся для экспорта или импорта документов, выполнение таможенных и иных формальностей, проверка количества и состояния груза, его погрузка и выгрузка, уплата пошлин, сборов и других расходов, возлагаемых на клиента, хранение груза, его получение в пункте назначения и др. Этот порядок распространяется и на случаи, когда в соответствии с договором обязанности экспедитора выполняются перевозчиком.

Условия выполнения договора транспортной экспедиции определяются соглашением сторон, если иное не установлено законом о транспортно-экспедиционной деятельности, другими законами и иными правовыми актами [2].

Правила перевозок грузов должны также строго соблюдать все автоперевозчики (специализированные АТП и индивидуальные предприниматели) при выполнении транспортных услуг для грузовладельцев.

Все нормативные документы, которые действуют в сфере пассажирских перевозок в регионах, также распространяются на всех перевозчиков, включая частных.

Правилами пользования городским наземным пассажирским транспортом во всех регионах России в настоящее время предусмотрена перевозка пассажиров как муниципальными, так и частными транспортными средствами. При этом на коммерческих маршрутах перевозки организуются по решению администрации города на условиях самофинансирования, в собственных (личных) коммерческих интересах перевозчиков. Перевозчики таких маршрутов в своей работе должны строго соблюдать вышеуказанные правила.

Перевозки пассажиров требуют высокого профессионализма водителей, а также знаний существующих правил перевозок, технической эксплуатации подвижного состава, лицензионных требований и т. д., поэтому во многих регионах России привлечение дополнительного количества автобусов частных автовладельцев для перевозки пассажиров осуществляется исключительно на конкурсной основе.

Для проведения конкурса образуется конкурсная комиссия, состоящая из представителей органов социальной защиты, Российской транспортной инспекции и других органов государственной власти. Комиссия, руководствуясь положением о конкурсе владельцев автотранспорта на право коммерческих перевозок пассажиров в городах и районах области, осуществляет балльную оценку каждого автовладельца по целому ряду показателей, характеризующих безопасность движения, организацию труда водителя, соблюдение требований лицензии и др.

Конкурс на право обслуживания городских маршрутов проводится администрацией города по заявке управления городского пассажирского транспорта. Основными критериями отбора юридических и физических лиц на право обслу-

живания маршрутов являются: 1) стоимость перевозок пассажиров; 2) количество автобусов на линии; 3) обслуживание льготных категорий населения.

Конкурсант, набравший большее количество баллов, обладает преимущественным правом на заключение договора на перевозку. При равенстве баллов комиссия отдает предпочтение тому конкурсному, у которого выше сумма баллов, касающихся знаний технического состояния автобуса.

Договор на выполнение перевозок пассажирским автотранспортом заключается с управлением городского пассажирского транспорта.

В соответствии с договором перевозчик обязан выполнять перевозки в строгом соответствии с существующими правилами: обеспечивать выпуск и работу на маршруте технически исправного и экипированного транспортного средства в надлежащем санитарном состоянии; иметь лицензионную карточку; предоставлять информацию о выполненной транспортной работе на утвержденном маршруте о количестве перевезенных пассажиров, выполненных рейсах. Заказчик обязуется, во-первых, предоставлять перевозчику маршруты работы автобусов (маршрутных такси) по прилагаемому маршрутному расписанию и графикам, являющимся неотъемлемой частью договора; во-вторых, осуществлять ежедневное медицинское освидетельствование водителей и контроль за санитарным и техническим состоянием подвижного состава и др. В договоре предусмотрены ответственность сторон, финансовые отношения, порядок разрешения споров. Договор заключается сроком на один год.

Все перевозчики, включая индивидуальных предпринимателей, осуществляющих перевозку пассажиров автобусами, обязаны строго выполнять требования Положения об обеспечении безопасности перевозок пассажиров.

На международных автомобильных перевозках все перевозчики обязаны строго соблюдать положения и требования соглашений и договоров, участником которых является Россия, Конвенции о международных автомобильных перевозках пассажиров и багажа, подписанной руководителями стран СНГ, ШОС и ЕАЭС, правила перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом в международном сообщении государств – участников СНГ ШОС и ЕАЭС [3, 4].

Характерной особенностью правового регулирования в этой сфере является то, что основные вопросы перевозок решаются в международных соглашениях (транспортных конвенциях), содержащих унифицированные нормы, единообразно определяющие условия международных перевозок грузов и пассажиров. Такие соглашения содержат требования к перевозочной документации, определяют порядок приема груза к перевозке и выдачи его в пункте назначения, условия ответственности перевозчика, процедуру предъявления к перевозчику претензий и исков.

К выполнению международных автомобильных перевозок допускаются юридические лица независимо от организационно-правовой формы и индивидуальные предприниматели. Условиями допуска являются: 1) наличие лицензии на перевозку пассажиров и грузов автомобильным транспортом; 2) наличие транспортных средств, принадлежащих на праве собственности или на ином законном основании; 3) соответствие назначенных российским перевозчиком лиц, ответственных за осуществление международных перевозок, квалификационным требованиям; 4) устойчивое финансовое положение российского перевозчика; 5) обязательное страхование гражданской ответственности владельцев автотранспортных средств [3, 4].

Установление разрешительной системы международных автомобильных перевозок пассажиров, багажа и грузов является общим для двусторонних международных (межправительственных и межведомственных) договоров Российской Федерации в этой области. Разрешения выдаются компетентными органами сотрудничающих стран, по территории которых или через территории которых следуют автотранспортные средства.

Большую роль в организации международных перевозок грузов и пассажиров в России играет Ассоциация международных автомобильных перевозчиков (АСМАП) [3]. Все свои функции АСМАП реализует через сеть представительств, которые имеются в разных городах страны. Следует отметить, что ассоциация оказывает помощь в организации международных переговоров как действительным, так и ассоциированным ее членам.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- все разрабатываемые и применяемые в настоящее время законы, правила перевозок, положения и другие нормативные документы, регулирующие автомобильную деятельность, распространяются на всех перевозчиков, включая частных;
- все нормативные документы, которые действуют в сфере пассажирских перевозок в регионах, также распространяются на всех перевозчиков, включая частных;
- устав остается основным документом, определяющим отношения между сторонами перевозочного процесса грузов и пассажиров.

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 18.04.2018) // Собрание законодательства РФ. 1996. № 5, ст. 410.
2. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта РФ, Федеральный закон №259-ФЗ от 08.11.2007 г. // Собрание законодательства РФ. 12.11.2007. № 46, ст. 5555.
3. *Елфимова О. С., Лузина Т. В., Высоцкая В. Г.* Документы и сведения, необходимые для совершения таможенных операций : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2022. 320 с.
4. *Морозов С. Ю.* Транспортное право : учеб. пособие. М. : Приор, 2010. 320 с.

ОСОБЕННОСТЬ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА СТО ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА КИРОВГРАДА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. А. Асанбеков,

доц., канд. техн. наук,

Е. А. Сутормин,

ст. преподаватель,

П. В. Чумаков,

студент 4-го курса

Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В работе проанализирована современная тенденция развития легкового автопарка в России. Определены и обоснованы цели маркетингового исследования для разработки проекта СТОА, в результате которых выявлены эффективные направления маркетингового исследования для проектирования СТОА. Определены и обоснованы основные эффективные показатели проектируемого СТОА.

Ключевые слова: легковой автомобиль, автовладельцы, СТОА, маркетинговые исследования, плотность населения, автопарк, автомастерская, техническое обслуживание, ремонт.

THE PECULIARITY AND TECHNICAL JUSTIFICATION OF THE DEVELOPMENT OF A SERVICE STATION PROJECT FOR CARS IN THE CONDITIONS OF THE CITY OF NIZHNY SERGI, SVERDLOVSK REGION

This article analyzes the current trend in the development of a passenger car fleet in Russia. The objectives of marketing research for the development of the STOA project are defined and justified, as a result of which effective directions of marketing research for the design of STOA are determined. The main effective indicators of the planned STOP are determined and justified.

Keywords: passenger car, car owners, service station, marketing research, population density, fleet, auto repair shop, service.

В современных условиях развития транспортной отрасли и рынка перевозочных, автосервисных услуг и создавшихся в настоящее время в мире непростых кризисных ситуаций (то есть санкционный режим Запада) происходит инфляция и разрушение существующих логистических транспортных коридоров, которые приводят к существенному повышению цен на новые автомобили в России. Однако с увеличением городов и расстояний между ними потребность в личном транспорте у населения остается существенной, что приводит к росту продаж автомобилей на вторичном рынке. Чем старше автомобиль и больше его пробег, тем чаще возникает необходимость в техническом обслуживании и ремонте. В таких случаях большинство автовладельцев, не обладающих достаточным опытом в обслуживании и оборудовании, обращаются в станции технического обслуживания автомобилей (СТОА). Независимые частные СТОА зачастую больше привлекают клиентов, так как имеют более удобное расположение и доступные цены на услуги.

На рис. 1 результаты продаж самых востребованных марок подержанных автомобилей на сентябрь 2023 года в сравнении с сентябрем 2022 года.

№	Марка	Сентябрь 2023	Сентябрь 2022	Изм., %	9 мес. 2023	9 мес. 2022	Изм., %
1	LADA	115 339	106 411	8,4	931 548	858 113	8,6
2	TOYOTA	59 131	51 996	13,7	517 629	384 019	34,8
3	KIA	27 932	25 081	11,4	245 277	185 755	32,0
4	HYUNDAI	27 333	26 205	4,3	242 140	193 012	25,5
5	NISSAN	27 051	23 850	13,4	228 825	180 952	26,5
6	VOLKSWAGEN	21 717	20 429	6,3	190 701	146 076	30,5
7	CHEVROLET	19 354	17 570	10,2	160 431	137 954	16,3
8	FORD	17 711	16 283	8,8	152 371	119 574	27,4
9	RENAULT	17 430	17 268	0,9	150 023	131 988	13,7
10	HONDA	16 855	14 689	14,7	152 099	103 810	46,5
	Всего по России	509 476	459 584	10,9	4 326 075	3 500 408	23,6

Рис. 1. Результаты продаж подержанных автомобилей

С целью исследования рынка автомобильных услуг в городе Кировграде Свердловской области и обоснования актуальности темы было проведено маркетинговое исследование.

Основная цель первичного маркетингового исследования – обеспечение и обоснование технико-экономической эффективности разработки проекта СТОА

в городе Кировграде. Данное исследование является одной из необходимых технологических операций.

Основным этапом маркетингового исследования, является этап выявления проблемы. План выявления проблемы: 1) получение достоверной информации о текущем положении дел; 2) точное понимание причин проблем; 3) нахождение всевозможных путей выхода из сложившейся проблемной ситуации.

Главная задача – выбрать из множества стратегий подходящую для определенного рынка и товара, чтобы она отвечала требованиям достижения целей маркетинга. Для каждого рода деятельности стратегия маркетингового развития подбирается индивидуально. Используя математические модели рынка и рассматривая стратегию под углом зрения теории игр, выбирают стратегию «мини-макс» (максимум целесообразности независимо от рисков), «макси-мин» (минимум риска независимо от целесообразности) или их сочетание [1].

Основой стратегии маркетинга фирм, добивающихся наибольших успехов на современном рынке, являются ориентация на превосходство в научно-технической сфере над своими конкурентами и наращивание этого отрыва. Перечень стратегий, обеспечивающих быстрый рост объемов продаж: а) быстрый выход на новые рынки; б) специализация, т. е. концентрация усилий на решении проблем избранных групп заказчиков; в) выдвижение концепции нового товара; г) применение новейших, особенно гибких, технологий; д) распространение деятельности [2].

При проектировании СТОА имеется ряд обязательных требований, включающий и требование к расположению СТОА в выбранном регионе или городе. Планируемое месторасположение: г. Кировград, ул. Дзержинского (рис. 2, 3).

Так как город имеет небольшую площадь, можно предположить, что большинство жителей этого города будут посещать проектируемую СТОА.

Зная численность населения города и число автомобилей, приходящихся на 1000 жителей, можно рассчитать парк автомобилей на территории города.

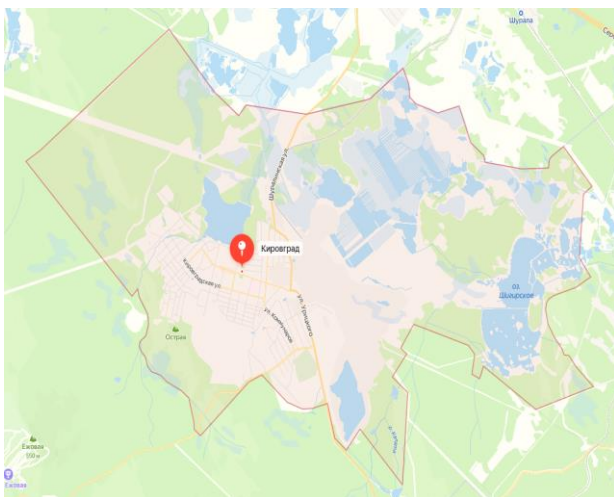


Рис. 2. Карта города Кировград

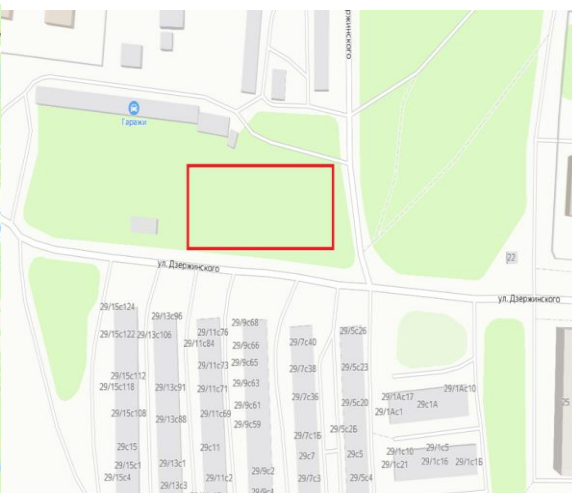


Рис. 3. Расположение СТОА

Парк автомобилей выделенной территории [2]:

$$N = \frac{A \cdot n}{1000} = \frac{18497 \cdot 315}{1000} = 5827 \text{ автомобилей,} \quad (1)$$

где A – численность населения; n – число автомобилей, приходящихся на 1000 жителей (для Свердловской области на 2023 г. составляет 315 авто/1000 чел.).

Доля автомобилей отечественного производства из них составляет 0,4, а доля иномарок – 0,6.

После выполненных маркетинговых исследований могут быть сформированы исходные данные и произведен технологический расчет для парка условно обслуживаемых на СТОА автомобилей [2].

$$N_{\text{СТО}} = N_{\text{от}} \cdot K_{\text{от}} + N_{\text{ино}} \cdot K_{\text{ино}} =$$

$$= (5827 \cdot 0,4) \cdot 0,45 + (5827 \cdot 0,6) \cdot 0,85 = 4021 \text{ автомобилей,} \quad (2)$$

где K – коэффициент обращаемости, учитывающий число владельцев автомобилей, пользующихся услугами СТОА. По оценке экспертов, для отечественных автомобилей $K_{\text{от}} = 0,45 \dots 0,50$, для автомобилей иностранного производства $K_{\text{ино}} = 0,85$.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

– предполагаем, что на проектируемой СТОА будет установлено более современное оборудование, чем на других; спектр оказываемых услуг будет гораздо шире;

- следует также учесть конкуренцию с существующими СТОА;
- примем во внимание также тот факт, что на проектируемой СТОА будет иметься зона отдыха со всеми удобствами.

Список литературы

1. Головань С. И., Спиридонов М. А. Бизнес-планирование и инвестирование : учебник. Ростов : Феникс, 2008. 302 с.
2. Епишкин В. Е., Караченцев А. П., Остапец В. Г. Проектирование станций технического обслуживания автомобилей : учеб. пособие. Тольятти : ТГУ, 2008. 284 с.

КОНСТРУКТИВНАЯ ОСОБЕННОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

К. А. Асанбеков,

доц., канд. техн. наук,

Е. А. Сутормин,

ст. преподаватель,

Д. В. Хайрулин,

студент 3-го курса,

М. С. Глущенко,

студент 2-го курса ЕАДК

Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Проанализирована актуальность и принципиальная особенность работы с выходными показателями газотурбинных двигателей по сравнению классическими двигателями внутреннего сгорания в современных условиях эксплуатации. Рассмотрен принцип работы и обоснованы режимы работы газотурбинных двигателей. Приведены и проанализированы сравнительные оценки вредных выбросов в атмосферу с отработавших газов газотурбинного двигателя с поршневыми двигателями. Рассмотрены эффективность эксплуатации и перспективы газотурбинных двигателей в различных эксплуатационных условиях.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, эксплуатация, конструкция, условия эксплуатации, турбина, компрессор, гибридные транспортные средства, газы, топливо.

DESIGN FEATURES AND OPERATION OF GAS TURBINE ENGINES IN AUTOMOTIVE TRANSPORT AND ITS DEVELOPMENT PROSPECTS

This work analyzes the relevance and fundamental features of working with the output indicators of gas turbine engines in comparison with classical internal combustion engines in modern operating conditions. The work also examines the operating principle and substantiates the operating modes of gas turbine engines. Comparative estimates of harmful emissions into the atmosphere from

the exhaust gases of a gas turbine engine with piston engines are presented and analyzed. The operating efficiency and prospects of gas turbine engines in various operating conditions are considered.

Keywords: *gas turbine engine, operation, design, operating conditions, turbine, compressor, hybrid vehicles, gases, fuel.*

В настоящее время классические ДВС (поршневые, бензиновые и дизельные) получили огромное распространение, однако они, как правило, достигли своего технологического пика и принципиально их конструкция уже не меняется. Увеличение КПД классического ДВС достигается повышением степени сжатия, температуры сгорания топлива и создания избыточного давления воздуха, поступающего в цилиндр, с помощью использования нагнетателя. Но и температура сгорания топлива, и степень сжатия ограничены свойствами конструкционных материалов, что ставит потолок в КПД, для бензиновых двигателей 25–30 %, а для дизельных – 30–40 % [1]. Основной расход топлива приходится на фазу разгона, когда его подача в цилиндр максимальна, при устоявшемся режиме работы подача топлива сокращается в 3–5 раз.

Поэтому для повышения эксплуатационных показателей развитие получили гибридные ТС, в которых отсутствует жесткая механическая связь между ДВС и двигателем. В гибридах ДВС работает на оптимальных оборотах и приводит в действие электрогенератор, который заряжает аккумулятор, он, в свою очередь, служит источником энергии для электродвигателей ведущих колес. Однако главным источником энергии все так же служит классический ДВС, минусами которого являются: 1) высокая степень выбросов, вырабатываемых во время езды, на передвижение машины уходит лишь 15 % горючего материала, отработанные газы включают в себя сотни вредных компонентов, тяжелых металлов и производных углеводорода; 2) необходимость обслуживающих систем: система смазки, охлаждения; 3) замена рабочих жидкостей, расходных материалов, деталей при определенном пробеге; 4) большое количество деталей, большой размер двигателя; 5) реализация различных тактов (сжатие, «сгорание топлива», рабочий ход, выпуск отработанных газов) в одной камере (цилиндре); 6) высокий уровень шума и вибраций при работе; 7) использование КШМ для

преобразования поступательной энергии поршня во вращательную энергию коленвала; 8) использование ГРМ, он приводится в действие за счет движения коленчатого вала [2].

Альтернативой классическому ДВС является газотурбинный двигатель. *Газотурбинный двигатель* (ГТД) – тепловой двигатель, в котором газ сжимается и нагревается, а затем энергия сжатого и нагретого газа преобразуется в механическую работу на валу газовой турбины.

ГТД отличаются тем, что тепловой цикл в них происходит последовательно в отдельных агрегатах: воздух засасывается через входное устройство, сжимается в компрессоре, впрыснутое форсункой топливо сгорает в камере сгорания (рис. 1). Часть энергии газа используется в турбине привода компрессора, остальная же ее часть – в тяговой турбине. Именно эта последняя энергия, превращенная в работу, является полезной – она передается через редуктор (рис. 2).

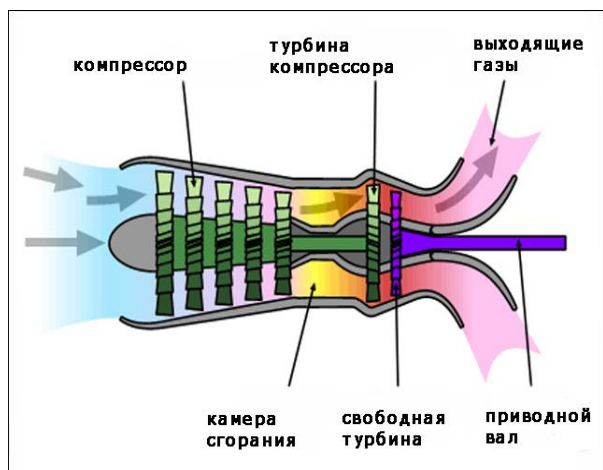


Рис. 1. Схема работы ГТД

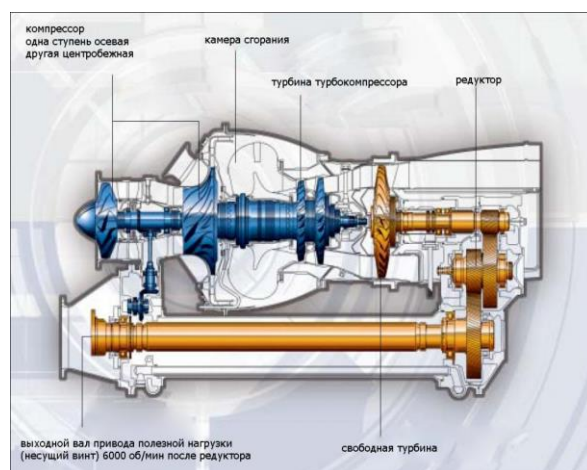


Рис. 2. Компоновка ГТД с редуктором для перенаправления крутящего момента

В современных ГТД КПД компрессоров и турбин соответственно составляет 0,88–0,9 и 0,9–0,92; температура газа перед турбиной в транспортных и стационарных ГТД составляет 1100–1200 К, а в авиационных достигает 1600 К. Эксплуатация таких установок в современных условиях стационарной энергетики и на транспорте показала, что при утилизации тепла отходящих газов и высоком совершенстве основных элементов их эффективный КПД достигает 45–50 %.

ГТД могут работать на газообразном топливе (природном газе, попутных

и побочных горючих газах, газогенераторных газах, газах доменных и сажевых печей и подземной газификации); на жидком топливе (керосине, газойле, дизельном топливе, мазуте); твердом топливе (угольной и торфяной пыли) [3].

ГТД устанавливается на танк, Т-80, эксплуатация в войсках показывает, что ресурс танкового ГТД почти в 2–3 раза выше, чем у дизельных двигателей, вследствие уравновешенности и меньшего количества деталей. Очень важны и такие эксплуатационные показатели: а) время подготовки танка к работе, особенно пуск ГТД при низких температурах окружающего воздуха, в несколько раз меньше, чем дизельного двигателя; б) проведенные за рубежом исследования установили, что уровень шумности у ГТД вдвое ниже дизеля; в) вредные выбросы ГТД значительно ниже чем у поршневого ДВС за счет большей полноты сгорания топлива (табл. 1)

Эти конструкционные и эксплуатационные особенности ГТД позволяют рассматривать двигатель данной конструкции как перспективный вариант замены классическому ДВС (табл. 2).

Таблица 1

Вредные выбросы поршневого и газотурбинного ДВС

Двигатель	Содержание в отработавших газах, г/кВт ч	
	HC+NOX	CO
дизель без наддува	22	8,2
дизель с турбонаддувом	10,3	6,8
дизель с разделённой камерой сгорания	8–11	13,5–4,0
ГТД (2 S/350K фирмы «Бритиш Лейланд»)	3,8	3,5
Примечание: предельная норма штата Калифорния по HC+NOX=6,8 г/кВт ч		

Таблица 2

Стоимость эксплуатации ГТД и дизеля

Общая стоимость эксплуатации	ГТД	Дизель
На один час эксплуатации (в долларах)	44,44	53,3
На одну л.с. (в долларах)	300,22	360,6

Целесообразно устанавливать ГТД в совокупности с электротрансмиссией на ТС, предназначенные для эксплуатации в тяжелых условиях, перевозки грузов

или пассажиров. Там, где размер и вес ГТД будут составлять важную роль при проектировании ТС, где нужна возможность питания различными видами топлива, легкий запуск при отрицательных температурах и малое количество вредных выбросов. Это могут быть как арктические вездеходы «Русак», требующие бесперебойного пуска при экстремально низких температурах, использующие электротрансмиссию для достижения оптимальных тяговых показателей. Так и в грузовых автомобилях (автопоезда), в которых требуется высокая мощность для перевозки большого полезного груза на дальние расстояния, а применение электромоторов позволяет при движении в горных условиях эксплуатации разгрузить тормозную систему и регенерировать энергию. В городских условиях эксплуатации также требуются гибридные ТС, так как ГТД имеет значительно меньшие вредные выбросы, шумность, размеры. А возможность подзаряжать аккумулятор при небольших пробегах без использования ГТД значительно снижает коммерческие затраты на эксплуатацию транспорта такого рода.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- эксплуатация ГТД в современных условиях стационарной энергетике и на транспорте показывает, что при утилизации тепла отходящих газов и высоком совершенстве основных элементов их эффективный КПД достигает 45–50 %;
- ресурс танкового ГТД почти в 2–3 раза выше, чем у дизельных двигателей, вследствие уравновешенности и меньшего количества деталей;
- вредные выбросы ГТД значительно ниже чем у поршневого ДВС за счет большей полноты сгорания топлива;
- целесообразно устанавливать ГТД в совокупности с электротрансмиссией на ТС предназначенные для эксплуатации в тяжелых условиях, перевозки грузов или пассажиров.

Список литературы

1. КПД двигателя внутреннего сгорания. URL: <https://avto-blogger.ru> (дата обращения: 15.11.2023).
2. Плюсы и минусы двигателя внутреннего сгорания. URL: <https://plusiminusi.ru> (дата обращения: 15.11.2023).

3. Военное обозрение. Что для танка лучше – газовая турбина или дизель. URL: <https://topwar.ru> (дата обращения: 15.11.2023).

ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

К. А. Асанбеков,

доц., канд. техн. наук,

Е. А. Сутормин,

ст. преподаватель,

Д. В. Хайрулин,

студент 3-го курса,

А. В. Первушкин,

студент 2-го курса ЕАДК

Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В работе приведены обзор и анализ конструкций газотурбинных двигателей транспортных средств, обоснованы ее преимущества по сравнению классическими двигателями внутреннего сгорания в современных условиях эксплуатации. Рассмотрены конструктивные особенности и принцип работы газотурбинных двигателей транспортных средств. Приведены и проанализированы выходные данные эффективных и эксплуатационных показателей газотурбинных двигателей транспортных средств, в реальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: конструкция, обзор, танк, газотурбинный двигатель, эксплуатация, редуктор, газотурбовоз, условия эксплуатации, турбина, температура, топливо.

REVIEW AND ANALYSIS OF TRANSPORT GAS TURBINE ENGINE DESIGNS

This paper provides a review and analysis of the designs of gas turbine engines for vehicles, and also substantiates its advantages over classic internal combustion engines in modern operating conditions. The design features and operating principles of gas turbine engines of vehicles are considered. The output data of the effective and operational indicators of gas turbine engines of vehicles under real operating conditions are presented and analyzed.

Keywords: design, review, tank, gas turbine engine, operation, gearbox, gas turbine locomotive, operating conditions, turbine, temperature, fuel.

На сегодняшний день ГТД получили широкое распространение в авиации, флоте, энергетике. ГТД зарекомендовали себя как надежные, эффективные и перспективные ДВС.

Они обладают следующими преимуществами перед поршневыми ДВС:

- высокая удельная мощность;
- высокая топливная эффективность при устоявшемся режиме работы;
- многотопливность, возможность питания жидким, газообразным и твердым топливом, без существенных изменений конструкции;
- меньшее количество деталей и узлов, компактность и легкость;
- экологичность, меньший уровень вибраций и шума.

Принципиально газотурбинные двигатели отличаются тем, что тепловой цикл в них происходит последовательно в отдельных агрегатах. У поршневого двигателя этот цикл совершается в одном и том же рабочем объеме цилиндра. Принцип работы газовой турбины на автомобиле показан на рис. 1. Воздух засасывается через входное устройство 1, сжимается в компрессоре 2; впрыснутое форсункой 3 топливо сгорает в камере сгорания 4. Часть энергии газа используется в турбине 5 привода компрессора, остальная же ее часть – в тяговой турбине 6. Именно эта последняя энергия, превращенная в работу, является полезной – она передается через редуктор 8 на трансмиссию и колеса автомобиля (рис. 1). Благодаря тому, что связь производится посредством газа и не требует разворота момента, ГТД имеет значительно больший КПД [1].

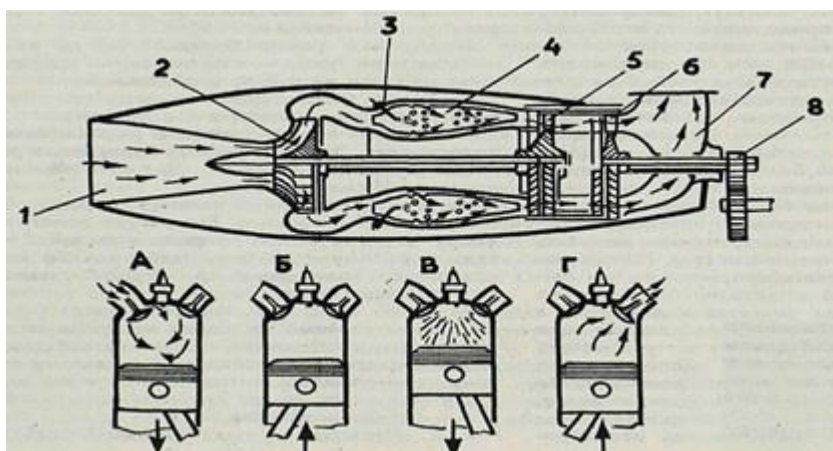


Рис. 1. Сравнение циклов работы ГТД и поршневого ДВС

Если вся полезная энергия в двигателе срабатывается на валу и через него передается для привода агрегатов, то мы уже имеем так называемый турбовальный двигатель (ТваД).

Редуктор – неременная принадлежность турбовального двигателя. Так как скорость вращения как ротора турбокомпрессора, так и ротора свободной турбины, велика настолько (> 20 тыс. об./мин.), что это вращение не может быть напрямую передано на приводимые агрегаты, они просто не смогут выполнять свои функции и даже могут разрушиться. Поэтому между свободной турбиной и полезным агрегатом обязательно ставится редуктор для снижения частоты вращения приводного вала.

Такой двигатель чаще всего имеет свободную турбину. То есть вся турбина поделена на две части, между собой механически несвязанные. Связь между ними только газодинамическая. Газовый поток, вращая первую турбину, отдает часть своей мощности для вращения компрессора и далее, вращая вторую, тем самым через вал этой (второй) турбины приводит в действие полезные агрегаты. Сопла на таком двигателе нет. То есть выходное устройство для отработанных газов, конечно, имеется, но соплом оно не является и тяги не создает (рис. 2) [2].

В 1963 году Chrysler изготовил 55 автомобилей, 50 из которых были подготовлены к участию в уникальной испытательной программе. В ходе нее машины передавались автомобилистам из 49 штатов сроком на три месяца.

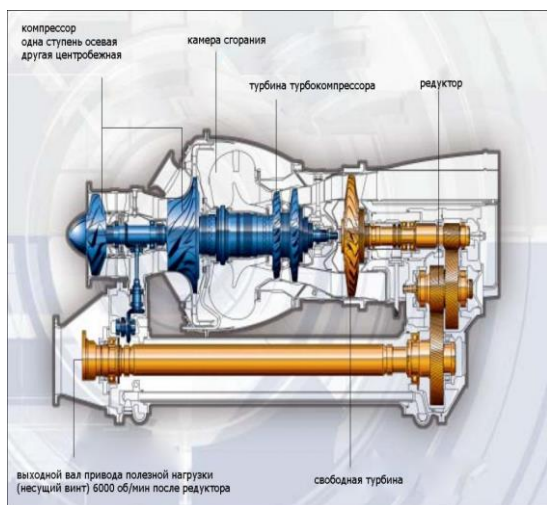


Рис. 1. Компоновка двигателя Arriel 1E2

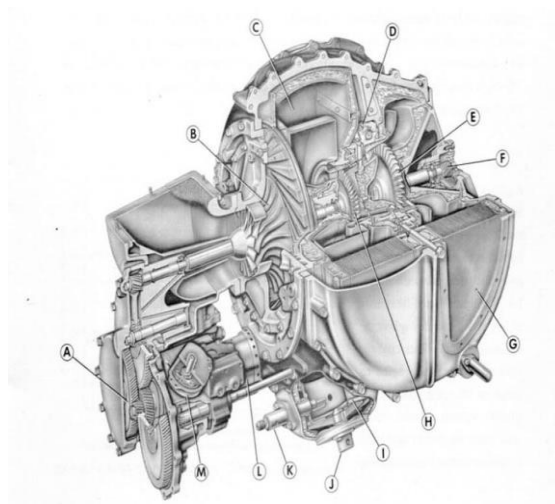


Рис. 3. Схема двигателя Крайслер A-831

В общей сложности автомобили преодолели 1 млн 780 км. Подавляющему большинству испытателей машины очень понравились. Прежде всего они отмечали плавную без вибраций работу двигателя и его высокую мощность. Кроме того, Chrysler Turbine Car реже нуждался в техническом обслуживании и был способен потреблять керосин, неэтилированный бензин, спирт и дизельное топливо [3].

Основные механизмы ГТД «Крайслер А-831» (рис. 3): А) редуктор привода роторов; В) вентилятор компрессора; С) ротор правого теплообменника; D) корпус соплового агрегата; Е) свободная турбина; F) выходной редуктор; G) ротор левого теплообменника; Н) турбина компрессора; I) камера сгорания; J) форсунка; К) свеча; L) стартер – генератор; М) магнето.

И в России активно применяются ГТД как в воздушном, морском, так и в наземном транспорте.

Первым в своем роде стал газотурбовоз ГТ1. Особенность заключается в одновременном использовании газотурбинного двигателя с электрической передачей. Ток вырабатывается и поступает на электродвигатели, после чего локомотив приходит в движение. По мощности газотурбовоз превосходит все имеющиеся в мире локомотивы и составляет 11 300 лошадиных сил. Одна заправка топлива рассчитана на 750 км при скорости движения 100 км/ч. Сила тяги составляет 980 кН (при трогании) и 775 (в длительном режиме работы). Количество вредных веществ в выхлопных газах в пять раз меньше, чем нормы по их выбросу в ЕС (рис. 4) [4].



Рис. 4. Газотурбовоз ГТ1

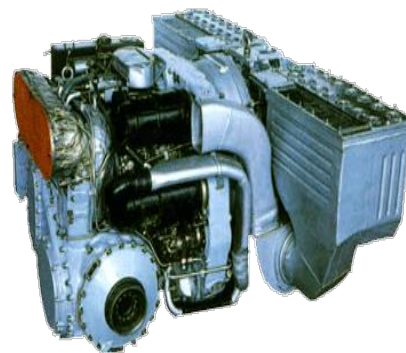


Рис. 5. Двигатель ГТД-1250

ГТД применяются в наземной военной технике, например в России на

танке Т-80, а в США – на танке М1 «Абрамс».

Сергей Суворов, военный эксперт, кандидат военных наук, в прошлом – офицер-танкист:

– Для того чтобы танк с дизельным двигателем мог начать движение при температурах от 0 до –20 °С, необходимо сначала разогреть двигатель с помощью подогревателя в течение 20–30 минут, и еще прогревать его около 10 минут на холостом ходу. 30–40 минут для выхода танка по тревоге. Газотурбинный танк может трогаться с места уже через 45 секунд после нажатия на кнопку пуска двигателя. Когда Т-80 движется на тебя, на расстоянии до 30 м машины совсем не слышно.

Как отмечают экипажи в зоне СВО, преимущества ГТД, облегчают выполнение БЗ, снижают нагрузку на личный состав, что позволяет заправлять машину разным топливом [5].

На Т-80 применяется двигатель ГТД-1250, его КПД 53 % (рис. 5).

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

– существует множество различных конструкций ГТД, позволяющих изменять его мощность, ресурс, менять направление крутящего момента, понижать температуру выхлопных газов и увеличивать ее у поступающего в камеру сгорания воздуха за счет применения рекуператоров;

– все это позволяет нам рассматривать ГТД как высокоэффективную альтернативу классическому ДВС;

– на перспективе стоит разрабатывать ТС, в том числе и специального назначения с возможностью установки ГТД, для получения требуемых эксплуатационных показателей.

Список литературы

1. КПД двигателя внутреннего сгорания. URL: <https://avto-blogger.ru> (дата обращения: 15.11.2023).
2. Плюсы и минусы двигателя внутреннего сгорания. URL: <https://plusiminusi.ru> (дата обращения: 15.11.2023).
3. Большая советская энциклопедия : в 30-ти т. 3-е изд. М. : Сов. энцикл., 1969–1986.

Газотурбинный двигатель. URL: <https://www.booksite.ru> (дата обращения: 15.11.2023).

4. Военное обозрение. Что для танка лучше – газовая турбина или дизель. URL: <https://topwar.ru> (дата обращения: 15.11.2023).

5. Техническая эксплуатация автомобилей / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, Д. Г. Асадов и др. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 564 с.

ПРОБЛЕМА НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ВЫШЕДШИХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Д. А. Овсянников,

аспирант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

В статье говорится об экологических проблемах, решаемых с помощью утилизации и рециклинга вышедшего из эксплуатации автомобиля. Выведен параметр «накопленного экологического вреда» как следствие отсутствия внимания конечному этапу жизненного цикла автомобиля. Рассмотрены факторы, снижающие угрозу «накопленного экологического вреда» от вышедших из эксплуатации транспортных средств. Предложен механизм создания экологической инфраструктуры для автотранспортной отрасли – системы комплексной утилизации и рециклинга автокомпонентов.

Ключевые слова: вышедшее из эксплуатации транспортное средство, накопленный экологический вред, рециклинг, утилизация.

THE PROBLEM OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE FROM DECOMMISSIONED VEHICLES

The article demonstrates environmental problems solved by recycling and disposal of a decommissioned car. The parameter of «accumulated environmental harm» is derived as a consequence of the lack of attention to the final stage of the life cycle of the car. The factors reducing the threat of «accumulated environmental harm» from decommissioned vehicles are considered. A mechanism for creating an ecological infrastructure for the automotive industry is proposed – a system of integrated recycling and disposal of automotive components.

Keywords: decommissioned vehicle, accumulated environmental damage, recycling, disposal.

Технология производства и эксплуатации автомобиля не может обойтись без риска для экологии, это аксиома. Аксиомой также является тот факт, что жизненный цикл автомобиля, как, впрочем, и любого иного продукта, конечен, и по окончании его автомобиль должен быть подвергнут утилизации. Анализ трудов

по данной тематике [1–3] показал, что утилизация и рециклинг транспортных отходов позволяют решить следующие экологические проблемы:

- избавление от несанкционированных полигонов и отдельных брошенных на придомовых территориях транспортных средств;
- пополнение промышленных запасов сырья за счет рециклинга материалов разбора вышедшего из эксплуатации транспортного средства;
- увеличение запаса запчастей (узлов, агрегатов и деталей) для автомобилей в результате их восстановления с тестированием на пригодность и назначением гарантийного срока, что позволяет снизить объемы их производства.

Авторециклинг на уровне политики государства нацелен на достижение ключевых целей устойчивого развития: экологической безопасности как составляющей качества жизни населения и повышения эффективности экономики.

По данным Федеральной службы государственной статистики за 2021 г., в России насчитывалось 22,08 млн легковых автомобилей в возрасте свыше 10 лет, что составляет более 40 % от общего их числа. Парк грузовых автомобилей, согласно тому же источнику, к 2021 г. имел 3,81 млн единиц грузовиков, произведенных до 2011 г. Общественный транспорт в общей доле имеет около 37 % изношенного парка, по данным Росстата на 2021 г.

В РФ автотранспорт часто эксплуатируется за пределами разумных сроков, и нет законодательно закрепленных обязательств для владельцев сдавать на утилизацию вышедшее из эксплуатации транспортное средство. В результате мы наблюдаем автохлам, брошенный во дворах и на парковках. Особая задача – как поступить с брошенной в районах Дальнего Севера техникой, которую ремонтировать трудно и дорого, транспортировать на большую землю невыгодно.

Таким образом, мы имеем дело с так называемым «накопленным вредом» окружающей среде. Накопленный вред – это урон природе, причиняемый человеком в результате деятельности, и полное или частичное невыполнение обязанностей по его устранению.

В настоящее время есть два фактора, которые, как ожидается, снизят «накопленный вред»:

1) введение в РФ «утилизационного сбора» на приобретаемые автотранспортные средства;

2) введение в практику хозяйственного оборота «контакта жизненного цикла» на поставку транспортных средств общественного транспорта в крупных городах РФ. Ожидается, что контакт жизненного цикла будет в будущем выполнен в полном объеме, включая и завершающий его этап, предполагающий выведение транспортного средства из эксплуатации и решение вопроса о его утилизации.

Есть еще один фактор сложности рассматриваемой проблемы. Согласно Федеральной целевой программе «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 гг., объектами накопленного вреда окружающей среде являются земельные и водные участки, на которых выявлен факт причинения ущерба природе. В основном на практике речь идет о территориях конкретных предприятий и о конкретных территориях хозяйственной деятельности: полигонах ликвидации загрязняющих химических веществ, районах нефте-, газо- и угледобычи. Говоря о транспортных средствах, территории загрязнения выделить сложно по следующим причинам:

1) в случае с автотранспортными средствами экологический ущерб от них формируется не только в момент вывода из эксплуатации, но и во время самой эксплуатации; и с определенного момента его возрастного или технического состояния транспортное средство начинает продуцировать экологический ущерб, возрастающий со временем в геометрической прогрессии. Это касается и загрязнения воздуха отработанными газами, и протечек масла, и повышенным пылевыведением от изношенных шин, и прочее;

2) нет четких условий прекращения эксплуатации транспортного средства ни по сроку службы, ни по техническому состоянию. Для легковых автомобилей, принадлежащих физическим лицам, прохождение технического осмотра с 2023 г. стало необязательным. Получение диагностической карты обязательно для грузовых автомобилей, автобусов и для легковых автомобилей, принадлежащих юридическим лицам и ИП, а также машин, используемых для коммерческих

целей. Для транспортных средств указанных категорий возрастом более 10 лет требуется ежегодный технический осмотр. Но на практике технический осмотр часто осуществляется следующим образом: одно транспортное средство проходит необходимый техосмотр, получает освидетельствование с положительным результатом, возвращается на территорию автовладельца, подвергается частичному разбору, в результате которого годные запчасти переставляются на следующее транспортное средство, и оно, в свою очередь, проходит технический осмотр, получая разрешение на эксплуатацию;

3) территория официальной регистрации (прикрепления) транспортного средства к конкретному предприятию может не совпадать с территорией его фактической эксплуатации.

Выход из создавшейся напряженной экологической ситуации заключается в создании экологической инфраструктуры – системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств в виде комплекса перерабатывающих центров, которые обеспечивают выполнение всех этапов технологического цикла авторециклинга (рис .1).



Рис. 1. Компоненты технологического цикла авторециклинга

Экологически ориентированное развитие состоит не только в создании системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств, но и в реализации упреждающих этапов, а именно: при проектировании новых транспортных средств и при модернизации транспортных средств соблюдать обязательство использования рециклируемых материалов и легкоразборных конструкций для обеспечения возможности рециклинга как таковой и удобства демонтажа конструкции автомобиля.

Список литературы

1. Дильманова Э. С. Рециклинг как один из способов экологизации автотранспортного комплекса. // Научное обозрение. 2014. № 1. С. 253–257.
2. Савон Д. Ю., Колотырин К. П., Сахно Э. С. Управление проектами авторециклинга на основе государственно-частного партнерства. Экономика промышленности // Russian Journal of Industrial Economics. 2021. № 14 (2). С. 203–213.
3. Трофименко Ю. В., Трофименко К. Ю. Региональный подход к решению проблемы утилизации транспортных средств в Российской Федерации // Изв. Самар. науч. центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 1 (7). С. 1934–1938.

АНАЛИЗ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ УЗЛОВ, ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

И. И. Огнев^{1,2},

доц., канд. техн. наук,

К. А. Асанбеков¹,

доц., канд. техн. наук,

И. Н. Глушков³,

доц., канд. техн. наук,

Р. А. Шабалин⁴,

магистрант

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

² Южно-Уральский технологический университет, г. Челябинск

³ Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург

⁴ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

В статье рассмотрены и проанализированы классификации видов загрязнений поверхностей узлов, деталей и агрегатов автотранспортных средств в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: виды загрязнений, эксплуатация автотранспортных средств, ремонт автотранспортных средств.

ANALYSIS OF TYPES OF CONTAMINATION OF SURFACES OF COMPONENTS, PARTS AND ASSEMBLIES OF MOTOR VEHICLES DURING OPERATION

Classifications of types of contamination of surfaces of components, parts and aggregates of motor vehicles during operation are proposed.

Keywords: types of pollution, operation of motor vehicles, repair of motor vehicles.

При эксплуатации автотранспортных средств поверхности деталей и агрегатов загрязняются, следствием является ухудшение эксплуатационных характеристик: снижается мощность двигателя, эффективность радиаторов и фильтров, увеличивается расход эксплуатационных материалов, износ трущихся поверхностей и др., что существенно ускоряет наступление предельного состояния автотранспортных средств в целом [1].

Основными факторами, вызывающими загрязнение поверхностей узлов, агрегатов и деталей автотранспортных средств в процессе эксплуатации будут являться:

- повышенная относительная влажность воздуха, способствующая появлению конденсата, который, взаимодействуя с механическими и химическими примесями атмосферы, загрязняет поверхность конструкции и активизирует процессы коррозии [2, 3];

- использование воды, не соответствующей по качеству требованиям системы охлаждения. Несоблюдение указанного требования приводит к образованию накипи и шлама, загрязнению внутренних стенок элементов системы охлаждения и возникновению на них очагов коррозии [2, 4, 5];

- продукты окисления, разложения и неполного сгорания моторного масла и топлива (нагар, зольные отложения);

- продукты коррозии [6].

По своему физическому состоянию все загрязнения делятся на мазеобразные, жидкие и твердые [1].

При рассмотрении загрязнений автотранспортных средств в целом, а не только ДВС, необходимо учитывать также характерные загрязнения трансмиссий, ходовой части и других узлов автотранспортных средств.

Общая схема классификации загрязнений автотранспортных средств по физико-механическим свойствам приведена на рис. 1 [7].

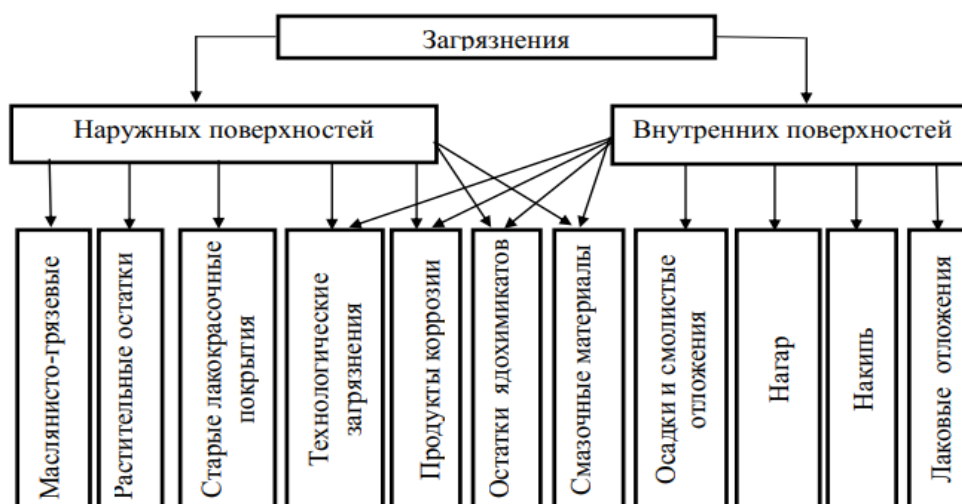


Рис. 1. Классификация загрязнений поверхностей агрегатов машин

Классификация загрязнений наружных поверхностей машин по их смачиваемости приведена на рис. 2, а по источникам образования загрязнений – на рис. 3 [7].



Рис. 2. Классификация загрязнений по их смачиваемости [7]



Рис. 3. Классификация загрязнений наружных поверхностей автотранспортных средств [7]

Таким образом анализ видов и классификаций основных загрязнений поверхностей узлов, деталей и агрегатов автотранспортных средств в процессе эксплуатации показывает, что основным видом загрязнений автотранспортной техники являются дорожная грязь, пыль, продукты коррозии, остатки растений, масла, топлива и др.

На внутренних и наружных поверхностях деталей двигателей, имеющих самые разнообразные конфигурации и размеры, откладываются лаковые и смолистые отложения, накипь, а также нагар, образующийся в результате термического разложения масла.

Отсюда следует, что наличие загрязнений снижает производительность труда, создает дополнительные неудобства и неточности при выполнении ремонтных работ, что приводит к снижению ресурса отремонтированных узлов, деталей и агрегатов автотранспортных средств.

Список литературы

1. Воронов В. П. Совершенствование мойки деталей автотракторной техники : дис. ... канд. техн. наук. Рязань, 2022. 126 с.
2. Повышение эффективности технологии нанесения противокоррозионного состава при постановке сельскохозяйственных машин на хранение / И. В. Фадеев, И. А. Успенский,

А. И. Ушанев и др. // Техника и оборудование для села. 2022. № 1. С. 39–40.

3. *Rojagoplan K. S.* Orantification of the elements contributing to the direct cost corrosion and its application to the chloralkoli inolstry // I. Sci and Int. Res. 1985. № 8. P. 430–431.

4. *Гаврилов А. К.* Система жидкостного охлаждения автотракторных двигателей М. : Машиностроение, 1986. 163 с.

5. *Yang L., Pabalan R. T., Dunn D. S.* The Study of Atmospheric Corrosion of Carbon Steel and Aluminum under Salt Deposit Using Coupled Multielectrode Array Sensors // The 204th Meeting of the Electrochemical Society – Abstract 465, Extended Abstract Volume 2003-II (Pennington, NJ: Electrochemical Society, 2003).

6. *Фадеев И. В.* Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве : дис. ... д-ра техн. наук. Рязань, 2019. 395 с.

7. *Фадеев И. В., Новоселов А. М., Садетдинов Ш. В.* Теоретические основы разработки новых ингибиторов коррозии для автотранспортного комплекса // Вестн. МАДИ. 2014. Вып. 4 (39). С. 17–21.

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

И. И. Огнев^{1,2},

доц., канд. техн. наук,

К. А. Асанбеков¹,

доц., канд. техн. наук,

Е. А. Сутормин¹,

ст. преподаватель,

Р. А. Шабалин³,

магистрант

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

²Южно-Уральский технологический университет, г. Челябинск

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Проанализировано влияние технического состояния тормозной системы транспортного средства на безопасность дорожного движения во время эксплуатации.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, тормозная система, транспортное средство, автомобильный транспорт.

ON THE ISSUE OF THE INFLUENCE OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE VEHICLE BRAKING SYSTEM ON ROAD SAFETY

This article analyzes the influence of the technical condition of the vehicle's braking system on road safety during operation.

Keywords: road safety, braking system, vehicle, road transport.

Анализ статистических данных НИЦ ГИБДД МВД России в период с 2018 по 2022 год показал, что причиной порядка 25 % всех ДТП является отказ рабочей тормозной системы грузового транспорта.

Известно, что одним из основных элементов, обеспечивающих эффективность использования тормозной системы, являются тормозные колодки. Специфика эксплуатации, которых на транспортных средствах определяется многими факторами: используемыми материалами, стилем вождения, маршрутом, качеством дорожного покрытия, периодичностью технического обслуживания и т. п.

Как показал анализ информационных источников, практический опыт, существующие методы диагностирования износа тормозных колодок транспортных средств являются периодическими и не позволяют оценивать ее техническое состояние.

Анализ исследований [1–6] показал важность тормозных конструкций в возникновении дорожно-транспортного происшествия (ДТП) (рис. 1).

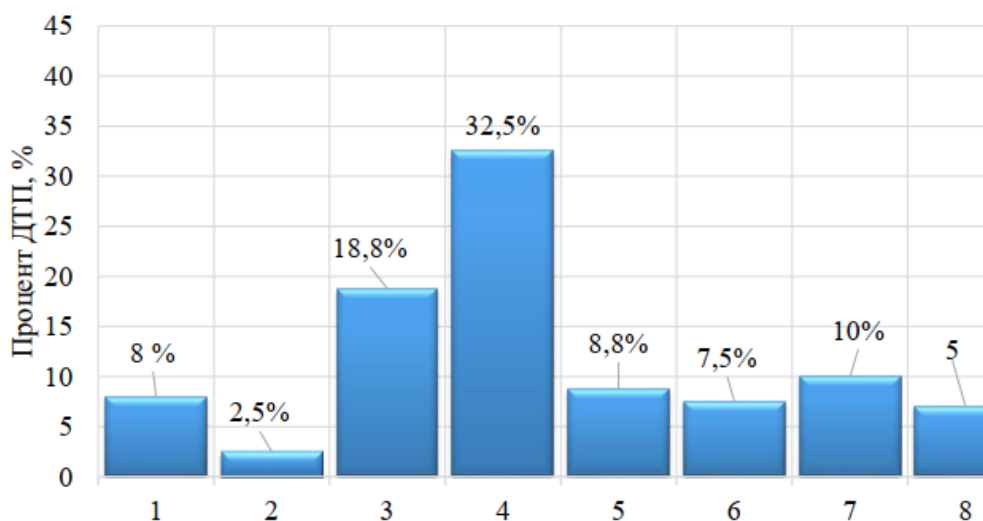


Рис. 1. Причины ДТП, связанные с неисправностями ТС по элементам:

- 1 – рулевые механизмы; 2 – звуковой сигнализатор; 3 – обзорные устройства;
4 – тормозная система; 5 – световые приборы; 6 – неисправность трансмиссии;
7 – изношенная резина; 8 – дополнительное оборудование

Одной из основополагающих причин среди всех неисправностей в системах и конструкциях ТС, повлекших ДТП, большую роль играет отказ тормозной системы [1–6].

Тормозная система любого ТС состоит из большого количества элементов, каждый из которых играет важную роль в процессе торможения.

Любая неисправность или изменение технических параметров в одном из

них может привести к потере управления процессом с потерей динамической активности тормозного привода, что может вызвать дорожно-транспортное происшествие.

На рис. 2 приведены результаты статистических исследований по повреждениям и отказам тормозной системы, повлекших за собой ДТП [3, 4, 6].

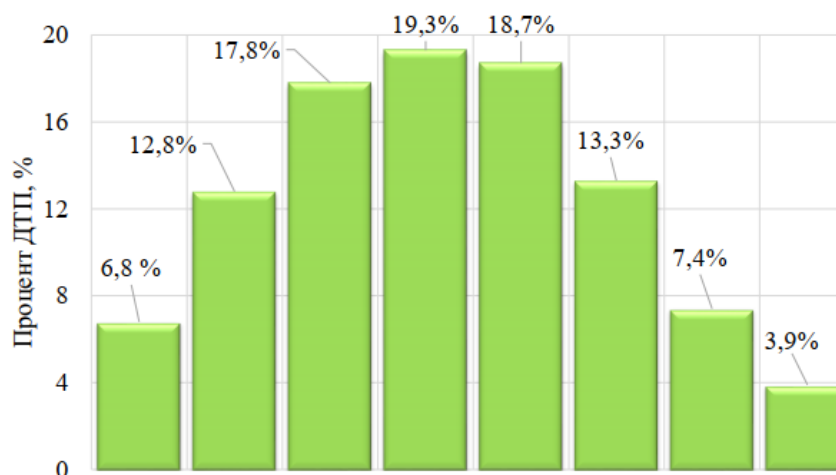


Рис. 2. Распределение частот ДТП по причине неисправностей

элементов тормозной систем ТС: 1 – неисправность вакуумного усилителя;

2 – наличие воздуха в гидроприводе; 3 – износ фрикционного материала;

4 – неодновременность торможения колес; 5 – негерметичность шлангов привода;

6 – внезапное заклинивание колодок; 7 – неисправности стояночной тормозной системы;

8 – прочие неисправности

Представленные данные позволяют рассмотреть причины неисправностей и распределить их по уровню влияния на безопасность эксплуатации ТС.

Изучение неисправностей и отказов тормозных систем показывает, что причиной их отказов являются динамические и тепловые нагрузки. Тормозная колодка или тормозной диск в процессе торможения интенсивно нагреваются (порядка 500 °С и выше) вследствие многократных и затяжных нажатий [6].

Фрикционный материал и тормозной диск при этом свариваются в результате создания высокой температуры в плоскостях пар трения тормозных колодок. Данные процессы способствуют заклиниванию тормозных колодок ТС и отказу всей тормозной системы.

На основании вышесказанного можно прийти к выводу, что внезапный отказ тормозной системы во время движения ТС чаще всего происходит из-за предельного износа тормозной колодки.

Своевременное проведение диагностических работ позволит предотвратить износ фрикционного материала тормозных колодок во время эксплуатации, минимизировать внезапные отказы тормозной системы транспортных средств, а также повысить безопасность дорожного движения.

Поэтому задача разработки способа и устройства, повышающего эффективность оценки технического состояния тормозной колодки, является актуальной для науки и техники.

Список литературы

1. *Борисов А. И., Галактионов А. Ю., Исаев М. В.* Влияние тормозных систем автомобилей на безопасность движения // Вест. КРСУ. 2007. №7 (12). С. 50–53.
2. *Герасимова Е. Б., Герасимова Б. И.* Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие. М. : Инфра-М, 2010. 226 с.
3. Маркетинговое автомобильное агентство. URL: <https://www.napinfo.ru> (дата обращения: 17.11.2023).
4. Научный центр безопасности дорожного движения. URL: <https://нцбдд.мвд.рф/ресурсы/аналитические-обзоры-состояния-безопасно> (дата обращения: 17.11.2023).
5. О ходе и результатах реализации в 2018 году. Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия : национальный доклад. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 180 с.
6. *Сакович Н. Е.* Обеспечение безопасности транспортных работ в сельскохозяйственном производстве за счет снижения аварийности сельскохозяйственной транспортной техники : дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2012. 397 с.

ВЛИЯНИЕ ДИЗАЙНЕРСКИХ РЕШЕНИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ТРУДОЕМКОСТЬ НА ПРИМЕРЕ LADA VESTA

А. М. Романов,

магистр

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Предложена технологическая проработка имеющегося дизайнерского решения в области автомобилестроения на примере изготовления матрицы штампа для производства дверей Lada Vesta.

Ключевые слова: автомобилестроение, дизайн, Lada Vesta, кузов, холодная вытяжка, штамп, мехобработка.

THE INFLUENCE OF DESIGN SOLUTIONS ON TECHNOLOGICAL COMPLEXITY ON THE EXAMPLE OF LADA VESTA

A technological study of the existing design solution in the field of automotive industry is proposed on the example of manufacturing a die matrix for the production of Lada Vesta doors.

Keywords: automotive industry, design, Lada Vesta, body, cold exhaust, stamp, machining.

Технологический анализ

Проведем технологический анализ дизайнерского решения в автомобиле Lada Vesta на примере передней двери (рис. 1).

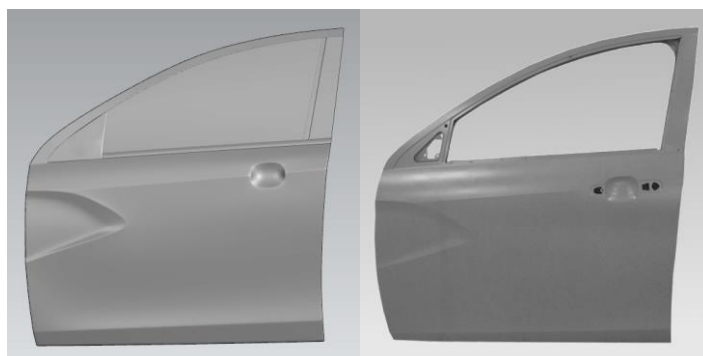


Рис. 1. Передняя левая дверь Lada Vesta (слева – 3D-модель, справа – реальное изделие)

Анализ материала изделия. В качестве материала для производства кузовов используется сталь преимущественно группы HSLA и IF по стандарту EN 10268 [1] с последующей холодной оцинковкой (для коррозионностойкости). По стандарту ГОСТ 57351-2016 [2] (приложение ДА.1) определено, что европейским сталям стандарта EN 10268 не соответствует ни одна российская, в том числе для холодной штамповки, но по составу наиболее близкой сталью является марка 06ФБЮАР – разработанная в 90-е годы и производимая по ТУ 14–105–607–2000 и ТУ 14–105–608–2000 [3]. Данная сталь по своим свойствам подходит именно для холодной штамповки – основному способу производства деталей кузова в автомобилестроении.

Группа низкоуглеродистых сталей имеет бóльшую относительную стоимость, т. к. процесс получения стали состоит в «изъятии» лишнего углерода из железной руды, т. е. чем дольше процесс, тем выше итоговая стоимость стали. Исследования механических свойств этой стали проведены в магистерской выпускной работе 2022 года [3] кафедры термообработки и физики металлов УрФУ на соответствие сертификатным данным и нормативной документации. Некоторые образцы этой стали оказались с заметными расхождениями по показателю штампуемости от указанных в сертификате производителя. В рамках нашей работы это означает, что данная сталь может не позволить получить более сложные формы при штамповке, как, например, ту, что имеется на двери Lada Vesta.

Анализ формообразующей операции. Холодная штамповка определяет тот факт, что процесс штампования происходит при бóльших нагрузках на оборудование – на штамп, узлы станка и т. д. и достигает 2–3 тонн. Такие нагрузки напрямую влияют на материал штампов – высокопрочные хромистые стали с высоким пределом выносливости и стойкостью к раскрашиванию. Это все напрямую влияет на сложность механической обработки, т. е. изготовление штампа.

Стоимость материалов для штампа составляет 30–50 % итоговой цены [4].

При плане производства автомобилей Lada Vesta на 2019 г. (принимая в расчет последний докризисный год) в 112 000 штук [5] и периоде до рестайлинга не менее 4 лет [6], получаем: $112\,000 \times 4 = 448\,000$ кузовов. Так как каждая из

четырёх дверей различна по конфигурации, получаем по 448 000 смыканий на каждый штамп. Из-за прочности применяемых материалов каждый штамп на 500 000 смыканий примерно на 50 % дороже того, что на 200 000 смыканий, а штамп на 1 000 000 смыканий – в два и более раз дороже той, что на 200 000 смыканий [4]. По соображениям стоимости «АвтоВАЗ» заказывал штампы в Южной Корее [6].

Анализ технологической оснастки для формообразующей операции. В случае изготовления автомобильных кузовов основная формообразующая операция – штамповка. Процесс изготовления штампа в общих чертах состоит в:

- сложных инженерных расчетах: размеров, допусков, прочности, усталости и т. д.;
- технологической проработке: отливка, фрезеровка, термоупрочнение и т. д.;
- изготовлении, как правило, на 5-осевом (наиболее сложном) станке с ЧПУ.

Согласно ГОСТ 22472-87 [8], твердость рабочих поверхностей штампов должна быть не менее 55–57 HRC, при шероховатости не более Ra0,4. Такая твердость относится к высоким и получается, как правило, после закалки. Это резко сужает номенклатуру режущих инструментов, которые могут обрабатывать такую заготовку.

Наиболее ответственная поверхность непосредственного контакта с металлом соответствует геометрии детали и выполняется фрезеровкой на станке с ЧПУ – в зависимости от сложности – на 3-осевом или 5-осевом. Плита, на которой находится формообразующая поверхность, не имеет необходимости в точности, но имеет необходимость в пределе прочности и пределе выносливости – может изготавливаться, например, литьем без последующей мехобработки.

Анализ необходимого времени мехобработки для производства матрицы штампа двери Lada Vesta. Штамп состоит из двух частей: матрицы и пуансона. Их геометрия несколько отличается (на толщину штампуемых деталей), но в рамках данной работы это не принципиально.

Рассмотрим только нижнюю часть штампа – матрицу.

На рис. 2 приведен примерный ее вид для производства двери Lada Vesta. Формообразующая часть (контактирующая с деформируемым листом) идентична реальной, а установочная плита изображена условно.

Чтобы еще более сузить область исследования и уменьшить нагрузку на расчетные мощности компьютера, рассматривать сложность мехобработки будем не двери в целом, а ее части – характерного дизайнерского решения U-образной формы. Для этого ограничим поверхность размерами 370×320 мм.

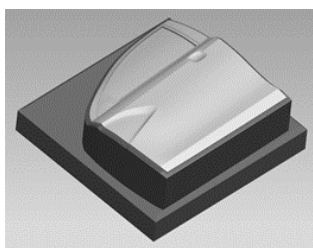


Рис. 2. Общий вид матрицы для производства двери Lada Vesta

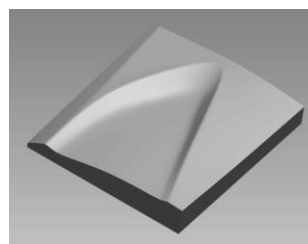


Рис. 3. Часть двери Lada Vesta с характерным дизайнерским решением

Сформируем исходные данные для анализа сложности мехобработки (рис. 3):

- параметры детали: $370 \times 320 \times 57$ мм; нерж. сталь твердостью 55 HRC;
- параметры заготовки: параллелепипед $370 \times 320 \times 60$ (по высоте припуск 3 мм на мехобработку) из стали вышеприведенной твердости;
- инструмент: фреза круглая, диаметр $d = 15$ мм, длина $L = 80$ мм, сталь HSM TiAlN с покрытием. Фреза изображена с хвостовиком и держателем для контроля столкновений с деталью во время обработки);
- скорость резания: 500 мм/мин;
- подача на зуб: 0,06 мм [9];
- припуск на черновом фрезеровании оставляем 1 мм при шероховатости Ra6,3;
- припуск на чистом фрезеровании – 0 мм при шероховатости Ra0,4;
- расчетная программа – Siemens NX, CAM-модуль.

Примечание: шероховатость Ra0,4 возможно получить только полировкой,

но для понимания относительного усложнения изготовления будет достаточно обойтись двумя переходами фрезеровки – черновым и чистовым. Тонкости задания траектории движения фрезы и т. п. в данном случае не будем описывать.

Результаты обработки:

- время на черновую обработку – 9 часов 40 минут;
- время на чистовую обработку – 16 часов 16 минут.

Заголовок	Инструмент	Время	Длина	Припус...	Подача
[-] OBRABOTKA		1:01:57:06	981800.4		
[-] CHERNOVOYE_FREZEROVANIE	POLUKRUGLAYA_FREZA	09:40:21	493354.7	1.0000	500 мм/мин
[-] CHISTOVOYE_FREZEROVANIE	POLUKRUGLAYA_FREZA	16:16:33	488445.7	0.0000	500 мм/мин

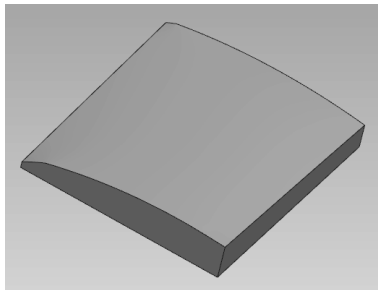


Рис. 4. Упрощенная часть двери

Сами по себе данные выше не дают понимания насколько рассматриваемое дизайнерское решение по двери автомобиля усложнило или упростило процесс изготовления оснастки для нее. Поэтому выполним 3D-модель того же участка двери, но без характерной U-образной выштамповки. Модель с упрощениями в форме приведена на рис. 4.

Результаты обработки:

- время на черновую обработку – 9 часов 30 минут (чуть меньше);
- время на чистовую обработку – 16 часов 3 минуты (чуть меньше).

Заголовок	Инструмент	Время	Длина	Припус...	Подача
[-] OBRABOTKA		1:01:34:51	1018742.1		
[-] CHERNOVOYE_FREZEROVANIE	POLUKRUGLAYA_FREZA	09:30:43	536702.7	1.0000	500 мм/мин
[-] CHISTOVOYE_FREZEROVANIE	POLUKRUGLAYA_FREZA	16:03:56	482039.4	0.0000	500 мм/мин

Вывод. Рассмотренное упрощение поверхности штампа действительно несколько сокращает его мехобработку (на 0,9 %), но настолько незначительно, что нельзя однозначно заявить, что будет весомый экономический выигрыш. Более того, как было сказано выше, данная выштамповка, помимо дизайнерского решения, имеет техническую необходимость – придает жесткости листовой детали при сварке.

Экономика данного процесса не рассматривается, т. к. достаточно оперировать только данными по времени изготовления – они приведены, а далее каждая компания-изготовитель выставляет свои расценки на минутное время работы станка.

Стоимость кузова составляет примерно 15 % от стоимости автомобиля [10], из них менее 50 % приходится именно на изготовление и более 50 % – на проектирование. Если посмотреть на дизайнерские особенности Lada Vesta, то условно их можно определить как не более 20 % стандартной формы кузова. Возвращаясь к первому предложению в данной статье, это означает, что дизайнерское решение, приведенное Стивом Маттином в данной модели автомобиля, является при всей броскости и узнаваемости технологически выверенным и не переносит необоснованно стоимость изготовления на плечи производителя или потребителя.

Список литературы

1. EN 10268-2002. Cold rolled flat products with higher yield strength for cold forming – Technical delivery conditions. URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6245823> (accessed: 22.11.2023).
2. ГОСТ 57351-2016. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. URL: <https://lasar.ru/upload/iblock/aa7/aa777b51416fdd8a770ee54b69a418b9.pdf> (дата обращения: 22.11.2023).
3. *Доронин Е. С.* Влияние структуры и механических свойств листов низкоуглеродистой нелегированной стали на процесс глубокой вытяжки : выпуск. квалификац. работа (магистра). Екатеринбург, 2022. 84 с.
4. Пресс-форма: цена изготовления. URL: <https://www.ir-key.ru/news/44-raschet-stoimosti-press-form> (дата обращения: 22.11.2023).
5. План производства Lada Vesta на 2019 год. URL: <https://news.drom.ru/Lada-Vesta-67859.html?ysclid=lpj324j06i50092520> (дата обращения: 22.11.2023).
6. АвтоВАЗ попытается вернуть культового дизайнера. URL: <https://www.autonews.ru/news/62bd45249a79476698da4617?ysclid=lpauzhwa8c-252675366> (дата обращения: 22.11.2023).
7. Automobile Stamping Die Mold. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vprWVfhZBFE> (дата обращения: 23.11.2023).
8. ГОСТ 22472-87. Штампы для листовой штамповки. Общие технические условия.

URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294831/4294831425.pdf> (дата обращения: 22.11.2023).

9. Режущий инструмент в производстве штампов и пресс-форм : крат. справ. руководство. с. 23. URL: https://spb-inteh.ru/images/-catalog/pdf/iscar-DieAndMoldUserGuide_7861524_2017_RU-min.pdf (дата обращения: 23.11.2023).

10. Самые дорогие части автомобиля. URL: <https://-1gai.ru/publ/522098-samye-dorogie-chasti-avtomobilya-i-eto-ne-dvigatel-i-korobka-peredach.html?ysclid=lpggjqx4hz35680709> (дата обращения: 23.11.2023).

ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ ПОДВЕСКИ САМОХОДНОГО МОДУЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М. А. Пузров¹,

аспирант,

А. В. Мидаков²,

аспирант

¹Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва

²Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН),
г. Москва

Рассматривается конструкция подвески самоходного модульного транспортного средства (СМТС) и результаты компьютерного моделирования ее нагруженности методом конечных элементов (МКЭ). В статье представлены общий вид, элементы конструкции подвески модульного транспортера, а также области применения СМТС; показаны результаты расчета напряженно-деформированного состояния подвески СМТС в ПО «Ansys». Актуальность работы заключается в том, что информация, представленная в данной статье, позволяет ознакомиться с конструкцией подвески зарубежных СМТС и в дальнейшем может быть использована при конструировании отечественных аналогов данных транспортных средств, при эксплуатации СМТС с целью своевременного предотвращения поломок модульного транспортера.

Ключевые слова: СМТС, модульный транспортер, гидравлическая подвеска, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов.

EVALUATION OF STRESS-STRAIN STATE OF SELF-PROPELLED MODULAR VEHICLE SUSPENSION USING THE FINITE ELEMENT METHOD

This article discusses the design of the self-propelled modular transporter (SPMT) suspension and the results of its stress-strain state computer modeling using the finite element method (FEM). The article presents the general view, design elements of the modular transporter suspension, as well as the areas of the SPMT application. The results of calculating the stress-strain state of the SPMT

suspension in Ansys software are shown. The relevance of the work is that the information presented in this article makes it possible to become familiar with the suspension design of foreign SPMT and it can be used in the design of domestic analogues of these vehicles, as well as during the operation of the SPMT in order to timely prevent breakdowns of the modular transporter.

Keywords: SPMT, modular transporter, hydraulic suspension, stress-strain state, finite element method.

СМТС – это подъемно-транспортное средство, состоящее из отдельных модулей, которые могут соединяться между собой в продольном и поперечном направлении. Данное транспортное средство имеет гидравлический привод: на приводных осях устанавливаются гидромоторы, которые приводят в движение модульный транспортер. Пример модуля СМТС представлен на рисунке 1.

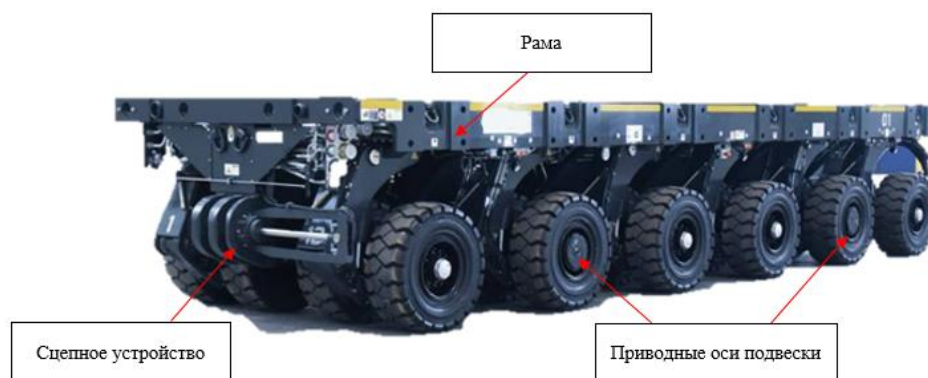


Рис. 1. Общий вид модуля СМТС [1]

СМТС используются при транспортировании крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КТГ), например модульных заводов, промышленного оборудования, судов, кораблей и т. д. Масса перевозимых грузов может составлять от нескольких десятков тонн до нескольких тысяч тонн [2].

СМТС обычно оснащаются гидравлической подвеской с большим вертикальным ходом (как правило, до 750 мм), что позволяет выполнять погрузочно-разгрузочные работы без применения другого подъемно-транспортного оборудования, например кранов. Пример подвески СМТС с приводной осью приведен на рисунке 2, где ОПУ – это опорно-поворотное устройство.

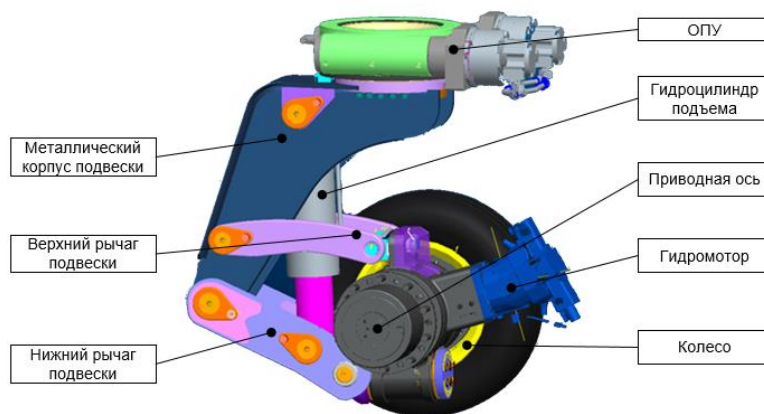


Рис. 2. Пример подвески СМТС с приводной осью [2]

При моделировании в ПО «Ansys» [3] нагрузка в 30 тонн или 294 200 Н была приложена к фланцам корпуса приводной оси (выделены красным на рис. 3); корпус подвески был жестко закреплен к ОПУ и раме СМТС.

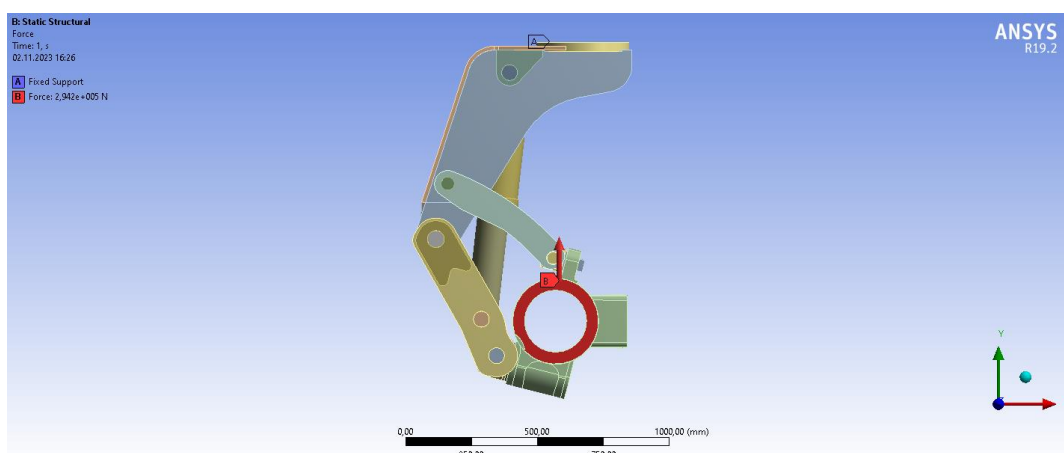


Рис. 3. Место приложения нагрузки и закрепление модели в ПО «Ansys»

Также в модели были заданы шарнирные соединения, что позволило производить расчеты при определенном ходе штока гидроцилиндра. На рис. 4 можно видеть значения максимальных напряжений, возникающих в конструкции подвески при приложении нагрузки в зависимости от положения штока гидроцилиндра. На графике видно, что максимальные напряжения в подвеске СМТС возникают, когда шток гидроцилиндра максимально втянут (ход штока находится в диапазоне 0–75 мм); затем по мере выдвижения штока, нагруженность подвески СМТС постепенно снижается.

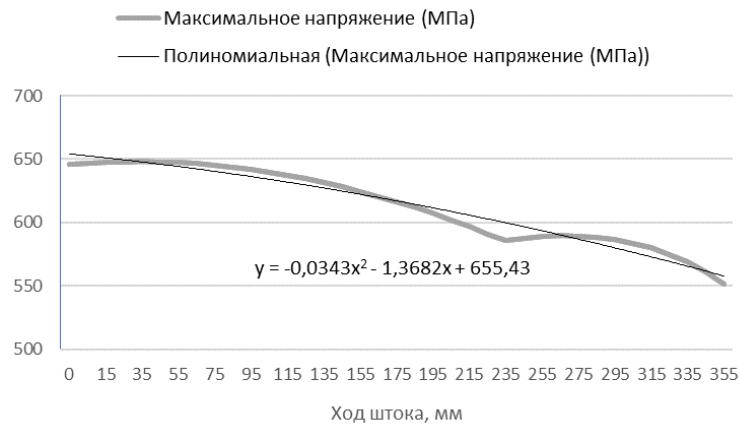


Рис. 4. Максимальное напряжение, возникающее в конструкции подвески, при определенном ходе штока гидроцилиндра (моделирование подъема и опускания груза)

На рис. 5 можно видеть напряженно-деформированное состояние подвески, когда шток гидроцилиндра находится в положении 35 мм. В этом расчетном случае показано, что максимальные напряжения возникают: а) в корпусе приводной оси рядом с местом приложения нагрузки; б) в металлическом корпусе подвески в местах скругления конструкции и в месте крепления гидроцилиндра к корпусу подвески; в) в нижних рычагах подвески рядом с креплением штока гидроцилиндра.

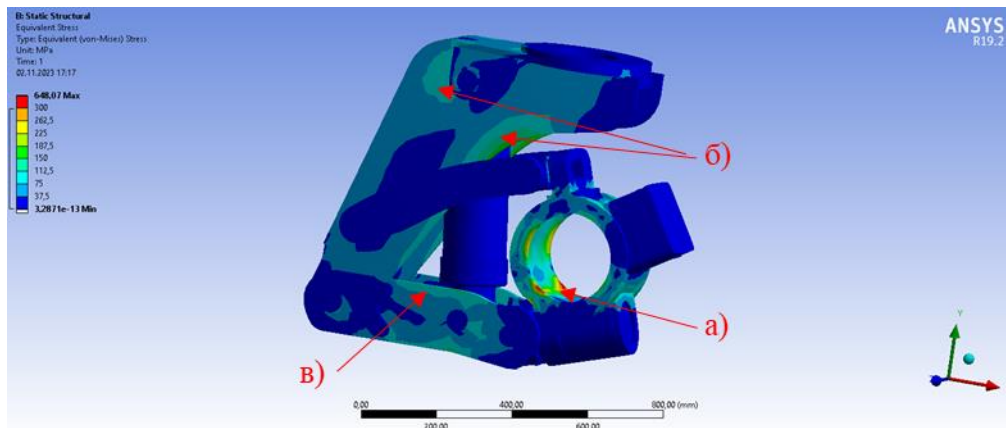


Рис. 5. Нагруженность подвески в положении штока гидроцилиндра 35 мм

Таким образом в статье была представлена конструкция подвески зарубежного СМТС с максимальной нагрузкой в 60 тонн на осевую линию. По итогам моделирования нагруженности подвески СМТС методом конечных элементов в

ПО «Ansys» можно видеть, что при приложении нагрузки максимальные напряжения в конструкции подвески возникают, когда шток гидроцилиндра максимально втянут (ход штока находится в диапазоне 0–75 мм), значения напряжений в данном положении штока составляют 645–648 МПа. Это меньше, чем предел текучести сталей S690-S700, которые используются в конструкции подвески модульного транспортера, однако при такой позиции штока рекомендуется ограничить нагрузку на СМТС во избежание возникновения поломки ТС особенно при движении и преодолении дорожных выбоин, ухабов и препятствий.

Список литературы

1. Галерея продукции компании «Cometto» // Компания «Cometto» : [офиц. сайт]. URL: <https://www.cometto.com> (дата обращения: 27.10.2023).
2. Варламов Л. А., Пузров М. А. Анализ существующих схем подвесок самоходных модульных транспортных средств с электронным управлением поворотом осей (серии «MSPE») компании «Cometto» // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. 2023. № 1 (1). С 53–64.
3. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Шамраева М. А. ANSYS в руках инженера : практич. руководство / авт. предисл. А. С. Шадский. Изд. стер. М. : URSS : ЛИБРОКОМ, 2016. 269 с.



**V Всероссийская научно-практическая
конференция
«Инновационное развитие техники и технологий
наземного транспорта»**

2 СЕКЦИЯ

**«Проблемы
инновационного развития
в области подъемно-транспортного
машиностроения»**

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ЗАДНЕЙ ОСИ ДЛЯ САМОХОДНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Д. О. Блинов,

аспирант,

В. С. Великанов,

доц., д-р техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В исследовании рассматриваются перспективы применения регулирующей задней оси для улучшения маневренности самоходных платформ в подъемно-транспортном машиностроении. Проведенный анализ технологий и возможностей интеграции подчеркивает потенциал данного решения для оптимизации управляемости транспортных средств. Полученные результаты указывают на перспективы повышения эффективности и улучшения характеристик подъемных механизмов при внедрении данной технологии.

Ключевые слова: регулирующая задняя ось, самоходная платформа, управляемость и маневренность.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF USING A REAR AXLE STEERING SYSTEM FOR A SELF-PROPELLED PLATFORM

The study covers the prospects of employing a regulating rear axle to enhance the maneuverability of self-propelled platforms in lifting and transportation engineering. The analysis of technologies and integration possibilities underscores the potential of this solution in optimizing the controllability of vehicles. The obtained results indicate promising opportunities for improving efficiency and enhancing the characteristics of lifting mechanisms with the implementation of this technology.

Keywords: rear axle steering, self-propelled platform, controllability and maneuverability.

В современной индустрии подъемно-транспортного машиностроения стремительные технологические изменения предоставляют уникальные возможно-

сти для оптимизации производственных процессов и улучшения технических характеристик транспортных средств, в связи с чем актуальным и значимым является изучение и анализ перспективного применения регулирующей задней оси (RAS) в самоходных платформах.

С увеличением требований к эффективности и маневренности транспортных средств в новом тысячелетии разработка инновационных технологических решений становится все более необходимой: регулирующая задняя ось представляет собой одну из наиболее перспективных технологий, способных значительно улучшить управляемость самоходных платформ.

Целью данного исследования является обзор возможностей применения регулирующей задней оси и оценка ее потенциала для улучшения маневренности и общей производительности транспортных средств. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: анализ существующих конструкций задней оси; оценка возможности ее интеграции в самоходную платформу; выявление преимуществ и недостатков данной технологии.

Использование регулирующей задней оси в самоходных платформах имеет свои достоинства и недостатки. В частности, ряд исследователей данной темы, например Харун Ахмад Хан, считают применение регулирующей задней оси перспективным и эффективным решением для улучшения маневренности транспортного средства в ограниченных пространствах. Более того, автор статьи убежден в том, что поворот задней оси помогает снизить износ шин, особенно при увеличении угла поворота и числа осей [1]. Также стоит отметить, что существует множество конструкций системы RAS: в особенности использование системы цилиндров «ведущий – ведомый», системы умного рулевого управления (Smart Steering System) [2] и пр. Помимо этого, использование RAS, по мнению некоторых специалистов, гарантирует улучшение качества системы инновационной безопасности транспортного средства, в частности благодаря механизмам центрирования и прочим мерам, направленным на предотвращение возможности опасного опрокидывания транспортного средства так же, как и самоходной плат-

формы, что доказывает возможность интегрирования данной системы в беспилотное средство передвижения. Таким образом система регулирующей задней оси имеет весомое количество преимуществ, которые обуславливают перспективу ее дальнейшей интеграции и использования не только в управляемые транспортные средства, но и в самоходные платформы.

Тем не менее система RAS не лишена недостатков. Во-первых, внедрение такого рода инноваций априори требует высоких денежных и кадровых затрат, что автоматически поднимает стоимость готового продукта для потенциальных покупателей [3]. Во-вторых, средства передвижения, в которых используется регулирующая задняя ось, нуждаются в более комплексном техническом обслуживании, которое, в свою очередь, обуславливает потребность в высококвалифицированных кадрах. Более того, данные средства передвижения требуют особых навыков управления транспортным средством или беспилотной платформой в силу высокой степени зависимости устройств от электроники и сложности взаимозависимости каждого элемента управления. В-третьих, такие инновационные системы требуют тщательного тестирования и обеспечения безопасности, чтобы избежать возможных аварийных ситуаций [4].

Таким образом, использование регулирующей задней оси в самоходной платформе является возможным благодаря таким преимуществам, как маневренность в ограниченном пространстве, износостойкость шин, разнообразие конструкций систем RAS и улучшение качества системы инновационной безопасности, что, однако, не исключает наличие недостатков (высокая кадровая и денежная затратность, обучение навыкам управления и технического обслуживания и тщательное тестирование безопасности системы). На основе проведенного анализа можно отметить превосходство плюсов потенциального внедрения системы RAS в самоходные платформы над минусами, что дает надежду на дальнейшие интеграцию и развитие данной технологии в ближайшем будущем.

Список литературы

1. A Review of Rear Axle Steering System Technology for Commercial Vehicles / H. A. Khan, Yun So-Nam, Jeong Eun-A et al. // Journal of Drive and Control. 2020. Vol. 17, No. 4. P. 152–159.
2. Smart Steering System / K. Sarthak, S. Prajakta, R. Rishabh et al. // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2021. Vol. 8, No. 12. P. 1361–1367.
3. Rear Axle Steering System Sales Market 2023–2030: Impact on Market Players – LinkedIn. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/rear-axle-steering-system-sales-market-2023-2030> (accessed: 26.11.2023).
4. Study on a test bench of a vehicle rear axle fatigue behavior / V. Ionica, I. Dumitru, M. Bogdan et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1220. No. 1. P. 1–9.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕМОНТЕ И ВОССТАНОВЛЕНИИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И. А. Денисов,

доц., канд. техн. наук,

А. И. Михальцов,

ассистент,

Д. Ю. Кулешов,

ст. преподаватель

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Рассмотрены основные направления внедрения 3D-печати при производстве и ремонте технических средств различного назначения. Проведена оценка перспектив использования пластика в качестве конструкционного материала для изготовления малонагруженных деталей сложной формы с применением аддитивных технологий. Приведен пример выполнения ремонта узлов автоматизированной транспортно-технологической линии с использованием пластиковых деталей, полученных с помощью технологий FDM-печати.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, пластиковый филамент, ремонт, линии розлива.

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE REPAIR AND RESTORATION OF GROUND TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

The main directions of the introduction of 3D printing in the production and repair of technical equipment for various purposes are considered. The prospects of using plastic as a structural material for the manufacture of low-loaded parts of complex shape with the use of additive technologies have been evaluated. An example of the repair of nodes of an automated transport and technological line using plastic parts obtained using FDM printing technologies is given.

Keywords: additive technologies, 3D printing, plastic filament, repair, filling lines.

В настоящее время аддитивные технологии нашли широкое применение в медицине, строительстве, аэрокосмической технике, транспортном и технологическом машиностроении. С применением различных видов 3D-печати изготавливаются элементы гидроаппаратуры и объемного гидропривода машин; элементы авиационных и ракетных двигателей; элементы интерьера и экстерьера личного автомобильного транспорта; детали, применяющиеся для изготовления и ремонта военной колесной техники и беспилотных летательных аппаратов; технологические приспособления и мастер-модели для подготовки литейного производства; детали, полученные в процессе реверс-инжиниринга; несущие конструкции жилых и коммерческих зданий и сооружений, архитектурные фасадные элементы сложной формы; масштабные прототипы конструкций и механизмов, а также многое другое.

Несмотря на распространенность 3D-печати, следует отметить, что изготовление деталей из металлов и сплавов с применением аддитивных технологий на сегодняшний день является весьма дорогостоящим процессом и на постоянной основе используется только для решения узкопрофильных задач в высокотехнологичных отраслях. Однако в настоящее время со стороны предприятий малого и среднего бизнеса существует значительный спрос на изготовление интерьерных элементов и малонагруженных деталей, к числу которых можно отнести корпусные детали, выполняющие защитную и ограждающую функцию, ведомые элементы различных механизмов, элементы осветительного оборудования, изолирующие и уплотняющие элементы по типу прокладок и сальников. Эти и схожие уникальные единичные и мелкосерийные детали рационально изготавливать с применением FDM- и FFF-технологий 3D-печати, используя в качестве конструкционных материалов различные пластики. В пользу этого вывода можно привести следующие аргументы:

1. Обладая достаточной прочностью, детали, напечатанные с применением пластиковых филаментов, легко поддаются как механической, так и химической обработке различными реагентами, что позволяет получить требуемое качество поверхности.

2. На российском рынке технологического оборудования представлен широкий ассортимент 3D-принтеров отечественного производства. Такие компании, как 3D Quality, Cyberon, Imprinta, Microfactory, Picaso, Zenit, 3DiY, разработали собственные линейки оборудования для 3D-печати, куда входят принтеры различных типоразмеров и функциональных возможностей, позволяющие производить формирование деталей нужной формы и механических свойств из универсальных и специализированных филаментов.

3. Пластиковые филаменты для 3D-печати не являются дефицитным сырьем и выпускаются многими отечественными предприятиями. Кроме того, в настоящее время идет активный процесс замещения импортного сырья, применяемого при изготовлении филаментной нити, на сырье отечественного производства, что позволит значительно снизить экономические риски для производств, связанных с получением деталей из пластмасс методами 3D-печати.

4. В случае использования специализированных инженерных пластиков, применения 3D-принтеров с закрытой подогреваемой камерой и соблюдения температурных и технологических режимов послойного формирования материала можно получить полимерные детали с физико-механическими характеристиками, близкими к характеристикам конструкционных сталей.

Целесообразность применения пластиков в качестве основных материалов при печати разнообразных конструктивных элементов подтверждается успешным опытом применения таких элементов при ремонте и восстановлении сельскохозяйственной техники [1], оборудования пищевого производства [2], деталей объемного гидропривода горных машин [3].

Особенно успешно элементы, выполненные послойным нанесением пластикового филамента, могут использоваться при модернизации различных автоматизированных производственных линий. Подобные линии содержат большое количество геометрически сложных деталей, находящихся под воздействием малых и средних нагрузок. Ярким примером подобных производственных систем являются линии розлива жидкостей в пластиковую и стеклянную тару. На текущий момент в России эксплуатируется значительное количество линий розлива

импортного производства, которые требуют обслуживания и замены изношенных элементов. Так как прямая закупка деталей для ремонта импортного оборудования в настоящее время затруднена, а параллельный импорт зачастую невозможен или экономически неэффективен рациональным является производство подобных деталей с применением аддитивных технологий на российских специализированных предприятиях.

Одним из предприятий, ведущих разработки в области ремонта и модернизации машин и оборудования для производства пищевых продуктов, напитков и табачных изделий является ООО «БЕВЕРИДЖ». В рамках данного предприятия при участии аспирантов кафедры подъемно-транспортных машин и оборудования Брянского государственного технического университета был подготовлен проект ремонта грейферного барабана этикировочной машины (рис. 1) линии розлива с применением аддитивных технологий.



а



б

Рис. 1. Грейферный барабан этикировочной машины автоматизированной линии розлива:

а – конструкция грейферного барабана; *б* – детали, получение с применением 3D-печати пластиковым филаментом

Проведенные испытания грейферного барабана с установленными на нем элементами, выполненными с помощью 3D-печати пластиковым филаментом подтвердили работоспособности данного технического решения и его перспективность для дальнейших исследований, основной целью которых является определение оптимальных параметров технологического процесса 3D-печати

для получения пластиковых деталей с наилучшими прочностными свойствами.

Список литературы

1. Перспективы использования пластиковых деталей сельскохозяйственных машин / Н. В. Алдошин, В. В. Голубев, А. С. Васильев и др. // АгроЭкоИнженерия. 2023. № 3 (116). С. 20–34. DOI 10.24412/2713-2641-2023-3116-20-33.
2. Перспективы использования в пищевом оборудовании деталей, сделанных посредством 3D-печати из ABS / А. И. Ермаков, В. М. Поздняков, В. В. Литвяк и др. // Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология. 2022. № 5 (389). С. 54–58. DOI 10.26297/0579-3009.2022.5.12. EDN KZQAWJ.
3. *Пумпур Е. В.* Применение аддитивных технологий для ремонта гидропривода горных машин на примере шестеренного насоса НШ-32 // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. 2016. № 1. С. 311–314.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНОГО АГРЕГАТА ДСК-100 ДЛЯ УСЛОВИЙ КАРЬЕРОВ

Е. А. Девяткин¹,

аспирант,

Ю. А. Лагунова^{1,2},

проф., д-р техн. наук,

А. А. Жилинков^{1,2},

доц., канд. техн. наук

¹Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В современной строительной индустрии главной целью процесса производства является повышение эффективности и сокращение времени выполнения работ. В рамках такой постановки задачи дробильно-сортировочный агрегат играет ключевую роль, обеспечивая оптимальную переработку породы в карьере. В статье рассмотрены проблемы, связанные с низкой эффективностью работы дробильно-сортировочного агрегата в условиях карьера, и предложены пути их решения.

Ключевые слова: дробильно-сортировочный агрегат, порода, карьер, повышение эффективности.

THE EFFICIENCY OF THE CRUSHING AND SORTING UNIT FOR QUARRYING CONDITIONS

In the modern construction industry, the main goal of the production process is to increase efficiency and reduce the time of work. As part of this mission statement crushing and sorting units play a key role in providing optimal processing of raw materials in the quarry. In this article the problems associated with low efficiency of crushing and sorting unit in conditions of a quarry are considered, and ways of their solution are proposed.

Keywords: crushing and sorting unit, raw materials, quarry, increase of efficiency.

Первоначальный этап работы предполагает детальное изучение текущего состояния дробильно-сортировочного агрегата. Недостаточная производительность, высокая нагрузка на оборудование и частые остановки – это основные проблемы, с которыми сталкиваются большинство карьерных предприятий. Помимо этого, старые технологические решения и отсутствие автоматического контроля параметров работы приводят к неэффективному использованию ресурсов и повышенному расходу энергии.

Одним из важных этапов оптимизации работы дробильно-сортировочного агрегата является его модернизация. Внедрение современных технологий, таких как автоматическое регулирование процесса работы, использование новых материалов для изготовления деталей и эффективные сортировочные системы, позволит значительно повысить эффективность агрегата. Кроме того, важно учесть особенности породы, добываемой в карьере, и настроить агрегат для достижения оптимального качества конечной продукции.

Для примера рассмотрим ДСК-100/160. Роторный дробильно-сортировочный комплекс ДСК-100/160 применяется для вторично-третичного дробления породы с пределом прочности 80...140 МПа, используемого в строительстве автомобильных дорог, при производстве строительных материалов, в горно-металлургическом, горно-химическом производстве, при переработке строительного мусора.

Основной исходный материал – щебень фракции до 100 мм, ГОСТ 8267-93. Фракции готовой продукции: 0–5, 5–10, 10–20 мм.

Особенности типового дробильного комплекса ДСК-100:

- возможность получения высококачественного кубовидного щебня с низким уровнем лещадности;
- конструктивно обусловленная возможность многовариантной компоновки комплекса: с левым или правым расположением пандуса, кабины управления, транспортеров фракций готового продукта и негабарита;
- надежность в эксплуатации;
- сравнительно невысокая стоимость создания ДСК.

Принцип работы дробильно-сортировочного комплекса ДСК-100/160 (рис. 1):

- исходный материал с помощью одноковшового погрузчика, экскаватора, конвейера или другим способом загружается в приемный бункер вибропитателя, который обеспечивает бесперебойную и равномерную подачу материала в камеру с основным рабочим органом – ротором;

- при вращении ротора за счет удара кусков породы об отражающие плиты рабочей камеры дробилки происходит разрушение дробимого материала;

- разрушенный материал с помощью транспортеров выгрузки подается на наклонный трехъярусный виброгрохот, где происходит разделение (рассев) материала на фракции;

- каждая фракция, поступая через отдельную разгрузочную точку, с помощью специальных транспортеров отправляется на площадку для складирования в штабеля по фракциям. Складированная в штабель некондиционная фракция снова загружается с помощью погрузчика в приемный бункер вибропитателя для додробливания;

- управление ДСК дистанционное: с пульта, находящегося в кабине модуля управления комплексом. Предусмотрена автоматическая и ручная (с помощью местных кнопочных постов) остановка агрегатов при возникновении аварийной ситуации.



Рис. 1. Дробильно-сортировочный комплекс ДСК-100

Дробилка роторного типа является главной частью дробильно-сортировочного комплекса (рис. 2).

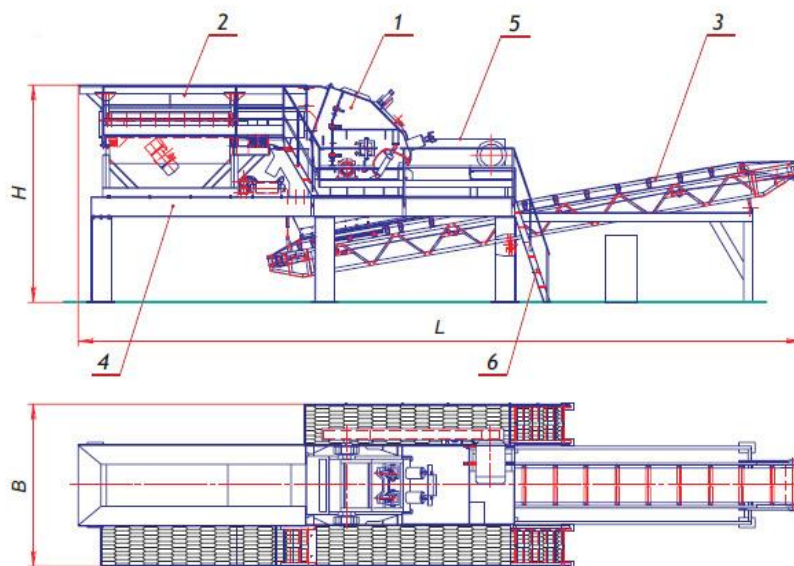


Рис. 2. Дробилка роторного типа:

- 1 – дробилка роторная; 2 – вибрационный питатель; 3 – рама с конвейером выгрузки;
4 – рама; 5 – привод; 6 – площадка обслуживания

Характер дробления определяется размером загружаемого куска породы и типом дробильного оборудования. Один из основных показателей работы дробилок – степень дробления, т. е. отношение размера куска до дробления к средневзвешенному размеру кусков после дробления. Дробилка в составе ДСК-100 оборудована гидравлической системой обеспыливания (насосная станция К50-32-125: производительность – $8 \text{ м}^3/\text{ч}$; мощность – 2,2 кВт).

Чтобы обеспечить непрерывное развитие и повышение эффективности дробильно-сортировочного агрегата, необходимо внедрять инновационные технологии. Интеграция автоматического управления, использование электрической энергии из возобновляемых источников, а также разработка новых методов дробления и сортировки позволят не только повысить эффективность работы агрегата, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, оптимизация работы дробильно-сортировочного агрегата в условиях карьера представляет собой сложный и многогранный процесс. Однако

благодаря модернизации технологий дробления различных материалов, систематическому контролю и правильному техническому обслуживанию, а также внедрению инновационных решений возможно значительно повысить его эффективность. Результатом будет сокращение времени и затрат на производство качественного фракционного щебня, повышение качества конечной продукции и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е. И. Ильин,

доц., канд. техн. наук,

В. К. Сильванович,

студент

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Представлены результаты анализа инструкций по эксплуатации современных отечественных и зарубежных стреловых и мостовых кранов. Анализ проведен с целью сравнения регламентов проведения технических обслуживаний и текущих ремонтов для поддержания эксплуатационной работоспособности кранов и соответствия их требованиям Ростехнадзора к безопасности.

Ключевые слова: грузоподъемные машины, техническая эксплуатация, эксплуатационная документация.

FEATURES OF TECHNICAL OPERATION OF LOAD-LIFTING CRANES IN MODERN CONDITIONS

The results of an analysis of operating instructions for modern domestic and foreign jib and overhead cranes are presented. The analysis was carried out to compare regulations for technical maintenance and routine repairs to maintain the operational efficiency of cranes and their compliance with Rostekhnadzor safety requirements.

Keywords: lifting machines, technical operation, operational documentation.

Экономика страны не может нормально развиваться без качественного грузоподъемного оборудования. Правильная техническая эксплуатация грузоподъемных машин обеспечивает восстановление утраченной в процессе производственной эксплуатации работоспособности и безопасности через техническое обслуживания (ТО), текущий (ТР) и капитальный ремонты (КР). В условиях государственной собственности на средства производства при плановой

экономике техническая эксплуатация грузоподъемного оборудования основывалась на строгом соблюдении системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Согласно этой системе для всех типов грузоподъемных кранов устанавливаются единые требования к видам, периодичности проведения технического обслуживания и ремонтов (ТО и Р), обеспечивающих качество их технической эксплуатации. Применение системы ППР позволяло планировать необходимое количество технических обслуживаний (ТО), текущих и плановых ремонтов на год вперед для всего парка грузоподъемных машин предприятия, рассчитывать необходимое количество рабочей силы, расход материалов, энергии, технического оборудования, запасных частей, осуществлять календарное планирование работ по ТО, ТР и КР. Широкое использование типовых технологических процессов при проведении работ технической эксплуатации с применением средств технической диагностики позволяло проводить их более эффективно. В тех условиях значение инструкций (руководств) по эксплуатации конкретных типов грузоподъемных кранов для их технической эксплуатации не являлось абсолютно определяющим.

При рыночной экономике общегосударственных способов управления технической эксплуатации грузоподъемного оборудования не стало и типовые рекомендации по этим вопросам морально устарели, так как в современных парках грузоподъемных машин эксплуатируются как отечественные, так и зарубежные конструкции. В этих условиях информационное обеспечение технической эксплуатации машин возможно лишь при максимальном использовании инструкций (руководств) по эксплуатации, разработанных фирмами – изготовителями конкретных типов машин как отечественных, так и зарубежных. Этого требуют и федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», действующие в настоящее время [1].

Для получения информации об особенностях технической эксплуатации новых отечественных и зарубежных кранов необходимо провести анализ неко-

торых современных руководств (инструкций) по эксплуатации этих кранов в части регламента проведения технических обслуживаний и ремонтов. При проведении анализа был проанализирован ряд инструкций по эксплуатации грузоподъемной техники таких производителей, как АО «Клинцовский автокрановый завод», XCMG (Xuzhou Construction Machinery Group), ООО «ПТО МАШИН-СИСТЕМС», STANL Crane Systems.

В руководствах по эксплуатации автомобильных кранов производства АО «Клинцовский автокрановый завод» предлагается проводить техническую эксплуатацию по схеме с ежемесячным техническим обслуживанием (ЕО); двумя техническими обслуживаниями ТО-1 и ТО-2, проводимыми соответственно через 150 и 600 часов наработки; сезонным обслуживанием (СО), текущими и капитальными ремонтами (ТР и КР) [2]. При этом отмечается, что корректировка сроков до текущего и капитального ремонта производится по критерию предельного состояния, которое характеризуется достижением предельной величины износа не менее трех составных частей одновременно.

Инструкции по эксплуатации автомобильных кранов производства китайской компании XCMG предлагают менее структурированную систему эксплуатации, предполагая, что обслуживающая организация должна самостоятельно конкретизировать виды проводимых регламентных работ, опираясь на рекомендации эксплуатационной документации [3]. Контроль за техническим состоянием крана предлагается проводить не менее одного раза в месяц. Периодический осмотр предлагается проводить не менее раза в год. Тестирование всех механизмов крана необходимо проводить согласно руководству по управлению и обслуживанию один раз каждые два года.

Система технической эксплуатации мостовых кранов производства ООО «ПТО МАШИН-СИСТЕМС» также включает в себя ежемесячные плановые и сезонные обслуживания. При этом каждому обслуживанию соответствует строгое значение наработки в мотор-часах [4]. Также предполагается проведение текущих и капитальных ремонтов через 2 000 и 6 000 машинных часов соответственно.

Инструкции по эксплуатации мостовых кранов производства компании STANL Crane Systems предлагают проводить три основных типа циклических эксплуатационных мероприятий: ежедневные проверки целостности основных систем крана, технические обслуживания каждые три месяца, ремонтные мероприятия различного объема каждые 12 месяцев [5].

Проведенный анализ руководств (инструкций по эксплуатации) показывает многообразие подходов к организации технической эксплуатации грузоподъемных кранов как современного отечественного производства, так и зарубежного, и позволяет сделать выводы:

1. В рамках отсутствия единого планового подхода к выстраиванию системы эксплуатации отдельных классов спецтехники эксплуатирующие предприятия выстраивают собственную систему обслуживания, базируясь на современных методах диагностики и рекомендациях эксплуатационной документации.

2. Российские производители грузоподъемной техники предлагают эксплуатирующим организациям выстраивать систему эксплуатации по стандартам, в основу которых заложены традиционные методы и приемы системы планово-предупредительных ремонтов (ППР), что отражено в соответствующих инструкциях.

3. Иностранные производители спецтехники, в том числе из КНР, используют более гибкие подходы к эксплуатации, определяя общие сроки проведения эксплуатационных мероприятий и позволяя эксплуатирующим организациям самостоятельно определять вид технического обслуживания и ремонта в зависимости от степени износа техники.

Следует отметить, что в условиях отечественных предприятий наиболее рациональным решением будет комбинация двух указанных подходов с четкой конкретизацией видов технических обслуживаний и ремонтов, с одной стороны, и возможностью обоснованной корректировки периодичности проведения эксплуатационных мероприятий в зависимости от интенсивности износа машины – с другой.

Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» : утв. Приказом № 461 от 26.11.2020 г. Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: <http://mos.gosnadzor.ru/about/documents/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20%D0%A0%D0%A2%D0%9D%20%E2%84%96%20461%20%D0%BE%D1%82%2026.11.2020.pdf> (дата обращения 13.11.2023).
2. АО «Клинцовский автокрановый завод» : [офиц. сайт]. URL: <https://oaokaz.ru/> (дата обращения: 15.11.2023).
3. Официальное представительство Xuzhou Construction Machinery Group : [офиц. сайт]. URL: <https://xcmg-ru.ru/> (дата обращения: 15.11.2023).
4. ООО «ПТО МАШИН-СИСТЕМС» : [офиц. сайт]. URL: <https://ptoms.ru/> (дата обращения: 15.11.2023).
5. Официальное представительство STAHL Crane Systems : [офиц. сайт]. URL: <https://stahlcrane.ru/> (дата обращения: 15.11.2023).

IMPROVING THE PERFORMANCE OF ROTARY EXCAVATORS USING DIFFERENT BUCKET DESIGNS

O. A. Lukashuk,

docent,

Hamed Maalaoui,

PhD student, Tunisia

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg

Annotation. *Sticky soil or mud slows down the soil-digging process. It clogs rotary excavator buckets, making it difficult to dig. It sticks to the bucket body and wheels, which calls for an intensive cleaning job thereafter. This requires a lot of time, and a lot of time means a lot of wasted money in the cleaning and maintenance process. Dealing with sticky soil may not be as easy, but then it's not too difficult to handle if the process is backed up with the proper equipment and advanced designs of the tools that come into contact with the sticky soil first.*

Keywords: *soil sticking, bucket with ellipse form, volume, productivity.*

One of the biggest problems for excavator operators is sticky and clay soils that cling to the back or inside of the buckets every time you are digging with a rotary excavator. They gather on the edges of the attachments, preventing them from doing their tasks smoothly.

To avoid the soils sticking to different sides of the bucket and making the movement of the rotor heavy, one must delve more into the details of how to design the parts that directly affect the excavating process.

Practice in the operation of earth-moving machines shows that during the development of wet soils, freezing and sticking of the soil to the working bodies significantly reduces the productivity of the machines. At the same time, the decrease in productivity occurs due to a decrease in the useful capacity of the buckets due to incomplete unloading.

An increase in the resistance of the bucket to entering, and an increase in the machine downtime due to the need to clean the working bodies. In addition, energy losses increase due to the increase in friction forces, and the quality of work performed decreases. The friction force during digging and leveling is 30...70% of the total digging resistance, and productivity is reduced by 1.2...2 times or more [1].

The successful operation of digging is ensured by the release of products that must clearly meet specific needs, scope or purpose, meet consumer requirements. This method is very simple: the standard bucket is substituted with a bucket in the form of sphere or ellipse. It leads to avoiding the sticking of the soils to the corners and teeth of proposed bucket. Its basic principle is also very simple. While the standard bucket uses the teeth to dig and shovel the soils, the bucket of the ellipse form can avoid the dense fusion and adhesion of the soil by digging in radial directions [2].

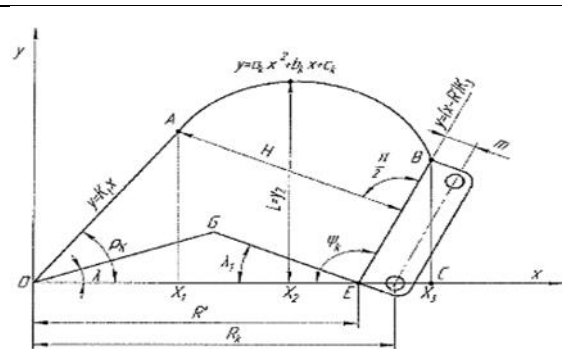
Standard buckets (Table 1), also known as general purpose buckets, are versatile. They are typically used for digging or loading materials such as topsoil or loam. They are typically the lightest of all bucket types due to the lack of any reinforcement in the bucket itself. Thus, standard buckets can usually lift large volumes of material because the mass of the bucket is small and the excavator does not waste additional energy [3].

Technology development is currently proceeding in two directions: the creation of large-scale units with high efficiency and the creation of compact mobile models.

Table 1

Estimated dimensions of buckets

Size, MM	Bucket capacity q, m^3				
	0,15	0,25	0,4	0,65	1,0
BK	700	800	900	1100	1400
RK	750	900	1080	1250	1370
m	50	80	120	180	230
R'	750	830	960	1070	1140
L	550	640	750	855	940
X ₁	270	314	341	341	300
X ₂	450	570	595	840	996



The most promising are rotary excavators with a round or ellipsoidal bucket, shown in Fig. 1. During forward movement, soil digging is carried out by part of the spherical segment of the bucket, forming the front cutting blade of the bucket. If the bucket movement occurs along a horizontal circle, then the digging of the soil is carried out by the spherical segment of the bucket, forming the side cutting blade of the bucket. In both cases, the lengths of the cutting blades of the buckets are approximately the same and the filling of the buckets will be approximately the same. If the feed movement is not circular or radial, but diagonal, then the length of the cutting blade will still be almost the same as in the above cases. Thus, the coefficient of filling the buckets with soil will be the same for any direction of feed, and with the appropriate choice of feed amount it will always be maximum.

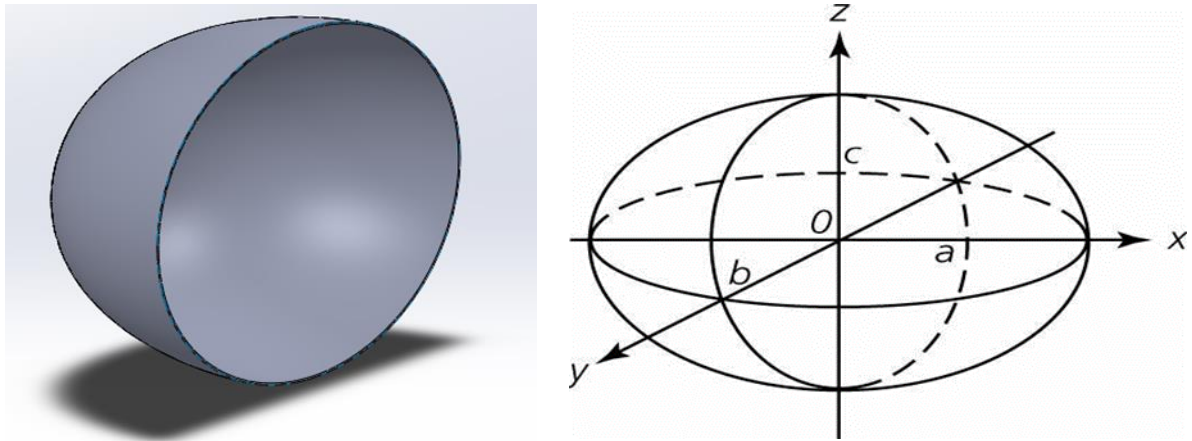


Fig. 1. Bucket which could with ellipsoid form

The ellipsoid has three pairwise perpendicular axes of symmetry (a , b , c), which intersect at the center of symmetry (the center of the ellipsoid). The segments limited on the symmetry axes by the ellipsoid are called the main axes of the ellipsoid [4]. It is easier to calculate the volume of an ellipsoid using generalized spherical coordinates [5].

$$x = a \cos \varphi \sin \theta, y = b \sin \varphi \sin \theta, z = c \cos \theta.$$

Since the absolute value of the Jacobian for transformation of Cartesian coordinates into generalized spherical coordinates is

$$|I| = abc \rho^2 \sin \theta,$$

hence,

$$dxdydz = abc\rho^2 \sin \theta d\rho d\varphi d\theta.$$

The volume of the ellipsoid is expressed through the triple integral:

$$V = \iiint_U dxdydz = \iiint_{U'} abc\rho^2 \sin \theta d\rho d\varphi d\theta.$$

By symmetry, we can find the volume of $\frac{1}{8}$ part of the ellipsoid lying in the first octant ($x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0$) and then multiply the result by 8. The generalized spherical coordinates will range within the limits:

$$0 \leq \rho \leq 1, \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}, \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}.$$

$0 \leq \rho \leq 1$ means that the sphere has radius 1. $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$ and $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ means that we have only one quarter of the half-sphere in the figure - the part limited by the planes xz and yz . In contrast, the conventions (ρ, φ, θ) or (r, φ, θ) give the naming order differently as: radial distance, «azimuthal angle», «polar angle» [5]. Then the volume of the ellipsoid is

$$\begin{aligned} V &= \iiint_{U'} abc\rho^2 \sin \theta d\rho d\varphi d\theta = 8abc \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi \int_0^1 \rho^2 d\rho \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \theta d\theta = 8abc \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi \int_0^1 \rho^2 d\rho \cdot \left[(-\cos \theta) \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} \right] \\ &= 8abc \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi \int_0^1 \rho^2 d\rho \cdot \left(-\cos \frac{\pi}{2} + \cos 0 \right) = 8abc \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi \int_0^1 \rho^2 d\rho = 8abc \int_0^1 d\varphi \cdot \left[\left(\frac{\rho^3}{3} \right) \Big|_0^1 \right] \\ &= \frac{8abc}{3} \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi = \frac{8abc}{3} \cdot \left[\varphi \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} \right] = \frac{8abc}{3} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{4}{3}\pi abc. \end{aligned}$$

Buckets of spherical or ellipsoidal shape have a smooth inner surface, without sharp corners where soil can stick, therefore the useful volume of the bucket will remain maximum (Fig. 2).

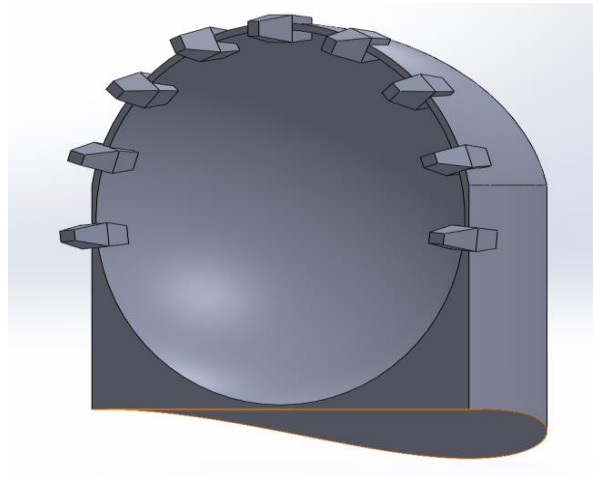


Fig. 2. Rotary bucket wheel with the new combination design

References

1. Long-term program for the development of the coal industry in Russia for the period up to 2030, approved by the Government of the Russian Federation on June 13. 2020. No. 1582-r. URL: <http://docs.cntd.ru/document/565123539> (accessed: 29.11.2023).
2. *Lukashuk O. A., Maalaoui H.* Study of the influence of the parameters of the developed working body on the performance of the rotary excavator // Current problems of modern science, technology and education, abstracts of reports of the 81st international scientific and technical conference. 2023. Vol. 1. P. 55.
3. *Shemyakin S. A., Leshchinsky A. V.* Calculation of earthmoving and transport machines: textbook. Khabarovsk : Pacific Publishing House. State University, 2014. 75 p.
4. The free encyclopedia Wikipedia. Ellipsoid. URL: [http:// en.wikipedia.org/wiki/Ellipsoid](http://en.wikipedia.org/wiki/Ellipsoid) (accessed: 29.11.2023).
5. Spherical coordinate system // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_coordinate_system#Integration_and_differentiation_in_spherical_coordinates (accessed: 29.11.2023).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ МЕТАЛЛОПРОКАТА

В. А. Иванов,

студент,

К. А. Садовой,

студент,

А. А. Захаров,

студент,

С. Г. Гнездилов,

доц., канд. техн. наук

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва

Рассмотрены образцы отечественных и зарубежных систем автоматизированного хранения металлопроката. Предложена собственная разрабатываемая система для совместной работы с ЧПУ станками лазерной резки металлопроката, обладающая рядом конструктивных особенностей.

Ключевые слова: автоматизация производства, хранение металлопроката, стеллажные системы, импортозамещение, классификация.

AUTOMATED METAL ROLLING STORAGE SYSTEMS

Samples of domestic and foreign systems of automated storage of rolled metal are considered. A proprietary system being developed for joint work with CNC laser cutting machines of rolled metal, which has a number of design features, is proposed.

Keywords: automation of production, storage of rolled metal, shelving systems, import substitution, classification.

Во всем мире в настоящее время приобретает особую актуальность автоматизация различных производственных процессов, в том числе и хранения. Как следствие, за последние 20 лет очень выросло количество предложений на рынке систем автоматизированного хранения, включая хранение металлопроката.

Средства хранения металлопроката играют важную роль в обеспечении эффективного и безопасного управления запасами ресурсов на различных производствах.

Автоматизированные системы хранения обеспечивают эффективное использование пространства; увеличение пропускной способности; точность инвентаризации благодаря средствам автоматической идентификации (штрих-коды, *RFID*-метки); минимизацию потерь и повреждений при хранении и перемещении проката за счет четкого контроля и оптимизации этих процессов; улучшение безопасности на предприятии в связи с возможностью удаленного управления, мониторинга и контроля безопасности в реальном времени; экономию рабочей силы в связи с сокращением ручного труда.

Системы хранения металлопроката могут быть классифицированы по ряду следующих признаков: по типу хранимого металлопроката – системы для длинномеров, для листового металла, для профильных элементов; по уровню автоматизации – полностью и частично автоматизированные системы; по виду транспортной системы – конвейерные, штабельно-крановые, а также системы, в основе которых роботы-манипуляторы; по наличию систем идентификации и учета; по гибкости и модульности – стандартные и модульные (с возможностью расширения) системы [1–3].

В рамках работы выполнен анализ известных решений автоматизированных стеллажей, в числе которых система складирования *KASTOecostore* (рис. 1), предназначенная для хранения листового металла размерами не более 1 524 на 3 048 мм. Высота такого стеллажа может достигать от 3 до 8 м. Для перемещения грузов используются паллеты грузоподъемностью до 3 т. Высота паллеты составляет от 50 до 950 мм.

Другое решение, *LogiTower* (рис. 2), предназначено для хранения листового и длинномерного проката. Погрузка и разгрузка стеллажа может производиться с двух сторон. Такая система позволяет хранить грузы массой до 8 000 кг и длиной до 12 м. Система может быть интегрирована со станками водоструйной, а также лазерной резки и другими устройствами.

В рамках учебного процесса на основе анализа известных решений автоматизированных стеллажей разрабатывается новое решение, обеспечивающее автоматизированное взаимодействие с ЧПУ станками лазерной резки, а именно для промежуточного хранения и подачи сырья на последующую обработку. Основу разрабатываемой системы составляют стеллаж, паллеты, подъемная платформа, кран-тельфер.



Рис. 1. Стеллажная система компании *Kasto*.



Рис. 2. Стеллажная система компании *LogiTower*.

Металлоконструкция стеллажа (рис. 3) включает портал, состоящий из четырех опорных стоек и полок-направляющих под паллеты. Сверху стойки связаны плоской рамой, к которой крепится кран-тельфер. На фасадных стойках портала размещены направляющие платформы, вертикальное перемещение которой обеспечивается цепным приводом. Грузоподъемность каждой паллеты – 3 т. Перемещение паллет с мест хранения на платформу также производится с использованием цепного привода: цепи перемещают установленные на направляющих пальцы, которые толкают паллеты, входя с ними в зацепление.

Рабочий процесс системы хранения включает три этапа: погрузка, промежуточное хранение и разгрузка. Во время погрузки подъемная платформа поднимается на требуемый уровень, вытягивает паллету на себя, после чего опускает

паллету вниз на заданный уровень. Затем с использованием крана прокат загружается в паллету, которая в обратном порядке возвращается на свое место хранения. В процессе разгрузки паллета извлекается из стеллажа и перемещается на требуемый уровень. Затем прокат краном извлекается из паллеты и транспортируется к месту последующей обработки.



Рис. 3. Стеллажная система

В работе рассмотрены ключевые аспекты автоматизированных систем хранения металлопроката, приведена классификация систем автоматизированного хранения. Рассмотрены известные перспективные решения автоматизированных стеллажей, а также сформулирована концепция разрабатываемой системы хранения.

ОБЗОР РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

Г. М. Леговец,

аспирант,

О. А. Лукашук,

доц., канд. техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Произведен обзор рабочего оборудования гидравлических экскаваторов. Изучены конструктивные особенности прямой и обратной лопаты. Рассмотрены сферы применения грейферов, рыхлителей, свайных копров и захватов. Оценена возможность работы гидравлического экскаватора с крановым оборудованием. Сделаны выводы о потенциале расширения сфер применения гидравлических экскаваторов посредством использования различного рабочего оборудования.

Ключевые слова: гидравлический экскаватор, рабочее оборудование, грейфер, рыхлитель, крановое оборудование.

OVERVIEW OF THE WORKING EQUIPMENT OF HYDRAULIC EXCAVATORS

An overview of the working equipment of hydraulic excavators has been made. The design features of the different types of shovels have been studied. Various types of working equipment are considered. The possibility of operation of a hydraulic excavator with crane equipment is evaluated. Conclusions have been drawn about the potential for expanding the scope of application of hydraulic excavators through the use of various working equipment.

Keywords: hydraulic excavator, working equipment, grapple, crane equipment.

Экскаватор — это машина, предназначенная для экскавации (разработки) грунта, его перемещения и последующей разгрузки в отвал или транспортное средство [1]. В свою очередь экскаватор, рабочие органы которого приводятся в

действие посредством гидравлики, называется гидравлическим экскаватором. Гидравлические экскаваторы являются одними из самых универсальных землеройных машин, выполняя широкий спектр работ в горнодобывающей, строительной, дорожной и других отраслях. Универсальность экскаваторов обеспечивается разнообразием применяемого на них рабочего оборудования. Рабочее оборудование – это совокупность устройств и механизмов, задействованных в непосредственном выполнении работ, для которых предназначена машина.

Задача данной работы – произвести обзор рабочего оборудования, применяемого на гидравлических экскаваторах, с целью выявления основных видов работ, в которых может быть задействована данная машина.

Будучи землеройной машиной, гидравлический экскаватор в первую очередь применяется для разработки грунта. В таком случае рабочий цикл экскаватора состоит из операции наполнения ковша (черпания), перемещения ковша к зоне разгрузки (транспортирования), разгрузки ковша и его перемещения в забой для повторения цикла [2].

Основное рабочее оборудование гидравлического экскаватора при выполнении разработки грунта – это прямая или обратная лопата, снабженная ковшом. У прямой лопаты ковш обращен режущей кромкой к забою. Разработка при этом ведется выше уровня стоянки экскаватора.

Соответственно, у обратной лопаты режущая кромка ковша направлена к экскаватору. В таком случае разработка ведется ниже уровня стоянки экскаватора. Как правило, именно эта схема применяется на гидравлических экскаваторах. Однако исследуется возможность применения универсальной схемы, совмещающей в себе прямую и обратную лопаты [3].

Применяя различные типы ковшей, гидравлические экскаваторы осуществляют разработку грунта в котлованах, в траншеях для укладки кабелей, трубопроводов и других коммуникаций, в выемках и каналах. Также гидравлические экскаваторы осуществляют отсыпку насыпей, планировочные и зачистные работы, вскрышные и погрузочно-разгрузочные работы.

При работе в стесненных условиях или при копании глубоких, но небольших по диаметру выемок целесообразно использование грейфера. На гидравлических экскаваторах грейфер устанавливается на рукояти вместо ковша, механизация челюстей грейфера реализуется гидроцилиндрами [4], что позволяет ему разрабатывать более тяжелые типы грунтов, в отличие от канатных экскаваторов, в которых усилия на зубьях зависят лишь от веса челюстей грейфера.

Рыхлитель используется при работе с твердыми типами грунта, а также для разрушения строительных конструкций и покрытий. Однозубый или многозубый рыхлитель устанавливается на рукояти экскаватора вместо ковша. Также возможны варианты установки экскавационно-рыхлительного оборудования [5], представляющего собой совокупность ковша и рыхлителя.

С той же целью вместо ковша на конце стрелы экскаватора можно установить гидромолот с аналогичным отбойному молотку принципом действия или барабанную фрезу. Барабанная фреза представляет собой цилиндр, оснащенный резцами и вращаемый гидравлическим двигателем. Она также может использоваться для решения задач выемки, измельчения и фильтрации грунта.

Гидравлический экскаватор может служить базовой машиной для установки свайного копра. Копер – машина, предназначенная для установки свай. Копер монтируется на гидравлический экскаватор вместо экскавационного оборудования. Также с целью последующего монтажа свай экскаваторы могут комплектоваться гидробуром или вибропогружателем свай.

Установка на гидравлический экскаватор различных захватов расширяет его возможности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ. С помощью захватов экскаватор может перемещать длинномерные или негабаритные грузы. Кроме того, гидравлический экскаватор может оснащаться гидроножницами [6] для разрезания и разрушения металлических или бетонных конструкций.

Также гидравлический экскаватор нередко выполняет работу крана [7], что обусловлено кинематикой его рабочего оборудования. Гидравлический экскаватор, оснащенный крановой подвеской, способен частично заменить подъемный

кран при погрузочно-разгрузочных работах. Причем, в отличие от автокрана, экскаватор имеет возможность перемещения с грузом.

Таким образом, в рамках данной статьи было рассмотрено основное рабочее оборудование гидравлических экскаваторов. Благодаря своей конструкции, гидравлический экскаватор является универсальной машиной, способной выполнять самые разнообразные задачи.

В первую очередь гидравлический экскаватор задействуется в выполнении земляных работ. Однако возможность замены рабочих органов, привода их механизмов от гидросистемы экскаватора позволяют использовать машину при выполнении и других видов работ. С соответствующим рабочим оборудованием гидравлический экскаватор может работать в рамках монтажа и демонтажа конструкций, погрузочно-разгрузочных работ, применяться в качестве манипулятора.

Использование гидравлического экскаватора в качестве базовой машины для установки на нем различного сменного рабочего оборудования позволит расширить области его применения, а также увеличить степень механизации и технологичности в данных областях.

Список литературы

1. Лукашук О. А., Комиссаров А. П., Летнев К. Ю. Машины для разработки грунтов. Проектирование и расчет : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. 128 с. ISBN 978-5-7996-2386-9. EDN URVFMV.
2. Подэрни Р. Ю. Механическое оборудование карьеров : учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2007. 606 с.
3. Комиссаров А. П., Маслеников О. А. Универсальное рабочее оборудование гидравлического экскаватора // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сб. трудов XX международ. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады, Екатеринбург, 07–08 апреля 2022 года. Екатеринбург : Урал. гос. горн. ун-т, 2022. С. 29–32. EDN YKCZWZ.
4. Авторское свидетельство № 638682 А1 СССР, МПК E02F 3/44. Грейфер гидравлического одноковшового экскаватора : № 1979584 : заявл. 25.12.1973 : опубл. 25.12.1978 / В. А. Бровин, В. И. Лиферов, П. А. Минаев, И. А. Фоменко. EDN XBCZCN.

5. Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Муравский А. К. Экскавационно-рыхлительный агрегат для безвзрывной разработки горных пород // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромыслового оборудования. 2018. Т. 1. С. 70–74. EDN YMXBZZ.

6. Галдин Н. С., Семенова И. А. Определение основных параметров гидравлических ножниц экскаваторов // Строительные и дорожные машины. 2021. № 6. С. 19–22. EDN GHXWW.

7. Семенов Д. А., Чичик И. А. Определение области эффективного применения гидравлического экскаватора с установленным сменным рабочим оборудованием для выполнения погрузочно-разгрузочных и грузоподъемных работ // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 13. С. 594–605. EDN AHFIWF.

АНАЛИЗ ТВЕРДОСТИ МАТЕРИАЛА ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА

В. В. Макарова^{1,2},

аспирант, старший преподаватель,

Ю. А. Лагунова^{1,2},

проф., д-р техн. наук,

А. Е. Калянов²,

доц., канд. техн. наук,

А. А. Жилинков^{1,2},

доц., канд. техн. наук

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург,

²Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Приведены результаты экспериментальных исследований ходового оборудования карьерного экскаватора ЭКГ-10 твердомером. Установлено соответствие экспериментальных данных, полученных с использованием портативного твердомера со справочными данными применяемого материала, из которого изготовлено ведущее колесо карьерного экскаватора. Определены основные места, подверженные износу и разрушению.

Ключевые слова: карьерный экскаватор, твердомер, ходовое оборудование, ведущее колесо, марка стали.

ANALYSIS OF THE MATERIAL HARDNESS OF THE UNDERCARRIAGE OF THE MINING EXCAVATOR

The results of experimental studies of undercarriage equipment of the EKG-10 mining excavator using a hardness tester are presented. The correspondence of the experimental data obtained using a portable hardness tester with the reference data of the material used from which the drive wheel of a mining excavator is made was established. The main places subject to wear and destruction have been identified.

Keywords: mining excavator, hardness tester, undercarriage equipment, drive wheels, support wheels, grade steel.

Тяжелые условия эксплуатации карьерных экскаваторов, при которых возникают значительные динамические нагрузки на ходовое оборудование, предъявляют особые требования к их проектированию [1]. Выбор материала – один из этапов проектирования. Каждый элемент экскаватора изготавливается из определенного материала, который должен обладать соответствующими свойствами. Одним из основных механических свойств материала является твердость. Твердость – свойство материала оказывать сопротивление при воздействии другого более твердого объекта. Измерение твердости – популярное исследование, оно необходимо, чтобы оценить качество материала, его прочность, износостойкость и особенности эксплуатации при различных условиях работы [2].

Испытания проводились на карьерном экскаваторе ЭКГ-10 (рис. 1). Объект испытания – ходовая тележка экскаватора.



Рис. 1. Карьерный экскаватор ЭКГ-10 № 333 ПАО «Ураласбест»

Одним из приборов, который можно использовать для регистрации и контроля деформаций и нагрузок, действующих на конструкцию ходового оборудования, является твердомер. Для экспериментальных исследований применялся твердомер модификации ТКМ-459С (рис. 2). Твердомер предназначен для оперативного измерения твердости металлов и металлических изделий в основных шкалах твердости – Бринелля (НВ), Роквелла (HRC), Виккерса (HV) динамическим методом [3].

Принцип действия твердомера основан на методе измерения ультразвукового контактного импеданса (UCI – ultra-sonic impedance). Основными составляющими твердомера являются датчик и электронный блок преобразования сигналов с датчика и обработки результатов измерений (рис. 2). На конце металлического стержня, входящего в состав датчика твердомера, закреплен алмазный наконечник. Стержень колеблется на собственной резонансной частоте. При создании нагрузки рукой пользователя алмазный наконечник внедряется в материал и изменяет резонансную частоту стержня. Изменение собственной резонансной частоты стержня пропорционально глубине внедрения наконечников в материал. Поскольку глубина внедрения наконечника в материал является показателем твердости, то существует зависимость между изменением резонанса и частот на стержне и твердостью материалов. Электронный блок твердомера осуществляет прием частотного сигнала с датчика прибора, преобразовывая его к единице твердости. Вывод результатов измерения осуществляется на дисплей. Прибор может моментально провести статистическую обработку данных, а также сохранить результат измерения твердости в память прибора, а специальное программное обеспечение Hardness позволяет вывести сохраненные блоки данных и сформировать отчет о проведении контроля твердости [3].



Рис. 2. Ультразвуковой твердомер ТКМ-459С

Обследование ходового оборудования ЭКГ-10 проводили в предполагаемых точках восприятия наибольших нагрузок. Для примера рассмотрим результаты проведения эксперимента на ведущем колесе правой гусеницы экскаватора. Места установки преобразователей показаны на рис. 3. Ведущее колесо ЭКГ-10 изготовлено из легированной хладостойкой стали для отливок 35ХМЛ. Такая сталь применяется для изготовления ответственных деталей, работающих под действием статических и динамических нагрузок и требующих повышенной твердости [4], в частности для изготовления деталей горнометаллургического оборудования. В табл. 1 приведены средние значения твердости по 15 проведенным замерам в каждой точке на ведущем колесе правой гусеницы по шкалам Роквелла HRC и Бринелля HB.

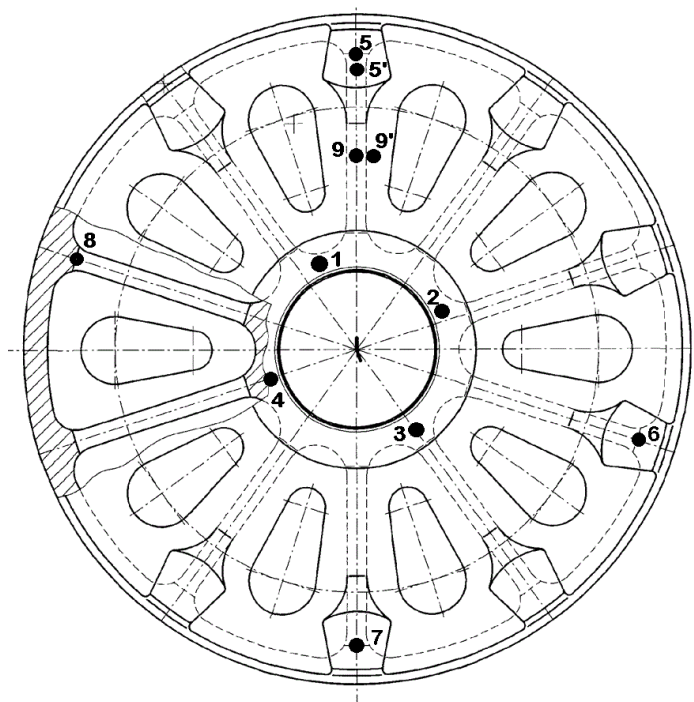


Рис. 3. Места установки преобразователей на ведущем колесе

Таблица 1

Результаты измерений твердости на ведущем колесе по шкале Роквелла С, HRC

Точка	1	2	3	4	5	5'	6	7	8	9	9'
Шкала											
По шкале Роквелла С, HRC	24,6	20,4	16,6	12,8	2,5	5,3	7,2	15,3	17,6	14,1	15,7
По шкале Бринелля HB, МПа	250	228	213	198	161	168	175	217	219	213	211

Справочная величина твердости стали 35ХМЛ по шкале Бринелля НВ $10^{-1} = 207 - 269$ МПа. По полученным результатам можно сделать вывод, что значения в точках 1, 2, 3, 7, 8, 9 и 9' в пределах допустимых значений твердости. А в точках 4, 5, 5' и 6 значения ниже справочных, что может говорить о снижении твердости вследствие износа ведущего колеса в данных зонах. В частности, точки 5, 5' и 6, расположенные на кулаках, соответствуют зонам концентрации напряжений, что приводит к значительному износу.

Выводы. В работе представлен метод измерения твердости элементов ходового оборудования с применением портативного твердомера модификации ТКМ-459С с последующей обработкой полученных данных. Точность такого метода оценивается как достаточная для проведения исследований элементов металлоконструкций карьерных экскаваторов. По полученным результатам исследования будет составлена оценка состояния ходового оборудования карьерного экскаватора для условий ПАО «Ураласбест».

Список литературы

1. Лагунова Ю. А., Макарова В. В., Набиуллин Р. Ш. Анализ методов диагностирования состояния металлоконструкций на примере экскаваторостроения // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 6 (164). С. 17–25. DOI 10.26730/1816-4528-2022-6-17-25.
2. Сфера технической экспертизы «Измерение твердости металла». URL: <https://stech.by/ispytaniya/laboratoriya-diagnostiki/izmerenie-tverdosti/> (дата обращения: 25.11.2023).
3. Твердомеры портативные ультразвуковые ТКМ-459 (модификации ТКМ-459С, ТКМ-459М). Руководство по эксплуатации ТКМ459СМ РЭ, 2017. 65 с.
4. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др. ; под общ. ред. В. Г. Сорокина. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

ПЛАНЕТАРНЫЙ ПРИВОД ПОЭТАЖНОГО ЭСКАЛАТОРА

Н. В. Мамай,

студент,

Г. Г. Кожушко,

проф., д-р техн. наук

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Предложена конструкция привода поэтажного эскалатора, которая в одном редукторе объединяет зубчатые передачи для привода главного вала и вала привода поручней, основанная на применении электродвигателя серии 4А, планетарных передач и скомпонованной компактно.

Ключевые слова: эскалатор, привод, планетарная передача.

PLANETARY ESCALATOR DRIVE

The design of an escalator drive is proposed, which in one reducer combines gears for driving both the main shaft and the handrail shaft, based on the use of a 4A series electric motor, planetary gearsets and compactly assembled.

Keywords: escalator, drivetrain, planetary gear.

Типовая конструкция привода поэтажного эскалатора предполагает мотор-редуктор, через цепную передачу вращающий главный вал (звездочки тяговых цепей лестничного полотна), от которого вращение через еще одну цепную передачу передается на вал привода поручней. Цепные передачи открытые, и для них необходима дополнительная система смазки.

Одним из возможных направлений улучшения конструкции является применение закрытого корпуса, который объединяет передачи от двигателя к выходным валам и образует для них масляную ванну.

Такое решение было предпринято финской компанией KONE в эскалато-

рах серии Eсо3000 в виде планетарного редуктора TransVario (рис. 1) [1]. Зубчатые передачи в данном случае обеспечивают и больший КПД (до 96 %). Стоит отметить, что в этом приводе используется специальный электродвигатель.



Рис. 1. Редуктор KONE TransVario

По аналогии с редуктором KONE TransVario предлагается вариант приводной установки поэтажного эскалатора, основанный на отечественном электродвигателе 4А, планетарных передачах М. С. Кауфмана [2] и с особой компоновкой. Кинематическая схема предлагаемого привода показана на рис. 2.

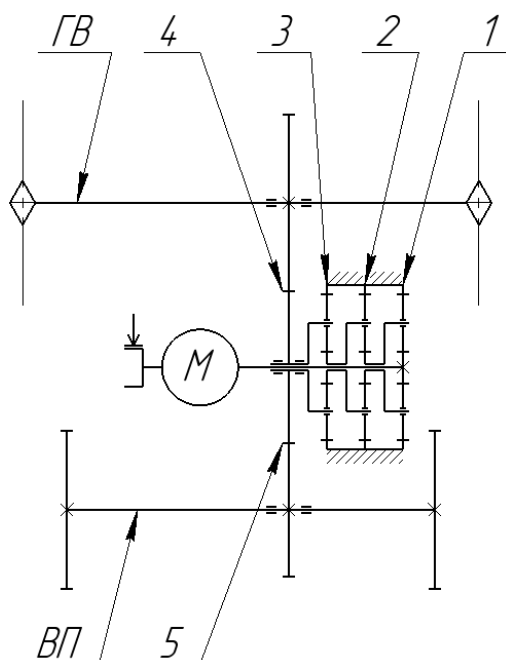


Рис. 2. Кинематическая схема привода:

1, 2, 3 – планетарные секции (1-я, 2-я, 3-я соответственно), 4 – передача «центральная шестерня – главный вал»; 5 – передача «центральная шестерня – вал привода поручней»;

ГВ – главный вал; ВП – вал привода поручней

Исследуемый эскалатор – поэтажный с высотой подъема 6 м и углом наклона 30° ; скорость лестничного полотна 0,5 м/с, шириной ступени 1 000 мм. Исходя из тягового расчета лестничного полотна и поручневого устройства и анализа конструкций других эскалаторов, была определена требуемая мощность и выбран двигатель 4A160S2 мощностью 15 кВт и номинальной частотой вращения 2950 об/мин.

Для выдерживания расчетных передаточных отношений между двигателем, главным валом и валом привода поручней были выбраны три планетарные секции, каждая с $u = 5,8$, и зубчатые передачи наружного зацепления $u_4 = 1,11$ и $u_5 = 0,944$.

Рассматривался вариант с двумя планетарными секциями (каждая с $u = 9,0$), однако в таком случае в передачах 4 и 5 (рис. 2) потребовалось бы обеспечить $u \approx 2,8$, что привело бы к увеличению габаритов силового редуктора, и он стал бы задевать за нижние кромки ступеней.

Приводная установка показана в общем виде на рис. 3 и в разрезе на рис. 4.

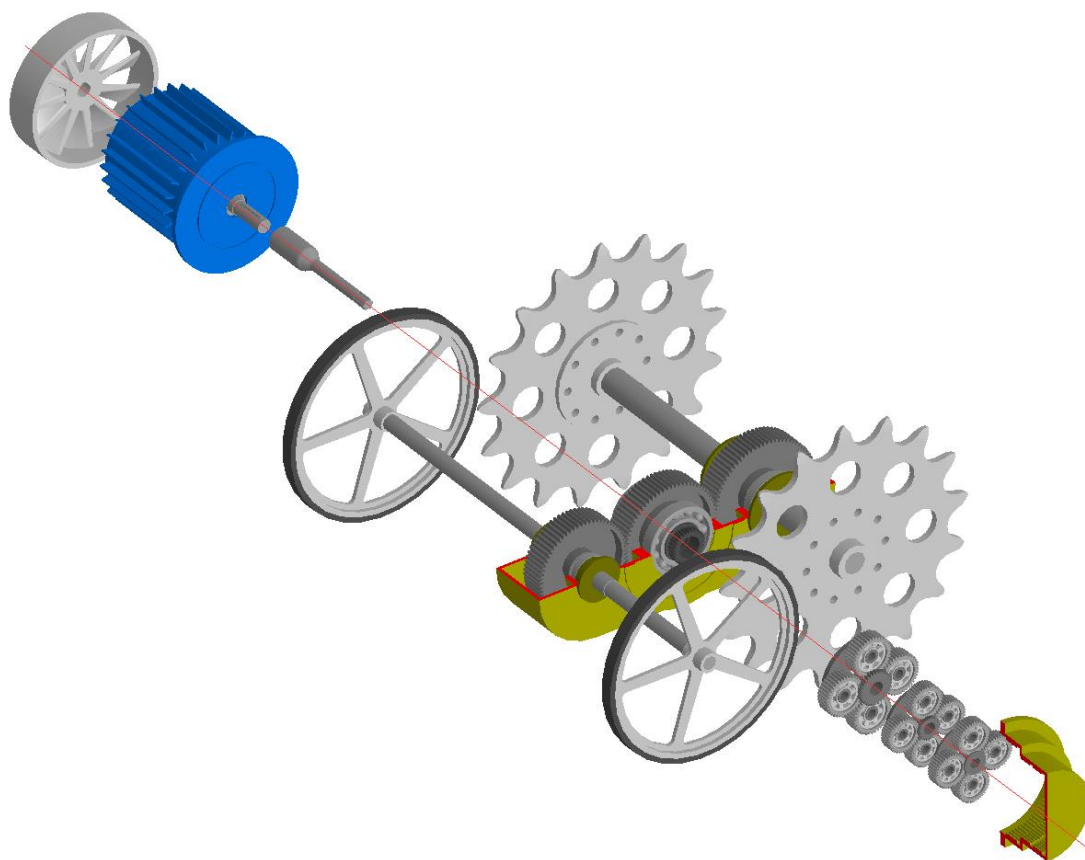
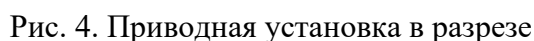


Рис. 3. «Разнесенный» вид приводной установки

- электродвигатель выполнен встроенным в специальный корпус, а его выработка обдува объединена с тормозным шкивом;
- использованы планетарные секционные передачи М. С. Кауфмана, в которых равномерное распределение нагрузки между сателлитами обеспечивается малым водилом за счет его малой толщины и консольного крепления сателлитов к водилу по радиальным осям [3], вследствие чего эти передачи имеют малые осевые габариты;
- центральная шестерня установлена на полой валу, внутри которого проходит первичный вал.



Первая планетарная секция (габарита № 4) выбрана исходя из компоновки (для первичного вала диаметром 32 мм). Вторая ступень в целях унификации с 1-й ступенью выполнена также габарита № 4.

Третья ступень (габарита № 5) выбрана исходя из расчета пары шестерня – сателлит на усталостную контактную прочность. Для шестерни принята сталь 45 или 40Х с поверхностной закалкой до 52 HRC и учтен режим работы «средний нормальный» (коэффициент $\mu = 0,18$); допускаемые контактные напряжения 1 650 МПа; расчетные контактные напряжения 1 600 МПа (недогрузка на 3,3 %).

Зубчатая передача главного вала рассчитана исходя из допускаемых контактных напряжений в 800 МПа. Зубчатая передача вала привода поручней выполнена с большим запасом прочности лишь для согласования передаточного числа.

Дальнейшим направлением развития предлагаемой конструкции привода может быть снижение разнообразия планетарных передач через выполнение быстроходных секций того же типоразмера, что и тихоходная. Это повысит ремонтпригодность привода, так как позволит лишь сменить износившуюся секцию простой перестановкой ее на место менее нагруженной без изготовления новых деталей.

Список литературы

1. *Кожушко Г. Г.* Эскалаторы. Пассажирские конвейеры : учеб. пособие. Екатеринбург : Издательство АМБ, 2016. 142 с.
2. *Кауфман М. С.* РТМ 24.179.03–72. НИПИГОРМАШ, 1972.
3. Авторское свидетельство 200381 СССР, МПК F 06h. Планетарная передача : № 1014441/25-28 : заявл. 18.06.1965 : опубл. 29.07.1967 / М. С. Кауфман. 2 с. Бюл. № 16.

РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН НА УСТАЛОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТЕЙШИХ СРЕДСТВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Д. А. Огорелков,

аспирант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

В работе приводится описание программы для итерационного решения задачи прогнозирования долговечности металлических конструкций. Программа производит проектный расчет для нестационарного квазислучайного асимметричного спектра напряжений при разных показателях циклической деградации материала. Пользователь может подобрать параметры закона нормального распределения при рандомизации, чтобы получить спектр предполагаемых напряжений, согласованный по составу с характером эксплуатации изделия. Программа может быть использована для численного расчета на усталость элемента металлоконструкции для нестационарного квазислучайного асимметричного спектра напряжений.

Ключевые слова: расчет, долговечность, модель циклической деградации, программа, итерационные вычисления.

CALCULATION OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL MACHINES FOR FATIGUE USING SIMPLE PROGRAMMING TOOLS

The paper describes a program for the iterative solution to the problem of predicting the durability of metal structures. The program performs design calculations for a non-stationary quasi-random asymmetric stress spectrum for different indicators of cyclic degradation of the material. A user can select the parameters of the normal distribution law during randomization in order to obtain a spectrum of expected stresses, consistent in composition with the nature of the product's operation. The program can be used for numerical calculation of fatigue of a metal structure element for a non-stationary quasi-random asymmetric stress spectrum.

Keywords: calculation, durability, cyclic degradation model, program, iterative calculations.

Одной из актуальных проблем развития наземных транспортно-технологических средств и комплексов, испытывающих многоцикловую эксплуатацию, является усталостное разрушение их металлоконструкций. На данный момент существует несколько общепринятых методик расчета усталостной долговечности [1–3], которые были реализованы в виде программных продуктов, например в качестве вспомогательных инструментов инженерного анализа *Fatigue Tool* в *Ansys Mechanical* [4] или отдельных авторских программ. Основное ограничение данных программных средств кроется в ограниченности спектра напряжений, которые могут быть заданы, из-за неудобства ввода и функционального ограничения. Несмотря на наличие огромного перечня исходных данных, существуют различные способы оптимизации их обработки, например написание макросов к существующей программе, если это предусмотрено разработчиком, или принятие среднего значения по одной из выше упомянутых методик. Однако принятие среднего значения дает определенную неточность в расчетах усталостной долговечности [5], поэтому в работах [6–8] была предложена доработанная методика расчета усталостной долговечности по модели циклической деградации материала, которая позволяет учитывать поцикловое изменение напряжений цикла и асимметрию. Поскольку выведенные уравнения имеют нелинейную природу, то это исключает перегруппировку циклов, допускающуюся в гипотезе линейного суммирования, на которой базируются многие другие методики.

Методика была реализована [9] в среде программирования *Python*. Программа предназначена для альтернативного численного расчета на усталость элемента металлоконструкции при разных показателях циклической деградации материала и случайном асимметричном нагружении, что является актуальной задачей в области технических наук при расчете ресурса машин и другого технологического оборудования. Функциональные возможности программы позволяют продемонстрировать численную погрешность методики, считающейся более консервативной, относительно предлагаемого метода. Программа производит проектный расчет для нестационарного квазислучайного асимметричного спектра напряжений и результаты могут быть выведены в виде графика изменения

предела прочности в зависимости от количества отработанных циклов при разных показателях циклической деградации материала. Пользователь может подбирать параметры закона нормального распределения при рандомизации, чтобы получить спектр предполагаемых напряжений, согласованный по составу с характером эксплуатации изделия.

Список литературы

1. *Соколов С. А.* Металлические конструкции подъемно-транспортных машин : учеб. пособие. СПб. : Политехника, 2005. 423 с.
2. *Гоц А. Н.* Расчеты на прочность при переменных напряжениях : монография. Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. 138 с.
3. *Коллинз Дж.* Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение / пер. с англ. М. : Мир, 1984. 624 с.
4. *Берендее Н. Н.* Методы решения задач усталости в пакете ANSYS WORKBENCH ®: учеб.-метод. пособие. Нижний Новгород : Нижегород. госуниверситет, 2012. 64 с.
5. *Kuang-Hua Chang.* Chapter 9 – Fatigue and Fracture Analysis, Computer-Aided Engineering Design. 2015. P. 463–521. DOI 10.1016/B978-0-12-382038-9.00009-0.
6. *Емельянов И. Г., Миронов В. И.* Долговечность оболочечных конструкций. Екатеринбург : РИО УрО РАН, 2012. 217 с.
7. *Ogorelkov D. A., Lukashuk O. A.* Forecasting the life of a structure relative to the operating mode // Journal of Physics: Conference Series. 2021. 2094, 042061. DOI 10.1088/1742-6596/2094/4/042061.
8. *Emel'yanov I. G., Ogorelkov D. A.* Fatigue of a cylindrical shell lying on a rigid bed // Procedia Structural Integrity. 2023. № 50. P. 57–64. DOI 10.1016/j.prostr.2023.10.022.
9. *Миронов В. И., Огорелков Д. А.* Программа расчета долговечности элемента сварной металлоконструкции с учетом циклической деградации материала при квазислучайном асимметричном нагружении : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021610586, 15 января 2021 г.

К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

В. В. Швецов,

студент,

О. А. Лукашук,

доц., канд. техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Лестничные площадки и марши, в особенности при перемещении грузов, являются местами повышенной опасности. Транспортировку тяжестей необходимо выполнять при соблюдении норм, предусмотренных в технических условиях подъемно-транспортного оборудования или установленных действующим законодательством. В статье рассмотрены особенности технологического процесса и безопасной эксплуатации грузовых тележек на лестничных площадках.

Ключевые слова: лестничный подъемник, гусеничный подъемник, грузовая тележка, эксплуатация, обслуживание лифтов.

ON THE ISSUE OF EXPLOITATION OF A CARGO TROLLEY IN LIMITED SPACE CONDITIONS

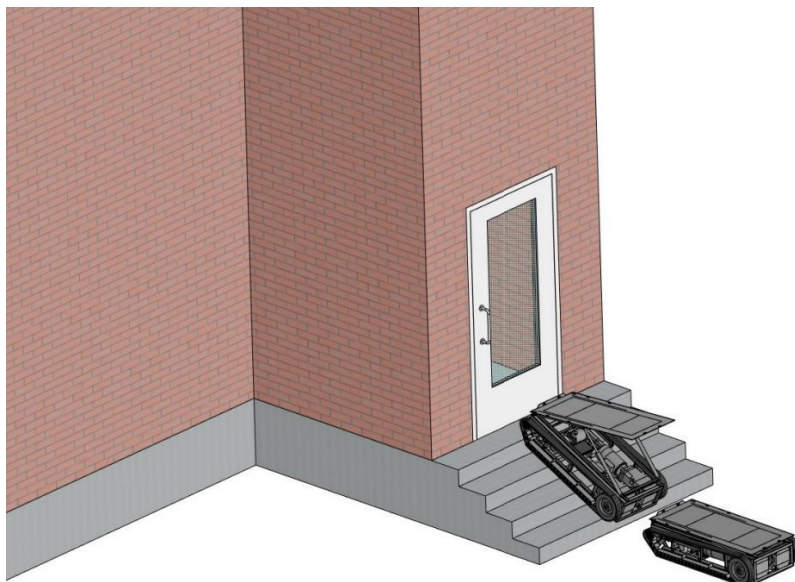
Staircases and flights, especially when moving goods, are places of increased danger. Transportation of heavy loads must be carried out in compliance with the standards provided for in the technical specifications of lifting and transport equipment or established by current legislation. The article discusses the features of the technological process and the safe operation of cargo trolleys on landings.

Keywords: stairs climber, caterpillar climber, exploitation, cargo trolley, elevator maintenance.

Выполнение погрузочно-разгрузочных работ может осуществляться как механизированным способом при помощи подъемно-транспортного оборудования, так и ручным. От выбора способа зависят конкретные требования, предъявляемые с целью исключить опасные факторы и уменьшить риски получения травм. Помимо этого, безопасность производства данных работ обеспечивается подготовкой и организацией мест, применением средств защиты и эксплуатацией производственного оборудования в соответствии с технической и эксплуатационной документацией [1].

В эксплуатационной документации содержатся основные характеристики изделия и порядок работы с ним, описаны способы и методы использования подъемно-транспортного оборудования [2]. Требования безопасности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ могут несколько отличаться в зависимости от условий эксплуатации.

При транспортировке рабочей оснастки на платформе гусеничной грузовой тележки [3] возникают сложности при маневрировании в условиях ограниченного пространства на лестничных маршах и площадках (рис. 1).



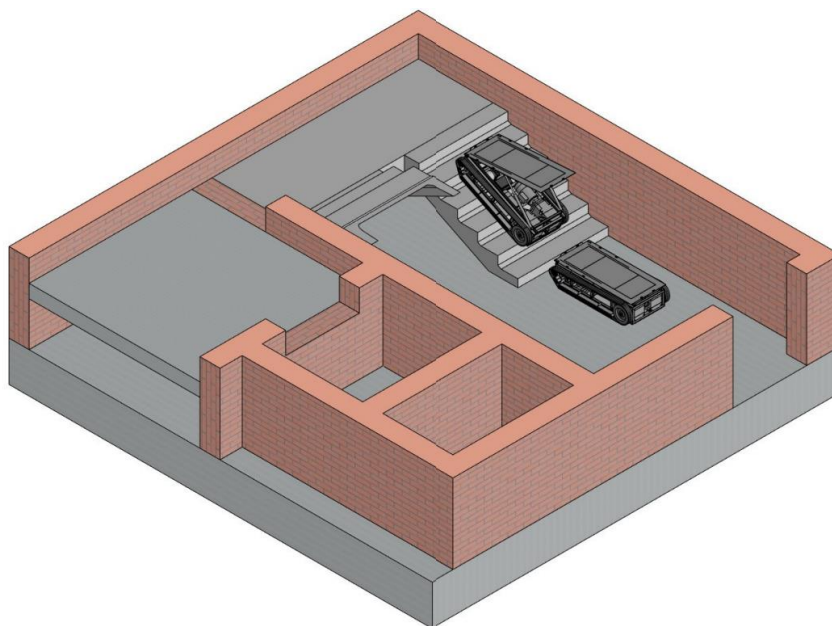


Рис. 1. Демонстрация работы гусеничной грузовой тележки, размещенной на лестничной площадке жилого здания

Само понятие маневрирования в ограниченном пространстве можно охарактеризовать как процесс подъема или спуска грузовой тележки по лестничному маршу, а также поворот и разворот на лестничной площадке.

Для того чтобы обеспечить безопасность обслуживающего персонала и сохранность перевозимого груза, необходимо учитывать конструктивные особенности самого оборудования и эксплуатационные ограничения.

Эксплуатационные ограничения определяются назначением изделия и его техническими характеристиками.

При эксплуатации необходимо учитывать габариты тележки, боковые интервалы и размеры лестничной клетки в соответствии со схемой (рис. 2). При маневрировании в ограниченном лестничном пространстве не допускается нахождения в зоне маневрирования оборудования посторонних объектов и людей.

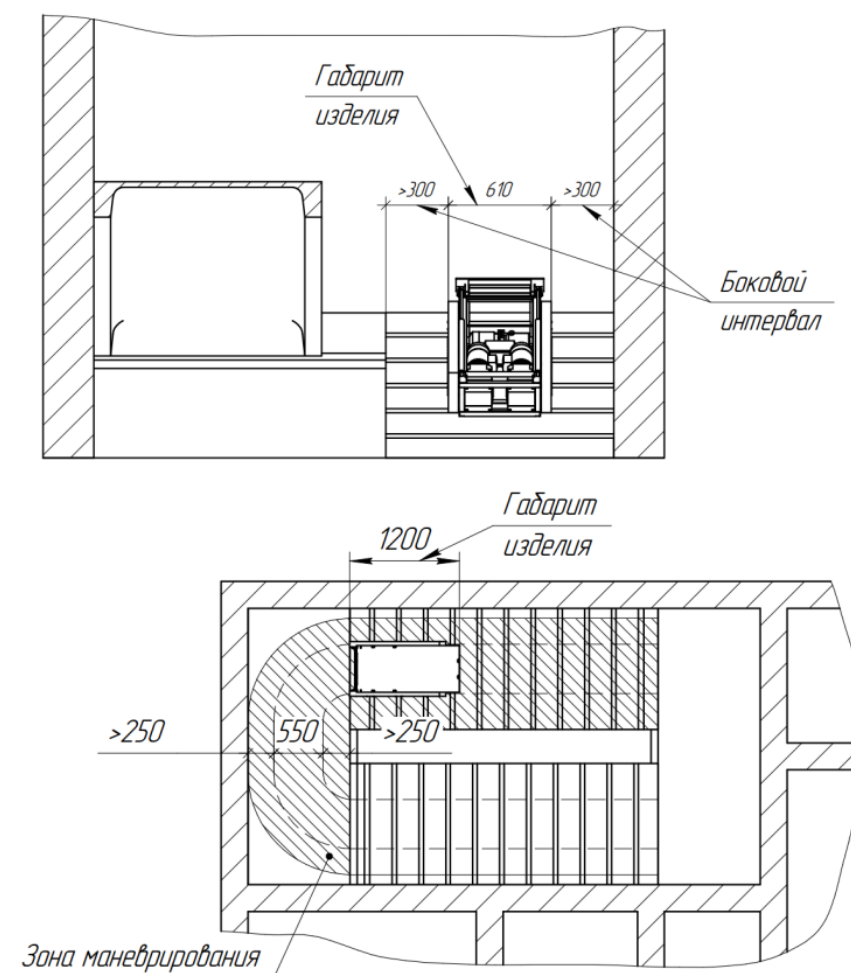


Рис. 2. Схема размещения гусеничной грузовой тележки

Следить за исправностью электрических компонентов, двигателей и систем управления должен персонал, изучивший состав и принцип работы грузовой тележки. Действия при аварийной ситуации или при проведении регламентных работ устанавливаются эксплуатационной документацией.

Гусеничная грузовая тележка является оборудованием, имеющим сложную конструкцию и требующим специальных условий обслуживания эксплуатации и ремонта [4]. Разработанное руководство по эксплуатации тележки содержит информацию о конструктивных особенностях, составных частях, способах эксплуатации, а также требования безопасности при использовании изделия.

Список литературы

1. ГОСТ 12.3.009-76. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасно-

сти : межгосударственный стандарт : утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 23 марта 1976 г. № 670. дата введ. 1977-01-07. Москва : Стандартиформ, 2008. 6 с.

2. *Глаголев В. А.* Разработка технической документации : руководство для технических писателей и локализаторов ПР. СПб. : Питер, 2008. 192 с.

3. *Швецов В. В., Лукашук О. А.* Разработка конструкции грузовой тележки для подъема лифтового оборудования и монтажных принадлежностей // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : IV Всерос. науч.-практ. конф. 16 дек. 2022 г. Екатеринбург, 2023. 253 с.

4. RukovodstvoRus.ru // Инструкции пользования и руководства : [сайт]. URL: <https://rukovodstvorus.ru/rukovodstvo-po-ekspluataczii-oborudovaniya-tehnicheskoe-obsluzhivanie/?ysclid=lprc7wf2gp864680912> (дата обращения: 03.12.2023).

РАЗРАБОТКА МУСОРОСОРТИРОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Г. Д. Соколов,

студент,

Е. С. Ашуркова,

студент,

О. А. Лукашук,

доц., канд. техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Разработано техническое предложение по созданию проекта мусоросортировочного комплекса с детальной проработкой подъемно-транспортных механизмов. Основная особенность состоит в том, что в комплексе используются различные типы конвейеров, с последующей возможностью автоматизации технологического процесса переработки мусора.

Ключевые слова: ленточный конвейер, подъемно-транспортные машины, мусоросортировочный комплекс, пресс.

DEVELOPMENT OF A WASTE SORTING COMPLEX

A technical proposal has been developed for the development of a waste sorting complex project with a detailed study of lifting and transport mechanisms. The main feature is that the complex uses various types of conveyors, with the subsequent possibility of automating the technological process of garbage processing.

Keywords: belt conveyor, lifting and transport machines, waste sorting complex, press.

Одной из актуальных проблем современного общества является утилизация и переработка отходов. Обращение с отходами – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов [1, 2]. Ежегодно в Российской Федерации утилизируется около 70 млн тонн отходов, из них более 90 % утилизируют на полигонах [3].

Мусоросортировочный комплекс, устанавливаемый на полигоне, является

эффективным решением данной проблемы. В рамках данной статьи предлагается разработка мусоросортировочного комплекса на основе использования подъемно-транспортных машин, что позволит оптимизировать процесс сортировки и перемещения отходов и повысить эффективность работы комплекса.

Выбор места расположения объектов обработки, обезвреживания, утилизации, размещения твердых коммунальных отходов должен осуществляться с учетом схемы потоков твердых коммунальных отходов в соответствии с территориальной схемой обращения с отходами в целях обеспечения максимальной экономической эффективности их функционирования.

При разработке проекта комплекса предлагается конструктивная разработка: ленточных конвейеров для перемещения и сортировки мусора; барабанного грохота для сортировки мелкой фракции; системы прессования и последующего брикетирования вторичного сырья (стекла, пластика и бумаги) для последующего использования; узла измельчения (дробилка).

Этапы разработки проекта:

1. Определение основных требований к мусоросортировочному комплексу, таких как производительность, виды перерабатываемых отходов, требования к сортировке и перемещению отходов.

2. Выбор подъемно-транспортного оборудования, исходя из требований к комплексу и особенностей перерабатываемых отходов.

3. Проектирование и разработка план-схемы (рис. 1) управления подъемно-транспортными машинами, в которой будет обеспечено оптимальное взаимодействие между машинами сортировки и перемещения отходов.

4. Конструктивная проработка узлов и механизмов подъемно-транспортных машин.

5. Техническое и экономическое обоснование проекта разработки мусоросортировочного комплекса.

В современном мире проблема утилизации и переработки отходов является одним из ключевых экологических вопросов. Мусоросортировочные комплексы

являются одним из инструментов для решения этой проблемы, обеспечивая разделение отходов на различные фракции и тем самым повышая эффективность их утилизации и предоставляя возможность вторичного использования. Однако при этом возникает вопрос о том, насколько эффективно функционируют такие комплексы и как они влияют на загрязнение окружающей среды.

Эффективность работы мусоросортировочного комплекса оценивается по нескольким параметрам:

- уровень сортировки отходов – это доля отходов, которые были отсортированы на различные фракции. Чем выше этот показатель, тем больше отходов будет отправлено на переработку, а не на захоронение;

- степень переработки – это отношение массы переработанных отходов к общей массе отсортированных отходов. Этот показатель также указывает на эффективность работы комплекса и его способность утилизировать отходы;

- энергоэффективность – это показатель, характеризующий количество энергии, затраченной на обработку отходов, по сравнению с количеством полученной энергии от переработки. Чем ниже этот показатель, тем более энергоэффективным является комплекс.

Сортировка начинается с того, что привезенный мусор поступает в загрузочный бункер 1, мусор, проходит этап очистки от грязи и другой мелкой фракции, при помощи барабанного грохота 3 для последующей транспортировки в сортировочный участок 9 используются ленточные конвейеры 2. Мусор, который не подлежит перерабатыванию, идет дальше по конвейеру и складывается для дальнейшего сжигания или захоронения. Далее идет сортировка по видовому признаку в бункеры 4, из них мусор поступает через промежуточные конвейеры 5 в устройства для переработки 6, 7, 8. На последнем этапе происходит складирование переработанных материалов для последующей транспортировки перед вывозом на захоронение или на вторичное использование.

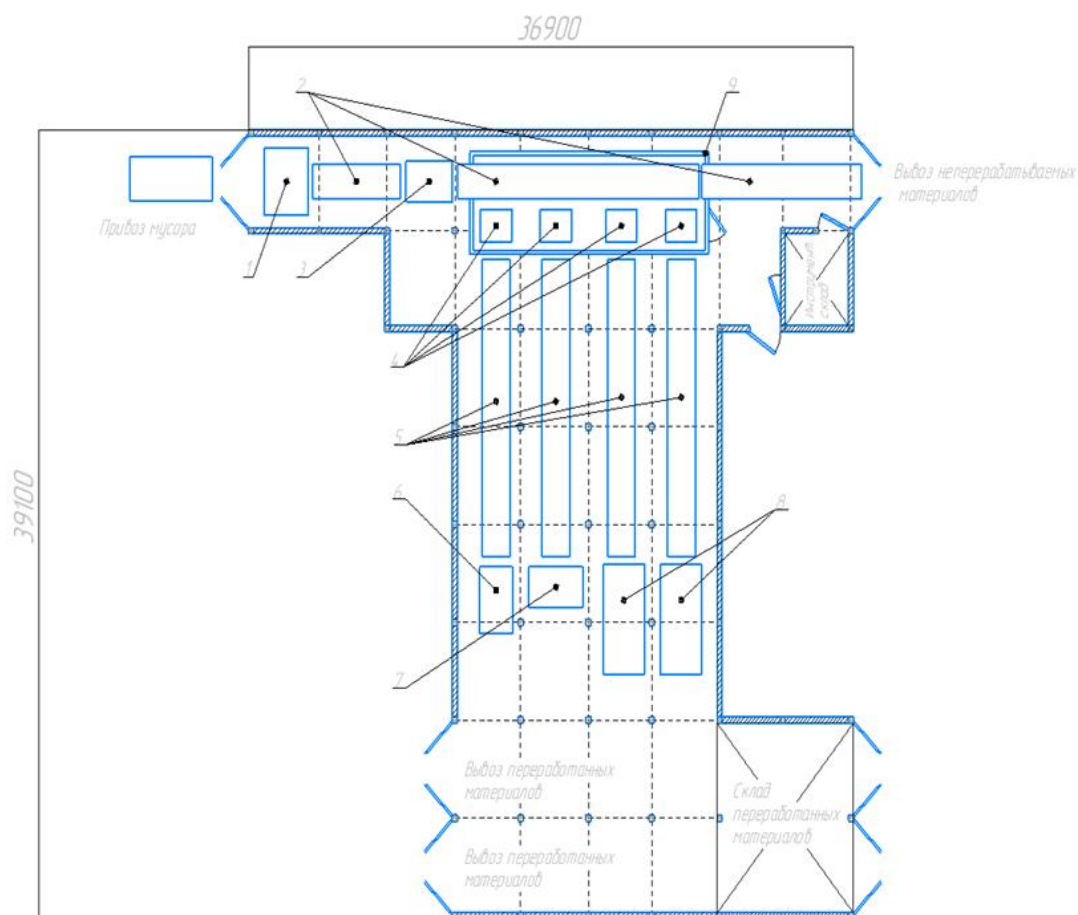


Рис. 1. План-схема мусоросортировочного комплекса: 1 – загрузочный бункер; 2 – ленточные конвейеры; 3 – барабанный грохот; 4 – сортировочные бункеры; 5 – промежуточные конвейеры; 6 – измельчитель стекла; 7 – дробилка; 8 – пресс; 9 – сортировочный участок

Вопрос о необходимости переработки отходов производства и потребления стоит остро как с точки зрения заботы об окружающей среде – в целях уменьшения выбросов парниковых газов, экономии использования природных ресурсов, очищения загрязнений среды, так и в свете экономической выгоды от ресурсосбережения – этот вид деятельности может обеспечить значительный доход, который может быть использован для создания новейших производственных мощностей и поддержки новых производственных процессов.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2014 № 458-ФЗ «Об отходах производства и потребления» // Собрание законодательства Российской Федерации. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/ (дата обращения: 13.11.2023).

2. О единых требованиях к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов : Постановление от 12 октября 2020 года № 1657 // Правительство Российской Федерации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010160038> (дата обращения: 13.11.2023).

3. *Бронская Ю. К., Парменков К. Н.* Экономически-обоснованные пути решения актуальных проблем утилизации мусора в Российской Федерации // Экономика строительства. 2023. № 1. С. 61–71.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА ИЗ БУНКЕРНЫХ ЕМКОСТЕЙ

В. С. Великанов,

доц., д-р техн. наук,

В. А. Курнеев,

магистрант,

А. Д. Лукашук,

магистрант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Эффективная переработка полезных ископаемых определяется правильностью стратегии выбора техники и технологии при производстве работ. В современных условиях, когда необходимо наращивание производственной мощности действующих горно-обогатительных комбинатов, повышение производительности производства не может рассматриваться в отрыве от возможностей конкретного технологического оборудования. При решении вопросов повышения эффективности горно-обогатительного оборудования требуется особо уделять внимание оптимизации его взаимодействия в единой технологической схеме. Общеизвестно, что на горно-перерабатывающих предприятиях бункерные емкости предназначены для приема горной породы, дозировки и равномерной подачи сыпучих и кусковых материалов из бункера в технологические машины. Параметры бункера должны определяться с учетом характеристик используемого материала.

Ключевые слова: материал, бункер, траектория, схема.

DETERMINATION OF RATIONAL TRAJECTORY OF MATERIAL MOVEMENT FROM BUNKER CONTAINERS

Effective processing of minerals is determined by the correct strategy for choosing equipment and technology in the production of work. In modern conditions, when it is necessary to increase the production capacity of existing mining and processing plants, increasing production productivity cannot be considered in isolation from the capabilities of specific technological equipment. When

addressing issues of increasing the efficiency of mining equipment, it is necessary to pay special attention to optimizing its interaction in a single technological scheme. It is well known that at mining and processing enterprises, bunker tanks are designed to receive rock, dosage and uniformly supply bulk and lump materials from the bunker to technological machines. The parameters of the hopper must be determined taking into account the characteristics of the material used.

Keywords: *material, bunker, trajectory, diagram.*

Важным элементом технологического оборудования горно-обогачительных комбинатов и перегрузочных систем являются устройства в виде бункеров, которым свойственно выполнять ряд функции в общей цепи переработки минерального сырья, а именно усреднение входящего грузопотока материала, сглаживание неравномерности потока по времени и величине, обеспечение равномерности загрузки забункерных транспортных технологических средств, аккумулярование материала во время перерывов в работе и др. Эффективность выполнения указанных функций определяется вместимостью бункера, статическими характеристиками входящего материала и производительностью бункерного оборудования.

К основным геометрическим параметрам бункеров относятся:

- размеры сечений прямоугольных бункеров $L \times B$, где L и B – длина и ширина сечения, м;
- диаметры сечений круглых бункеров D , м;
- размер выпускного отверстия $l \times b$ для прямоугольных и диаметр d для круглых бункеров;
- высота бункера H , м;
- угол наклона стенок в вертикальной плоскости α , град.;
- толщина стенки S , мм.

Для бункеров, форма которых отличается от перечисленных трех, могут быть и другие геометрические размеры.

В технической литературе наиболее полно детально описаны закономерности движения сыпучих материалов для условий подземных горных работ. Рекомендованы критерии оценки процесса: критерий сыпучести, коэффициент

проходимости. В частности, размеры предельного сводообразующего отверстия, при котором протекает устойчивый гравитационный выпуск крупнокусковой горной массы, характеризуются величиной коэффициента проходимости от 4,0 до 5,5.

На рис. 1 приведены расчетные схемы по определению скоростных качеств приемных стенок бункерных емкостей. Наиболее скоростной формой поверхности приемной стенки из рассмотренных является параболическая. Это объясняется тем, что параболическая поверхность близка по профилю к циклоидальной поверхности, которая обладает особым свойством, присущим брахистохроне (табл.) [1].

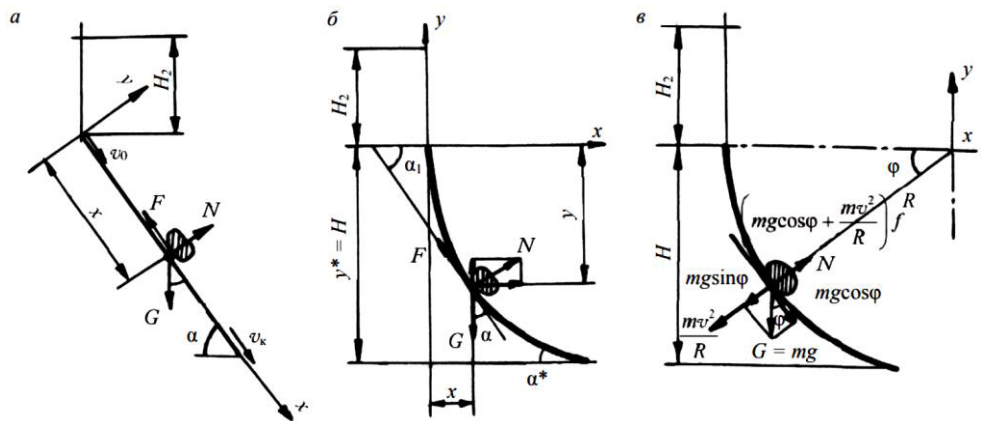


Рис 1. Расчетные схемы при разной форме поверхности [1]

Таблица

Зависимости, описывающие спуск (движение) по брахистохроне

Характеристика	Зависимость
Длина брахистохроны в пределах одной арки циклоиды	$S = \left -4r \cos \frac{\varphi}{2} \right _{\varphi_1}^{\varphi_2}$
Время спуска по брахистохроне	$T = \left \sqrt{\frac{r}{g}} \varphi \right _{\varphi_1}^{\varphi_2}$
Текущее значение скорости спуска	$v_{\text{брах}} = 2 \sin \frac{\varphi}{2} \sqrt{gr}$
Ускорение, вызывающее движение тела в гравитационном спуске по брахистохроне	$a_{\text{брах}} = g \cos \frac{\varphi}{2}$

Далее в зависимости от условий каждой конкретной расчетной задачи выполняются следующие алгоритмы: находится точка кривой, касательная к которой образует заданный угол с горизонталью. Точнее, берется начальная точка такого прямолинейного отрезка приемных стенок бункерных емкостей, который расположен под этим углом; выполняется «обрезка» изначальной полной трассы по точкам, соответствующим углам наклона касательной; «обрезанная» кривая переносится в начало координат так, чтобы крайняя левая точка кривой лежала на оси Oy , а крайняя нижняя — на оси Ox ; выполняется масштабирование кривой так, чтобы ордината крайней верхней точки кривой была равна заданной высоте h .

Таким образом, несмотря на повсеместное распространение бункеров и бункерных емкостей, теория их рабочего процесса до настоящего времени недостаточно изучена и разработана. Поэтому технология процесса выпуска минерального сырья должна опираться на совершенствование методов моделирования движения раздробленной горной массы, обладающей неравномерным гранулометрическим составом, влажностью, и установление теоретических зависимостей, определяющих форму и конструктивные параметры бункера в соответствии с тем видом движения в нем минерального сырья.

Список литературы

1. Юдин А. В., Попов А. Г., Шестаков В. С. Бункерные системы комплексов комбинированного транспорта в карьерах // Изв. высш. учеб. заведений. Горный журнал. 2019. № 2. С. 128–139.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНОГО САМОХОДНОГО АППАРАТА В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В. С. Великанов,

доц., д-р техн. наук,

М. Д. Лукашук,

аспирант,

В. А. Курнеев,

магистрант,

В. В. Смыкова,

магистрант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В последнее время все больше робототехнических систем становятся автономными. Для эффективной работы в условиях ограниченного пространства для самоходного беспилотного аппарата необходима бортовая навигационная система, обеспечивающая правильную интерпретацию сведений об окружающем пространстве, получаемую с помощью современных датчиков, строить маршрут передвижения, управлять параметрами движения и постоянно отслеживать собственные координаты. Цель исследования – наращивание отечественных научно-технологических компетенций в области разработки и производства роботизированного горнодобывающего оборудования.

Ключевые слова: пространство, аппарат, добыча, импортозамещение.

USE OF AN UNMANNED SELF-PROPELLED VEHICLE IN LIMITED SPACE

Recently, increasingly robotic systems are becoming autonomous. To operate effectively in confined spaces, robotic mining machines require an on-board navigation system that provides correct interpretation of information about the surrounding space obtained using modern sensors, builds a movement route, manages movement parameters, and constantly monitors its own coordinates. Purpose of the study. Increasing domestic scientific and technological competencies in the development and production of robotic mining equipment.

Keywords: space, apparatus, production, import substitution.

Развитие минерально-сырьевой базы Российской Федерации определяется добычей стратегически важных полезных ископаемых, к которым относятся прежде всего уголь, металлические руды (железная руда, медь и др.), т. е. полезные ископаемые первой группы, сырьевая база которых при любых прогнозных сценариях развития экономики РФ достаточна для удовлетворения внутренних потребностей и при необходимости обеспечения экспортных поставок. На основе аналитических отчетов установлено, что объемы добываемого в РФ угля устойчиво росли в период 2014–2019 гг. В 2020 г. они снизились относительно показателя предыдущего года на 9,6 % – до 361,8 млн т, валовая добыча (общее количество добытого угля, включая пустую породу) составила 402,1 млн т [1, 2]. По выпуску железорудной продукции РФ входит в лидеры мировых производителей, за последнее десятилетие добыча железных руд из недр выросла на 14,9 %, добыча велась на 46 месторождениях, причем около 20 % добычи сосредоточено на Урале [1]. Стратегическим вызовом, оказывающим значительное влияние на состояние угольной промышленности РФ, является увеличение импортозависимости от иностранного оборудования [1, 2]. Аналитические данные по введенному в эксплуатацию на горнодобывающих предприятиях горному оборудованию для подземной добычи угля за период 2017–2022 гг. представлены на рис. 1 (а) и по открытым горным работам – (б).

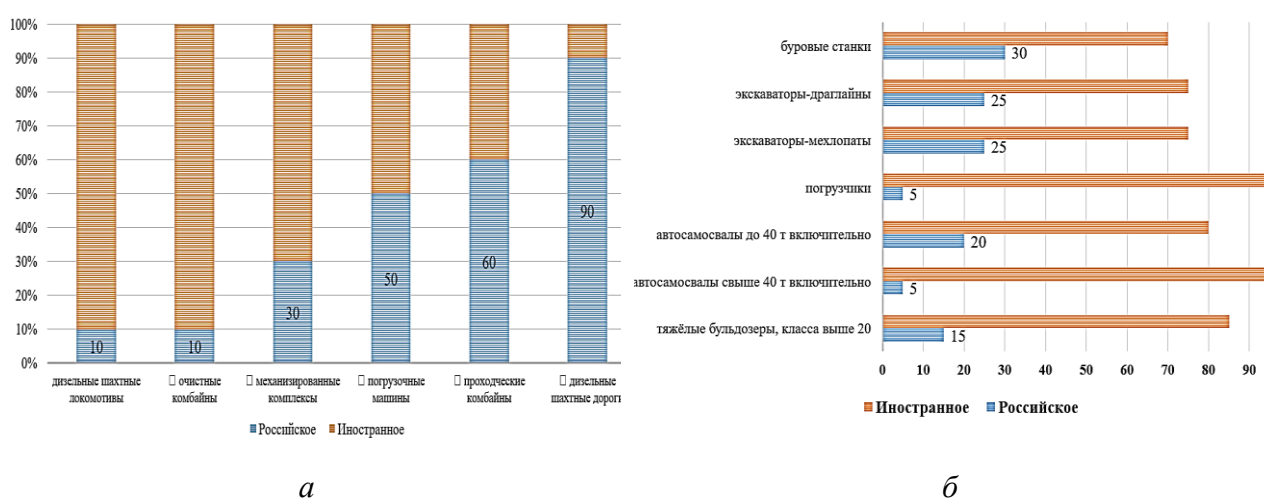


Рис. 1. Введенное в эксплуатацию на горнодобывающих предприятиях горное оборудование для добычи угля за 2017–2022 гг.

Возможности использования безлюдных технологий общепризнанны, достаточно обратиться к следующим статистическим данным: к 01.05.2022 г. количество беспилотных карьерных самосвалов, находящихся в эксплуатации во всем мире, составляло 1 068 ед. (01.05.2021 г. – 769), прирост на 39 %. Планируется, что к концу 2025 г. эта цифра превысит 1 800 единиц.

В общем случае решение задачи планирования траектории движения беспилотного самоходного аппарата определяется необходимостью устранения неопределенности среды и с принятием решения в условиях нескольких альтернатив, т. е. многокритериальности решаемой задачи. Решение требует разработки планировщиков движения в классе интеллектуальных систем. Под термином «интеллектуальная система управления» понимается система, осуществляющая целеполагание, планирование и управление движением в изменяющихся условиях без взаимодействия с оператором или системой верхнего уровня [3, 4].

В последнее время большое внимание исследователей уделяется концепции SLAM (simultaneous localization and mapping), которая может существенно способствовать как внедрению беспилотного самоходного аппарата, так и созданию актуальной на данный момент разработки модели подземной горной выработки (пространства). Идея SLAM подразумевает объединение двух процессов: построение модели окружающего пространства (mapping), как указано в наименовании концепции и определение местонахождения устройства в этой модели (localization). На данный момент концепция SLAM объединяет большое количество алгоритмов, которые можно классифицировать по области их применения (открытые или замкнутые пространства), по способу реализации (визуальный, с помощью активных зондирующих систем или их сочетание), по способу представления создаваемой модели (одногоипотезное, многогипотезное, с помощью графов). При этом сущность реализации SLAM остается неизменной, а именно на основе входных данных с датчиков устройство получает пространственные ориентиры, относительно местоположения которых определяет свои координаты в определенный момент времени, затем, перемещаясь, повторяет операцию,

выполняя поиск соответствий. С технической точки зрения, реализация алгоритмов SLAM возможна за счет использования в качестве основных датчиков – камер, лидаров или их сочетание, Visual SLAM, Lidar SLAM и RGB-D SLAM, которые являются тремя наиболее распространенными.

В условиях ограниченного пространства (например, подземных горных работ) возможны следующие ограничения и ряд неблагоприятных факторов для наиболее полной реализации алгоритмов SLAM: повышенная запыленность и влажность подземных горных выработок и зон работы горного оборудования; перепады температур, связанные с вентилированием горных выработок, удаленностью выработок от ствола шахты, работой оборудования; плохие условия освещения; неправильная форма сечения горных выработок; общая геометрия горных выработок. С точки зрения перемещения в подземных горных выработках интуитивно понятно, что если технический объект эксплуатируется и функционирует в трехмерной среде, то это проявляется в большем числе возможных траекторий и ограничений, накладываемых на траекторию перемещения и выполнения рабочих операций, усложнением процессов планирования.

Список литературы

1. О состоянии и использовании минеральносырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году : гос. доклад подготовлен ФГБУ «ВИМС» ; сост. и общ. ред. А. П. Данилов, Л. А. Дорожкина, О. Н. Ефанова и др., при участии А. А. Фатеевой. Москва. 2021. 572 с.
2. Жданев О. В. Оценка уровня локализации продукции при импортозамещении в отраслях ТЭК // Экономика регионов. 2022. Т. 18, № 3. С. 770–786.
3. Velikanov V. S., Kozyr A. V., Dyorina N. V. Engineering Implementation of View Objectives in Mine Excavator Design // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017. Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg, 2017. P. 1592–1569.
4. Моделирование и оптимизация режимов работы горных машин с использованием среды MATLAB / В. С. Великанов, И. Г. Усов, А. А. Абдрахманов и др. // Горный журнал. 2017. № 12. С. 78–81.

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

А. А. Жилинков^{1,2},

доц., канд. техн. наук

¹Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Приведены результаты исследования условий эксплуатации карьерного транспорта на месторождениях хризотил-асбеста. Рассмотрены особенности дорожных и транспортных условий, а также режим работы карьерных автосамосвалов. Установлена взаимосвязь условий эксплуатации и технического состояния транспортных машин.

Ключевые слова: хризотил-асбест, карьерный транспорт, самосвал, транспортирование горной массы, условия эксплуатации

FEATURES OF THE OPERATING CONDITIONS OF QUARRY TRANSPORT IN CHRYSOTILE ASBESTOS DEPOSITS

The results of a study of the operating conditions of quarry transport in chrysotile-asbestos deposits are presented. The features of road and transport conditions, as well as the operating mode of mining dump trucks are considered. The relationship between operating conditions and technical condition of transport vehicles has been established.

Keywords: chrysotile-asbestos, quarry transport, dump truck, transportation of rock mass, operating conditions.

Наибольшие месторождения хризотил-асбеста расположены на Урале, где хризотил-асбестовую руду добывают открытым способом на карьерах со значительными объемами добычи. Общая производительность таких месторождений достигает 25–30 млн т горной массы в год, в том числе 10–14 млн т/год руды. При добыче хризотил-асбеста общая площадь проведения горных работ составляет 40 км² и более. Длина карьера может достигать 7,0–10,0 км, ширина – 2,2–

3,0 км, глубина – до 350 м.

Добыча и производство асбеста осуществляется в технологической последовательности: взрывные работы – вскрыша – добыча – транспортировка руды на склад – складирование – транспортировка руды на обогащение – обогащение – производство – транспортировка отвальной породы – отвалообразование.

Горнодобывающие предприятия данной специализации имеют в своем составе значительный парк горных и технологических машин (локомотивы, думпкары, мотор-думпкары, автосамосвалы экскаваторы, погрузчики, бульдозеры и др.), развитую инфраструктуру, ряд производственных, обслуживающих и вспомогательных подразделений.

В забоях работают экскаваторы ЭКГ-8 и ЭКГ-10 с прямой лопатой, на перевалочных пунктах – фронтальные погрузчики и экскаваторы.

Технологические перевозки горной массы на рассматриваемых горнодобывающих предприятиях осуществляются автомобильно-железнодорожным транспортом. С помощью железнодорожного транспорта руда доставляется с мест временного складирования в карьерах на обогащение. Этим же транспортом производится вывоз пустой породы в отвальное хозяйство. В качестве тягового подвижного состава для поездной работы используют тяговые агрегаты (электровозы типа ПЭ или ОПЭ с мотор-думпками грузоподъемностью 40–45 т). Для маневровой работы применяют различные тепловозы ТГМ4, ТЭМ4, ТЭМ18 и др. Грузовой подвижной состав – шестиосные думпкары грузоподъемностью 105 т. Максимальный преодолеваемый уклон для карьерных железнодорожных составов – до 7,5 %.

Автомобильный транспорт используется для транспортирования хризотил-асбестовой руды на пункты перевалки (складирования), а также для перевозки пустой породы к отвалам либо к дробильным агрегатам внутри карьеров. Все технологические перевозки осуществляются карьерными автосамосвалами грузоподъемностью 55–130 т. Данные машины имеют гидро- и электромеханическую передачу, объем кузова 22–55 и более м³. Для вспомогательных перево-

зок и выполнения работ, применяются различные специализированные авто-транспортные средства, а также автотракторная техника грузоподъемностью до 30 т.

Карьерные автосамосвалы эксплуатируются в сложных дорожных и транспортных условиях. Сложность обусловлена спецификой горных работ, особенностями плана, продольного и поперечного профиля карьерных автодорог, свойствами горной массы, технологией проведения погрузочных работ и другими факторами (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика условий эксплуатации автотранспорта на хризотил-асбестовых карьерах

Показатель	Значение
Дорожные условия	
Ширина автодорог, м	10–12
Плечо перевозки, км	3–15
Радиус горизонтальных кривых, м	15–50
Максимальный уклон, %	8,0 (12,0)
Величина неровностей, мм	120–200 и более
Тип дорожного покрытия	переходные и низшего типа
Транспортные условия	
Объемная масса груза, т/м ³	1,8–2,5
Средняя масса груза в ковше экскаватора, т	19,5
Число циклов экскавации	6–12
Наклон погрузочной площадки, %	до 15
Абразивность породы (руды)	очень высокая
Время погрузки/разгрузки, мин.	(7–15)/(2–4)
Среднетехническая скорость, км/ч	15–20
Схема движения	кольцевая и встречная
Схемы подачи машин под погрузку	сквозные, петлевые, тупиковые и комбинированные
Величина перегруза, который иногда имеет место, %	до 25

Предварительным анализом установлено, что в отдельных случаях сложность условий усугубляется несоответствием параметров транспортных и дорожных условий требованиям эксплуатации. Примерами такого несоответствия являются значительные неровности и препятствия на дороге, недостаточная ширина проездов, размеры площадок для маневрирования, превышение скоростного режима, перегруз, наклон площадки грузового фронта.

Эксплуатация транспортных машин в рассматриваемых условиях приводит к интенсивному износу, деформации и разрушению деталей. В конструктивных элементах возникают преждевременные отказы различных систем, узлов, механизмов и агрегатов. Это обуславливает внеплановые сверхнормативные простои транспортных средств и значительные затраты на их ремонт. Наибольшие нагрузки, а в отдельных случаях и перегрузки, характерны для элементов ходовой части – в подвеске и несущей системе. Устранение неисправностей и отказов элементов ходовой части осуществляется со значительными трудовыми и материальными затратами.

Поэтому для снижения затрат на эксплуатацию транспортных машин в условиях работы на хризотил-асбестовых карьерах необходимо проведение ряда мероприятий, связанных с дальнейшим исследованием условий эксплуатации, а также разработке ряда организационно-технических мероприятий. Задача данных мероприятий – улучшение транспортных, дорожных условий и режимов эксплуатации.

БУРОВАЯ МАШИНА КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Т. А. Акименко,

доц., канд. техн. наук,

Фам Тхань Лиен,

аспирант

Тульский государственный университет, г. Тула

Представлена системы управления буровой машиной СБШ-250МН-32Т на основе структуры гидравлической трансмиссии, структуры полиспаста как вязкоупругого передаточного звена и структуры взаимодействия бура и грунта.

Ключевые слова: буровая машина, управление, гидравлическая трансмиссия, линейный гидропривод.

DRILLING MACHINE AS A CONTROL OBJECT

The control system for the СБШ-250МН-32Т drilling machine is presented based on the structure of the hydraulic transmission, the structure of the pulley as a viscoelastic transmission link and the structure of the interaction between the drill and the soil.

Key words: drilling machine, control, hydraulic transmission, linear hydraulic drive.

Буровая машина СБШ-250МН-32Т представляет собой достаточно сложный комплекс, узлы и блоки которого взаимосвязаны.

Функциональная схема буровой машины СБШ-250МН-32Т как объекта управления приведена на рис. 1.

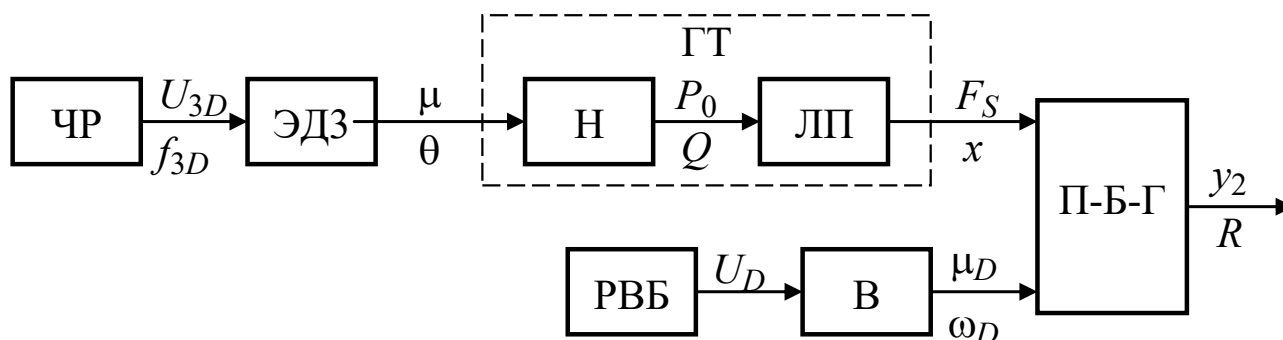


Рис. 1. СБШ-250МН-32Т как объект управления

На схеме приняты следующие обозначения ЧР – частотный регулятор, который определяет угловую скорость вращения вала двигателя; ЭДЗ – трехфазный асинхронный двигатель; Н – насос; ЛП – линейный гидропривод; РВБ – регулятор скорости вращения вала вращателя бура; В – вращатель бура, включающий электродвигатель постоянного тока и редуктор; П-Б-Г – триада «полиспаст – бур – грунт».

На выходе частотного регулятора ЧР формируется трехфазный управляющий сигнал с действующим напряжением величины U_{3D} и частотой f_{3D} . Трехфазный асинхронный электродвигатель управляющий сигнал преобразует в физическую скорость $\dot{\varphi}_{3D}$ вращения вала. В свою очередь, угловая скорость вращения вала складывается из угловой скорости вращения магнитного поля, определяемого частотой f_{3D} питающего напряжения, и величины скольжения $\dot{\Theta}$. Поскольку динамика пары «электродвигатель – насос» определяется величиной скольжения, считается, что электродвигатель как элемент системы управления вырабатывает скольжение $\dot{\Theta}$ и взаимосвязанный с ним полезный момент μ .

Насос и линейный гидропривод образуют гидравлическую трансмиссию (ГТ), передающую механическую энергию от трехфазного асинхронного двигателя с частотным регулированием на полиспаст.

Структурная схема работающей в режиме бурения буровой машины как объекта управления показана на рис. 2. Структура естественным образом разделяется на следующие относительно независимые узлы: гидравлическая трансмиссия 1, включающая трехфазный асинхронный электродвигатель с частотным регулированием насос и линейный гидропривод; полиспаст 2; вращатель 3; взаимодействующие бур и грунт 4.

Входными воздействиями, определяющими желаемый режим работа и состояние буровой машины, являются:

- частота $f_{3D}(s)$ питающего напряжения трехфазного асинхронного электродвигателя;

- проходные сечения клапанов $f_1(s)$ и $f_2(s)$, соединяющих насос с проточными полостями линейного гидропривода;
- напряжение $U_D(s)$, подаваемое на якорные обмотки электродвигателя постоянного тока, входящего в состав вращателя.

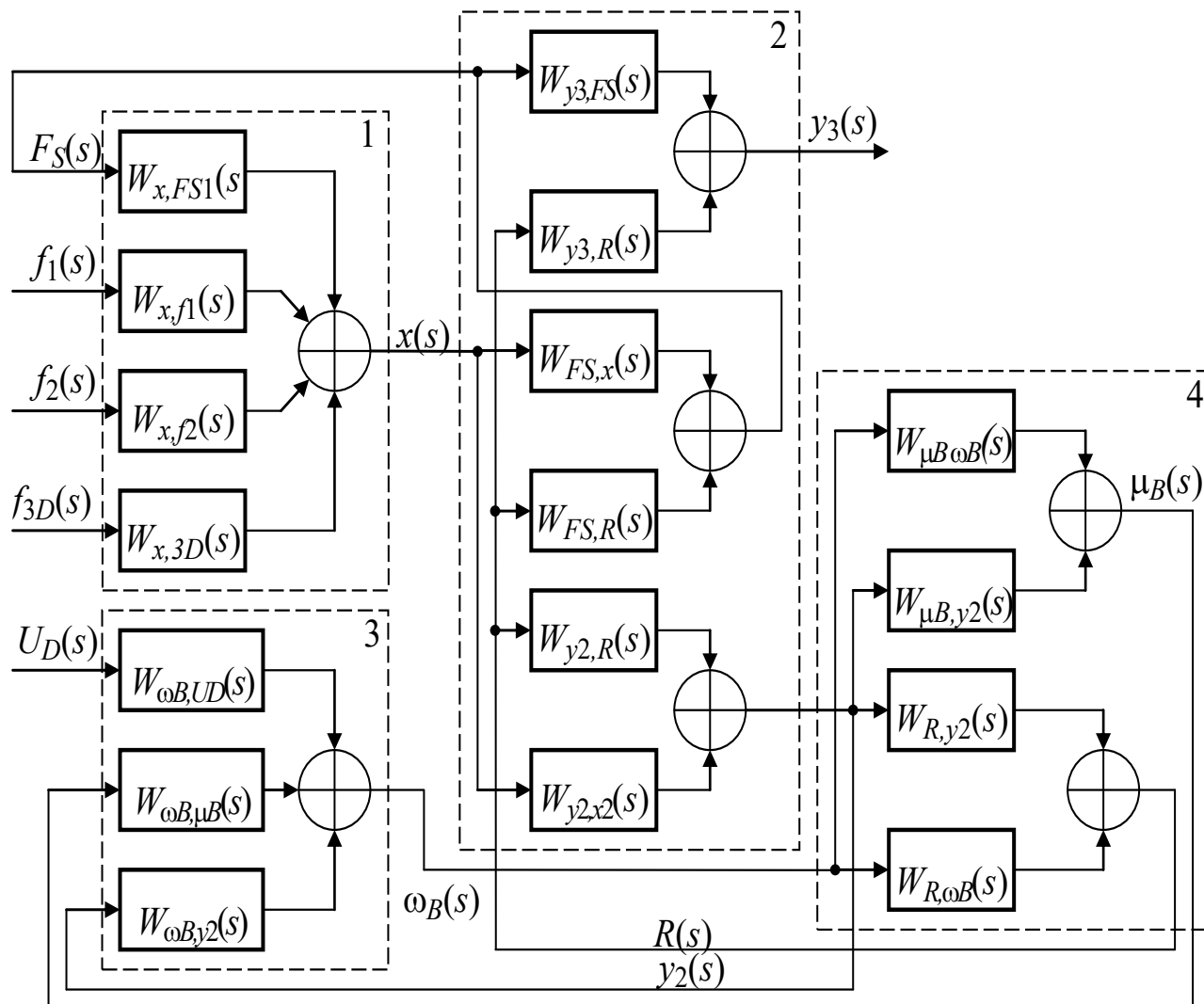


Рис. 2. Структурная схема буровой машины СБШ-250МН-32Т как объекта управления, функционирующего в режиме бурения:
 1 – модель гидравлической трансмиссии; 2 – модель полиспаста;
 3 – модель вращателя; 4 – модель взаимодействия бура и грунта

Регулируются продольное перемещение бура $y_2(s)$, подача бура $\dot{y}_2(s)$; угловая скорость вращения бура $\omega_B(s)$; координата $y_3(s)$, зависящая от координаты $y_2(s)$; сила $R(s)$ давления бура на грунт.

В структурной схеме имеются обратные связи как перекрестные, так и прямые между каналом, обеспечивающим подачу бура, и каналом, определяющим угловую скорость вращения бура. За счет обратных связей порядок характеристического уравнения, описывающего динамику разомкнутой системы, является высоким и складывается из порядков характеристических уравнений, описывающих трехфазный асинхронный электродвигатель (первый), гидравлическую трансмиссию (второй), полиспаст (второй), пару грунт/бур (первый) и вращатель (первый).

Коэффициенты передачи по каналам управления в значительной мере определяются механическими свойствами буримого грунта. В свою очередь, механические свойства зависят от состава грунта (почва, песок, глина, камень, щебень и т. п.) и его состояния (влажность, температура, наличие остатков корневой системы растительности и т. п.). Для обеспечения требуемой скорости проходки скважины при минимизации износа инструмента необходимо оперативное управление подачей и угловой скоростью вращения бура, что может быть реализовано только за счет разработки цифровой системы управления.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Н. В. Зиновьев,

аспирант,

В. Е. Зиновьев,

доц., канд. техн. наук,

И. А. Корякин,

аспирант

Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

Предложены конструктивные варианты выполнения неразъемных соединений в системе «вал – втулка». Предложена технология создания неразъемного соединения с применением клеевых полимерных составов, способная передавать повышенный крутящий момент. Основной конструктивной особенностью является снижение натяга в сопряжении с одновременным созданием полимерных связей между поверхностями, выполняющую как роль соединяющего вещества, так и демпфирующего слоя, позволяющего продлить ресурс узла в целом.

Ключевые слова: посадка с натягом, клеевое соединение, крутящий момент, технология производства.

ACTUAL PROBLEMS OF DESIGNING PERMANENT JOINTS OF LIFTING AND TRANSPORT MACHINES

Constructive options for making permanent connections in the "shaft-sleeve" system are proposed. A technology for creating an all-in-one joint using adhesive polymer compositions capable of transmitting increased torque is proposed. The main design feature is the reduction of tension in conjunction with the simultaneous creation of polymer bonds between the surfaces, which performs both the role of a connecting substance and a damping layer, allowing to extend the life of the node as a whole.

Keywords: tight fit, adhesive joint, torque, production technology.

В ходе производства тяжело нагруженных узлов подъемно-транспортных машин, таких как, например, редуктор грузоподъемного механизма 1Ц2У, задействованный в компоновке большого количества подъемных кранов, используется технология запрессовки ведомой шестерни на промежуточный вал-шестерню [1, 2]. Так как данное сопряжение должно выдерживать достаточно большие статические, а самое главное динамические нагрузки, расчетный натяг рассматриваемой посадки должен составлять около 0,3 мкм, что является недопустимым вследствие возникновения брака в виде раскола шестерни [3, 4] (рис. 1).



Рис. 1. Дефект, возникающий вследствие большого натяга

Пути решения данной задачи существуют в различных направлениях – от применения шлицевого соединения вместо посадки с натягом до применения комбинированного соединения с применением натяга и шпонки, однако данные пути решения вопроса передачи крутящего момента имеют ряд схожих недостатков, такие как дополнительные технологические операции и, как следствие, существенное удорожание механизма.

Однако на данном этапе развития технологий стало возможным применять переходный натяг с дополнительной клеевой фиксацией [5, 6]. Такая технология позволяет создать надежное соединение, применив которое в рассматриваемом редукторе, станет возможным передавать крутящий момент до 14 кНм.

В научной литературе и на практике существуют отдельно взятые технологии применения клеевых соединений в системе «вал – втулка», однако данные технологии имеют ряд нюансов, препятствующих ее применению в условиях массового производства, таких как отсутствие однозначного понимания принципов работы клеевого состава в соединении в зависимости от характеристики сопрягаемых поверхностей.

При массовом применении главным условием внедрения клеевых соединений в производство будет обязательный анализ и разработка универсальных технологий для унификации производственных процессов и получения стабильного положительного результата в области надежности, качества и производительности наземных транспортно-технологических машин. Что касается технологии применения клеевых соединений, требуется изучение параметров такого соединения в зависимости от следующих технологий:

- подготовки поверхностей;
- нанесения клеевого состава;
- полимеризации клеевого состава;
- создания неразъемного соединения.

Для создания таких современных клеевых посадок также придется разработать точную математическую модель взаимодействия сопрягаемых поверхностей [7], привязанную к реальным условиям, уточнить коэффициенты, используемые при расчетах. В случае успешного построения такой модели станет возможным существенно повысить технологичность производства прессовых соединений, срок службы таких ДСЕ, ускорить темп производства.

Список литературы

1. *Bayer R. G. Mechanical Wear Fundamentals and Testing, Revised and Expanded.* CRC Press, 2004. 395 p.
2. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. / под ред. И. Н. Жестковой. 9-е изд., перераб. и доп. Т. 1. М : Машиностроение, 2006. 928 с.

3. *Игнатов А. В.* Новые тенденции развития сборки клеевых соединений в машиностроении // Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение. Технология и технологические машины. 2011. № 10. С. 62–68.
4. Современные технологии ремонта наземных транспортных средств : монография / В. Е. Зиновьев, И. М. Алексаньян, П. В. Харламов и др. Ростов н/Д : [б. и.], 2021. 129 с
5. *Винокурова М. Э.* Сборка регулируемых цилиндрических клеевых соединений : дис. ... канд. техн. наук. М., 2017. 133 с.
6. *Зиновьев В. Е., Харламов П. В.* Анализ типовых дефектов вышедших из строя деталей неподвижных сопряжений транспортных средств // ИВД. 2015. № 1-1.
7. Dynamic monitoring of frictional systems / Ozyabkin A., Kcharlamov P., Feyzov E. et al. // Transport Problems 2012 25.06 – 29.06 2012 г. : Conference Proceeding IV International Scientific Conference. Katowice, Silesian University of Technology, faculty of Transport, 2012. P. 480–492.

АНАЛИЗ РАБОТ В ОБЛАСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОГРУЗОЧНЫХ МАШИН В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

И. М. Бердников,

аспирант,

В. С. Великанов,

доц., д-р техн. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Проведен анализ исследований в области работы погрузочных машин в условиях ограниченного пространства. Теоретическая значимость темы заключается в разработке методов и моделей для обоснования рациональных параметров и режимов работы таких машин, что позволяет оптимизировать рабочие процессы, увеличивать эффективность и безопасность операций погрузки и разгрузки. Практическая значимость темы проявляется в применении разработанных рациональных параметров и режимов в реальной работе погрузочных машин для повышения производительности, сокращения риска аварий и повреждений, достижения экономической эффективности.

Ключевые слова: погрузочные машины, ограниченное пространство, рациональные параметры, эффективность работы.

ANALYSIS OF WORKS IN THE FIELD OF DETERMINING RATIONAL PARAMETERS AND MODES OF OPERATION OF LOADING MACHINES IN A LIMITED SPACE

The analysis of research in the field of loading machines in conditions of limited space is carried out. The theoretical significance of the topic lies in the development of methods and models to substantiate the rational parameters and operating modes of such machines, which makes it possible to optimize work processes, increase the efficiency and safety of loading and unloading operations. The practical significance of the topic is manifested in the application of the developed rational parameters and modes in the actual operation of loading machines to increase productivity, reduce the risk of accidents and damage, and achieve economic efficiency.

Keywords: *loading machines, limited space, rational parameters, work efficiency.*

Теоретическая значимость этой темы заключается в разработке методов и моделей, позволяющих обосновать рациональные параметры и режимы работы погрузочных машин в ограниченном пространстве. Это позволяет оптимизировать процесс работы, увеличить эффективность и безопасность погрузочно-разгрузочных операций. Исследования в данной области позволяют определить оптимальные параметры машин, такие как скорость движения, радиус поворота, грузоподъемность и другие, исходя из размеров и условий ограниченного пространства. Например, если погрузочная операция производится в тесных складских помещениях, то определение оптимального радиуса поворота позволит выбрать машину, которая сможет легко маневрировать в таких условиях, минимизируя риск повреждений грузов и инфраструктуры.

Практическая значимость данной темы заключается в ее применении в реальной работе погрузочных машин. Рациональные параметры и режимы работы позволяют повысить производительность, ускорить погрузочные операции и снизить риск производственных аварий, травматизма и повреждений оборудования. Это также позволяет достичь экономической эффективности, оптимизируя затраты на обслуживание и эксплуатацию погрузочных машин.

Таким образом, исследования и разработки в области обоснования рациональных параметров и режимов работы погрузочных машин в ограниченном пространстве имеют как теоретическую, так и практическую значимость, способствуя оптимизации работ и повышению эффективности погрузочных операций.

Обоснование рациональных параметров и режимов работы погрузочных машин в ограниченном пространстве включает следующие факторы:

1. Габаритные размеры погрузочной машины: определение оптимального размера, который позволит ей свободно маневрировать в ограниченном пространстве и управляться с задачей погрузки и разгрузки.

2. Параметры грузоподъемности: оценка максимального веса и размера

груза, которые может поднять и переместить погрузочная машина в ограниченном пространстве, учитывая максимальные ограничения по грузоподъемности и габаритам.

3. Условия работы: анализ особенностей и специфики рабочей среды, включая наличие препятствий, узких проходов, неровную поверхность, ограниченная видимость и другие факторы. Оптимизация параметров и режимов работы погрузочной машины для обеспечения безопасности и эффективности работы в данных условиях.

4. Энергопотребление: оценка энергозатрат погрузочной машины при работе в ограниченном пространстве. Выбор режимов работы и показателей энергопотребления, которые позволят максимально эффективно использовать ресурсы и сократить затраты на энергию. В случае использования ДВС – минимизация удельных вредных выбросов.

5. Эргономика и удобство использования: обеспечение удобства и безопасности работы оператора погрузочной машины в ограниченном пространстве. Учет при выборе параметров и режимов работы таких факторов, как удобство управления, обзорность, уровень шума и вибрации, параметры микроклимата в кабине оператора и др.

6. Технические характеристики и требования: установление требований к погрузочной машине, включая максимальную скорость, радиус поворота, соответствие стандартам безопасности и другие параметры. Определение оптимальных параметров и режимов работы, которые позволят удовлетворить данные требования.

Обоснование рациональных параметров и режимов работы погрузочных машин в ограниченном пространстве является важным этапом проектирования и эксплуатации этих машин. Он позволяет достичь максимальной эффективности, безопасности и удобства использования.

Далее приведены научные статьи, в которых рассматриваются вопросы обоснования рациональных параметров и режимов работы погрузочных машин в ограниченном пространстве:

В работе «Обоснование рациональных технических параметров горно-транспортных машин» изложены различные подходы к обоснованию рациональных конструктивных и технологических параметров машин для транспортирования горной массы в карьерах [1]. Разработана методика обоснования оптимальных параметров горных и транспортных машин для рационального выбора условий эксплуатации конкретной машины, а также для оценки рациональных конструктивных параметров проектируемых машин. Представлены результаты применения методов для решения следующих задач:

1. Поиск рациональных условий эксплуатации карьерного самосвала с электромеханической передачей технических и технологических параметров основан на применении предложенного критерия эффективности транспортировки, позволяющего найти оптимум между экономичностью и производительностью карьерного самосвала.

2. Обоснование рациональных параметров специального гусеничного самосвала для доставки горной массы по дорогам с высокими уклонами.

В работе «Оптимизация погрузо-разгрузочных работ как фактор повышения качества автомобильных перевозок» рассматривается возможность повышения качества автомобильных перевозок путем оптимизации погрузо-разгрузочных работ [2]. Исследование показало, что погрузо-разгрузочные работы являются одними из самых трудоемких операций в логистике грузовых перевозок. Предлагаются рекомендации по сокращению времени простоя транспортных средств во время выполнения погрузо-разгрузочных работ. Также представлен алгоритм оптимизации данных работ, который позволит более рационально использовать транспорт и минимизировать его простой, что в итоге повысит качество автомобильных перевозок.

Эти статьи и публикации предлагают различные подходы к обоснованию рациональных параметров и режимов работы погрузочных машин. Все они имеют свои особенности и представляют интерес для исследователей и профессионалов в области грузоподъемных машин.

Список литературы

1. *Журавлев А. Г.* Обоснование рациональных технических параметров горнотранспортных машин // Горн. информ.-аналит. бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № S21. С. 75–89. EDN WRKLUT.
2. *Аристов А. М., Аристов В. М.* Оптимизация погрузо-разгрузочных работ как фактор повышения качества автомобильных перевозок // Изв. СПбГЭУ. 2020. № 4 (124). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-pogruzo-razgruzochnyh-rabot-kak-faktor-povysheniya-kachestva-avtomobilnyh-perevozok> (дата обращения: 01.11.2023).

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Е. В. Ахrameева,

инженер,

Т. А. Акименко,

доц., канд. техн. наук,

Т. Р. Кузнецова,

доц., канд. техн. наук

Тульский государственный университет, г. Тула

Показано, что промышленный робот представляет собой сложную систему. Исследуется схема манипулятора как объекта управления.

Ключевые слова: манипулятор, рабочий орган робота, информационно-измерительная подсистема.

FUNCTIONAL UNITS OF AN INDUSTRIAL ROBOT

It is shown that an industrial robot is a complex system. The scheme of the manipulator as a control object is investigated.

Keywords: manipulator, robot working body, information-measuring subsystem, thermal signal generator, informative parameters, loss of information

Промышленный робот представляет собой систему, содержащую:

- а) механическую конструкцию (манипулятор), выполняющую функцию перемещения в пространстве рабочего органа;
- б) приводы, являющиеся источником механической энергии и обеспечивающие перемещение отдельных звеньев манипулятора друг относительно друга;
- в) информационно-измерительную подсистему, измеряющую взаиморасположение звеньев манипулятора, а также скорости перемещения одних узлов манипулятора относительно других.

Общепринятая компоновка промышленного робота приведена на рис. 1 [1].

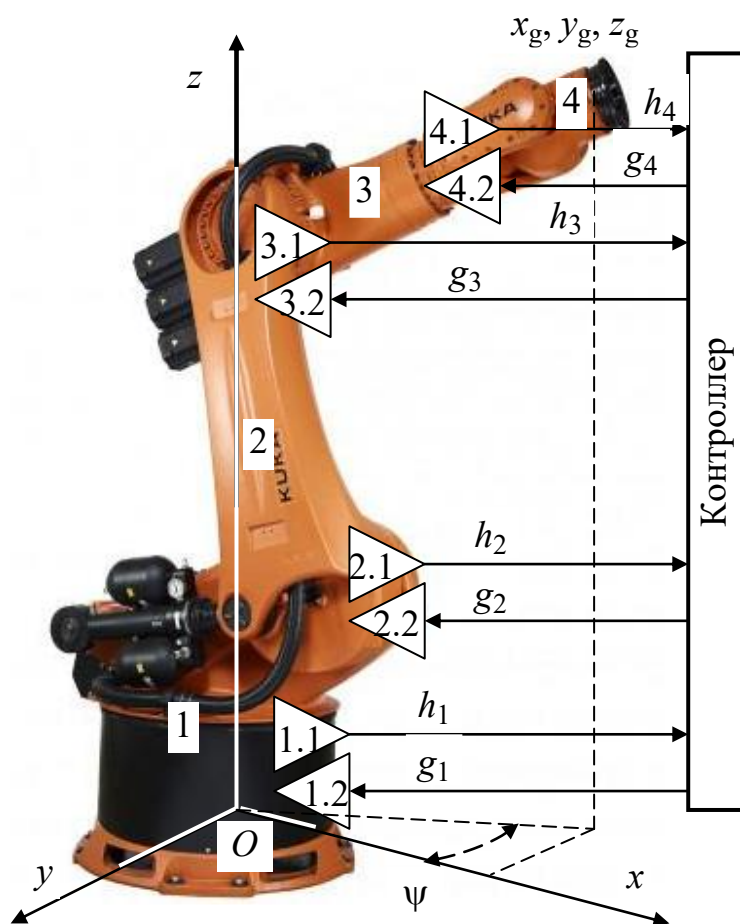


Рис. 1. Типовая компоновка промышленного робота

Манипулятор включает в себя модуль поворота 1, модуль качания 2, коромысло 3 и модуль выдвижения 4.

Состояние модуля поворота 1 измеряется датчиком 1.1, поворот манипулятора по углу курса (азимута) осуществляется с помощью привода 1.2.

Состояние модуля качания 2 измеряется датчиком 2.1, качание модуля по углу места осуществляется с помощью привода 2.2.

Угловое положение коромысла 3 относительно модуля качания 2 измеряется датчиком 3.1, а изменение углового положения обеспечивается приводом 3.2.

Продольное перемещение модуля выдвижения 4 обеспечивается приводом 4.2, а величина выдвижения измеряется датчиком 4.1.

Робот представлен в декартовой системе координат $xOyz$, в которой точка O связана с основанием робота, с центром вращения модуля поворота, ось x направлена в сторону объекта труда, ось z направлена вертикально вверх, а ось y дополняет декартову систему до левой системы координат.

Управление движением рабочего органа производится с помощью контроллера, в который вводится информация с датчиков положения h_1, h_2, h_3 и который рассчитывает и выводит на приводы управляющие воздействия g_1, g_2, g_3 . Контроллер обеспечивает движение рабочего органа робота по трем координатам x, y, z с заданной скоростью, от текущей позиции до позиции назначения, определенной целью управления (рис. 2).



Рис. 2. Преобразование информации манипулятором

Положение рабочего органа в каждой из позиций трехмерного пространства $xOyz$ задается тремя координатами x_g, y_g, z_g . Для позиционирования рабочего органа по указанным координатам в пределах рабочей зоны достаточно использовать три координаты, например угол поворота ψ , угол места, обеспечиваемый модулем качания и угол места, обеспечиваемый коромыслом, или угол поворота ψ , угол места, обеспечиваемый модулем качания и величину модуля выдвижения. Четвертый управляемый параметр служит, например, для оптимизации про-

цесса управления манипулятором. Пусть для воздействия на манипулятор выбраны параметры g_1, g_2, g_3 . Тогда манипулятор, как объект, передающий управление от входных воздействий на координаты схвата, представляет собой трехконтурную систему с перекрестными связями, приведенную на рис. 3 [2–5].

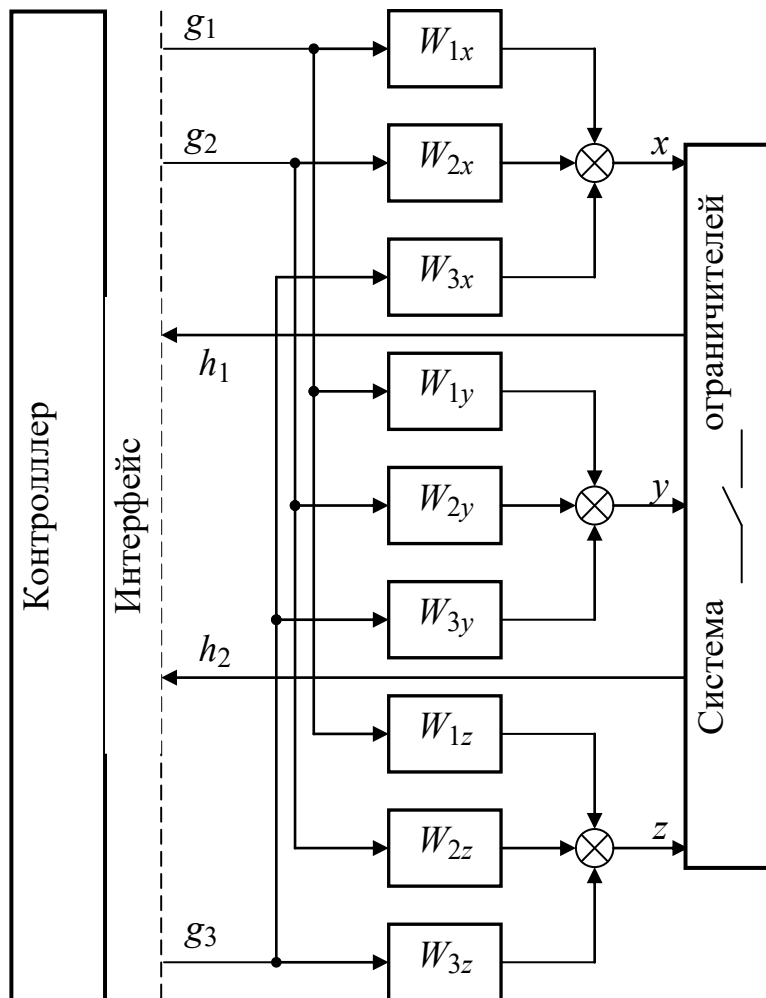


Рис. 3. Схема манипулятора как объекта управления

На рис. 3 показаны: $W_{1x}(s)$, $W_{2x}(s)$, $W_{3x}(s)$ – передаточные функции от управляющих воздействий g_1, g_2, g_3 на координату x ; $W_{1y}(s)$, $W_{2y}(s)$, $W_{3y}(s)$ – передаточные функции от управляющих воздействий g_1, g_2, g_3 на координату y ; $W_{1z}(s)$, $W_{2z}(s)$, $W_{3z}(s)$ – передаточные функции от управляющих воздействий g_1, g_2, g_3 на координату z .

Если манипулятор обеспечивает движение рабочего органа робота по трем координатам с заданной скоростью, а в заданных точках схват рабочего органа

позиционируется по трем угловым координатам, то это означает, что в системе управления должны быть сформированы девять замкнутых контуров управления. В каждом из контуров должны быть реализованы требуемые показатели качества управления: время выхода на рабочий режим, перерегулирование, точность. Вследствие того, что механические узлы в общей конструкции манипулятора взаимосвязаны, между контурами управления образуются перекрестные связи, которые усложняют решение задачи достижения требуемых показателей качества при управлении.

Вследствие сложности задачи управления манипулятором и общей тенденции к цифровизации экономики, системы управления технологическими роботами являются цифровыми и реализуются на ЭВМ или микропроцессорных контроллерах фоннеймановского типа.

Список литературы

1. *Абдуллаев Д. А., Амирсаидов У. Б.* Моделирование локальных вычислительных сетей с учетом вероятностно-временных характеристик // Автоматика и телемеханика. 1994. № 3. С. 151–160.
2. *Акименко Т. А., Аршакян А. А., Ларкин Е. В.* Управление информационными процессами в робототехнических комплексах специального назначения. Тула : Изд-во ТулГУ, 2012. 150 с.
3. *Акименко Т. А., Ахрамеева Е. В., Кузнецова Т. Р.* Динамические характеристики элементов автоматики промышленных роботов // Изв. ТулГУ. Техн. науки. 2021. № 9. С. 296–302.
4. *Ахрамеева Е. В., Кузнецова Т. Р., Шаров В. А.* Временные характеристики алгоритмов цифровой обработки данных при наличии прерываний // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2022. № 2. С. 203–208. DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-203-208.
5. *Каляев И. А., Гайдук А. Р., Капустян С. Г.* Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. 280 с.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БРАХИСТОХРОНЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ СПУСКОВ

Я. Л. Либерман¹,

доц., канд. техн. наук,

Л. Н. Горбунова²,

доц., канд. техн. наук

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России

Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

²Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Рассмотрены некоторые вопросы проектирования гравитационных транспортеров скорейшего спуска, используемых для передачи деталей различных геометрических форм из одной точки в другую под действием силы тяжести, например в складских транспортных системах, поточных и автоматических линиях в машиностроении.

Ключевые слова: гравитационный транспортер, лоток, скорость движения, траектория движения.

ON THE USE OF BRACHYSTOCHROME IN THE DESIGN OF GRAVITY TRAYS

Some issues of designing gravity conveyors of rapid descent, used to transfer parts of various geometric shapes from one point to another under the influence of gravity, for example, in warehouse transport systems, production and automatic lines in mechanical engineering, are considered.

Keywords: gravity conveyor, tray, speed of movement, trajectory movement.

Гравитационные транспорты (устройства, осуществляющие перемещение грузов под действием силы тяжести) находят широкое применение в различных отраслях современной промышленности. Они используются как перегружатели в складских системах [1], как элементы напольных конвейеров, перемещающих сыпучие и кусковые материалы в строительстве и горном деле, как средства связи оборудования поточных и автоматических линий в машиностроении [2].

Являясь простейшими транспортными устройствами, они обладают высокой надежностью, просты в эксплуатации и энергоэкономичны.

Основной частью гравитационных транспортеров практически любого назначения служит наклонный лоток, обычно гладкий или роликовый. Для повышения производительности транспортеров, содержащих лоток, его часто выполняют не строго прямолинейным, а вогнутым, обеспечивающим движение груза по траектории скорейшего спуска, называемой брахистохроной.

Лотки скорейшего спуска, как правило, проектируют графоаналитическим методом, восходящим к классическим работам Л. Эйлера, состоящем в том, что высоту H лотка, требуемого для перемещения груза из точки A в точку B , вначале разбивают $n + 1$ горизонтальными линиями с индексами $0, 1, 2, \dots$ на n участков, равных некоторой величине h . Основываясь на анализе скорости движения груза по лотку, траекторию движения груза далее также разбивают на участки, такие, что каждый i -й из них начинается в $(i-1)$ -й точке пересечения с $(i-1)$ -й горизонталью, а оканчивается в точке пересечения с i -й горизонталью.

Описанный метод неудобен и трудоемок. В связи с этим на кафедре станков и инструментов Уральского федерального университета (УрФУ) было проведено специальное исследование, направленное на его усовершенствование, и было предложено лоток скорейшего спуска (его продольный профиль) описывать уравнением

$$Y = \frac{H}{\pi} \cdot \left[\arccos \left(\frac{2 \cdot X}{L} - 1 \right) - \sqrt{2 \cdot \left(2 - \frac{2 \cdot X}{L} \right) - \left(2 - \frac{2 \cdot X}{L} \right)^2} \right], \quad (1)$$

где L – максимальное расстояние, на которое требуется переместить груз, $X = 0 \dots L$ – абсцисса кривой скорейшего спуска, Y – ордината ее точек с абсциссой X .

Приведенная формула позволяет определить продольный профиль линейного лотка скорейшего спуска при любых заданных H и L . Однако наряду с линейными гравитационными транспортерами в настоящее время существуют и спиральные. Они дают возможность быстро, но плавно опускать грузы с большой

высоты, рационально использовать производственные площади и пр. Спиральные гравитационные транспортеры представляют собой колонну, обвитую лотком, начинающимся на ее верхнем торце и оканчивающимся вблизи ее основания.

Принципиально при проектировании спирального лотка скорейшего спуска может быть применена формула (1), но для этого она должна быть несколько преобразована и приведена к виду

$$Y = \frac{H}{\pi} \cdot \left[\arccos \left(\frac{4\pi \cdot r \cdot l}{L} - 1 \right) - \sqrt{2 \cdot \left(2 - \frac{4\pi \cdot r \cdot l}{L} \right) - \left(2 - \frac{4\pi \cdot r \cdot l}{L} \right)^2} \right], \quad (2)$$

где r – радиус колонны, а $l = 0 \dots L/2\pi r$ – текущая координата положения поперечного сечения лотка, выраженная числом его оборотов вокруг колонны.

Формулы (1) и (2) довольно просты в использовании, тем не менее для их уверенного применения в конструкторской практике их потребовалось проверить экспериментально. Для проверки формулы (1) в качестве транспортируемого груза был выбран стальной шар диаметром 20 мм и сконструирован стальной лоток, поперечный профиль которого был выполнен в виде дуги окружности, охватывающей половину шара и имеющей радиус 11 мм. Величины H и L были приняты, соответственно, 1 000 и 2 000 мм. Для проверки формулы (2) были использованы шар диаметром 220 мм и лоток с дуговым поперечным профилем диаметром 230 мм, H и L были выбраны равными 4 000 и 18 000 мм. Радиус колонны r был принят равным 500 мм.

Для осуществления эксперимента изготовили два гравитационных транспортера: линейный и спиральный с гладкими тонкостенными и гибкими лотками, что позволило изменять их продольный профиль путем регулировки [3]. Эксперимент проводили путем скатывания шара по лотку транспортера и замера продолжительности скатывания на разных участках лотка. В итоге было установлено, что лотки, рассчитанные по формулам (1) и (2), действительно обеспечивают наименьшее время скатывания шара.

Для получения точных расчетных формул, пригодных для проектирования гравитационных транспортеров скорейшего спуска грузов типа «цилиндр», а также «параллелепипед» и др., исследования в УрФУ продолжаются. С целью их выполнения разработана специальная методика и линейка компьютерных моделей регулируемых лотков для различных типоразмеров грузов. В основу методики положен аналитический подход Релея и теория анализа размерностей [4]. С помощью этой теории удалось сократить число факторов, от которых зависит время спуска груза по лотку, практически в два с половиной – три раза, объединив их в безразмерные комплексы. Имея в своем распоряжении последние, далее нетрудно организовать вычислительный эксперимент, в котором указанные комплексы рассмотреть как простые переменные – элементы комбинационных квадратов [5]. Варьируя числовыми значениями переменных и используя регрессионный анализ [6], легко можно отыскать их сочетание, отвечающее минимальному времени движения по лотку грузов различных типов.

Построенные описанным образом продольные профили лотков скорейшего спуска можно использовать для повышения производительности как существующих гравитационных транспортеров, путем их модернизации, так и создаваемых вновь, что при проектировании современного промышленного оборудования весьма актуально.

Список литературы

1. Лапкин Ю. П., Малкович А. Р. Перегрузочные устройства : справочник. Л. : Машиностроение, 1984. 274 с.
2. Богоявленский А. В., Храмов И. М. Транспортные и загрузочные устройства автоматизированного производства / под общ. ред. А. В. Богоявленского. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. 172 с.
3. Патент № 2773003 С1 Российская Федерация, МПК В65G 11/02, В65G 11/18. Гравитационный лоток : № 2021113723 : заявл. 14.05.2021 : опубл. 30.05.2022 / Я. Л. Либерман ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

4. *Шенк Х.* Теория инженерного эксперимента / пер. с англ. Е. Г. Коваленко ; под ред. Н. П. Бусленко. М. : Мир, 1972. 382 с.
5. *Спиридонов А. А.* Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М. : Машиностроение, 1981. 182 с.
6. *Солонин И. С.* Математическая статистика в технологии машиностроения. М. : Машиностроение, 1972. 216 с.

РАЗРАБОТКА КОЛЕСОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА ДЛЯ РЕМОНТА КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ И ВАГОНОВ БЕЗ ВЫКАТКИ

Я. Л. Либерман,

доц., канд. техн. наук,

С. Э. Баженов,

аспирант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В статье отмечается эффективность чернового шлифования после наплавки и перед обтачиванием или фрезерованием колесных пар в процессе ремонта. Предложена конструкция колесошлифовального станка, достоинством которого являются высокая производительность, возможность простого монтажа и смены инструмента, необходимого при комплексном ремонте колесных пар.

Ключевые слова: рельсовый транспорт, шлифование колесных пар, износ колесных пар, колесная пара, железнодорожный транспорт.

DEVELOPMENT OF A WHEEL GRINDING MACHINE FOR REPAIR OF WHEEL PAIRS OF LOCOMOTIVES AND CARS WITHOUT ROLLING OUT

The article notes the effectiveness of rough grinding after surfacing and before grinding or milling wheelsets during the repair process. The design of a wheel grinding machine is proposed, the advantage of which is high productivity, the possibility of simple installation and tool change necessary for complex repair of wheelsets.

Keywords: rail transport, wheelset grinding, wheelset wear, wheelset, railway transport.

Рельсовый транспорт является одним из наиболее распространенных видов транспорта, используемых для перевозки грузов и пассажиров. Качество его обслуживания напрямую связано с безопасностью перевозок, в частности это касается локомотивов и вагонов, ремонта их колесных пар.

Применяемые на сегодняшний день методы восстановления профиля колесных пар, а именно обтачивание или фрезерование поверхности катания без предварительной наплавки, сокращают ресурс колесных пар, поскольку количество переточек ограничено. Ранее был рассмотрен новый комплексный подход к ремонту колесных пар, осуществляемый без выкатки [1]. Он подразумевает ряд последовательных операций по восстановлению профиля колесной пары: выявление дефектов, наплавку поверхности катания и гребня, черновое шлифование и механическую обработку профиля резцом или фасонной фрезой. Колесотокарный и колесофрезерный станки защищены патентами [2, 3] соответственно, вариант комплекса для восстановления профиля колес представлен в монографии [4]. Обоснуем важность применения шлифования при комплексном восстановлении профиля колесных пар.

Цель работы – повышение эффективности ремонта рельсового транспорта за счет улучшения условий восстановления поверхности катания и гребня колесных пар, посредством применения чернового шлифования в комплексном технологическом процессе. Задачей является разработка колесошлифовального станка, который может быть применен для этой цели.

Предварительное шлифование поверхности катания и гребня после наплавки имеет ряд преимуществ. Обработка шлифовальным кругом позволяет снять дефектный слой металла, который характеризуется волнообразностью поверхности, а также включениями различной дисперсности. Удаление такого слоя позволяет исключить ударную нагрузку и снизить вибрации при дальнейшей чистовой обработке резцом или фасонной фрезой, что, в свою очередь, повышает точность обрабатываемой поверхности.

Сегодня шлифование поверхности катания колесных пар, как правило, производится в специальных цеховых условиях с выкаткой и без выкатки. Например, рассмотрим приспособление, защищенное патентом [5] (рис. 1).

В смотровой яме железнодорожного депо устанавливают две стойки 1 с подшипниками, их соединяют осью 2, на которой размещают плечо 3 с шлифовальным кругом 4 и электроприводом 5. Плечо 3 может перемещаться по оси 2.

Чтобы обеспечить контакт между шлифовальным кругом 4 и обрабатываемой поверхностью удаляют часть рельса. Применяют встречное шлифование. После обработки одной поверхности плечо 3 перемещают вдоль оси 2 и обрабатывают вторую.

Несмотря на достоинства такого приспособления, среди которых простота его конструкции, оно пригодно для ремонта только приводных колесных пар локомотива или вагона, кроме этого, обработку усложняет невозможность безопасного контроля обрабатываемой поверхности, поскольку рабочий во время обработки находится с другой стороны от оси 2 и не имеет возможности хотя бы визуально контролировать процесс шлифования; а также необходимость демонтирования рельса на длину 700–800 мм, при этом саму колесную пару требуется приподнять над поверхностью головки рельса для обеспечения ее вращения.

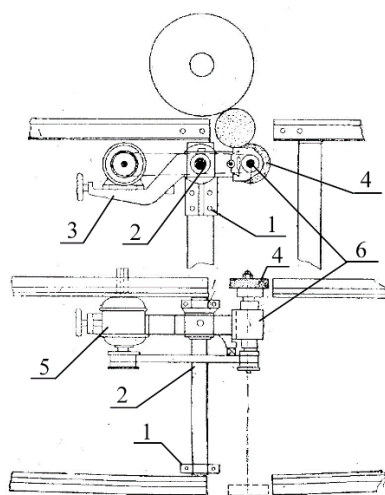


Рис. 1. Схема приспособления для шлифования бандажей колесных пар без выкатки [5]

Таким образом, очевидно, что рассмотренное выше устройство не может быть применено при комплексном ремонте колесных пар без существенных доработок, целью которого является обеспечение высокопроизводительного чернового шлифования поверхности колесных пар, выполняемое без выкатки. Далее рассмотрим предлагаемый нами колесошлифовальный станок, лишенный указанных выше недостатков.

Колесошлифовальный станок состоит из станины 1 (рис. 2) и стола с механизмом поперечной подачи 2, применяемых также для колесотокарного [2] и колесофрезерного [3] станков, стол перемещают по направляющим станины с помощью ходового винта 3 поворотом маховика 4, механизма поперечной подачи, который с помощью ходового винта 5 (рис. 3) и рукоятки 6 позволяет перемещать асинхронный электродвигатель 7. Последний имеет специальные хвостовики с конусным участком, на которые устанавливается фасонный шлифовальный круг 8, фиксация круга в осевом направлении обеспечивается шайбой 9 и гайкой 10, а также специальной втулкой 11 (рис. 4), имеющей буртик и отверстие с обратным конусом для установки втулки на валу двигателя.

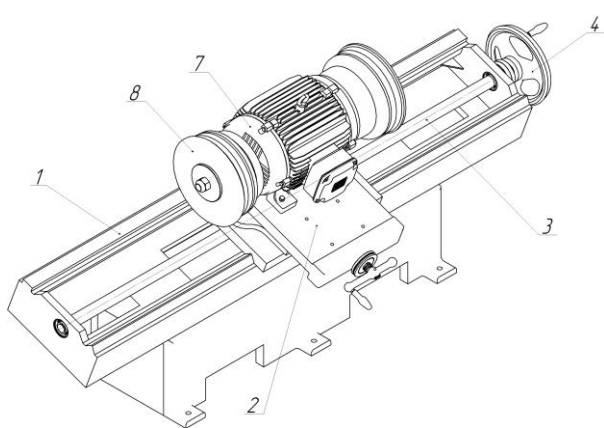


Рис. 2. Общий вид колесошлифовального станка

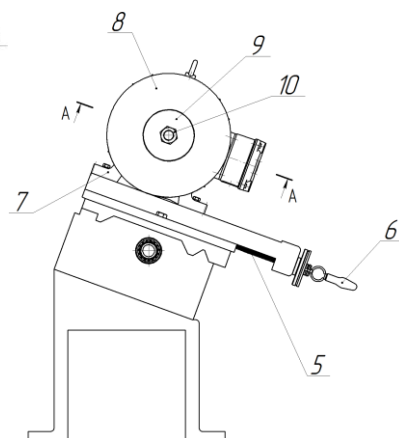


Рис. 3. Вид слева

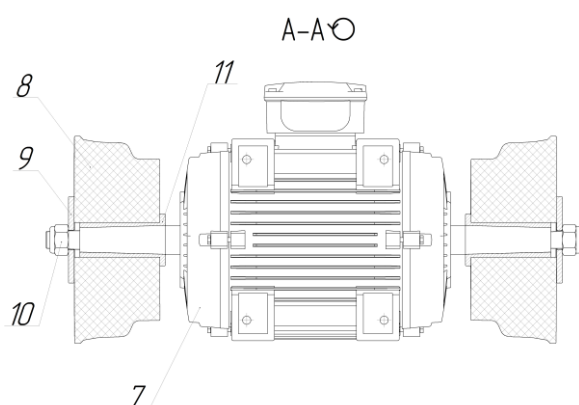


Рис. 4. Разрез А-А

Перед эксплуатацией станок размещают в смотровой яме железнодорожного депо так, чтобы ось вращения шлифовального круга была параллельна оси колесной пары, затем включают привод колесной пары и инструмента, подачу

регулируют вручную, после чего начинают обработку. После обработки одного колеса стол перемещают по направляющим и с помощью другого круга выполняют шлифование второго колеса.

Значительным преимуществом такого станка перед рассмотренным выше оборудованием является его простой монтаж в смотровой яме, унифицированная станина, которая позволяет заменить шлифовальную головку на резцедержатель или на фрезерную головку в зависимости от требуемой обработки. Применение фасонного инструмента позволяет увеличить производительность за счет обработки сразу всей поверхности катания и снизить временные затраты на настройку станка, исключив применение продольной подачи.

В статье предложена конструкция колесошлифовального станка, который может быть применен при комплексном восстановлении профиля колесных пар локомотивов и вагонов без выкатки [1]. Техническим результатом разработки такого станка являются повышение точности обработки и производительности. Первый достигается за счет применения одного общего привода, который позволяет обрабатывать поверхности катания и гребня с одинаковой точностью, а второй – за счет применения фасонного шлифовального круга. Таким образом, разработанный станок полностью соответствует требованиям к обработке, и его применение целесообразно в современном железнодорожном депо.

Список литературы

1. *Либерман Я. Л., Баженов С. Э.* Комплексный подход к ремонту колесных пар локомотивов и вагонов без выкатки // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : IV Всерос. науч.-практ. конф. : сб. ст. (Екатеринбург, 16 декабря 2022 года). Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 157–161.
2. Пат. на изобретение №2732041 РФ. Устройство для обработки колесных пар / Я. Л. Либерман, С. Э. Баженов ; заявл. 23.10.2019 ; опубл. 10.09.2020, Бюл. № 25. 9 с.
3. Пат. на изобретение № 2772881 РФ. Устройство для фрезерной обработки колесных пар локомотивов и вагонов / Я. Л. Либерман, С. Э. Баженов ; заявл. 08.09.2021 ; опубл. 26.05.2022, Бюл. № 15. 11 с.

4. *Либерман Я. Л., Баженов С. Э.* Новое оборудование для механической обработки колесных пар вагонов и локомотивов без выкатки : монография. СПб. : ИПЦ BooksNonStop, 2022. 140 с. ISBN 978–5–9965–2410–5.

5. Пат. на изобретение SU 33420. Приспособление для шлифования бандажей железнодорожных колесных пар без выкатывания / И. И. Подхалюзин ; заявл. 28.12.1932 ; опубл. 30.11.1933, Бюл. № 5/46. 2 с.

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА

Д. С. Логиновских¹,
аспирант,

Ю. А. Лагунова^{1,2},
проф., д-р техн. наук

¹Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург,

Целью работы является обзор конструкций опорно-поворотного устройства карьерного экскаватора. Изучение особенностей механизма поворота. Выявление существующих недостатков, негативно влияющих на эффективную эксплуатацию экскаватора.

Ключевые слова: карьерный экскаватор, механизм поворота, особенности и недостатки конструкций механизмов поворота.

FEATURES OF THE ROTATION MECHANISM OF THE QUARRY EXCAVATOR

The purpose of the work is to review the designs of the support and rotary device of a quarry excavator. Study of the features of the rotation mechanism. Identification of existing shortcomings that negatively affect the efficient operation of the excavator.

Keywords: quarry excavator, turning mechanism, features and disadvantages of turning mechanism designs.

Горнодобывающая промышленность России на сегодняшний день характеризуется интенсивным развитием открытого способа разработки полезных ископаемых. Для горнодобывающей промышленности, являющейся одной из трудоемких отраслей, повышение производительности труда имеет актуальное значение.

Карьерные экскаваторы (рис. 1) предназначены для отработки высоких уступов и погрузки породы в транспортное средство. Экскаватор может быть использован для перемещения вскрышных пород и отходов обогащения в отвалы.

Экскаватор состоит из рабочего оборудования, поворотной платформы с установленными на ней механизмами и ходовой тележки.

Поворотная платформа опирается на ходовую тележку через опорно-поворотное устройство (ОПУ), состоящее из зубчатого венца, роликового круга и центральной цапфы.

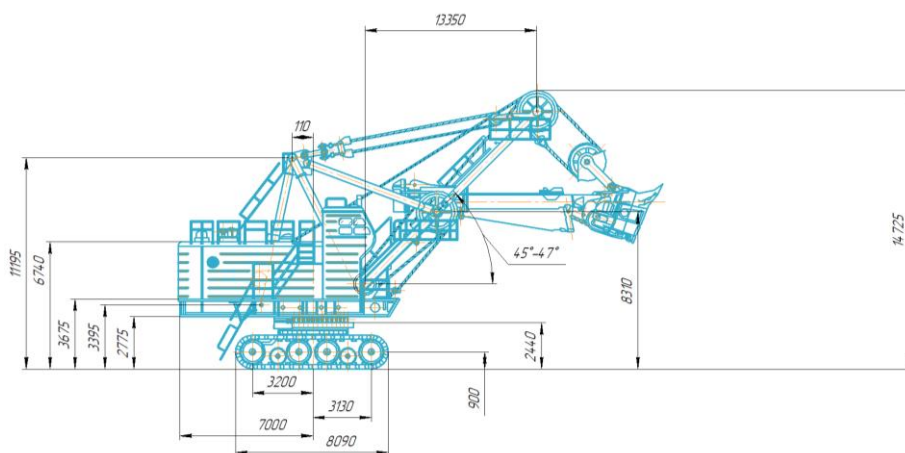


Рис. 1. Общий вид карьерного экскаватора с канатным механизмом напора

Поворотный механизм экскаватора служит для вращения поворотной платформы с расположенными на ней механизмами и рабочим оборудованием. Поворотный механизм состоит из двух редукторов вертикального исполнения, на которые установлены по одному приводному электродвигателю с тормозом, установленным на верхнем подшипниковом щите двигателя.

ОПУ (рис. 2) служит для восприятия вертикальных и горизонтальных составляющих нагрузок, действующих на поворотную платформу, передачи этих нагрузок или их части на раму ходового устройства, обеспечения опирания поворотной платформы через опорно-поворотный круг (или направляющие) на базу или раму ходового устройства, вращения поворотной платформы с минимальными сопротивлениями относительно базовой части экскаватора. Центральная цапфа воспринимает горизонтальные усилия и моменты, а также силы, отрывающие платформу от опорного круга [1].

ОПУ можно разделить на следующие группы:

- по типу опорных элементов (катки, шарики и ролики);
- по типу устройства, в которых силы передаются непосредственно через опорные элементы (многоопорные);
- по типу устройства, в которых передача осуществляется на опорные элементы через дополнительные механизмы (оси, балансиры, гидродомкраты) [2].

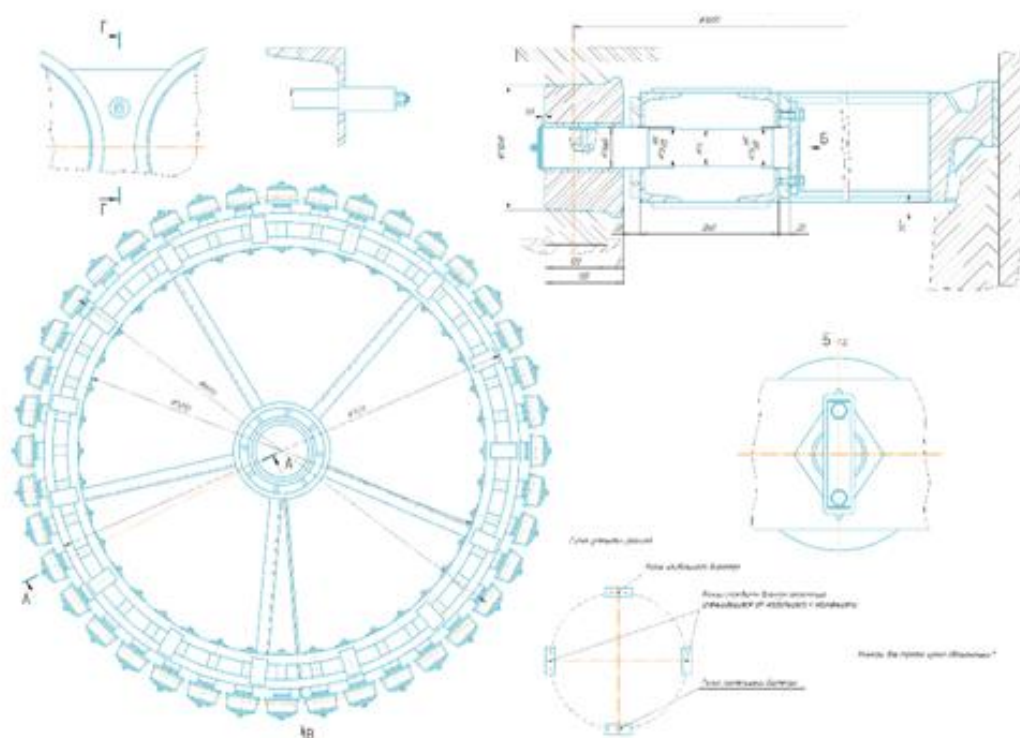


Рис. 2. Опорно-поворотное устройство

Рассмотрим существующие недостатки механизма поворота. После комплексного изучения ряда существующих патентов в Федеральном институте промышленной собственности и изучения технологических карт и карт дефектов были выявлены следующие недостатки:

- сложность конструкции;
- технологически сложный монтаж тел вращения в нижней неподвижной части;
- низкий КПД привода, обусловленный потерями мощности в многочисленных кинематических парах;

– высокий уровень трения между опорным катком и осью сепаратора.

Указанные недостатки негативно влияют на производственные процессы. Для стабильной работы экскаватора приходится часто проводить техническое обслуживание механизма поворота, что увеличивает простои оборудования и снижает эффективность работы в целом.

Одним из вариантов решения проблем трения является идея использования ферромагнитных материалов.

Опорно-поворотное устройство (рис. 3) состоит из центральной цапфы 1,

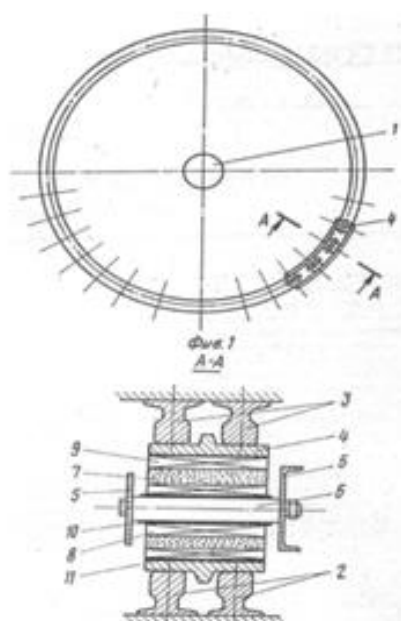


Рис. 3. Опорно-поворотное устройство [4]

нижнего 2 и верхнего 3 двухрельсовых кругов катания, опорных катков 4, заключенных в обойму 5 и посаженных на ось 6 через пространство, заполненное слоем 7 ферромагнитных частиц. На каждую ось 6 и в отверстие катка 4 напрессованы две втулки 8 и 9, выполненные из материала со свойствами постоянного магнита, одноименные полюсы которых контактируют с феррочастицами. Для изоляции магнитного поля, создаваемого этими втулками, от ферромагнитных материалов оси 6 и катка 4 предусмотрены две втулки, выполненные из антиферромагнитного материала, например из хрома, одна из

которых, втулка 10, запрессована между осью 6 и магнитной втулкой 8, другая – втулка 11 – между катком 4 и магнитной втулкой 9 [3, 4].

Вывод. В предлагаемой конструкции опорно-поворотного устройства уменьшается трение между опорным катком и осью сепаратора, такое выполнение опорно-поворотного устройства не требует применения смазочных средств, тем самым увеличивается межремонтный период и снижается время простоев оборудования.

Список литературы

1. *Подэрни Р. Ю.* Горные машины и комплексы для открытых горных работ : учебник для вузов. М. : Недра, 1985, 544 с.
2. *Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Шестаков В. С.* Проектирование карьерных экскаваторов. М. : Инновац. машиностроение, 2017. 232 с.
3. Патент № 2187603 С1 Российская Федерация, МПК E02F 9/12. механизм поворота платформы экскаватора : № 2001113223/03 : заявл. 14.05.2001 : опубл. 20.08.2002 / Б. С. Собченко, В. В. Самохин, В. В. Самохвалов, А. Н. Пещеров ; заявитель Открытое акционерное общество Липецкий опытно-экспериментальный завод «Гидромаш».
4. Патент № 2425193 С2 Российская Федерация, МПК E02F 9/12, B66C 23/84. опорно-поворотное устройство карьерного экскаватора : № 2008153053/03 : заявл. 25.12.2008 : опубл. 27.07.2011 / П. И. Немировский, А. В. Веденяпин, Н. И. Костюкович ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ИЗ-КАРТЭКС» (ООО «ИЗ-КАРТЭКС»).

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ПРИВОДОВ КОНВЕЙЕРОВ С ГИБКИМ ТЯГОВЫМ ОРГАНОМ

А. А. Реутов,
проф., д-р техн. наук,

М. С. Панчук,
аспирант,

А. М. Лыч,
аспирант

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Предложен метод определения оптимального количества приводов, их типа, мощности и мест установки. Критерием оптимальности является суммарная стоимость приводов и тягового органа. Оптимизация происходит итерационно с корректировкой исходных данных.

Ключевые слова: конвейер, привод, тяговый орган, оптимизация, критерий.

OPTIMIZATION OF CONVEYOR DRIVE SYSTEMS WITH FLEXIBLE TRACTION BODY

A method is proposed for determining the optimal number of drives, their type, power and installation locations. The optimality criterion is the total cost of the drives and traction element. Optimization occurs iteratively with adjustments to the initial data.

Keywords: conveyor, drive, traction element, optimization, criterion.

Конвейеры с гибким тяговым органом (цепью, канатом, лентой) могут быть оснащены несколькими приводами разных типов. Целью работы является разработка метода определения оптимального количества приводов, их типа, мощности и мест установки.

Под системой приводов (СП) понимается совокупность всех приводных блоков конвейера. Поскольку параметры СП конвейера связаны с параметрами

тягового органа (ТО) [1], в качестве критерия оптимальности СП C_K примем сумму стоимостей приводов C_n и тягового органа C_{TO} .

$$C_K = C_n + C_{TO}.$$

Оптимальную схему приводов выбирают из известных и апробированных схем приводов (множества альтернатив), соответствующих ограничениям технического задания [2]. Предложена методика выбора оптимального привода для типового ленточного конвейера при неопределенных параметрах трассы [3].

В разрабатываемом методе область допустимых значений критерия оптимальности представим с использованием дискретных множеств

$$C_n = \{C_{ni}\}, \quad i = 1 \dots N_n; \quad C_{TO} = \{C_{Tj}\}, \quad j = 1 \dots N_T,$$

где C_{ni} – стоимость i -го варианта СП, C_{Tj} – стоимость j -го варианта тягового органа, N_n и N_T – число вариантов СП и ТО.

Будем считать, что для конкретного конвейера стоимость ТО определяется его типом T_{Tj} и допустимой величиной его натяжения $[S_j]$, а стоимость привода – его типом T_i и номинальной величиной силы тяги $[F_i]$. Таким образом, существует зависимость C_K от параметров T_{Tj} , $[S_j]$, T_i , $[F_i]$

$$C_K = C_K(T_{Tj}, [S_j], T_i, [F_i]).$$

Оптимизируемыми параметрами задачи являются T_{Tj} , $[S_j]$, T_i , $[F_i]$.

Фиксированными параметрами (исходными данными) задачи являются геометрические параметры трассы конвейера, распределение сопротивления движению ТО вдоль трассы.

Перечислим ограничения, которые необходимо учитывать при оптимизации. Для типовых и серийно выпускаемых ТО и узлов приводов параметры T_{Tj} , $[S_j]$, T_i , $[F_i]$ также являются дискретными множествами.

Сумма номинальных величин сил тяги приводов F_Σ не должна быть меньше суммарного сопротивления движению ТО W_Σ , то есть $F_\Sigma \geq W_\Sigma$.

Сила тяги каждого привода ограничена либо прочностью ТО, либо предельным сцеплением приводного элемента с ТО.

Сила натяжения ТО по всей длине конвейера должна находиться в допустимых пределах.

Для решения задачи оптимизации СП разделим трассу конвейера произвольно на n участков. Точки, разделяющие соседние участки, пронумеруем последовательно от 0 до n в направлении движения ТО.

Будем считать, что в одной из точек, например k , установлено натяжное устройство, а в остальных точках – приводы. Исключим точки, в которые приводы не могут быть установлены по производственным и техническим условиям.

Из условия равновесия участков ТО, определим силы натяжения ТО S_i на границах участков $S_k = S_0$; $S_i = S_{i-1} + W_i - F_i$; $i = 1 \dots n$; $i \neq k$, где W_i – сила сопротивления движению на i -м участке, F_i – сила тяги в i -й точке.

Таким образом, к оптимизируемым параметрам добавились еще два: k и S_0 с ограничениями $0 \leq k \leq n$ и $S_{\min} \leq S_0 \leq [S_j]$, где $S_{\min}$ – минимально допустимое натяжение ТО.

Объединив индексы, обозначающие вариант ТО и номер точки трассы, обозначим величину натяжения j -го варианта тягового органа в i -й точке трассы как S_{ji} . Аналогично F_{ji} – величина силы тяги j -го варианта привода, установленного в i -й точке трассы.

Решение задачи оптимизации СП можно считать удачным, если в большинстве точек трассы приводы не требуются. Однако для конвейеров со сложной трассой возможны решения с большим количеством приводов, установленных вдоль трассы. В этом случае необходима интерактивная корректировка исходных данных. Точки трассы, в которых приводы имеют небольшие силы тяги ($F_{ji} \leq F_0$), удаляют, а смежные участки объединяют. Пороговое значение силы тяги F_0 устанавливают, исходя из требуемой точности решения. Затем задачу решают заново. Оптимизация СП происходит итерационно, пока не останется приемлемое количество приводов. Чтобы при интерактивной корректировке исходных данных не пропустить глобальный минимум, на каждой итерации целесообразно удалять не более 10 % точек трассы.

Выводы. Предложен метод определения оптимального количества приводов, их типа, мощности и мест установки. Критерием оптимальности является сумма стоимостей приводов и тягового органа. Сформулированы ограничения,

которые необходимо учитывать при оптимизации. Оптимизация СП происходит итерационно с корректировкой исходных данных. Рекомендовано на каждой итерации удалять не более 10 % расчетных точек трассы конвейера. Описанный метод оптимизации СП можно назвать «Метод лишних приводов».

Список литературы

1. *Реутов А. А.* Моделирование приводов ленточных конвейеров. Брянск : БГТУ, 2011. С. 111–116.
2. *Реутов А. А.* Выбор схемы приводов ленточного конвейера с использованием нечетких значений критериев // Вестн. Брянск. гос. техн. ун-та. 2018. № 2 (63). С. 4–11. DOI 10.12737/article_5ac49dc2b336e4.04586141.
3. *Реутов А. А.* Оптимизация приводов типовых ленточных конвейеров при неопределенности трассы // Горн. информ.-аналит. бюллетень. 2008. № 7. С. 338–341.

ОЦЕНКА СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛЕНТЫ УКЛОННОГО КОНВЕЙЕРА

М. С. Панчук,

аспирант,

А. А. Реутов,

проф., д-р техн. наук

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Рассмотрено распределение силы растяжения ленты вдоль трассы уклонного конвейера с устройством дополнительного сопротивления на порожняковой ветви в виде электрогенератора. Показано, что установка устройства дополнительного сопротивления на порожняковой ветви конвейера целесообразна, когда нет возможности достаточно натянуть ленту с помощью натяжного барабана.

Ключевые слова: ленточный конвейер, порожняковая ветвь, прочность, натяжной барабан.

EVALUATION OF THE METHOD FOR REDUCING BELT STRENGTH OF SLOPE CONVEYOR

The distribution of the belt tensile force along the route of an inclined conveyor with an additional resistance device on the empty branch in the form of an electric generator is considered. It is shown that installing an additional resistance device on the empty branch of the conveyor is advisable when it is not possible to sufficiently tension the belt using a tension drum.

Keywords: belt conveyor, empty branch, strength, tension drum.

На открытых горных разработках ленточные конвейеры (ЛК) устанавливают на бортах карьеров для подъема вскрышных пород и полезных ископаемых. При установке привода в верхней части ЛК сила натяжения ленты грузовой ветви возрастает по направлению движения, а на порожней ветви может уменьшаться. На рис. 1 представлена упрощенная расчетная схема уклонного ЛК с одним приводным барабаном.

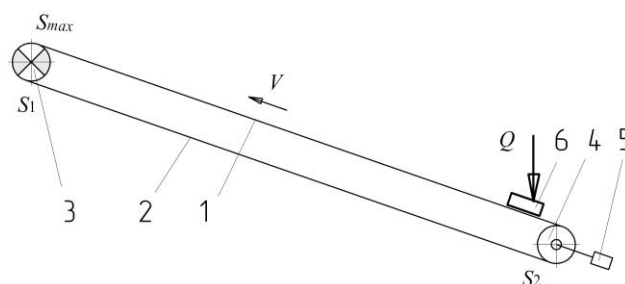


Рис. 1. Упрощенная схема уклонного ЛК (1 и 2 – грузовая и порожняковая ветви ленты, 3 и 4 – приводной и натяжной барабаны, 5 – натяжное устройство, 6 – устройство загрузки, V – направление движения ленты, Q – поступающий на ЛК грузопоток)

Наибольшее натяжение $S_{\max}$ конвейерная лента имеет в месте набегания на приводной барабан 3. Целью работы является анализ возможности снижения $S_{\max}$ при установке на порожняковой ветви конвейера устройства дополнительного сопротивления.

Для создания достаточной силы тяги приводного барабана необходимо обеспечить силу натяжения ленты S_1 в точке сбега с приводного барабана

$$S_1 = kF_{\Sigma}/(e^{\mu\alpha} - 1), \quad (1)$$

где k – коэффициент запаса силы тяги, F_{Σ} – суммарная сила сопротивления движению ленты, μ – коэффициент трения ленты по поверхности приводного барабана, α – угол охвата лентой приводного барабана.

Силу натяжения ленты в хвостовой части конвейера S_2 вычисляют через силу S_1 и силу сопротивления движению ленты на порожняковой ветви F_{Π}

$$S_2 = S_1 + F_{\Pi}, \quad F_{\Pi} = q_0L(\omega_{\Pi}\cos\beta - \sin\beta),$$

где q_0 – погонный вес ленты (Н/м), ω_{Π} – коэффициент сопротивления движению порожняковой ветви ленты, β – угол наклона конвейера к горизонту, L – длина конвейера (м).

Если угол $\beta > \arctg\omega_{\Pi}$, сила натяжения ленты в хвостовой части конвейера S_2 меньше силы натяжения ленты, сбегающей с приводного барабана S_1 . Для ограничения провисания ленты между роlikоопорами порожняковой ветви необходимо выполнение условия $S_2 \geq [S_{\Pi}]$ [1]. Аналогичное условие необходимо

соблюдать и для грузовой ветви $S_3 \geq [S_r]$. Здесь S_3 – сила натяжения ленты грузовой ветви, $[S_n]$ и $[S_r]$ – минимальные допустимые силы натяжения ленты порожняковой и грузовой ветвей.

В ряде случаев выполнение условий ограничения провисания ленты требует большего натяжения ленты в хвостовой части конвейера, чем условие (1). Это приводит к увеличению силы натяжения ленты по всему контуру. В результате возрастает S_{max} , и ЛК оснащают более прочной лентой. Эти случаи определяются неравенствами

$$S_1 + F_n < [S_n], \text{ или } k F_{\Sigma} / (e^{\mu\alpha} - 1) + F_n - \sin\beta + F_{нб} < [S_r],$$

где $F_{нб}$ – сила сопротивления движению ленты на натяжном барабане.

При наличии перегиба трассы ЛК выпуклостью вверх установка на грузовой ветви промежуточного линейного привода с тяговой лентой позволяет снизить S_{max} [2].

Для снижения S_{max} предложено устанавливать на порожняковой ветви конвейера устройство дополнительного сопротивления в виде двух дополнительных барабанов, соединенных с электрогенератором (рис. 2) [3].

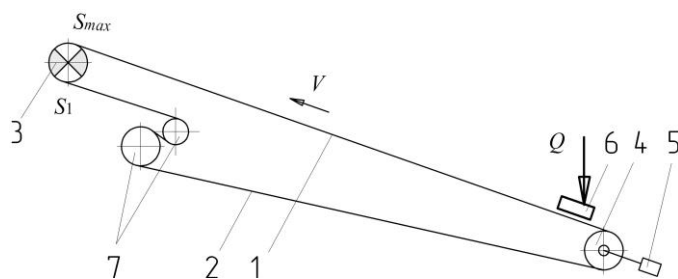


Рис. 2. Упрощенная схема уклонного ЛК с электрогенератором на порожняковой ветви (1 и 2 – грузовая и порожняковая ветви ленты, 3 и 4 – приводной и натяжной барабаны, 5 – натяжное устройство, 6 – устройство загрузки, 7 – дополнительные барабаны)

Электрогенератор целесообразно устанавливать в зоне большего натяжения порожняковой ветви, то есть ближе к приводу конвейера. Электроэнергия, вырабатываемая электрогенератором, возвращается в систему электропитания и управления конвейером.

Сила дополнительного сопротивления движению ленты на порожняковой ветви F_a обеспечит выполнение условий ограничения провисания ленты, если

$$F_a \geq [S_{\Pi}] - S_1 - F_{\Pi}, \text{ или } F_a \geq [S_{\Gamma}] - S_1 - F_{\Pi} - F_{\text{нб}}.$$

Например, для уклонного конвейера длиной $L = 120$ м, установленного под углом $\beta = 18^\circ$, $[S_{\Pi}] = 3,6$ кН, $[S_{\Gamma}] = 10,86$ кН, $\mu = 0,4$, $k = 1,1$, $F_{\Sigma} = 91,63$ кН, $F_{\Pi} = -4,86$ кН, $F_{\text{нб}} = 175$ Н. Тогда при $\alpha = 180^\circ$ $S_1 = 16,38$ кН и по условиям ограничения провисания ленты дополнительное сопротивление не требуется. При $\alpha = 270^\circ$ $S_1 = 7,37$ кН и необходимо дополнительное сопротивление $F_a \geq 7,44$ кН для ограничения провисания ленты грузовой ветви.

Независимо от наличия дополнительного сопротивления движению ленты на порожняковой ветви

$$S_{\max} = [S_{\Pi}] + F_{\text{нб}} + F_{\Gamma}, \text{ или } S_{\max} = [S_{\Gamma}] + F_{\Gamma},$$

где F_{Γ} – сила сопротивления движению грузовой ветви ленты.

Таким образом, дополнительное сопротивление на порожняковой ветви увеличивает необходимую мощность привода, но не снижает максимального натяжения конвейерной ленты $S_{\max}$. Установка устройства дополнительного сопротивления на порожняковой ветви ЛК целесообразна, когда нет возможности достаточно натянуть ленту с помощью натяжного барабана.

При установке привода в нижней части ЛК натяжной барабан может быть размещен между хвостовым приводным барабаном и загрузочным устройством.

Если угол $\beta > \arctg \omega_{\Pi}$, максимальная сила натяжения ленты будет в верхней части конвейера. На порожняковой ветви натяжение ленты уменьшается по направлению движения, но ограничение провисания ленты между роlikоопорами необходимо контролировать в начале грузовой ветви. Натяжение ленты в точке сбегания с приводного барабана должно обеспечить достаточную силу тяги приводного барабана (1). Тогда

$$S_{\max} = k F_{\Sigma} / (e^{\mu\alpha} - 1) + F_{\Gamma}, \text{ или } S_{\max} = [S_{\Gamma}] + F_{\Gamma}.$$

Суммарная сила сопротивления движению ленты F_{Σ} из-за размещения дополнительных натяжного и отклоняющих барабанов между хвостовым приводным барабаном и загрузочным устройством увеличивается, поэтому установка

привода в нижней части ЛК не снижает проектную прочность конвейерной ленты.

Выводы. При больших углах наклона конвейера к горизонту ($\beta > \arctg \omega_{\text{п}}$) натяжение ленты в хвостовой части конвейера определяют по условию ограничения провисания ленты между роlikоопорами. Это приводит к увеличению силы натяжения по всему контуру ленты и использованию более прочной конвейерной лентой. Показано, что снижение проектной прочности конвейерной ленты не может быть достигнуто установкой на порожняковой ветви конвейера устройства дополнительного сопротивления в виде электрогенератора. Установка устройства дополнительного сопротивления на порожняковой ветви ЛК целесообразна, когда нет возможности достаточно натянуть ленту с помощью натяжного барабана. Установка привода в нижней части ЛК также не снижает проектную прочность конвейерной ленты.

Список литературы

1. *Зенков Р. Л., Ивашков И. И., Колобов Л. Н.* Машины непрерывного транспорта. М. : Машиностроение, 1987. С. 146.
2. *Реутов А. А.* Моделирование приводов ленточных конвейеров. Брянск : БГТУ, 2011. С. 111–116.
3. Патент № 2671794 С1, Российская Федерация, МПК В65G 23/44. Электрический привод уклонного ленточного конвейера. Заявл. 15.01.2018, опуб. 06.11.2018. Бюл. № 31.



**V Всероссийская научно-практическая
конференция
«Инновационное развитие техники и технологий
наземного транспорта»**

3 СЕКЦИЯ

**«Проблемы
инновационного развития экономики
и информационных технологий
в машиностроении»**

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С. А. Банных,

инженер

Управление военных представительств Министерства обороны
Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

В статье рассмотрены актуальные вопросы по использованию аддитивных технологий при производстве, снижении себестоимости изготовления изделий, комплексного снижения трудоемкости на примере вспомогательного оборудования для ремонта военной техники с применением модернизированных стендов для ремонта, разборки и сборки двигателей и агрегатов.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, себестоимость, трудоемкость, оборонно-промышленный комплекс, вспомогательное оборудование, стенды.

REDUCING THE COST OF MANUFACTURING COMPONENTS USING ADDITIVE TECHNOLOGIES

The article deals with topical issues on the use of additive technologies in production, reduction of the cost of their manufacture, comprehensive reduction of labor intensity on the example of auxiliary equipment for the repair of military equipment with the use of upgraded stands for the repair, disassembly and assembly of engines and aggregates.

Keywords: additive technologies, cost, labor intensity, military-industrial complex, auxiliary equipment, stands.

В наше время технологические достижения играют огромную роль в различных сферах жизни. Например, в индустрии и производстве технологии развиваются в быстром темпе, и одним из наиболее многообещающих направлений являются аддитивные методики. Эти способы позволяют создавать изделия путем добавления материала послойно, что помогает значительно уменьшить время и расходы на производство. Важным достоинством аддитивных методик

является уменьшение стоимости изготовления изделий. Используя 3D-печать, можно создавать сложные геометрические формы, что невозможно сделать традиционными методами. Это позволяет значительно снизить затраты на проектирование и создание изделий, а также экономит время на их создание, в частности, при изготовлении блока управления стенда для разборки и сборки автомобильных двигателей и агрегатов [1, с. 41].

Помимо этого, применение аддитивных технологий дает возможность создавать детали из разных материалов, что позволяет выбрать наиболее подходящий для определенного проекта. Это также сокращает издержки на производство, поскольку не нужно закупать множество разных видов материалов. Еще одним значительным преимуществом аддитивных технологий является возможность быстрого внесения изменений в конструкцию детали, что также уменьшает стоимость производства. Если в традиционном производстве внесение корректировок требует значительных затрат времени и ресурсов, то при использовании 3D-печати это возможно сделать быстро и без существенных затрат. В ходе проведенного технологического аудита и анализа материальной базы и ремонтного фонда производственных предприятий и заводов были выявлены участки, на которых отсутствует вспомогательное оборудование. Обосновано внедрение стендов нового образца с возможностью осуществлять вращение ремонтных изделий в пространстве, а также доукомплектование цехов оборудованием для 3D-печати [2, с. 28].

Чтобы уменьшить затраты труда на производство деталей с использованием аддитивных технологий, следует применить следующие методы:

1. Автоматизация процесса: использование автоматизированного оборудования и 3D-принтеров сокращает временные и трудовые издержки на создание деталей.

2. Оптимизация процесса: улучшение процесса 3D-печати через оптимизацию настроек печати, выбор подходящего материала и типа оборудования снижает время производства и уменьшает трудозатраты.

3. Обучение персонала: обучение сотрудников новым техникам и методам

работы повышает их эффективность и сокращает время на выполнение задач.

4. Применение цифровых моделей: создание цифровых моделей деталей снижает вероятность ошибок и сокращает время производства.

5. Использование передовых материалов: применение новых материалов с улучшенными свойствами сокращает время обработки и снижает трудоемкость.

6. Интеграция с другими процессами: интеграция аддитивных технологий с другими производственными процессами снижает трудозатраты и повышает производительность.

Однако, несмотря на все достоинства аддитивных технологий, использование их требует определенных умений и знаний. По этой причине до начала применения данных методик необходимо провести изучение затрат, оценить расходы на оборудование, материалы и подготовку специалистов. Также нужно учесть, что аддитивные технологии не всегда способны заменить традиционные методики производства. В определенных ситуациях использование традиционных методик может быть более выгодным с экономической точки зрения [3, с. 209]. Тем не менее аддитивные технологии продолжают активно развиваться и обретать все большую популярность, что свидетельствует об их перспективности и возможностях уменьшения стоимости производства деталей в дальнейшем.

В итоге можно сказать, что аддитивные технологии представляют собой перспективное направление в производстве и позволяют существенно снизить стоимость создания деталей. Но для успешного применения этих технологий требуется проводить исследование затрат, обучать сотрудников и принимать во внимание особенности каждого отдельного проекта. Невзирая на то, что иногда традиционные методы производства оказываются более выгодными, аддитивные технологии будут продолжать развиваться и совершенствоваться, благодаря чему можно будет снизить издержки на изготовление продукции и повысить ее качество в будущем.

Список литературы

1. *Bannyih S. A.* Improvement of the stand for disassembly and assembly of engines and components // Journal of Advanced Research in Natural Science. 2019. № 7. 41 p.
2. *Банных С. А.* Технологический аудит как метод повышения качества оборонной продукции и снижения трудоемкости // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : сб. ст. IV Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2023. С. 27–29.
3. *Банных С. А., Огнев И. Г., Огнев И. И.* К вопросу об эффективности использования вспомогательного оборудования для ремонта вооружения и военной техники: динамика развития системы военного образования // Материалы Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 75-й годовщине военной подготовки в Омск. гос. техн. ун. Омск, 2019. С. 207–209.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОБОК ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ МЕТОДАМИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

В. И. Кондратьев,

доцент

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Работа посвящена разработке и совершенствованию проектирования технологии изготовления деталей способами листовой штамповки. Предложены ряд формул для расчета параметров заготовок, переходов для вытяжки без утонения низких треугольных коробок без фланца и разработан программный модуль формирования чертежей детали и заготовки и карты эскизов, который включен в состав САПР.

Ключевые слова: штамповка, методика, САПР, модуль, заготовка, технология, параметры, деталь, объем, проектирование, коробка, алгоритм, совершенствование, карта эскизов.

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AND THE PROGRAM MODULE FOR DESIGNING TECHNIQUES OF MANUFACTURING BOXES OF THE TRIANGULAR FORM USING METHODS OF SHEET PUNCHING

The work theme is devoted working out and perfection of designing of manufacturing techniques of details by ways of sheet punching. Are offered a number of formulas for calculation of parametres of preparations, transitions for an extract without утонения low triangular boxes without a flange and the program module of formation of drawings of a detail and preparation and a card of sketches, which включен in structure SAPR is developed.

Keywords: punching, a technique, CAD, the module, preparation, technology, parametres, a detail, volume, open, designing, a box, algorithm, perfection, a card opening.

Интенсивно развивающиеся процессы листовой штамповки в машиностроении требуют совершенствования существующих и создания новых

методик расчета технологических параметров.

Рассмотрим процесс вытяжки низких треугольных коробок (рис. 1), которые вытягивают за одну или две операции [1].

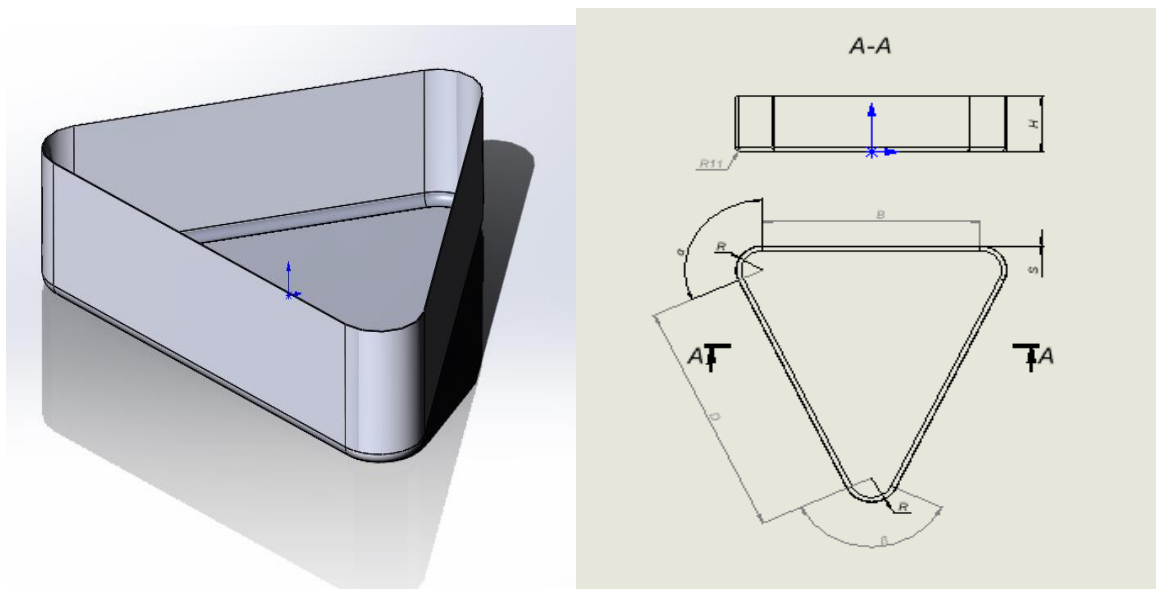
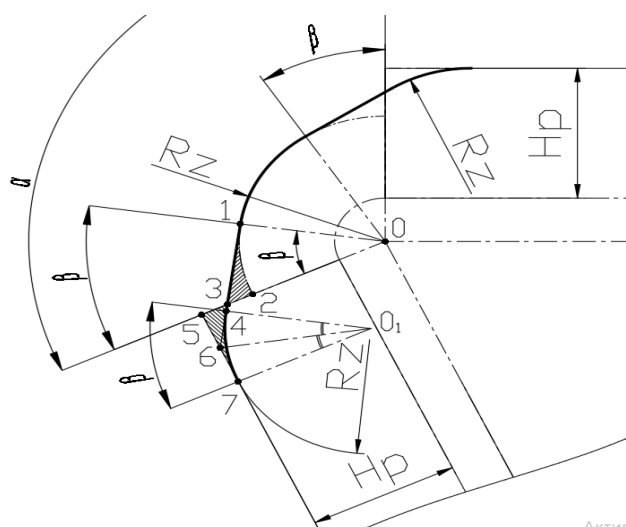


Рис. 1. Коробка треугольной формы

Расчет параметров заготовок реализован с учетом равенства объемов готовой коробки и заготовки. Для определения размеров заготовки принимается следующая модель. Так, в углах осуществляется процесс вытяжки, подобный вытяжке стакана с радиусом, равным радиусу скругления коробки в этом углу (R) (рис. 2).



Радиус заготовки в углу определяется по следующей зависимости

$$R_z = \sqrt{\frac{V_{ст}}{4\pi S}},$$

Рис. 2. Определение размеров заготовки

где

$$V_{\text{ст}} = \pi \left\{ (R_2 - R_1)^2 S + \frac{2}{3} [(R_1 - S)^3 - R_1^3] + \frac{\pi}{2} (R_2 - R_1) [(R_1 - S)^2 - R_1^2] \right\} + \pi S (H - R_1 - S) (2R_2 + S),$$

где $R_1 = R_{11} - S$, $R_2 = R - S$.

На прямолинейных участках коробки заготовка деформируется способом гибки. На основании этого допущения параметр H_p (рис. 2) принимает следующее значение

$$H_p = \pi \frac{(R_{11} - \frac{S}{2})}{2} + H - R_{11}.$$

Для обеспечения плавного сопряжения отгибаемого участка с вытягиваемым нужно провести касательную к дуге под углом β и выполнить скругление радиусом R_z (дуга 4-7). Значение угла β определяется из условия равенства прибавляемой (1-2-3) и отнимаемой (3-5-7) площадей по полученной зависимости.

$$1/2 \cdot R_z^2 \cdot \text{tg}(\beta) = \frac{[H_p + (R - R_{11}) - R_z / \cos(\beta)]^2}{2 \cdot \text{tg}(\beta)} + 2 \cdot R_z^2 \cdot \text{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right).$$

С учетом [2] принимаем следующую методику расчета параметров переходов. Определяем форму промежуточного перехода подобную готовой детали, но с меньшей высотой и большим радиусом в углах, рассчитываемым в соответствии с коэффициентом вытяжки с объемом равным объему коробки.

Коэффициент вытяжки промежуточной операции определим из соотношений [2]:

$$m_{1\text{пр}} = \frac{R_{21}}{R_z} \text{ и } m_{2\text{пр}} = R/R_{21},$$

где R_{21} – угловой радиус промежуточного перехода.

Значения коэффициентов вытяжки берутся на основании [2] и других опытных данных.

Приведем алгоритм расчета параметров переходов.

1. Рассчитываем фактический коэффициент вытяжки $m_{\text{ст}} = R/R_z$.

2. Проверяем возможность вытяжки детали за один переход, т. е. если условный коэффициент вытяжки $m_{\text{ст}}$ равен или больше допустимого, делаем вывод о конце алгоритма.

3. Если фактический коэффициент вытяжки меньше допустимого, то для изготовления детали требуются дополнительные переходы, определяем радиус первого перехода $R_{21} = m_1 \times R_z$.

4. Определяем высоту промежуточной заготовки по формуле, которая получается из формулы расчета объема коробки путем подстановки вместо R_2 параметра R_{21} . Приведем эту зависимость.

$$A = V_{\text{кор}} - \pi \left\{ (R_{21} - R_1)^2 + \frac{2}{3} [(R_1 + S)^3 - R_1^3] \frac{\pi}{2} (R_{21} - R_1) [(R_1 + S)^2 - R_1^2] \right\} -$$

$$- \left\{ \pi [(R_1 + S)^3 - R_1^3] \times \frac{(2 \times b + B)}{4} \right\} - \frac{1}{2} \times S \times B \times b \times$$

$$\times \sin(180 - \alpha) - [(R_{21} - R_1) \times S \times (2 \times b + B)]$$

$$H = \frac{A}{[S \times \pi \times (2R_{21} + S) + S \times (B + 2 \times b)]} + R_1 + S.$$

С применением полученных зависимостей разработан программный модуль и включен в состав САПР [3].

Список литературы

1. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. М. : Машиностроение, 1974. 317 с.
2. Зубцов М. Е. Листовая штамповка. Л. : Машиностроение, 1967. 504 с.
3. Тарновский И. Я., Вайсбурд Р. А., Еремеев Г. А. Автоматизация проектирования технологии горячей штамповки. М. : Машиностроение, 1969. 208 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

К. А. Садовой,

студент,

В. А. Иванов,

студент,

А. А. Захаров,

студент,

С. Г. Гнездилов,

доц., канд. техн. наук,

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва

Рассмотрены современные инструменты для облегчения творческой и инженерной деятельности на основе цифровых технологий, приведены возможности текстовых нейросетей с примерами их работы. Даны рекомендации для наиболее эффективного взаимодействия с нейросетями.

Ключевые слова: цифровые технологии, учебная деятельность, текстовые нейросети, облегчение творческого труда.

THE USE OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Modern tools for facilitating creative and engineering activities based on digital technologies are considered, the possibilities of text neural networks with examples of their work are given. Recommendations for the most effective interaction with neural networks are given.

Keywords: digital technologies, educational activities, text neural networks, facilitating creative work.

В процессе обучения многие обучающиеся естественным образом сталкиваются с проблемой поиска информации для решения своих учебных задач. На начальных этапах решения учебных инженерных задач обучающиеся часто

слабо представляют себе облик проектируемой конструкции или системы, отсутствует понимание объема необходимых расчетов. В условиях ограниченности времени существует потребность в оперативном поиске актуальной информации, которую необходимо соответствующим образом обрабатывать, выбирая наилучшие и отбрасывая менее актуальные решения.

Обычно при решении учебных задач обучающиеся используют различные учебно-методические пособия, обращаются с вопросами к своим преподавателям и др. Все чаще в дополнение к перечисленному обучающимся на помощь приходят современные цифровые технологии, способствующие более успешному самостоятельному решению возникающих в процессе обучения проблем. В числе таких технологий *VR*- и *AR*- системы, применяемые в демонстрационных целях для обеспечения взаимодействия студентов с трехмерными моделями реальных конструкций и систем; облачные и онлайн-сервисы для совместной работы, позволяющие эффективно хранить и взаимодействовать с информацией (Miro, «Яндекс.Документы.Диск», др.); программное обеспечение для моделирования (AutoCAD, SolidWorks, ANSYS, MATLAB, Mathcad и др.); электронные библиотеки и другая цифровая литература; основанные на нейросетях решения, представляющие особый интерес.

Применительно к решению инженерных задач может быть использован чат-бот с генеративным искусственным интеллектом ChatGPT, с помощью которого можно, в частности, получить общую информацию по интересующей теме, например сгенерировать классификацию интересующих систем или сформулировать область их применения и принцип работы; сгенерировать методику расчета нового типового узла; получить информацию о возможных вариантах решения проблем, возникающих при проектировании конструкций или систем. Разумеется, такая сгенерированная чат-ботом информация должна проверяться, например руководителями учебных работ.

Качество результата использования чат-бота определяется полнотой подготовки соответствующего запроса по принципу перехода от общего к частному. При этом подходит использование команд (подробнее о...; объясни, почему...),

ключевых слов, разбиение вопросов на части с конкретизацией. Чат-бот может учитывать контекст последовательных сообщений: каждый новый ответ будет формулироваться с учетом предыдущих запросов.

Далее приведем пару примеров формирования запросов для чат-бота и сгенерированные им ответы на эти вопросы. В первом случае вопрос относится к курсовому проектированию стеллажной системы, предназначенной для хранения стального проката. Для расчета привода выдвижения грузовых платформ со стеллажей необходимо определить максимальное усилие сопротивления, зависящее от ряда факторов. От чат-бота требуется перечислить эти факторы и дать рекомендации по расчету данного усилия (рис. 1).

Запрос: Грузенная плоская прямоугольная тележка на 4 колесах с ребордами на подшипниках качения, ориентированная горизонтально, опирается на полки гнутых швеллеров, относящихся к месту хранения на стеллажной системе. Периодически требуется выкатывать тележку с места хранения на подъемную платформу, которая доставляет ее на другой уровень. Распиши подробно, от каких факторов будет зависеть усилие, которое потребуется приложить к платформе для того, чтобы перекачать ее на подъемник?

Ответ чат-бота: Усилие, необходимое для перекачивания тележки на подъемник, зависит от нескольких факторов, включая физические характеристики тележки, коэффициент трения между колесами тележки и поверхностью пола, а также геометрические параметры системы. Давайте рассмотрим основные факторы: **масса тележки (m):** чем больше масса тележки, тем больше усилие потребуется для ее перемещения. Масса влияет на инерцию и сопротивление движению; **коэффициент трения (μ):** коэффициент трения между колесами тележки и поверхностью пола играет важную роль. Высокий коэффициент трения упростит перемещение, тогда как низкий потребует больше усилия; **диаметр колес (d):** большие колеса могут легче преодолевать препятствия и уменьшать трение, что влияет на необходимое усилие для перемещения; **размеры реборд (если есть):** реборды, поднимающиеся по бокам тележки, могут создавать дополнительное сопротивление и трение при движении; **угол наклона стеллажей или поверхности подъемника:** если стеллажи или подъемник имеют наклон, это также будет влиять на необходимое усилие. Наклон может создавать компоненты силы, направленные вдоль и поперек направления движения; **состояние поверхности пола:** гладкий и чистый пол обеспечивает меньший коэффициент трения по сравнению с грубым или загрязненным полом; **точность выравнивания тележки с подъемником:** если тележка не выровнена точно с подъемником, это может создавать боковое сопротивление; **состояние подшипников колес:** чем лучше состояние подшипников, тем меньше трения и усилия, требуемые для перемещения; **сила, действующая перпендикулярно к поверхности пола:** это может быть вызвано неровностями пола

или наличием каких-то препятствий; **направление движения:** движение вдоль реборд может потребовать меньше усилий, чем движение под углом. Все эти факторы взаимодействуют, и расчет усилия требует учета каждого из них. Математический расчет может быть сложным, и для точных результатов может потребоваться использование физических тестов или численного моделирования.

Рис. 1. Определение максимального усилия перекачивания грузовых платформ

Полученный ответ (рис. 1) указывает на многие факторы, которые действительно влияют на искомое усилие. После согласования с руководителем можно прорабатывать каждый фактор, влияющий на результат. Обращаем внимание, что чат-бот предлагает учитывать угол наклона стеллажей (а как без этого?), хотя в вопросе не было даже и намека на это. В другом вопросе от чат-бота требовалось сформулировать пути повышения точности позиционирования подъемных платформ относительно полок стеллажной системы (рис. 2).

Вопрос: Есть автоматизированный стеллаж для хранения металлопроката. Он состоит из стеллажа, паллет и подъемной платформы. Металлоконструкция стеллажа представляет из себя портал, состоящий из 4 опорных стоек и полок-направляющих под паллеты. Сверху к стойкам приварена рама. На опорных стойках расположены дорожки качения под колеса платформы. Также вдоль стоек располагаются цепи подъемного механизма, обеспечивающего вертикальное передвижение подъемной платформы, приводная станция которой располагается в верхней части стеллажа. Паллета представляет из себя раму с грузоподъемностью в 3 тонны со съемно-разборным колесным узлом. Рама составлена таким образом, чтобы грузовое пространство находилось внутри нее. В основе подъемной платформы также лежит рама, на краях которой расположены два тяговых пальца со своими направляющими и приводные цепи, движение которых обеспечивает перемещение пальца в горизонтальном направлении вдоль направляющих. К приводным звездочкам цепи подходят трансмиссионные валы, передающие крутящий момент от мотор-редуктора, который крепится к раме подъемной каретки снизу. Предложи варианты обеспечения наиболее точного позиционирования подъемной платформы относительно полок стеллажа.

Ответ чат-бота: Для обеспечения наиболее точного позиционирования подъемной платформы относительно полок стеллажа можно использовать различные технологии и методы. Вот несколько предложений: **использование датчиков и системы обратной связи:** установите датчики положения на подъемной платформе и стеллаже. Эти датчики могут быть оптическими, магнитными или энкодерами. Система управления на основе данных от датчиков может точно корректировать положение платформы и поддерживать требуемое положение относительно полок; **визуальное позиционирование:** используйте камеры и компьютерное зрение для определения положения подъемной платформы. Алгоритмы компьютерного зрения могут анализировать окружающую среду и точно

определять положение относительно стеллажа; **использование лазерной системы:** установите лазерные датчики, которые могут измерять расстояние между подъемной платформой и стеллажом. Эта информация может быть использована для коррекции положения платформы; **интеграция системы GPS:** хотя GPS может быть не таким точным в закрытых помещениях, его комбинация с другими технологиями может улучшить точность позиционирования; **использование улучшенных приводных механизмов:** разработайте приводные механизмы с высокой точностью и чувствительностью. Это может включать в себя использование шаговых двигателей, которые обеспечивают точное и предсказуемое перемещение; **система коррекции ошибок:** разработайте алгоритмы коррекции ошибок, которые могут компенсировать любые небольшие отклонения в позиционировании. Это может включать в себя постоянное сканирование окружающей среды и коррекцию положения на основе полученных данных; **механические ограничители:** внедрите механические ограничители, которые предотвращают слишком большие отклонения в позиционировании. Это может служить вспомогательной системой безопасности. Каждый из этих методов может быть использован отдельно или в комбинации для достижения наилучшей точности позиционирования подъемной платформы в вашем автоматизированном стеллаже.

Рис. 2. Обеспечение максимальной точности позиционирования платформы

Во втором примере (рис. 2) предложены различные пути повышения точности, что позволяет несколько расширить круг вопросов, которые необходимо проработать перед принятием конечного решения. При желании можно обратиться к чат-боту, чтобы расширить этот перечень, и он дополнит его новыми, как правило, менее популярными решениями.

Современные цифровые технологии предоставляют студентам инженерных специальностей мощные инструменты для преодоления типовых проблем в учебном процессе. ChatGPT как представитель нового поколения чат-ботов с генеративным искусственным интеллектом дает студентам возможность получать обобщенную информацию, выполнять типовые расчеты и получать варианты решений. Однако важно помнить, что для достижения максимальной эффективности необходимо корректно формулировать запросы и проверять полученные результаты. Несмотря на свои возможности, на данный момент ChatGPT сильно ограничен своей базой данных и в своих ответах не использует информацию из конкретных источников, что требует дополнительной проверки и использования

других материалов. Считаем, что генеративный искусственный интеллект, специально обученный на технической литературе, может стать очень полезным и важным помощником не только в учебном процессе, но и в инженерном деле в целом. Тем не менее в учебном процессе чат-боты способны помогать уже прямо сейчас.

УКРУПНЕННЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Р. А. Шабалин¹,

магистрант,

О. О. Подоляк²,

доц., канд. экон. наук,

М. А. Прилуцкая²,

доц., канд. техн. наук,

К. А. Асанбеков²,

доц., канд. техн. наук,

И. И. Огнев^{2,3},

доц., канд. техн. наук

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань,

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

³Южно-Уральский технологический университет, г. Челябинск

В свете соотношений в объемах работы транспорта на различных видах топлива и расходов энергии наибольший интерес вызывают проблемы совершенствования технологий энергетических установок автомобильного транспорта. В статье приведен укрупненный анализ использования автомобилей с двигателем внутреннего сгорания и водородных автомобилей на топливных элементах

Ключевые слова: *двигатели внутреннего сгорания, водородные автомобили, топливные элементы, экономическая эффективность.*

AN INTEGRATED ANALYSIS OF STRATEGIC DIRECTIONS IN THE USE OF NEW TECHNOLOGIES IN ROAD TRANSPORT

At this moment of the ratios in the volumes of transport using various types of fuel and energy consumption, the problems of improving the technologies of power plants of road transport are of the greatest interest. The article provides an integrated analysis of the use of cars with an internal combustion engine and hydrogen fuel cell vehicles.

Keywords: *internal combustion engines, hydrogen cars, fuel cells, economic efficiency.*

Важнейшим параметром автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (далее – ДВС), определяющим его экономичность, является показатель расхода топлива [1]. Поскольку дальнейший рост показателей эффективности двигателя внутреннего сгорания практически исчерпан, то снижение расходов топлива сегодня возможно в основном за счет уменьшения веса автомобиля, повышения аэродинамических свойств кузова, снижения сопротивления качению и улучшения эффективности использования трансмиссии. За счет этих факторов удельный расход может быть снижен на 12 % к 2030 г., в том числе за счет улучшения аэродинамических свойств автомобиля – на 4,4 %, снижения сопротивления при качении на 6,7% и совершенствования трансмиссии – на 0,9 % [2].

Влияние факторов на экономичность автомобилей с ДВС отражено в прогнозных оценках расходов топлива (табл. 1).

Таблица 1

Прогноз усредненных параметров новых автомобилей с ДВС

Автомобиль с ДВС	Год				
	2020	2025	2030	2035	2040
Мощность, кВт	85	85	85	85	85
Расход топлива, л/100 км	6	5,6	5	4,8	3,9
Кузов, долл.	12000	12000	12000	12000	12000
Удельная стоимость ДВС, долл./кВт	43	50	51	54	57
Всего стоимость ДВС, долл.	4250	4335	4590	4675	4845
Прочее оборудование, долл.	1200	1300	1500	2500	3000
Всего (округленно), долл.	17450	17635	18100	19175	19845

Экономика водородных автомобилей с топливными элементами (далее – ТЭ) в значительной мере определяется следующими факторами:

- 1) стоимость водорода и связанная с ним инфраструктура производства, доставки и хранения;
- 2) степень совершенств самого ТЭ как энергетической машины;

3) хранение водорода на борту автомобиля [3].

Производство ТЭ в мире неуклонно возрастает. Предполагается, что в ближайшие годы выпуск ТЭ достигнет 650 МВт в год, в том числе более 50 % от этой величины будет приходиться на транспортные системы, из которых наибольшая доля принадлежит ТЭ типа PEM (Proton-exchange membrane) [4].

В соответствии с тенденциями совершенствования основных компонентов автомобиля с ТЭ, были составлены оценки ожидаемой стоимости этой технологии в период до 2040 г. (табл. 2).

Таблица 2

Прогноз усредненных параметров новых водородных автомобилей с ТЭ

Водородный автомобиль с ТЭ	Год				
	2020	2025	2030	2035	2040
Мощность, кВт	85	85	85	85	85
Запас хода по топливу, км	450	550	650	750	950
Удельный расход Н ₂ , кг/100 км	1,1	1,1	1,1	1,1	1
Стоимость кузовов, долл.	12000	12000	12000	12000	12000
Удельная стоимость ТЭ, долл./кВт	175	120	100	75	50
Всего стоимость ТЭ, долл.	14875	10200	8500	6375	4250
Удельная стоимость емкости для хранения Н ₂ , долл./кг	550	350	200	175	150
Емкость для Н ₂ , кг	4,95	6,05	7,15	8,25	9,5
Стоимость емкости для Н ₂ , долл.	2722,5	2117,5	1430	1443,75	1425
Удельная стоимость электромоторов, долл./кВт	20	15	10	8	7
Всего электромоторы, долл.	1700	1275	850	680	595
Прочее оборудование, долл.	2400	2600	3000	3000	3000
Всего (округленно), долл.	33700	28190	25800	23500	21250

С учетом рассмотренных тенденций вполне возможно, что стоимость автомобиля с ТЭ может снизиться к 2035 г. до 20–25 тыс. долл.

Расчеты показывают, что экономичность базовой технологии на основе ДВС скорее всего будет медленно ухудшаться за счет некоторого увеличения стоимости автомобилей в связи с ожидаемыми технологическими новациями, несмотря на ожидаемое снижение удельных расходов топлива на 35 % в период с 2020 до 2040 г. (см. табл. 1).

На рис. 1а показана ожидаемая динамика изменения стоимости пробега автомобиля с ДВС при годовом пробеге от 10 до 20 тыс. км. При относительно малых расстояниях (10 тыс. км) стоимость пробега возрастает с 35 долл./100 км до 39–41 долл./100 км. При пробеге в 20 тыс. км затраты растут с 20–21 долл./100 км в настоящее время до 24–26 долл./100 км.

Для этой технологии автомобилей с ТЭ на фоне прогнозируемого сокращения их стоимости (см. табл. 2) ожидается заметное сокращение затрат: с 60–62 долл./100 км при 10 тыс. км пробега до 36–39 долл./100 км.

На рис. 1б показана ожидаемая динамика изменения стоимости пробега автомобиля с ТЭ при годовом пробеге от 10 до 20 тыс. км. Увеличение пробега заметно снижает затраты. При пробеге 20 тыс. км в год затраты для водородного автомобиля сокращаются с 36 долл./100 км в настоящее время до 20–23 долл./100 км к 2040 г., т. е. оказываются ниже, чем для ДВС при тех же величинах годового пробега.

Анализ результатов оценки экономической эффективности традиционных и альтернативных технологий в автотранспорте показывает, что в настоящее время стоимость эксплуатации традиционных автомобилей с ДВС в лучшем случае на 50–60 % ниже, чем перспективных технологий автомобилей на ТЭ. Однако по мере совершенствования альтернативных технологий и изменений стоимости энергоносителей ожидается, что автомобиль с ТЭ способен обеспечить равную затрату по стоимости эксплуатации с автомобилями на ДВС.

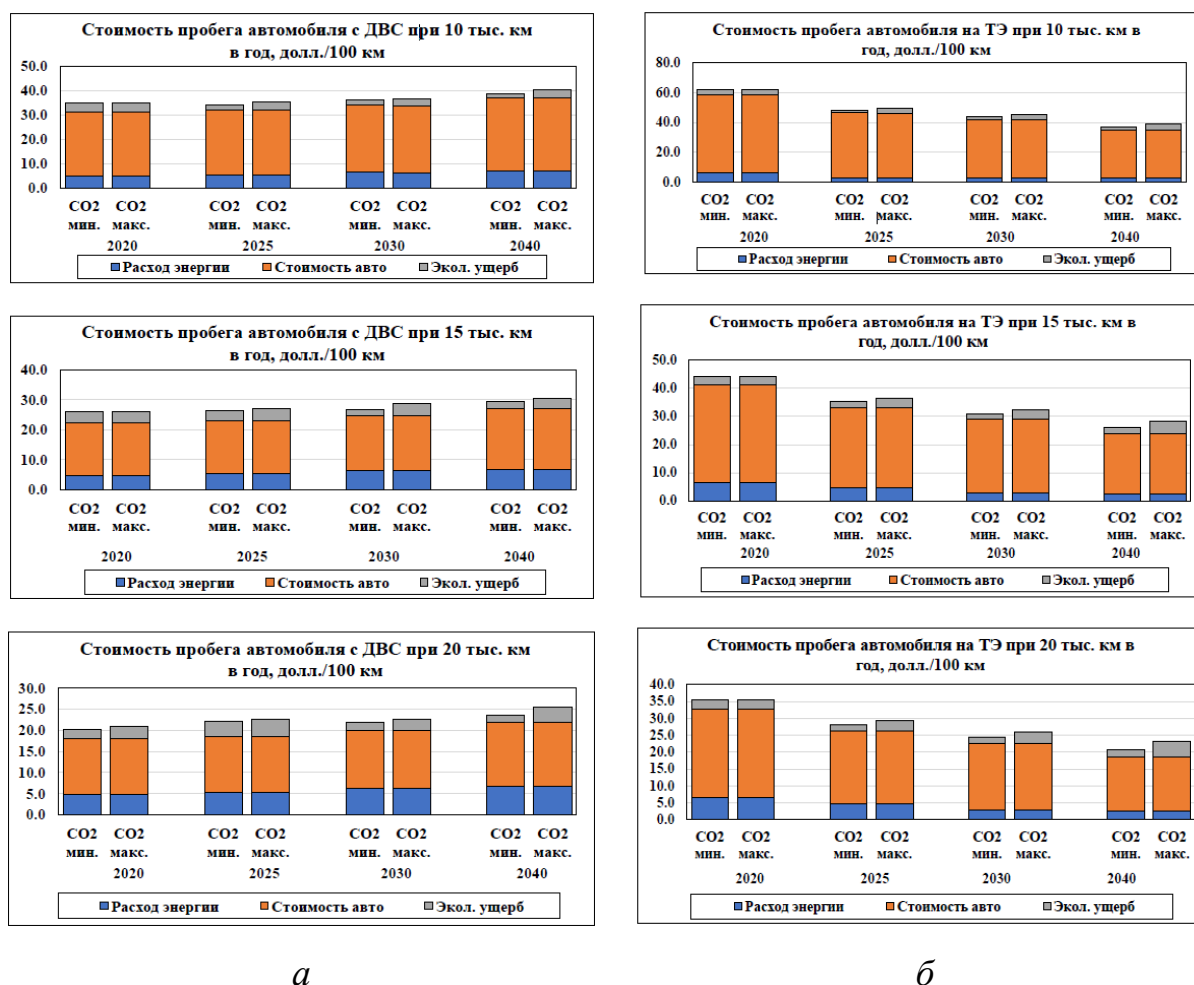


Рис. 1. Прогноз изменения стоимости пробега автомобилей с различными видами топлива при минимальных и максимальных оценках ущербов от выбросов CO₂ и годовом пробеге от 10 до 20 тыс. км: *а* – для автомобиля с ДВС, *б* – для автомобиля с ТЭ

Список литературы

1. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми Т58 двигателями / Т. У. Асмус, К. Боргнакке, С. К- Кларк и др. / под ред. Д. Хиллиарда, Дж. С. Спрингера ; пер. с англ. А. М. Васильева; под ред. А. В. Кострова. М. : Машиностроение, 1988. 504 с.
2. Influences on the Low Carbon Car Market from 2020–2030: Final Report for Low Carbon Vehicle Partnership. Element Energy, Cambridge, UK, 2011. URL: https://www.zemo.org.uk/assets/reports/Influences%20on%20the%20Low%20Carbon%20Car%20Market%20from%202020-2030%20-%20Final%20Report%20010811_pdf.pdf (дата обращения: 08.11.2023).
3. Сияк Ю. В., Петров В. Ю. Экономические условия появления водорода как энергоносителя на энергетическом рынке России // Экономические проблемы энергетического комплекса : открытый семинар. 101 заседание, 27 мая 2009 г. ИНП РАН. М., 2009. С. 91.
4. USDRIVE. Fuel Cell Technical Team Roadmap, June 2013. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/fctt_roadmap_june2013.pdf (дата обращения: 08.11.2023).

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РОССИИ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ

В. А. Свалова,

магистр,

О. О. Подоляк,

доц., канд. экон. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Статья представляет анализ текущего состояния инновационной деятельности в машиностроительной отрасли России, речь идет о трендах и перспективах ее развития. Исследование основывается на анализе данных и статистики, а проведении опросов и интервью с представителями ключевых компаний в отрасли. Результаты анализа позволяют выявить основные проблемы и вызовы, с которыми сталкиваются предприятия машиностроения в области инноваций, а также определить потенциальные перспективы и возможности для развития инновационной деятельности в будущем.

Ключевые слова: инновационная деятельность, машиностроение, Россия, анализ состояния, тренды, перспективы.

ANALYSIS OF INNOVATION ACTIVITY OF MECHANICAL ENGINEERING IN RUSSIA: PRESENT SITUATION AND TRENDS

This article is an analysis of the current state of innovation activity in the machine-building industry of Russia, as well as analyzes trends and prospects for its development. The research is based on the analysis of data and statistics, as well as on conducting surveys and interviews with representatives of key companies in the industry. The results of the analysis make it possible to identify the main problems and challenges faced by machine-building enterprises in the field of innovation, as well as to identify potential prospects and opportunities for the development of innovative activities in the future.

Keywords: innovative activity, mechanical engineering, Russia, state analysis, trends, prospects.

Машиностроение является одной из ключевых отраслей экономики России и играет важную роль в развитии науки, технологий и промышленности. Однако в современных условиях глобализации и постоянно меняющегося рынка, эффективная инновационная деятельность становится необходимостью для поддержания конкурентоспособности и устойчивого развития отрасли.

Актуальность данной статьи обусловлена необходимостью анализа состояния инновационной деятельности машиностроительного сектора России. В свете современных вызовов, таких как быстрое развитие информационных технологий, изменение потребительских предпочтений и повышение требований к экологической безопасности, важно изучить текущую ситуацию и определить тенденции развития инновационных процессов в отрасли.

Целью данного исследования является проведение анализа состояния инновационной деятельности в машиностроении России с последующим выявлением ключевых тенденций. Аналитические материалы, использованные в данной работе, включают результаты исследований, проведенных ранее в данной области, а также статистические данные и публикации. Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегии развития инновационной деятельности в машиностроительном секторе России. Анализ состояния и тенденций поможет определить основные проблемы и возможности для улучшения инновационного потенциала отрасли и создания конкурентных преимуществ на мировом рынке.

Итак, в рамках нашей статьи, стоит начать с того, что в 2022 году российское машиностроение столкнулось с третьим падением производства за последние десять лет [1]. Согласно оценке Министерства экономического развития (МЭР), суммарное производство в пяти машиностроительных отраслях, которые определены по ОКВЭД кодам 26-30, снизилось на 8,6 % по сравнению с предыдущим 2021 годом [1]. Это сокращение производства является тревожным сигналом и указывает на проблемы в российском машиностроительном секторе. Машиностроение является ключевой отраслью в экономике, поэтому такой спад может негативно сказаться на всей национальной экономике.

Отдельно стоит упомянуть, что российская деревообрабатывающая промышленность также столкнулась с глубоким спадом в том же периоде. Данный спад связан с различными факторами, такими как увеличение стоимости сырья, сокращение спроса на продукцию и проблемами внутри самой отрасли [2]. Для российского машиностроения и деревообрабатывающей промышленности такое снижение производства может означать угрозу для местных предприятий, рабочих мест и финансового состояния компаний. Это также может сказаться на конкурентоспособности России на международном рынке и затруднить диверсификацию экономики.

Для преодоления этой ситуации российским машиностроительным и деревообрабатывающим предприятиям может потребоваться принятие срочных мер, таких как снижение издержек, модернизация производства, поиск новых рынков сбыта или разработка новых продуктов. Также важно, чтобы государство оказывало поддержку и стимулировало развитие этих отраслей. Только таким образом можно обеспечить рост и конкурентоспособность российского машиностроения и деревообрабатывающей промышленности [3].

Отметим, что спад производства легковых автомобилей в России оказал значительное влияние на машиностроительный сектор в целом. В результате производство автотранспортных средств сократилось на 44,7 %, что стало самым значительным спадом в новейшей истории. Результат повлек за собой негативные последствия для всего машиностроительного сектора. Однако, если исключить автомобилестроение из общей статистики, можно заметить положительную динамику в отраслях производства компьютеров, электронных и оптических изделий, а также в производстве машин и оборудования. Это означает, что, несмотря на сложности, другие сегменты машиностроения продолжали показывать рост в 2022 году [4].

Кадровый голод является серьезной проблемой для машиностроительной отрасли. С увеличением спроса на продукцию и услуги отрасли, предприятия начали увеличивать численность своих работников. Тем не менее многие из них столкнулись с трудностями в привлечении квалифицированных специалистов.

Один из основных факторов, влияющих на кадровый голод в отрасли, – это высокий уровень требуемых знаний и навыков [5]. Машиностроение – сложная и технически продвинутая отрасль, требующая от сотрудников специализированной подготовки и опыта работы. Недостаток кадров с необходимой квалификацией может ограничивать возможности предприятий для расширения производства и удовлетворения растущего спроса [6].

Для решения проблемы кадрового голода в машиностроительной отрасли необходимы совместные усилия со стороны бизнеса, правительства и образовательных учреждений. Предприятия должны активно работать над привлечением и удержанием талантливых специалистов, предлагая им конкурентные условия труда и возможности карьерного роста. Вместе с тем правительство может создать программы поддержки и финансирования проектов по подготовке и переподготовке кадров в машиностроении, а учебные заведения должны адаптировать свои образовательные программы под требования отрасли и обеспечить студентам необходимые практические навыки [7].

Устранение кадрового голода в машиностроительной отрасли является важным шагом для обеспечения ее устойчивого развития и конкурентоспособности на международном рынке. Привлечение, развитие и сохранение талантливых специалистов, способных удовлетворить потребности отрасли, поможет предприятиям справиться с растущим спросом и обеспечить долгосрочную перспективу [3].

Перейдем к тому, что научно-технический прогресс и инновации являются важным и неотъемлемым фактором развития машиностроительной отрасли в России. В итоге проведенного исследования можно сказать, что в настоящее время отрасль испытывает значительное влияние внешних и внутренних факторов, которые оказывают как положительное, так и отрицательное воздействие на инновационную деятельность.

Одной из основных тенденций в инновационном развитии машиностроения в России является интенсификация научно-исследовательских работ и инновационных процессов. Все больше ресурсов и усилий направляются на создание

и внедрение новых технологий, материалов и конструкций, которые способствуют повышению производительности, эффективности и качества продукции машиностроительных предприятий.

Следует отметить, что состояние инновационной деятельности в машиностроении в России не является однородным. Ведущие отраслевые предприятия активно инвестируют в исследования и разработки, сотрудничают с ведущими научными исследовательскими центрами и успешно внедряют новые технологии. Существует и значительная часть машиностроительных предприятий, которые ощущают недостаток ресурсов как финансовых, так и кадровых, для осуществления инновационной деятельности.

Подводя итоги исследования, стоит сказать, что одним из потенциальных решений проблем инновационной деятельности в машиностроении в России является создание национальных и региональных инновационных систем, которые бы способствовали интеграции научных и инженерных знаний, ресурсов и потенциалов с целью эффективного осуществления и внедрения инноваций в отрасли. Также необходимо улучшить условия и механизмы государственной поддержки инновационной деятельности в машиностроении, например путем предоставления льгот и налоговых стимулов для инвестиций в научно-исследовательскую и инновационную деятельность.

Список литературы

1. Перспективы развития машиностроения в России. URL: <https://obrazovanie-gid.ru/dokumentaciya/perspektivy-razvitiya-mashinostroeniya-v-rossii-kratko.html> (дата обращения: 28.11.2023).
2. Современное машиностроение России. URL: <https://wiki.fenix.help/prikladnyye-nauki/perspektivy-mashinostroyeniya> (дата обращения: 28.11.2023).
3. *Бурцев В. М.* Технология машиностроения : в 2-х т. Т. 1. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов. М. : МГТУ им. Баумана, 2022. 478 с.
4. Текущее состояние и перспективы развития машиностроительной отрасли в России. URL: <https://moluch.ru/archive/31/3548/> (дата обращения: 28.11.2023).
5. *Горбачевич А. Ф., Шкред В. А.* Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие для вузов. М. : Альянс, 2022. 256 с.

6. *Безъязычный В.* Основы технологии машиностроения : учебник. М. : Машиностроение, 2021. 568 с.

7. *Базров Б. М.* Основы технологии машиностроения : учебник. М. : Инфра-М, 2021. 492 с.

АНГЛИЙСКИЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ МАГИСТРОВ

В. С. Великанов,

доц., д-р техн. наук,

В. А. Курнеев,

магистрант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Анализ потребностей студентов технических специальностей в английском языке для специальных целей рассматривается как эффективный инструмент для разработки курса ESP, который наилучшим образом соответствует запросам обучающихся. Проведенный анализ призван помочь преподавателям высшей школы разработать рабочую программу дисциплины для успешного внедрения курса ESP в техническом вузе.

Ключевые слова: студенты технических специальностей, коммуникативные потребности, текущая ситуация, целевая ситуация.

ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES AS AN EFFECTIVE TOOL FOR PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF MASTERS

Analysis of the needs of engineering students in English for specific purposes is considered as an effective tool for developing an ESP course that best suits the needs of students. The analysis is intended to help higher schoolteachers develop a work program for the successful implementation of the ESP course at a technical university.

Keywords: technical students, communication needs, current situation, target situation.

В современном мире процесс глобализации укрепил статус английского языка как глобального, с помощью которого осуществляется мировая торговля, бизнес, международное право, образование, новые телекоммуникационные и цифровые технологии. Для обеспечения полной интеграции в современный мир

производства в одном из вузов Уральского федерального округа внедрено преподавание английского языка в учебный процесс, включая английский для особых целей (ESP) с его подразделами: английский для науки и техники (EST), английский для бизнеса и экономики (EBE) и т. д. Кафедра иностранных языков по техническим направлениям проводит занятия по английскому языку в рамках учебного плана с целью подготовки студентов к жизни и профессиональной деятельности в качестве конкурентоспособных граждан [1]. Однако существующий курс английского языка в рамках дисциплины «Деловой иностранный язык» не отвечает требованиям к уровню подготовленности будущего инженера, предъявляемым, как правило, потенциальными работодателями. Преподаватели используют традиционный способ преподавания, основанный на предоставлении студентам некоторых грамматических блоков, формировании лексических единиц и словарного запаса посредством перевода текстов, исключая коммуникативную функцию английского языка. Более того, преподаватели иностранного языка используют самостоятельно разработанные материалы, выбирают лекции из адаптированных учебно-методических комплексов для преподавания английского языка.

Развитие теории языка привело к возникновению английского языка для специальных целей в конце 1960-х гг. [2, с. 9–15; 3]. Д. Кристал в своей работе объясняет доминирование, силу и влияние английского языка развитием процесса глобализации [4]. ESP относится к области исследований и практики разработки языковых программ для людей, которым нужен язык для удовлетворения предсказуемого диапазона коммуникативных потребностей [5]. Преподавание ESP – это подход, основанный на потребностях, который связывает преподавание и изучение английского языка с достижением студентами определенного уровня знаний и определенной степени мастерства в общении в процессе выполнения любой академической или профессиональной задачи [6]. Другими словами, набор навыков, которые требуются студентам, изучающим ESP в их учебе или профессиональной карьере [7], формируется в процессе преподавания

ESP. Что касается изучения производства и инженерии, то содержание и процедуры курса ESP связаны с мотивацией студентов к изучению иностранного языка в специальных целях [8].

Результаты потребностей студентов в ESP с помощью привлечения исследовательских инструментов, включая анкеты для магистров и преподавателей английского языка, и интервью, проведенные со специалистами-предметниками данного анализа, подтверждают, что заинтересованные стороны отметили значимость английского языка в сфере производства и машиностроения. Опрошенные участники подтвердили, что существует настоятельная необходимость в прохождении полных курсов ESP, связанных со специальными дисциплинами. Более того, потребности студентов сопровождаются различными ожиданиями от использования английского языка в академических и профессиональных целях. Практическое применение ESP предполагает чтение книг, написание статей и отчетов, проведение презентаций и сдачу экзаменов, таких как IELTS, TOEFL. Безусловно, магистры отличаются более высокой мотивацией к изучению ESP, поскольку данная дисциплина играет важную роль в их профессиональной карьере, в чтении и написании научных статей [9]. Данные проведенного анализа дают четкую картину состояния преподавания английского языка в вузе, позволяют проанализировать потребности студентов высшей школы и определить их отношение к курсу английского языка, выявить проблемные моменты, с которыми сталкиваются студенты неязыковых вузов при изучении книг и статей по производственным и инженерным наукам на английском языке. В нашем исследовании подчеркивается важность сотрудничества преподавателей иностранных языков и специалистов по предметам, поскольку на практике междисциплинарное сотрудничество языковых и инженерных кафедр непопулярно. Исследование основано на схеме кейс-метода, в ходе которого были проанализированы целевая ситуация, текущая ситуация, фактор обучающегося и содержание обучения. Данный анализ был проведен для того, чтобы помочь преподавателям высшей школы разработать рабочую программу дисциплины для успешного внедрения курса ESP в неязыковых технических вузах.

Список литературы

1. *Ширинкина Е. В.* Трансформация мирового рынка труда в условиях четвертой промышленной революции // Политика и общество. 2021. № 2. С. 8–28.
2. *Стрекалова И. В.* О значении интереса к изучению иностранных языков в вузе и стимулах его формирования // Вестн. Брянск. гос. ун-та. Серия: Педагогика и психология. 2014. № 1. С. 140–145.
3. *Hutchinson T., Waters A.* English for Specific Purposes. Cambridge University Press, 2006. 183 p.
4. *Кристал Д.* Английский язык как глобальный. М. : Весь мир, 2001. 238 с.
5. *Swales J.* Language for specific purposes // ed. W. Bright. International encyclopedia of linguistics. New York, Oxford : Oxford University Press, 1992. 300 p.
6. *Sabet M. K., Daneshvar I.* The Impact of ESP Materials on Medical Students' Reading Proficiency // English for Specific Purposes World. 2010. № 9 (29). P. 1–12.
7. *Alharby M.* ESP Target Situation Needs Analysis: The English Language Communicative Needs as Perceived by Health Professionals in the Riyadh Area: Doctoral Thesis. University of Georgia, Georgia, 2005.
8. *Dorrity T.* Using logical problems in ESP // ELT Journal. 1983. № 31 (2). P. 145.
9. Results of experimental work at different stages of continuous education for estimation of the formation of research competences of students / M. Gladysheva, Y. Somova, E. Ilina et al. // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. Vol. 11, № 9. Special Issue. С. 569–574.

РОЛЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Д. Е. Воротникова,

магистрант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В статье показана роль цифровизации в машиностроительной отрасли, поскольку в современных условиях глобальной конкуренции, технологического развития и инноваций компании, предприятия вынуждены перестраивать свои производственные и управленческие процессы. Цифровые технологии являются частью трансформации, в которой производственные и информационные технологии были интегрированы для создания инновационных систем производства.

Ключевые слова: цифровизация, производство, инновации.

THE ROLE OF DIGITALIZATION IN INCREASING THE COMPETITIVENESS OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

The article shows the role of digitalization in the engineering industry, since in today's environment of global competition, technological development and innovation, companies, enterprises, have to restructure their production and management processes. Digitalization is part of the transformation in which production and information technologies have been integrated to create innovative production systems.

Keywords: digitalization, manufacturing, innovation.

Введение. На сегодняшний день продукты искусственного интеллекта проникают во все сферы жизни, не остается без внимания и производственный процесс. В данной статье мы рассмотрим возможности внедрения цифровых технологий в машиностроительное производство, а также преимущества и перспективы этого процесса.

Современные реалии ставят перед производством такие задачи, как снижение себестоимости и повышение производительности, под влиянием цифровой трансформации. Машиностроение как одна из основных отраслей промышленности не остается в стороне от этих изменений. Цифровизация играет ключевую роль в развитии машиностроительной отрасли, повышая конкурентоспособность предприятий и способствуя инновационным изменениям в производственных процессах.

Цифровизация производства: понятия и концепция. Под цифровизацией производства принято понимать процесс применения современных инструментов и технологий для оптимизации производственных процессов. Цифровое производство включает в себя формирование сложной интегрированной ИТ-инфраструктуры [1].

Основная цель цифровой трансформации промышленных предприятий заключается в автоматизации процессов и переводе информации в более доступное цифровое окружение. Это позволяет более быстро и легко анализировать информацию с целью получения точных решений [2].

Преимущества и возможности цифровизации. Улучшение производственных процессов. Оптимизация производственных процессов через цифровизацию позволяет предприятиям улучшить эффективность и точность операций. Применение мониторинга состояния оборудования в реальном времени, анализа данных и прогнозирования возможных сбоев способствует снижению вероятности простоев и повышению надежности производства.

Внедрение инноваций. Цифровые технологии стимулируют инновации в машиностроении. Внедрение искусственного интеллекта ускоряет процессы проектирования и разработки. Это позволяет инженерам создавать более сложные и эффективные решения, что способствует появлению новых продуктов на рынке.

Гибкость в производстве. Если машиностроительные предприятия используют современные цифровые технологии, то они способны быстрее реагировать

на изменения в заказах и требованиях рынка. Это позволяет предприятиям быстрее реагировать на изменения в потребительском спросе и снижает время производственного цикла [3].

Сетевое взаимодействие. Цифровизация открывает путь к созданию сетей и сотрудничеству в машиностроительной отрасли. Облачные технологии позволяют предприятиям обмениваться данными, оптимизировать цепочки поставок и сотрудничать с другими компаниями на более глобальном уровне. Это способствует повышению производительности и созданию уникальных продуктов.

Повышение качества продукции. Цифровизация позволяет более тщательно контролировать качество продукции. Использование различных датчиков и систем мониторинга позволяет выявлять дефекты на ранних стадиях производства, предотвращая выпуск некачественной продукции.

Обучение и развитие персонала. Цифровизация предполагает использование инновационного оборудования, для которого необходимы работники с высоким уровнем квалификации, обладающие знаниями как в производстве, так и в применении цифровых технологий. Однако внедрение таких технологий также дает возможность для обучения и развития персонала. Обучение в области программирования и работы с новыми технологиями позволяет вырастить высококвалифицированных сотрудников, способных успешно работать в условиях цифровой экономики [4].

Вывод. Цифровизация становится важным элементом успешной стратегии развития машиностроительной отрасли. Путем оптимизации производства, стимулирования инноваций, улучшения качества продукции и обучения персонала, предприятия в этой отрасли могут значительно повысить свою конкурентоспособность. Те, кто смогут успешно адаптироваться к цифровым требованиям, будут лидерами на рынке, обеспечивая стабильное и успешное будущее для отрасли машиностроения.

Список литературы

1. Цифровизация промышленности: как экономить за счет информационных технологий // Doczilla : [сайт]. URL: <https://doczilla.pro/ru/blog/cifrovizaciya-promyshlennosti-kak-ehkonomit-za-schet-informacionnyh-tekhnologij/> (дата обращения: 01.12.2023).
2. Цифровизация промышленности: задачи, преимущества внедрения // Adeptik : [сайт]. URL: <https://adeptik.com/blog/cifrovizaciya-promyshlennosti/?ysclid=lp1388r9j662365148> (дата обращения: 01.12.2023).
3. *Амелин С. В.* Организация производства в машиностроении в условиях цифровой трансформации // Организатор производства. 2020. № 1. С. 17–23.
4. *Кублин И. М., Еремеев М. А., Плеханов С. В.* Качественное изменение труда в условиях цифровизации производства // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2019. № 1. С. 65–69.

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В МЕХАНИЗМЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ

В. В. Кузьмин,

аспирант,

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

В статье рассматривается взаимное влияние процессов цифровизации и общественной жизни. Дана оценка влияния человеческого фактора на достижение целей цифровой трансформации. В организационной структуре предприятий выделены типы ключевых особенностей по принципу коллективного воздействия. Отдельно рассмотрены личные качества руководителей, которые оказывают значительное влияние на процессы цифровизации на предприятии.

Ключевые слова: цифровизация, человеческий фактор, влияние, безопасность, общество.

ROLE OF THE HUMAN FACTOR IN THE DIGITILIZATION MECHANISM

The article examines the mutual influence of digitalization processes and public life. An assessment is made of the influence of the human factor on achieving the goals of digital transformation. In the organizational structure of enterprises, types of key features are identified based on the principle of collective impact. The personal qualities of managers, which have a significant impact on digitalization processes in the enterprise, are separately considered.

Keywords: digitalization, human factor, influence, safety, society.

Сложно переоценить преимущества, достигаемые на пути цифровой трансформации. Развитие данных процессов все больше оказывает значительное влияние как на производственные результаты предприятий, так и на повседневную жизнь человека во многих аспектах — от бытовых (качество товаров и услуг, персонализация, энергосбережение, умный дом и IoT) до социально значимых направлений (образование, здравоохранение, экология,

безопасность и устойчивость) и общественной жизни (культура и политика). Но, несмотря на столь широкое вовлечение цифровизации в общественную жизнь, человеческий фактор на текущем технологическом этапе оказывает огромное влияние на данные процессы и может предопределить их успех или неудачу, дальнейшее эволюционное развитие. Следовательно, важно уже сейчас уделять особое внимание данному обстоятельству.

Проведя анализ материалов из открытых источников на предмет влияния человека на цифровизацию организации [1, 2], были выделены группы сотрудников предприятий, различающиеся по следующим ключевым особенностям:

1) по принятию изменений – способность адаптироваться к новым цифровым технологиям и процессам, что оказывает существенное влияние на итоговую успешность цифровизации;

2) по уровню компетенций – потенциал квалификации и навыков персонала, играющего важную роль в эффективности использования сотрудниками цифровых инструментов;

3) по уровню вовлеченности – заинтересованные и мотивированные люди могут активно участвовать в процессах цифровизации и предлагать улучшения;

4) по степени развития – напрямую связано с инвестированием предприятий в обучение персонала по вопросам цифровизации и повышением их профессионализма, что способствует успешной реализации проектов цифровизации;

5) по культурным особенностям – влияние корпоративных ценностей и норм организационной культуры на гибкость в вопросах цифровой трансформации;

6) по организационной структуре – особенность, при которой эффективное сотрудничество и коммуникация между различными отделами и уровнями иерархии могут определить, насколько успешно будут внедрены цифровые решения.

С учетом значимости персональной ответственности и роли руководителей организации, сформулированы ключевые личные качества, которые влияют на достижение целей процесса цифровизации:

- лидерство и умение принимать на себя ответственность за разработку и выполнение стратегии цифровой трансформации;
- умение сформировать устойчивую корпоративную культуру, включая отношение к инновациям. Личный пример и поддержка могут способствовать активному внедрению цифровых технологий;
- готовность к формированию бюджета и распределению ресурсов, направляемых на цели цифровизации;
- принятие ключевых решений в вопросах выбора технологий, стратегии цифровой трансформации и приоритетов проектов;
- готовность к изменениям и поддержке сотрудников в процессе адаптации к новым цифровым процессам;
- умение замотивировать персонал на активное участие в процессах цифровизации и развитие необходимых навыков.

В оценке влияния человеческого фактора на цифровые изменения в перспективе считаю необходимым не забывать о балансе главенства в связке «человек – цифровизация», которым определяется направление и динамика трансформации. В текущий момент это взаимодействие, а не исключение одного из другого. Цифровизация предоставляет человеку мощные инструменты, которые могут существенно улучшить качество жизни и увеличить производительность. Эти инструменты позволяют автоматизировать рутинные задачи, улучшать коммуникацию и доступ к информации, а также расширять возможности во многих областях. Вместе с тем возникают серьезные риски в вопросах приватности, безопасности и этики. Человек должен оставаться в центре контроля за своими данными и решениями, а общество должно разрабатывать нормативы и законы, которые обеспечивают эту защиту.

Главенство в цифровой трансформации должно строиться на балансе, где цифровизация служит интересам общества, а человек остается ответственным за этические и моральные аспекты использования технологий.

Список литературы

1. *Литвинова Н. А., Изотова А. Г.* Роль человеческого фактора в эпоху цифровизации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 1-1 (71). С. 195–197.
2. *Грицунова С. В., Седых Ю. А.* Учет человеческого фактора в условиях развития цифровой экономики // Вестн. Ростов. гос. экон. ун-та (РИНХ). 2021. № 3 (75). С. 79–84.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

К. Ю. Летнев,

ст. преподаватель,

В. В. Давыдова,

ст. преподаватель

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Рассмотрены вопросы применения программного обеспечения общего назначения для реализации прикладных задач образовательной деятельности. Приведен пример разработки программного решения для распределения учебной нагрузки с использованием инструментов Microsoft Excel и Visual Basic for Applications.

Ключевые слова: *программное обеспечение общего назначения, образовательная деятельность, прикладные задачи, распределение учебной нагрузки, Microsoft Excel, Visual Basic for Applications.*

USING GENERAL PURPOSE SOFTWARE FOR IMPLEMENTATION OF APPLIED TASKS IN EDUCATIONAL ACTIVITIES

The issues of using general-purpose software for the implementation of applied tasks in educational activities are considered. An example of developing a software solution for distributing the teaching workload using Microsoft Excel and Visual Basic for Applications tools is given.

Keywords: *general purpose software, educational activities, applied tasks, distribution of teaching workload, Microsoft Excel, Visual Basic for Applications.*

Образовательная деятельность преподавателя вуза подразделяется на учебную, учебно-методическую, научно-исследовательскую, организационно-методическую и другие виды работ. Для выполнения отдельных задач используется значительное количество разноплановых информационных технологий [1], при

этом зачастую, как и в других областях деятельности, достаточно применения программного обеспечения общего назначения, в том числе инструментария Microsoft Excel и Visual Basic for Applications (VBA), которое позволяет как выполнить сами прикладные задачи, так и разработать инструменты прикладного характера для решения универсальных или специализированных задач, возникающих в профессиональной сфере [2].

Так, в организационно-методической деятельности при планировании и учете работы преподавателей вуза широко применяется шаблон индивидуальных планов в формате Excel, на базе которого на кафедре подъемно-транспортных машин и роботов были разработано информационное решение, позволяющее гибко и оперативно распределять и перераспределять учебную нагрузку между преподавателями.

В нем используется несколько средств и методов Excel: на отдельном листе формируется список (база данных) всех преподавателей кафедры с индивидуальными данными; каждой дисциплине приписывается фамилия ведущего преподавателя; распределяется индивидуальное руководство практиками, НИР, ВКР студентов; создаются именованные диапазоны и константы для использования в формулах Excel и программном коде VBA; выделяется управляющая ячейка для выбора пользователем преподавателя из раскрывающегося списка; формируется поручение с помощью фильтра, функций вертикального (ВПР) и горизонтального (ГПР) просмотра по именованным диапазонам для нахождения, соответственно, строки с выбранным преподавателем и столбца по группе из таблиц учебной нагрузки (со смещением по константе, соответствующей виду нагрузки) (рис. 1).

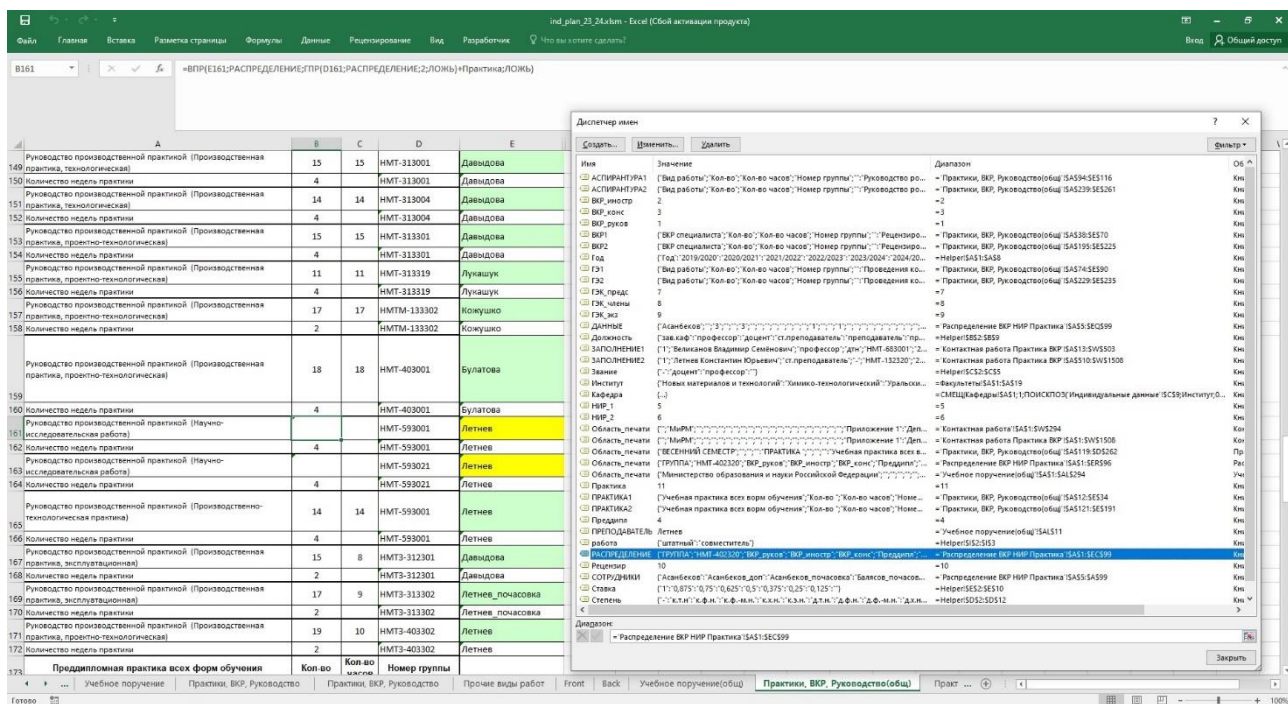


Рис. 1. Применение именованных диапазонов, констант, формул для распределения нагрузки

Для автоматизации отдельных операций на листах рабочей книги размещаются элементы управления Excel, которым соответствуют макросы (и сочетания клавиш для запуска), написанные в VBA и позволяющие при помощи тех же именованных диапазонов, констант, свойств смещения диапазона Range.Offset, циклов For Each...In...Next, выполнить расчет часов учебной нагрузки по всем преподавателям, обновить фильтр для формирования учебного поручения, сохранить индивидуальный план по фамилии, перейти к следующему преподавателю. Для контроля за корректностью и полнотой распределения применяются правила условного форматирования Excel (рис. 2–4).

<

Рис. 2. Элемент управления на листе учебного поручения

ind_plan_23_24.xlsx - Excel (Сбой активации продукта)																											
Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик Что вы хотите сделать?																											
A1 ГРУППА																											
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL BM BN BO BP BQ BR BS BT BU BV BW BX BY BZ CA CB CC CD CE CF CG CH CI CJ CK CL CM CN CO CP CQ CR CS CT CU CV CW CX CY CZ DA DB DC DD DE DF DG DH DI DJ DK DL DM DN DO DP DQ DR DS DT DV DW DX DY DZ EA EB EC ED EE EF EG EH EI EJ EK EL EM EN																											
1	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА	ГРУППА
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
3	Всего	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
4	Итог	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
5	Асанбеков	3	3																								
6	Асанбеков_доп																										
7	Асанбеков_почасовка																										
8	Баласов_почасовка																										
9	Бердников																										
10	Бердников_почасовка																										
11	Близник_почасовка																										
12	Бриков																										
13	Бриков_почасовка																										
14	Бубнов_почасовка																										
15	Булатова																										
16	Булатова_почасовка																										

Рис. 3. Элемент управления на листе распределения практик, НИР, ВКР

В учебно-методической деятельности применение Excel позволяет реализовать расчетную проверку практических заданий, разработать новые лабораторные или практические работы. В целом подобные решения позволяют провести анализ различных технических решений или технологических процессов при варьировании параметров, определить их рациональные значения по определенному критерию, что также может быть использовано как в проектно-конструкторской деятельности инженера, так и в научно-исследовательской деятельности преподавателя или научного работника.

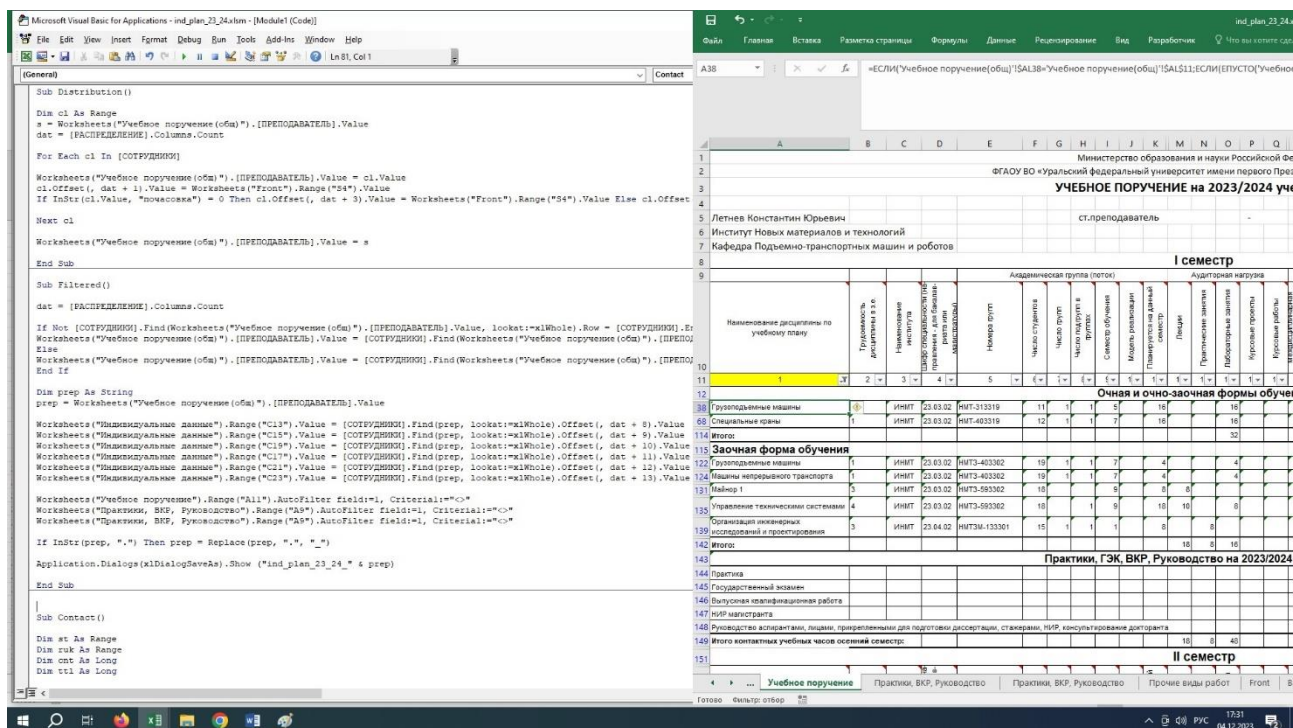


Рис. 4. Код VBA для распределения нагрузки и формирования поручения на листе Excel

Так в научно-исследовательской деятельности можно выделить прежде всего задачи, связанные с обработкой данных, формированием имитационных моделей на базе математических моделей, проведением виртуальных вычислительных экспериментов [3].

Список литературы

1. *Летнев К. Ю., Давыдова В. В.* Внедрение цифровых образовательных технологий в деятельность высшего учебного заведения // *Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта* : сб. ст. Екатеринбург, 03 декабря 2021 года. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2022. С. 123–125.
2. *Соловьев С. В., Гринкруг Л. С., Цой Р. И.* Технология разработки прикладного программного обеспечения : учебное пособие. М. : Акад. естествознания, 2011. 407 с.
3. *Комиссаров А. П., Летнев К. Ю.* Разработка имитационной модели процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием прямая лопата карьерного экскаватора // *Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности* : сб. тр. XVII Международ. науч.-техн. конференции, Екатеринбург, 04–05 апреля 2019 года. Екатеринбург : Урал. гос. горн. ун-т, 2019. С. 267–270.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭКСКАВАЦИИ

К. Ю. Летнев,

ст. преподаватель,

В. В. Давыдова,

ст. преподаватель

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Рассмотрены вопросы применения прикладных информационных технологий для исследования процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием типа прямая лопата карьерного экскаватора. Описан пример разработки имитационной модели процесса экскавации и проведения вычислительного эксперимента с использованием инструментов Microsoft Excel и Visual Basic for Applications.

Ключевые слова: исследование процесса экскавации, прикладное программное обеспечение, имитационное моделирование, виртуальный вычислительный эксперимент, Microsoft Excel, Visual Basic for Applications.

USING APPLIED INFORMATION TECHNOLOGIES TO STUDY THE EXCAVATION PROCESS

The issues of using applied information technologies to study the process of excavating rocks using working equipment such as a straight shovel of an open-pit excavator are considered. An example of developing a simulation model of the excavation process and conducting a computational experiment using Microsoft Excel and Visual Basic for Applications tools is described.

Keywords: excavation process research, application software, simulation modeling, virtual computing experiment, Microsoft Excel, Visual Basic for Applications.

Различные задачи в рамках научно-исследовательской деятельности успешно реализуются с помощью прикладного программного обеспечения, предназначенного для решения прикладных задач конечными пользователями

[1], например с использованием приложений, входящих в пакет прикладных программ Microsoft Office, а именно табличного процессора Excel и среды Visual Basic for Applications (VBA).

Рассмотрим пример исследования процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием типа прямая лопата карьерного экскаватора. В качестве метода исследования принят вычислительный эксперимент, выполняемый на основе имитационной модели процесса экскавации и математической модели рычажного механизма, образующегося при совместном действии главных механизмов экскаватора (механизмов подъема и напора) [2, 3].

Исходные данные для моделирования вносятся на отдельный лист рабочей книги Excel, при этом каждой ячейке (каждому параметру) в этом списке присваивается соответствующее символьное имя в «Диспетчере имен», что позволяет использовать их и в формулах Excel, и в коде VBA (через аргумент в кавычках объекта Range или напрямую через квадратные скобки), в одной из процедур которого реализовано считывание значений исходных данных (рис. 1).

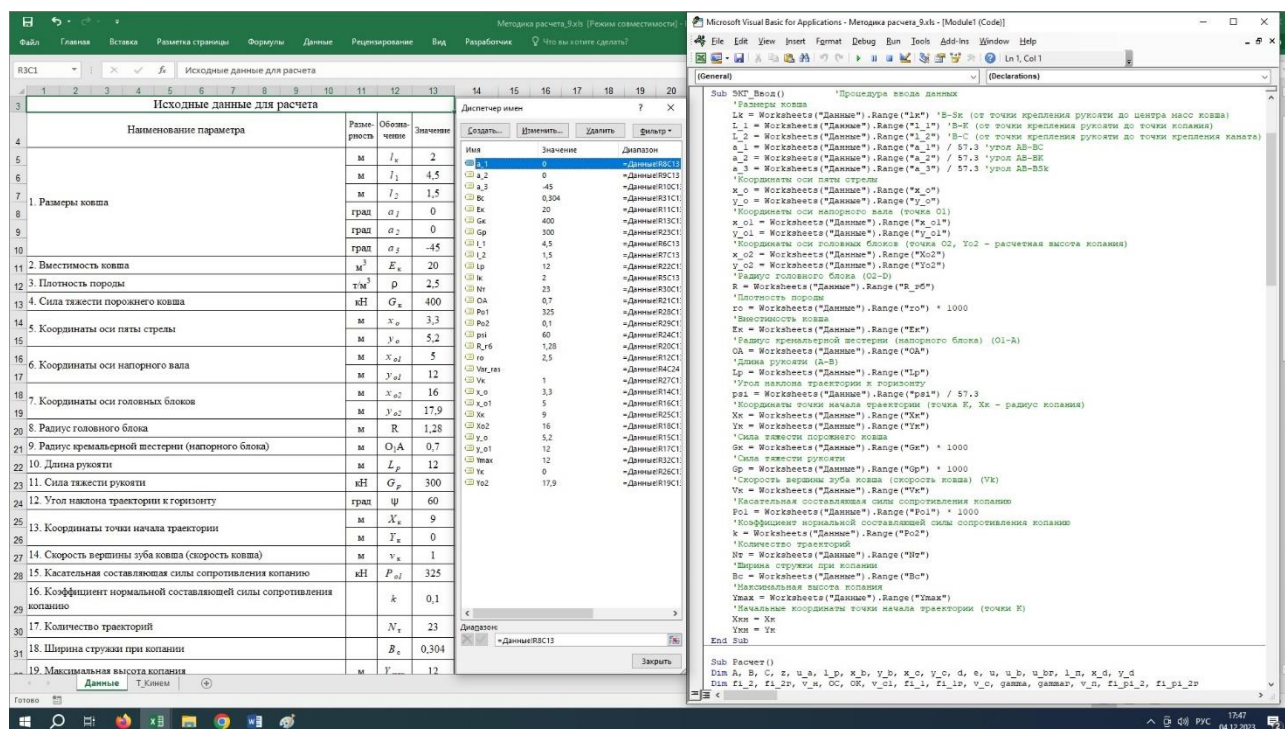


Рис. 1. Исходные данные на листе Excel, в «Диспетчере имен» и коде VBA

Для вывода результатов расчета скоростей, усилий и мощностей усилий подъема и напора по всем траекториям в зоне копания используется отдельный

лист, на котором также размещены диаграммы изменения этих выходных параметров для начальной, средней и крайней траекторий. Здесь же размещается элемент управления, привязанный к макросу в VBA, который запускает новый вычислительный эксперимент (рис. 2).

Процедура «Расчет» определяет значения переменных математической модели при перемещении ковша по заданной траектории с заданной скоростью копания (символьные обозначения переменных соответствуют обозначениям в модели) (рис. 3). Пошаговое перемещение ковша от точки начала траектории до максимальной высоты копания выполнено с использованием стандартного цикла For...To...Next, который выполняется внутри другого цикла – прохождение всех траекторий в соответствии с максимальным радиусом копания. На каждом шаге перемещения ковша отдельная процедура отвечает за вывод результатов, что по сути соответствует управляющему воздействию на приводы механизмов [4].

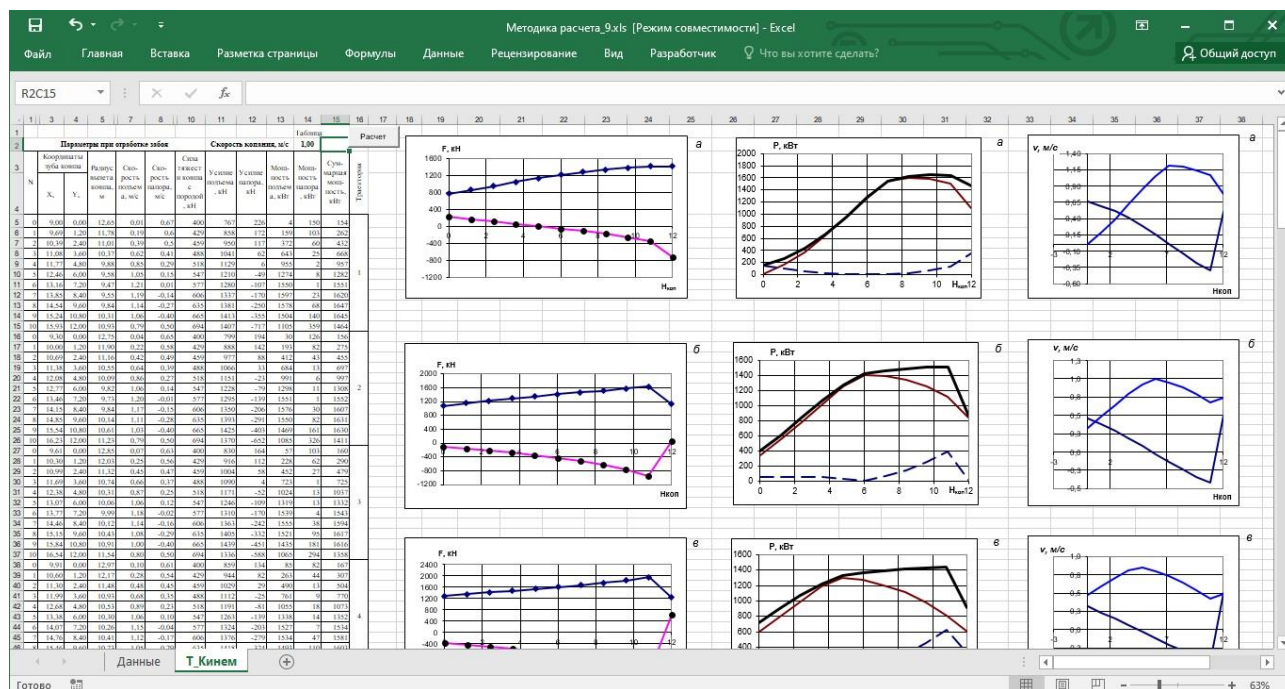


Рис. 2. Вывод результатов, диаграммы изменения параметров и элемент управления

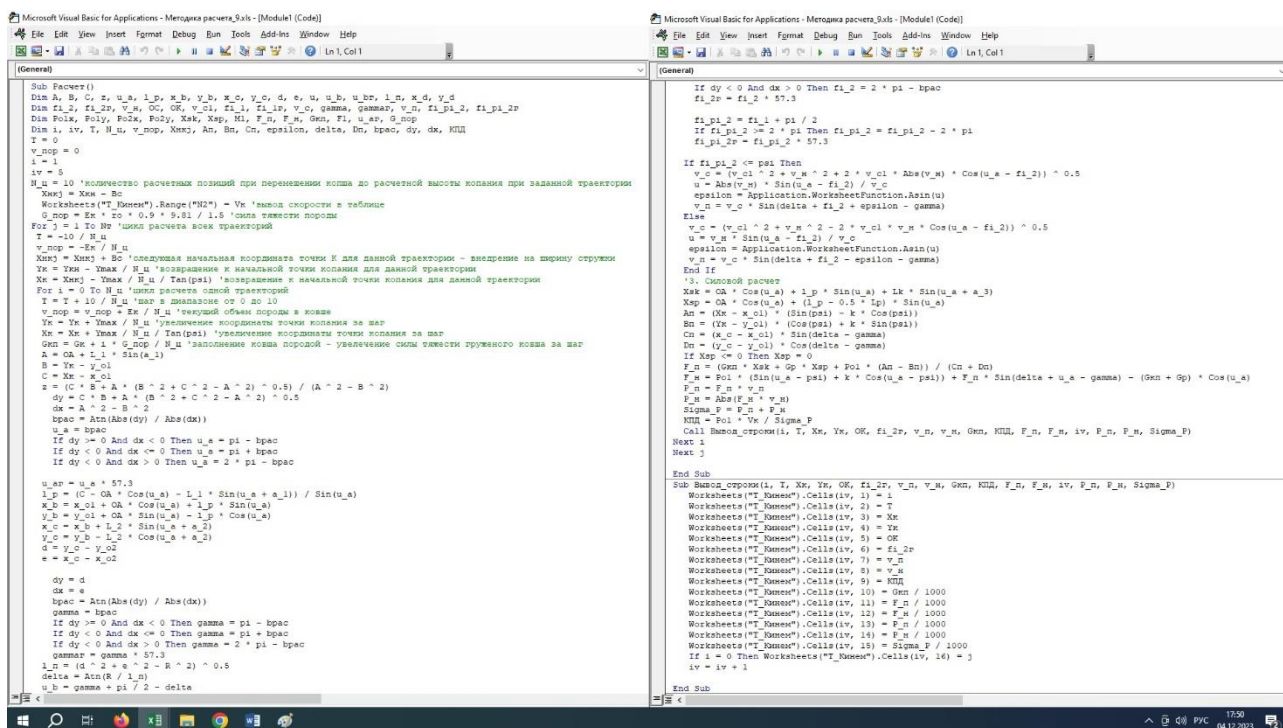


Рис. 3. Процедуры расчета и вывода результатов в VBA

Задачи исследования могут быть реализованы и при помощи других инструментов Excel. Например, для ввода данных можно использовать пользовательскую форму VBA. С другой стороны, весь расчет можно выполнить с применением исключительно встроенных функций Excel. Кроме того, полученные данные можно дополнительно обработать как встроенными, так и внешними инструментами, в том числе напрямую использовать для формирования скоростей.

Также набор исходных данных возможно перенести в отдельный файл, а сами исходные данные формировать в режиме реального времени, считывая значения отдельных параметров с датчиков, используя обратную связь, корректируя траекторию в соответствии с текущим состоянием процесса и оборудования. В виртуальный эксперимент можно привнести элемент случайного изменения отдельных параметров в определенном диапазоне или их случайного формирования из определенного массива значений (функция Rnd). При этом сама математическая модель может быть изменена и дополнена с учетом результатов ранее проведенных виртуальных экспериментов и их сходимости с данными натурных испытаний. Все это позволяет использовать разработанную в MS Excel и VBA имитационную модель для решения различных задач научно-исследовательской

и проектно-конструкторской деятельности, а также формирования соответствующих компетенций при изучении различных дисциплин, затрагивающих вопросы техники и технологии наземного транспорта.

Список литературы

1. *Соловьев С. В., Гринкруг Л. С., Цой Р. И.* Технология разработки прикладного программного обеспечения : учебное пособие. М. : Акад. естествознания, 2011. 407 с.
2. Эскавация горных пород как процесс функционирования рабочего оборудования карьерного экскаватора / А. П. Комиссаров, О. А. Лукашук, К. Ю. Летнев и др. // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромышленного оборудования. 2018. Т. 1. С. 75–81.
3. *Лукашук О. А., Летнев К. Ю.* Определение режимных параметров рычажного механизма карьерного экскаватора // Изв. высш. учеб. заведений. Горный журнал. 2021. № 2. С. 94–102.
4. Программное управление процессом эскавации горных пород карьерным экскаватором / А. П. Комиссаров, Ю. А. Лагунова, О. А. Лукашук и др. // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 5 (151). С. 28–33.

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А. В. Нетиевский,

аспирант

Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Рассмотрены проблемы интеграции информационных технологий на предприятиях машиностроения. Проведен анализ проблем, создающих сложности при интеграции цифровых решений. Проведен обзор научных работ учитывающих проблемные аспекты при внедрении информационных технологий.

Ключевые слова: информационные технологии, эффективность, цифровое производство.

DIFFICULTIES OF IMPLEMENTING INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENGINEERING

The problems of integration of information technologies at mechanical engineering enterprises are considered. An analysis of the problems that create difficulties in the integration of digital solutions has been carried out. A review of scientific works taking into account problematic aspects in the implementation of information technologies was carried out.

Keywords: information technology, efficiency, digital production.

Машиностроительная промышленность развивалась совместно с развитием экономики, науки и техники. В машиностроении наблюдается собственная модель развития относительно специалистов, рынка и технологий. Предприятия машиностроения достаточно давно внедряют информационные технологии, однако результаты внедрения не всегда оправдывают ожидания. Выделяется несколько факторов, влияющих на результаты внедрения информационных технологий:

– общее качество персонала невысокое;

- мобильность персонала;
- громоздкие процедуры управления процессом механического производства и применения информационных технологий;
- высокая рабочая нагрузка [1].

Так, при наличии выделенных факторов, даже несмотря на интеграцию информационных технологий, предприятия не имеют планируемых результатов. Стоит отметить, что ряд предприятий получили положительные результаты, но, как показывает анализ, результат достигался в краткосрочной перспективе и не принес высокого дохода в долгосрочной перспективе [1].

Рассматриваются особенности развития предприятий, основанных при СССР [2]. Много предприятий, созданных при СССР, сегодня уже не существует. Остальная их часть развивается посредством внедрения систем управления и оборудования. Имеющееся в парке оборудование этих предприятий позволяет выполнять работы в разных отраслях промышленности, таких как оборонная, нефтехимическая, транспортная и др. Как показывает практика, не все предприятия способны к перестроению производства от заказа к заказу. Высокие навыки к перестроению показывают производственные и конструкторско-технологические подразделения, в то время как остальные части предпочитают находиться в комфортных рамках. В результате того что не все подразделения способны своевременно перестраиваться, информация в отношении ранее принятых решений в разных областях теряется и не анализируется [2].

В существующей направленности к организации цифрового производства на машиностроительных предприятиях требуется автоматизировать все процессы производства и управления. Машиностроительные предприятия, применяя инструменты информационных технологий, запускают процессы автоматизации и роботизации, повышая оперативность и гибкость производственных процессов, улучшая организацию и управление на предприятии [3]. При анализе структур производства выделено две основные проблемы:

1. Нет системы оценки показателей эффективности работы предприятия, которые снижают эффективность работы.

2. Недостаточно управленческих механизмов для оценки ресурсного потенциала предприятия в условиях цифровой экономики, что не позволяет снизить издержки, связанные с обработкой информации [4].

Актуальная задача на сегодня – создание автоматизированной системы для работы с такими процессами в организации, как интеллектуальные процессы, планирование, мониторинг и управление, связанными объектами производства, учитывая влияние внешних условий [5]. Системное моделирование можно определить как одну из главных составляющих в организации процессов. Системное моделирование — это интеллектуальный и объективный процесс [5].

В заключении можно отметить, что на сегодняшний день внедрение на предприятиях информационных технологий не гарантирует достижение успеха. Отсутствуют единые механизмы и алгоритмы действий, способные дать гарантии в эффективном внедрении цифровых решений и управлении организации с помощью этих решений. Важную роль во внедрении информационных технологий играет человеческий фактор, во многом понимание необходимости внедрения элементов цифровизации происходит после ее осознания на всех уровнях управления предприятием [6]. Нужна принципиально новая стратегия эффективного управления и развития предприятий машиностроения, с позиций новых форм организации производства [7].

Выводы. На основании проведенного анализа можно отметить, что машиностроительные предприятия на сегодняшний день еще недостаточно интегрировали в свою систему элементы информационных технологий. Сложности на пути внедрения цифровых технологий вызывают такие факторы, как трудность перестройки материальной части производства, вероятность возникновения сопротивления персонала цифровым изменениям, незавершенность этапа Индустрии 3.0, культурные и организационные барьеры. Интеграция информационных технологий должна производиться с учетом эксплуатационных и производственных характеристик предприятий. Для повышения конкурентоспособности развития предприятий необходимо постоянное обновление информационных продуктов.

Список литературы

1. Саипова Л. Х., Оздамирова Л. М., Джамалдинова М. А. Исследования по применению информационных технологий в машиностроении // Индустриальная экономика. 2023. № 3. С. 91–94.
2. Васильков Д. В., Тариков И. Я., Миллер А. С. Проблемы оперативного запуска в производство заказов на предприятии под управлением системы менеджмента качества // Металлообработка. 2016. № 4. С. 68–71.
3. Амелин С. В. Организация производства в машиностроении в условиях цифровой трансформации // Организатор производства. 2020. № 1. С. 17–23.
4. Королева Е. И. Управление эффективностью развития интегрированных производств в современных условиях // Вестн. Волж. ун-та им. В. Н. Татищева. 2021. № 3. С. 22–32.
5. Куликов Г. Г., Речкалов А. В., Артюхов А. В. Методология системного моделирования адаптивного управления машиностроительным производством // Вестн. ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2020. № 4. С. 115–125.
6. Ячmeneва В. М., Османова З. О. Управление адаптивностью в контексте деятельности предприятий в условиях цифровизации // Научн. вестн.: финансы, банки, инвестиции. 2021. № 4. С. 56–62.
7. Нетиевский А. В., Прилуцкая М. А. Управление заказом в условиях цифровизации машиностроительного предприятия // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии : сб. науч. ст. Екатеринбург : Ин-т экономики Урал. отд. РАН, 2022. С. 156–166. DOI 10.17059/978-5-94646-673-8-2022-14.

КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ДИСТАНЦИОННОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Н. П. Пономарев,

магистрант,

П. В. Сарыков,

магистрант,

О. Г. Блинков,

проф., д-р техн. наук,

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

Рассмотрена концепция организации дистанционных рабочих мест для проведения электронного документооборота в части конструкторско-технологической подготовки производства в машиностроении. Рассмотрены преимущества и недостатки данного концепта. Предложено четыре варианта технической реализации концепции.

Ключевые слова: электронный документооборот, управление жизненным циклом изделия, системы автоматизированного проектирования, конструкторско-технологическая подготовка производства.

THE CONCEPT OF USING ELECTRONIC MANAGEMENT IN REMOTE OPERATION MODE

The concept of organizing remote workplaces for electronic document management in terms of design and technological preparation of production is considered. The advantages and disadvantages of this concept are considered. Four variants of the technical implementation of the concept are proposed.

Keywords: electronic document management, product lifecycle management, computer-aided design systems, design and technological preparation of production.

Современный машиностроительный мир претерпевает повсеместные изменения, связанные с переходом от третьей (компьютер и автоматизация) к четвертой промышленной революции (киберфизическая система). На данном этапе

автоматизации конструкторско-технологическая подготовка производства включает в себя следующие составляющие:

- конструкторы применяют системы автоматизированного проектирования (САПР) для разработки конструкторской документации. При этом применяется концепция электронной модели изделия, подразумевающая передачу свойств, необходимых для изготовления, контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации через электронную модель;

- технологи реализуют создание техпроцессов двумя способами: через специализированные САПР или непосредственно в системе управления электронным документооборотом;

- для согласования документации и выстраивания электронной структуры изделия используется либо система управления данными об изделии (PDM), либо система управления жизненным циклом изделия (PLM).

Реализация промышленной эксплуатации составляющих данного этапа позволяет говорить о возможности перехода на следующий этап развития – реализации концепции удаленных рабочих мест для конструкторских бюро предприятий. Данную концепцию необходимо рассматривать комплексно, учитывая все особенности производства. Положительными сторонами реализации являются:

1. Гибкость и комфорт работы из любого места.
2. Сокращение затрат на офисное пространство и операционные издержки.
3. Улучшение баланса работы и личной жизни, что позволит сотруднику более полноценно восстанавливаться.
4. Возможность привлечения аутсорса и независимого аудита, независимо от их географического расположения.
5. Увеличение доступности работы для людей с ограниченными физическими возможностями или ограничениями в передвижении.

Однако данная концепция имеет и некоторые недостатки:

1. Отсутствие физического взаимодействия и коммуникации между сотрудниками, что может затруднить обмен идеями.

2. Отсутствие возможности наблюдать и контролировать работу сотрудников в реальном времени.

3. Технические сложности реализации концепта, особенно при работе с большими файлами и моделями.

4. Высокий риск утечки данных, имеющих коммерческую и/или государственную тайну.

5. Отсутствие взаимодействия между конструкторским и производственным подразделением.

Последний из недостатков является наиболее значительными, поскольку зачастую при составлении производственной документации (например, актов дефектации) требуется личное присутствие конструктора, которое обеспечивает более быстрое согласование и более объективную оценку ситуации нежели при передаче электронных данных. Также возможно увеличение риска утечки конфиденциальной информации. Для решения данной проблемы предлагается использовать системы видео-, фото-, аудиофиксации.

При реализации технически-цифровой составляющей необходимо обеспечить не только аппаратную устойчивость при подключении нескольких удаленных пользователей, но и дополнительную безопасность взаимодействия сетей для ликвидации возможности утечки данных и их повреждения, что потребует дополнительных финансовых вложений.

На сегодняшний день доступны следующие варианты реализации удаленного доступа:

- удаленное подключение к компьютерам. При этом сами компьютеры находятся на предприятии;
- работа на собственном устройстве с наличием подключения к сети предприятия для лицензирования программ и передачи данных об изделии;
- работа на устройстве, предоставленном организацией, с наличием лишь удаленного подключения к сети предприятия для лицензирования программ и передачи данных об изделии;
- организация виртуальных рабочих мест на сервере предприятия.

Каждый из вариантов необходимо рассматривать с точки зрения параметров: безопасность, качество данных, зависимость от стабильного соединения, производительность, удобство работы.

При рассмотрении безопасности данных наиболее надежным способом является хранение данных на сервере предприятия. Хранение данных на защищенном рабочем устройстве у пользователя тоже является надежным, однако вероятность взлома физического носителя остается. При данном варианте возможно применение и физических средств защиты: поляризационная пленка для мониторов, видеокамера. Наименее безопасным является возможность сохранения данных на личном устройстве работника.

Вопрос качества передаваемых данных стоит наиболее остро при работе связки «клиент – сервер», когда при отправке в PDM-систему из компьютера работника возможна потеря или повреждение передаваемых данных. При организации удаленного подключения такая проблема исключена, поскольку все файлы и их изменения сохраняются на сервере предприятия.

Зависимость от стабильного соединения будет присутствовать при использовании любого из вышеперечисленных способов. Однако наиболее критичной зависимость будет при передаче данных, нежели при передаче экрана отображения рабочего места.

Производительность является наиболее спорным параметром при рассмотрении обоих вариантов. При этом наличие единого общего сервера позволяет обрабатывать данные намного быстрее. Однако все системы САПР являются сложными программами, обрабатывающими большой объем информации, и при сбое у одного виртуального пользователя возможен сбой работы всего сервера. Исходя из вышеперечисленного, можно по свойствам сгруппировать рассмотренные варианты и определить группы предприятий, для которых они могут востребованы.

Наиболее стабильным, безопасным, но одновременно и дорогим вариантом является организация удаленного подключения к отдельным компьютерам

на предприятии. Данный вариант будет наиболее оптимален для предприятий ОПК, корпораций, концернов.

Следующим, но наименее устойчивым в критических ситуациях является использование варианта организации удаленных рабочих мест на сервере. Он подходит для крупных предприятий, работающих преимущественно с гражданской продукцией.

Наиболее дешевым, но наименее безопасным является вариант организации подключения сотрудника к сети предприятия с его персонального устройства. При своих недостатках он прекрасно подойдет для инжиниринговых компаний. Такой подход реализуем лишь при наличии на предприятии не только средств автоматизации третьего этапа, но и актуализации всех нормативно-справочных и материально-производственных данных организации.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ И ПОТЕРИ ИНФОРМАЦИИ В ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ

Е. В. Филиппова,

инженер,

Т. А. Акименко,

доц., канд. техн. наук,

О. А. Горбунова,

доц., канд. техн. наук,

Тульский государственный университет, г. Тула

Исследуются методы тестирования тепловизионных систем наблюдения, в настоящее время широко применяемых как источник информации об окружающей среде в различных отраслях народного хозяйства. Показано, что вследствие преобразования сенсором информативных параметров наблюдаемой сцены возможны потери информации на выходе системы. Получены условия, при которых потерь информации не происходит, и случаи передачи информативных параметров с потерями.

Ключевые слова: тепловизионная система наблюдения, генератор тепловых сигналов, информативные параметры, потери информации.

INFORMATION CONTENT AND INFORMATION LOSS IN THERMAL IMAGING SUPERVISION SYSTEMS

Methods for testing thermal imaging surveillance systems, which are currently widely used as a source of information about the environment in various sectors of the national economy, are explored. It is shown that due to the sensor's transformation of the informative parameters of the observed scene, information loss at the system output is possible. Conditions under which no loss of information occurs and cases of transmission of informative parameters with losses are obtained.

Keywords: thermal imaging surveillance system, thermal signal generator, informative parameters, loss of information.

Системы наблюдения сцен в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра достаточно широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, электроэнергетике, металлургии, химической промышленности, оборонной сфере, в системах экологического мониторинга и т. п. Основной задачей подобных систем является формирование модели наблюдаемой сцены, максимально близкой к оригиналу. Наблюдение сцены в ИК-диапазоне сопровождается потерями информации, связанными с ее преобразованиями на аппаратном уровне тепловизионной системой наблюдения. Указанные потери являются безвозвратными и не могут быть скомпенсированы при цифровой обработке электронных образов наблюдаемых сцен, поэтому важным этапом при вводе в эксплуатацию тепловизионной системы является этап тестирования и наладки, успешное прохождение которого гарантирует, что потери информации при наблюдении не превысят заданных показателей.

В тестирующей системе (рис. 1) эталонный тестовый сигнал, включающий информативные признаки $x^1, \dots, \rightleftharpoons x^m, \dots, \rightleftharpoons x^M$, поступает с наблюдаемой сцены реальной и виртуальной тепловизионной системой наблюдения. В реальном приборе преобразование сигнала $\phi(x^1, \dots, \rightleftharpoons x^m, \dots, \rightleftharpoons x^M)$ осуществляется узлами и блоками на физическом уровне, вследствие чего формируются реальные вторичные информативные признаки $X_R^1, \dots, \rightleftharpoons X_R^m, \dots, \rightleftharpoons X_R^M$. В виртуальном приборе на основании информативных признаков $x^1, \dots, \rightleftharpoons x^m, \dots, \rightleftharpoons x^M$ формируются желаемые значения вторичных информативных признаков $X_V^1, \dots, \rightleftharpoons X_V^m, \dots, \rightleftharpoons X_V^M$, которые соответствуют идеально настроенной тепловизионной системе. Нормы разностей виртуальных и реальных вторичных признаков сравниваются с допустимыми значениями $\|X_R^m - X_V^m\| < \varepsilon_m$, $1 \leq m \leq M$, и если неравенство выполняется для всех информативных параметров, то тепловизионная система наблюдения считается пригодной к эксплуатации. Если не выполняется хотя бы одно неравенство, то требуется настройка прибора.

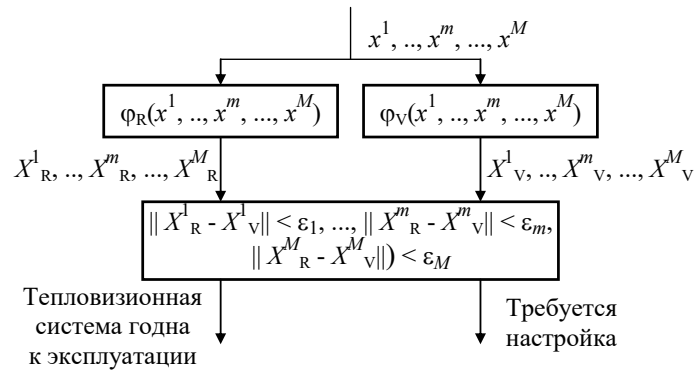


Рис. 1. Тестирующая система

Типовая передаточная характеристика с выделением различных случаев потерь информации показана на рис. 2, где X – информативный параметр; D – цифровое значение информативного параметра.

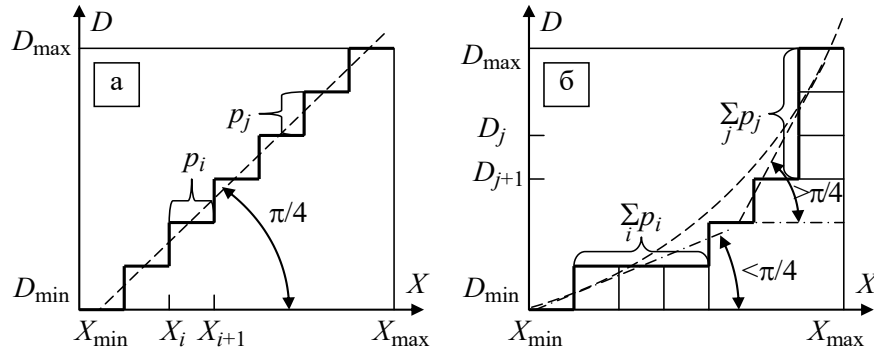


Рис. 2. Преобразование информативных параметров

Энтропия участка, расположенного под углом 45° ($\pi/4$):

$$H_{\pi/4} = -\sum_i p_i \log p_i, \quad (1)$$

где p_i – вероятность попадания информативного параметра X в интервал значений $X_i \leq X < X_{i+1}$. Это означает, что система без потерь информации.

Энтропия участка, расположенного под углом $<45^\circ$ ($<\pi/4$):

$$H_{<\pi/4} = -(\sum_i p_i) \log(\sum_i p_i), \quad (2)$$

где $\sum_i p_i$ – сумма вероятностей попадания информативного параметра X в соседние участки, которые преобразуются в один и тот же код.

$$\begin{aligned} \text{Разность } H_{\pi/4} - H_{<\pi/4} &= -\sum_i p_i \log p_i + (\sum_i p_i) \log(\sum_i p_i) = \\ &= \sum_i p_i [-\log p_i + \log(\sum_j p_j)] = \sum_i p_i \log \left(\frac{\sum_j p_j}{p_i} \right) > 0. \end{aligned}$$

Это означает, что $H_{\pi/4} > H_{<\pi/4}$, т. е. в системе имеются потери информации.

Энтропия участка, расположенного под углом $>45^\circ$ ($>\pi/4$): в этом случае $\sum_j p_j = p_i$, т. е. на один и тот же интервал информативного параметра приходится несколько интервалов цифрового кода, его представляющего. Энтропия в этом случае равна:

$$H_{>\pi/4} = -\tilde{p}_i \log \tilde{p}_i, \quad (3)$$

где $\tilde{p}_i$ – вероятность попадания информативного параметра в интервал, на который приходится несколько интервалов цифрового кода.

Это, в свою очередь, означает, что общее количество цифровых кодов, представляющих информативный параметр, уменьшается, а следовательно, $H_{\pi/4} > H_{>\pi/4}$, т. е. в системе также имеются потери информации.

Задачей аппаратно-программного комплекса обработки информации является сравнение образа сцены, формируемого на выходе тепловизионной системы с эталонным образом, полученным в результате моделирования прохождения сигнала через эталонную тепловизионную систему, с реальным образом, формируемым тестируемой тепловизионной системой с целью определения параметров системы и классификации ее по принципу «годен/негоден».

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Н. В. Латыпова

Влияние распределения нагрузок по осям колес трактора на показатели
его использования.....5

Ар. Ю. Михеев, Ю. Н. Строганов, Ан. Ю. Михеев

Совершенствование инерционного тормоза прицепа легкового автомобиля.....9

Д. Д. Николаенков

Обзор существующих элементов конструкции самоходных грузовых тележек....13

Д. П. Сухина

Зависимость давления колес трактора на почву от нагрузки на его крюке.....19

С. В. Ушнурцев, А. Д. Ситников, М. В. Комар

Результаты исследования буксования колеса с шиной «КАМА-1260»23

Ю. Ю. Ушнурцева, В. Е. Митрохин

Оценка воздействия электромагнитного импульса на электронную
аппаратуру наземного транспорта28

В. В. Венедиктов, А. В. Ильин, А. А. Сутормина

Применение инновационных технологий в подвесках легковых автомобилей.....33

А. П. Зырянов

Влияние угла поперечного наклона трактора на распределение нагрузок
по его колесам.....37

А. П. Зырянов, Н. В. Латыпова

Зависимость распределения нагрузок по осям колес трактора от его
продольного наклона.....41

Л. Н. Горбунова, Д. А. Пивиков

О профессиональном риске водителей транспортных средств45

А. Г. Долганов

Повышение точности модели идентификатора в системе управления
беспилотного автомобиля.....49

А. А. Прядеин, А. В. Ильин, А. А. Сутормина

Конструкционные материалы, устойчивые к водородсодержащим средам.....54

<i>Цзэлун Ли, М. Д. Лукашук, О. А. Лукашук</i>	
Особенности применения клеезаклепочного соединения в автомобилестроении.....	58
<i>Цзэлун Ли, М. Д. Лукашук, О. А. Лукашук</i>	
Оценка качества клеезаклепочного соединения для алюминиевых автомобильных элементов	63
<i>Р. А. Шабалин, К. А. Асанбеков, И. И. Огнев</i>	
Влияние гидрообъемного силового привода ведущих колес транспортно-технологических машин на тягово-скоростные характеристики.....	69
<i>Н. Т. Шаршембиева, К. А. Асанбеков, Е. А. Сутормин, Д. Б. Бабилов</i>	
Нормативно-правовое обеспечение перевозок грузов и пассажиров	73
<i>К. А. Асанбеков, Е. А. Сутормин, П. В. Чумаков</i>	
Особенность и техническое обоснование разработки проекта СТО для легковых автомобилей в условиях города Кировграда Свердловской области.....	80
<i>К. А. Асанбеков, Е. А. Сутормин, Д. В. Хайрулин, М. С. Глущенко</i>	
Конструктивная особенность и эксплуатация газотурбинных двигателей в автомобильном транспорте и ее перспективы развития	85
<i>К. А. Асанбеков, Е. А. Сутормин, Д. В. Хайрулин, А. В. Первушкин</i>	
Обзор и анализ конструкций транспортных газотурбинных двигателей	91
<i>Д. А. Овсянников</i>	
Проблема накопленного экологического ущерба от вышедших из эксплуатации транспортных средств	97
<i>И. И. Огнев, К. А. Асанбеков, И. Н. Глушков, Р. А. Шабалин</i>	
Анализ видов загрязнений поверхностей узлов, деталей и агрегатов автотранспортных средств в процессе эксплуатации	102
<i>И. И. Огнев, К. А. Асанбеков, Е. А. Сутормин, Р. А. Шабалин</i>	
К вопросу влияния технического состояния тормозной системы транспортного средства на безопасность дорожного движения.....	107
<i>А. М. Романов</i>	
Влияние дизайнерских решений на технологическую трудоемкость на примере LADA VESTA	111
<i>М. А. Пузров, А. В. Мидаков</i>	
Оценка нагруженности подвески самоходного модульного транспортного средства методом конечных элементов.....	118

Секция 2

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Д. О. Блинов, В. С. Великанов

Анализ возможности использования регулирующей задней оси
для самоходной платформы124

И. А. Денисов, А. И. Михальцов, Д. Ю. Кулешов

Применение аддитивных технологий при ремонте и восстановлении
наземных транспортно-технологических систем128

Е. А. Девяткин, Ю. А. Лагунова, А. А. Жилинков

Эффективность дробильно-сортировочного агрегата ДСК-100
для условий карьеров133

Е. И. Ильин, В. К. Сильванович

Особенности технической эксплуатации грузоподъемных кранов
в современных условиях138

О. А. Lukashuk, Hamed Maalaoui

Improving the performance of rotary excavators using different bucket designs143

В. А. Иванов, К. А. Садовой, А. А. Захаров, С. Г. Гнездилов

Автоматизированные системы хранения металлопроката148

Г. М. Леговец, О. А. Лукашук

Обзор рабочего оборудования гидравлических экскаваторов152

В. В. Макарова, Ю. А. Лагунова, А. Е. Калянов, А. А. Жилинков

Анализ твердости материала ходового оборудования карьерного экскаватора ...157

Н. В. Мамай, Г. Г. Кожушко

Планетарный привод поэтажного эскалатора162

Д. А. Огорелков

Расчет транспортно-технологических машин на усталость с использованием
простейших средств программирования167

В. В. Швецов, О. А. Лукашук

К вопросу эксплуатации грузовой тележки в условиях ограниченного
пространства170

Г. Д. Соколов, Е. С. Аиуркова, О. А. Лукашук

Разработка мусоросортировочного комплекса175

<i>В. С. Великанов, В. А. Курнеев, А. Д. Лукашук</i>	
Исследование рациональной траектории движения материала из бункерных ёмкостей	180
<i>В. С. Великанов, М. Д. Лукашук, В. А. Курнеев, В. В. Смыкова</i>	
Применение беспилотного самоходного аппарата в ограниченном пространстве	184
<i>А. А. Жилинков</i>	
Особенности условий эксплуатации карьерного транспорта на месторождениях хризотил-асбеста	188
<i>Т. А. Акименко, Фам Тхань Лиет</i>	
Буровая машина как объект управления	192
<i>Н. В. Зиновьев, В. Е. Зиновьев, И. А. Корякин</i>	
Актуальные проблемы проектирования неразъемных соединений подъемно-транспортных машин	196
<i>И. М. Бердников, В. С. Великанов</i>	
Анализ работ в области определения рациональных параметров и режимов работы погрузочных машин в ограниченном пространстве	200
<i>Е. В. Ахрамеева, Т. А. Акименко, Т. Р. Кузнецова</i>	
Функциональные узлы промышленного робота	205
<i>Я. Л. Либерман, Л. Н. Горбунова</i>	
Об использовании брахистохроны при проектировании гравитационных спусков	210
<i>Я. Л. Либерман, С. Э. Баженов</i>	
Разработка колесошлифовального станка для ремонта колесных пар локомотивов и вагонов без выкатки	215
<i>Д. С. Логиновских, Ю. А. Лагунова</i>	
Особенности механизма поворота карьерного экскаватора.....	221
<i>А. А. Реутов, М. С. Панчук, А. М. Лыч</i>	
Оптимизация систем приводов конвейеров с гибким тяговым органом	226
<i>М. С. Панчук, А. А. Реутов</i>	
Оценка способа снижения прочности ленты уклонного конвейера.....	230

Секция 3

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

С. А. Банных

Снижение себестоимости изготовления деталей с использованием
аддитивных технологий236

В. И. Кондратьев

Разработка алгоритмов и программного модуля проектирования технологии
изготовления коробок треугольной формы методами листовой штамповки240

К. А. Садовой, В. А. Иванов, А. А. Захаров, С. Г. Гнездилов

Использование современных цифровых технологий в учебном процессе244

Р. А. Шабалин, О. О. Подоляк, М. А. Прилуцкая, К. А. Асанбеков, И. И. Огнев

Укрупненный анализ стратегических направлений в использовании
новых технологий в автомобильном транспорте250

В. А. Свалова, О. О. Подоляк

Анализ инновационной деятельности машиностроения в России:
текущее состояние и тенденции255

В. С. Великанов, В. А. Курнеев

Английский для специальных целей как эффективный инструмент
профессионального становления магистров261

Д. Е. Воротникова

Роль цифровизации в повышении конкурентоспособности
машиностроительных предприятий265

В. В. Кузьмин

Роль человеческого фактора в механизме цифровизации269

К. Ю. Летнев, В. В. Давыдова

Применение программного обеспечения общего назначения
для реализации прикладных задач образовательной деятельности273

К. Ю. Летнев, В. В. Давыдова

Применение прикладных информационных технологий
для исследования процесса экскавации278

А. В. Нетиевский

Проблемы интеграции информационных технологий в машиностроении283

Н. П. Пономарев, П. В. Сарыков, О. Г. Блинков

Концепция использования электронного документооборота
в дистанционном режиме работы в машиностроении287

Е. В. Филиппова, Т. А. Акименко, О. А. Горбунова

Информативность и потери информации в тепловизионных
системах наблюдения292

Научное издание

**ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ НАЗЕМНОГО
ТРАНСПОРТА**

V Всероссийская
научно-практическая конференция

Сборник статей

Екатеринбург, 15 декабря 2023 года

Ответственный за выпуск В. В. Макарова
Редактор Е. Е. Крамаревская
Корректор Е. Е. Крамаревская
Компьютерная верстка В. В. Макаровой

Электронное сетевое издание
Размещено в архиве УрФУ <http://elar.urfu.ru>

Подписано 28.04.2023. Формат 70 × 100 1/16.
Уч.-изд. 17,7. Объем данных 7,01 Мб.

Издательство Уральского университета
620000, Екатеринбург-83, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-90-13, 358-93-22, 350-58-20
Факс: +7 (343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru
<http://print.urfu.ru>

