

УДК (UDC) 608.4

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА В 2019 ГОДУ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫTHE RESULTS OF SCIENTIFIC RESEARCH OF THE BRYANSK STATE UNIVERSITY
IN 2019 IN THE FIELD OF TRANSPORT AND LOGISTICS TECHNOLOGIES AND
MACHINES FOR THE URBAN ENVIRONMENTСтепченко Т.А., Бабич О.В.
Stepchenko T.A., Babich O.V.Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского (Брянск, Россия)
Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (Bryansk, Russian Federation)

Аннотация. Представлены результаты научно-исследовательской в сфере транспортно-логистических технологий и машин для урбанизированной среды, полученные учеными Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского в 2019 году. Дано описание и анализ эффективности новых технических решений применительно к конструкциям манипуляционных систем мобильных транспортно-технологических машин, пассажирских и грузовых подвесных канатных дорог и мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов.

Ключевые слова: транспортно-логистические технологии, городская среда, мобильные канатные комплексы, канатные дороги, краны-манипуляторы

Дата принятия к публикации: 10.01.2020
Дата публикации: 25.03.2020

Сведения об авторах:

Степченко Татьяна Александровна – доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе и международным связям ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»,
e-mail: ta-step2007@yandex.ru.

Бабич Оксана Викторовна – доктор экономических наук, доцент, директор НИИ фундаментальных и прикладных исследований ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»,
e-mail: babichoksana221@mail.ru.
ORCID: 0000-0003-1954-1475

Abstract. The results of research in the field of transport and logistics technologies and machines for the urbanized environment, obtained by scientists of the Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University in 2019. The description and analysis of the effectiveness of new technical solutions in relation to the designs of manipulating systems of mobile transport and technological machines, passenger and freight ropeways and mobile transport and handling rope systems is given.

Keywords: transport and logistics technologies, urban environment, mobile rope complexes, manipulating systems, ropeways.

Date of acceptance for publication: 10.01.2020
Date of publication: 25.03.2020

Authors' information:

Tatyana A. Stepchenko - Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Vice rector for research and international relations, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, e-mail: ta-step2007@yandex.ru.

Oksana V. Babich - Doctor of Economical Sciences, Assistant Professor, Director of Research Institute of Fundamental and Applied Research, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University,
e-mail: babichoksana221@mail.ru.
ORCID: 0000-0003-1954-1475

1. Введение

В 2019 году в Брянском государственном университете имени академика И.Г. Петровского проводились научно-теоретические и научно-практические исследования по направлению «Машиноведение и машиностроение» в соответствии с планами развития

научной деятельности университета [1]. Они проводились по следующим научным направлениям, развиваемым в последние годы в университете в русле научных исследований перспективных транспортно-логистических технологий для цифровой урбанизированной среды крупных городов и мегаполисов:

- проектирование, моделирование рабочих процессов и риск-анализ манипуляционных систем мобильных транспортно-технологических машин и комплексов;

- оптимальное проектирование и моделирование рабочих процессов инновационных мехатронных систем на основе канатных технологий для совершенствования надземной внеуличной транспортной инфраструктуры крупных городов и территорий.

Результаты указанных исследований были обобщены в монографии [2], подготовленной сотрудниками университета, и в монографии [3], подготовленной сотрудниками университета в содружестве с исследователями Донского государственного технического университета и Брянского автомобильного завода.

В 2019 году университет стал патентообладателем имущественных прав на ряд защищенных патентами Российской Федерации технических решений по тем индексам Международной патентной классификации, которые являются приоритетными в рамках Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [4] и определяют эффективность выполнения Национального проекта «Наука» [5].

2. Результаты научных исследований в области транспортно-логистических технологий с применением транспортно-технологических машин

Актуальность научных разработок новых эффективных конструкций и технологий применения в урбанизированной среде транспортно-технологических машин, оснащенных манипуляционным оборудованием, определяется весьма широким использованием данного вида оборудования. Манипуляционным съемным технологическим оборудованием, как правило, оснащаются различные типы автотранспортных средств и специализированных машин для жилищно-коммунального комплекса и социальной сферы (грузовые машины, краны-манипуляторы, экскаваторы, подъемники, бурильные установки, манипуляторы мусоровозов, дорожно-коммунальных машин, машин по комплексному об-

служиванию высотных зданий и сооружений и др.) [6]. Исследования выполнялись при поддержке Российского научного фонда по проекту №17-79-10274 под руководством д-ра техн. наук И.А. Лагерёва.

Сотрудниками университета была предложена новая конструкция энергоэффективной крано-манипуляторной установки для мобильных транспортно-технологических машин, защищенная патентом № 189827 Российской Федерации [7], а также проведено исследование ее эксплуатационных характеристик в сравнении с аналогичными конструкциями существующих трехзвенных крано-манипуляторных установок [8].

Разработанная конструкция позволяет исключить объективный недостаток конструктивной компоновки существующих механизмов возвратно-поворотного движения звеньев шарнирно-сочлененных манипуляционных систем мобильных транспортно-технологических установок. Указанный недостаток заключается в том, что нерациональная (с точки зрения направления действия эксплуатационных нагрузок) ориентация продольной оси штока силового гидроцилиндра по отношению к вертикальному направлению действия статических весовых нагрузок от веса транспортируемого груза и собственного веса металлоконструкции крана-манипулятора вызывает повышенную нагруженность металлоконструкции. Улучшенная компоновка, предложенная в [8], позволяет уменьшить величину движущей силы, которую должен развивать силовой гидроцилиндр механизма движения звена манипуляционной системы при выполнении этим звеном необходимого возвратно-поворотного движения с паспортной скоростью. Уменьшение необходимой величины движущей силы позволяет использовать гидроцилиндры меньшего типоразмера с меньшим внутренним диаметром цилиндра, что приводит к снижению объемного расхода рабочей жидкости и, таким образом, к повышению энергоэффективности гидравлического привода крана-манипулятора за счет уменьшения мощности его насосной станции.

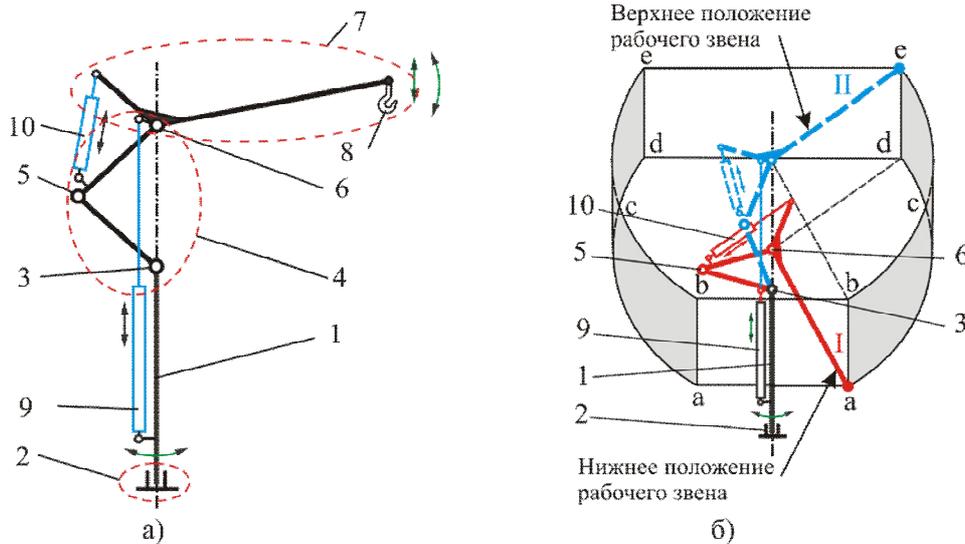


Рис. 1. Энергоэффективная крано-манипуляторная установка для мобильных транспортно-технологических машин [8]: а – кинематическая схема; б – рабочая зона (1 - опорно-поворотная конструкция; 2 – основание; 3 - шарнирное соединение; 4 – корневая секция стрелы; 5, 6 - шарнирное соединение; 7 – концевая секция стрелы; 8 - грузозахватный орган; 9, 10 - гидроцилиндр)

Оценка энергоэффективности конструкции рассматриваемой манипуляционной системы была выполнена на основе результатов сравнительного анализа экономических показателей ее работы и работы манипуляционной системы традиционной конструкции мобильной энергетической машины АСТ-4-А для сварки магистральных трубопроводов [9]. Расчеты показывают, что использование крана-манипулятора предложенной конструкции позволяет в 6 раз снизить мощность силового гидроцилиндра механизма подъема стрелы и существенно уменьшить суммарную мощность крановой гидростанции с 33 до 22 кВт, вследствие чего при выполнении работ равной интенсивности экономия электроэнергии достигает 33 %.

Проблема повышения энергоэффективности транспортно-технологических машин, оснащенных манипуляционными системами, решалась также в ходе моделирования и анализа нестационарных рабочих процессов, протекающих в гидравлических приводах крано-манипуляторных установок в процессе их эксплуатации [10-14].

В работах [10, 11, 13, 15] представлены математические модели, позволяющие проводить компьютерное моделирование нестационарных рабочих процессов при раздель-

ном и совместном движении звеньев шарнирно-сочлененных манипуляционных систем гидрофицированных мобильных транспортно-технологических машин и комплексов при дроссельном и частотном способах регулирования их гидроприводов. В основу математических моделей был положен подход, сформулированный ранее в БГУ им. акад. И.Г. Петровского и основанный на представлении гидросистем машин в виде структурно-функциональных схем специальной структуры [16]. На рис. 2 приведены указанные схемы для рассматриваемых способов регулирования гидропривода и видов движения звеньев манипуляционной системы.

Разработанные математические модели позволяют выполнить компьютерное моделирование кинематики и динамики элементов металлоконструкции манипуляционных систем и гидродинамических рабочих процессов в гидроприводе как совместно протекающих и взаимовлияющих процессов. Модели формируются из систем дифференциальных уравнений 1-го порядка относительно искомой величины – объема расхода рабочей жидкости через гидродвигатели линейного или поворотного движения с начальными условиями и совокупности алгебраических уравнений для расчета основных гидродина-

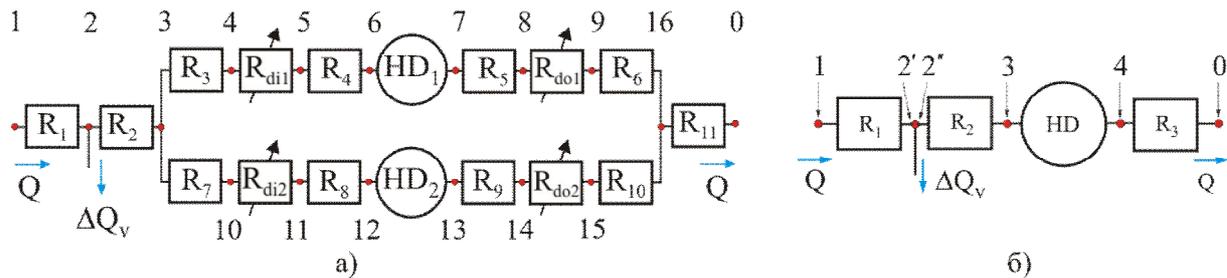


Рис. 2. Структурно-функциональные схемы гидроприводов:
а – дроссельное регулирование, совместное движение звеньев [10];
б – частотное регулирование, раздельное движение звеньев [11]

мических параметров (давлений и объемных расходов рабочей жидкости) во всех характерных точках гидросистемы, начиная от выхода из гидронасоса и кончая входом в гидробак.

В связи с высокой вычислительной сложностью расчетов, все математические модели были реализованы в виде компьютерных программ [2, 17], правообладателем которых является БГУ им. акад. И.Г. Петровского. Вследствие универсального характера использованных структурно-функциональных схем созданные компьютерные программы пригодны для моделирования рабочих динамических и гидродинамических процессов в гидроприводах различного конструктивного исполнения применительно к любым типам транспортно-технологических машин. Программы позволяют выполнить расчет изменения во времени перемещения, скорости и ускорения движущегося звена манипуляционной системы, давления и объемного расхода рабочей жидкости в характерных точках гидросистемы и ряда других параметров.

Анализ работы крано-манипуляторных установок транспортно-технологических машин при различных видах регулирования их гидроприводов в условиях раздельного и совместного движения звеньев показал, что вид закона регулирования частоты вращения вала объемного насоса и его количественные характеристики оказывают определяющее воздействие на вид и количественные характеристики графиков изменения во времени кинематических и гидравлических параметров процесса перемещения звеньев манипуляционных систем. Были сформулированы критерии качества регулирования, позволяющие обеспечить благоприятные параметры

движения (отсутствие динамической неустойчивости движения) с учетом величины действующих эксплуатационных нагрузок и конструктивных размеров звеньев [12]. Применительно к учету отдельного критерия качества – минимального времени отработки движения – была разработана математическая модель однокритериальной условной оптимизации. Она позволяет синтезировать законы частотного регулирования, обеспечивающие наибольшее быстродействие отработки движения звеньями манипуляционной системы и, таким образом, повышающие производительность работы транспортно-технологических машин. Было установлено, что наиболее благоприятной формой закона изменения частоты вращения вала регулируемого объемного насоса является S-образная форма. Проведенные исследования позволили сформулировать в [2, 12] практические рекомендации по синтезу оптимальных законов дроссельного и частотного регулирования объемных насосов, обеспечивающих достижение требуемых количественных показателей энергоэффективности работы механизмов движения звеньев.

Приоритетным направлением исследований продолжало оставаться оптимальное проектирование манипуляционных систем транспортно-технологических машин, позволяющее эффективно выявлять резервы повышения показателей качества проектируемых и эксплуатируемых конструкций и обеспечивающее получение высоких показателей их экономичности и энергоэффективности. В русле этих исследований были разработаны оптимизационные математические модели и методики многокритериального выбора основных конструктивных и силовых

характеристик гидравлических трехзвенных кранов-манипуляторов (рис. 3), обеспечивающего совместную минимизацию таких показателей качества манипуляционной системы, как ее полная масса, суммарная масса

звеньев и мощность гидравлической насосной установки [14]. Расчетные методики были реализованы в виде компьютерной программы [18], правообладателем которой является БГУ им. акад. И.Г. Петровского.

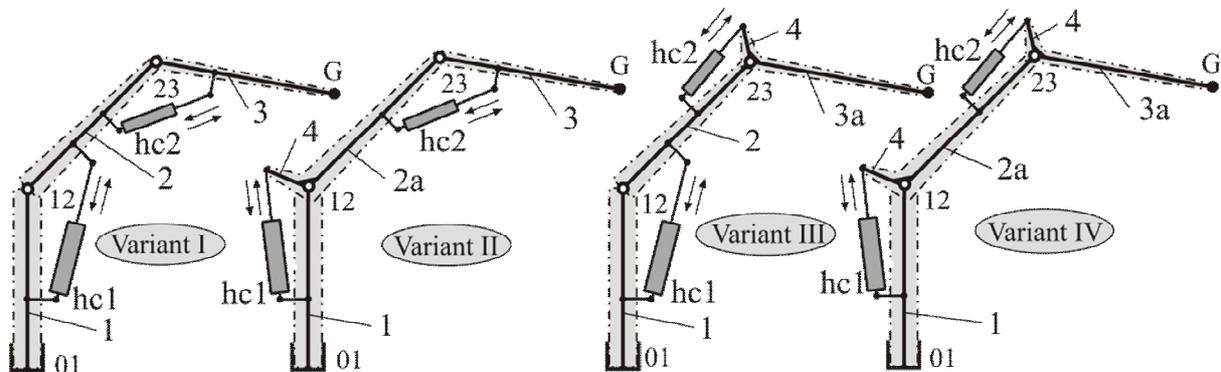


Рис. 3. Оптимизируемые варианты конструкций трехзвенных кранов-манипуляторов [14]

На основании выполненных оптимизационных расчетов и сравнения их результатов с характеристиками реальных, выпускаемых отечественной промышленностью трехзвенных кранов-манипуляторов была установлена целесообразность использования оптимизационных подходов к определению основных конструктивных размеров кинематической схемы совместно с параметрами гидравлического привода на предпроектной стадии разработки манипуляционной системы мобильной машины. Предпроектная оптимизация позволяет комплексно определить оптимальное сочетание достаточно большого числа базовых проектных параметров – характерных конструктивных размеров металлоконструкции манипуляционной системы (длин и габаритных размеров поперечных сечений звеньев, присоединительных размеров для гидравлических двигателей) и характеристик гидропривода (рабочего давления и расхода рабочей жидкости). Такой подход перспективен тем, что позволяет исходно заложить в подлежащую дальнейшему проектированию конструкцию оптимальные значения ее наиболее значимых параметров, определяющих получение максимально высоких значений технических характеристик спроектированного крана-манипулятора.

Распространенным дефектом шарнирно-сочлененной металлоконструкции манипуляционных систем в процессе эксплуатации

транспортно-технологических машин является износ контактных элементов шарниров и формирование повышенных зазоров [19]. Они оказывают существенное негативное влияние на кинематику, динамику и напряженно-деформированное состояние металлоконструкции манипуляторов: пиковые значения динамических напряжений могут превышать номинальные значения в 5...6 раз, а линейное ускорение перемещаемого груза может скачкообразно достигать 18...20 м/с² [20]. С целью снижения динамической нагруженности кранов-манипуляторов в [21, 22] был проведен анализ влияния сил сопротивления, создаваемых вязко-упругими демпферами в цилиндрических шарнирах, на эффективность демпфирования колебаний металлоконструкции в процессе эксплуатации. Конструкция шарнирных демпферов (рис. 4) защищена патентом Российской Федерации № 165377 [23], патентообладателем которого является БГУ им. акад. И.Г. Петровского.

В ходе исследований была сформирована математическая модель совместной работы цилиндрического шарнира с повышенным зазором и вязко-упругого демпфера. Показано, что основная роль сил вязкого сопротивления заключается в диссипации энергии колебательного поворотного движения смежных звеньев манипулятора вследствие колебательного смещения шарнирного пальца в пределах зазора в шарнире вплоть до полно-

го затухания колебаний. На основе компьютерного моделирования применительно к трехзвенному манипулятору конкретной транспортно-технологической машины был выполнен количественный анализ эффектив-

ности снижения динамической нагруженности металлоконструкции, были определены соотношения связи характеристик динамических процессов с техническими параметрами шарнирных демпферов.

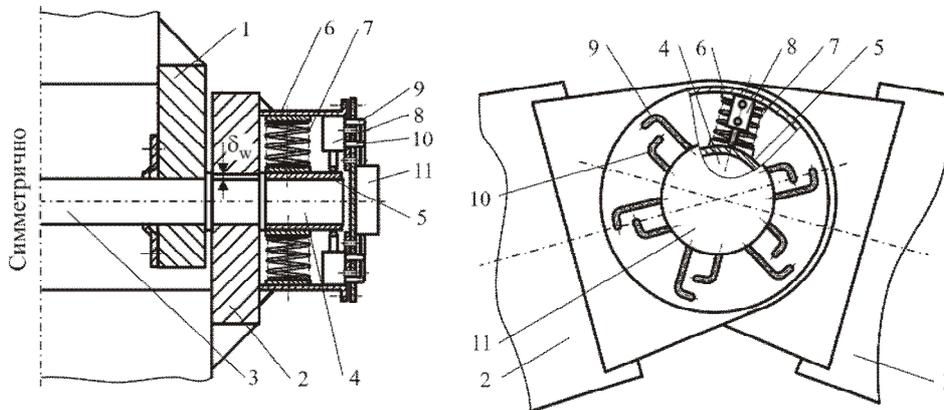


Рис. 4. Шарнир манипулятора с вязко-упругим шарнирным демпфером [23]

(1, 2 – смежные звенья; 3 – шарнирный палец; 4 – хвостовик; 5 – металлическая втулка; 6 – корпус демпфера; 7 – упругий амортизирующий элемент; 8 – тормозной гидроцилиндр; 9 – рабочий трубопровод; 10 – обратный трубопровод; 11 – блок гидравлических сопротивлений)

3. Результаты научных исследований в области канатных транспортно-логистических технологий и оборудования

Актуальность научных исследований в области канатных транспортно-логистических технологий и оборудования обусловлена тем, что такие технологии, являясь одной из разновидностей интеллектуальных транспортных систем урбанизированной среды, рассматриваются в настоящее время в качестве ключевого компонента современного умного города (smart city) – умной мобильности (smart mobility) [24].

В 2019 году исследователями БГУ им. акад. И.Г. Петровского были получены новые научно-практические результаты, связанные с оптимальным проектированием линий общественного пассажирского и грузового канатного транспорта в условиях сложных рельефных и инфраструктурных особенностей городской среды [25-28].

Подвесные канатные дороги являются эффективной альтернативой традиционным видам наземного общественного транспорта в мегаполисах и крупных городах, так как относятся к внеуличному виду интеллектуальных транспортных систем. Однако строи-

тельство пассажирских канатных дорог в городских условиях является сложной технической и экономической задачей и требует вложения значительных финансовых ресурсов [29, 30]. Был разработан метод проектирования пассажирской канатной дороги, обеспечивающего снижение стоимости ее строительства, с учетом отдельных составляющих затрат на строительство. Также было показано, что основное влияние на стоимость канатной дороги оказывают шаг установки и высота промежуточных опор, усилие натяжения несущих канатов. В [26] сформулирована и решена задача условной нелинейной оптимизации указанных факторов, обеспечивающая получение минимальной стоимости линии канатной дороги, универсальная расчетная схема которой приведена на рис. 5. Задача оптимизации решалась с учетом возможных ограничений на прокладку линии канатной дороги в условиях сильно урбанизированной городской среды (учитываются рельеф местности, размещение объектов городской инфраструктуры и архитектуры, высотные характеристики городской застройки, технические характеристики канатов и др.). Использование результатов решения данной оптимизационной задачи позволяет существенно удешевить строитель-

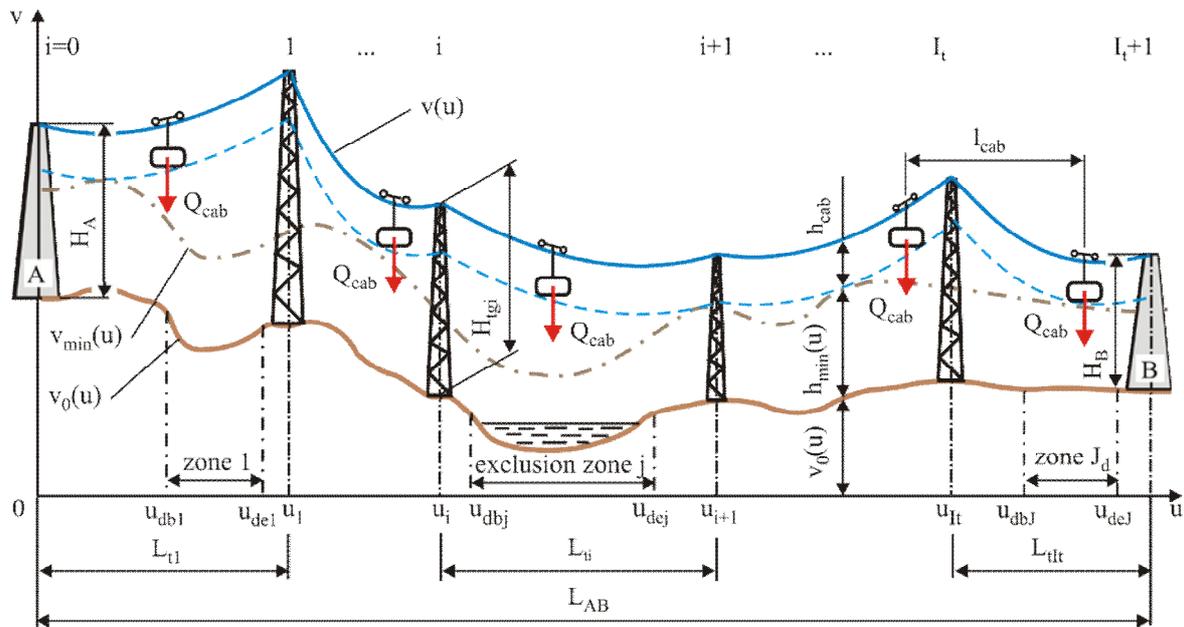


Рис. 5. Универсальная расчетная схема линии пассажирской подвесной канатной дороги [26]

ство пассажирских подвесных канатных дорог в урбанизированной среде мегаполисов и крупных городов.

Для интенсивно формирующихся в XXI веке крупных урбанистических образований типа городских конурбаций и агломераций [3], характеризующихся высокой степенью глобализации всех сторон социально-экономической деятельности на основе цифровых технологий, по-новому следует взглянуть и на грузовые подвесные канатные дороги. В указанных условиях они становятся перспективным видом внеуличного транспорта для грузовых перевозок между складскими погрузочно-разгрузочными кластерами и распределительными терминалами, так как позволяют существенно уменьшить парк необходимых перевозочных автотранспортных средств, снизить нагрузку на городскую транспортную сеть и объем токсичных газообразных и твердых выбросов в окружающую среду. Поэтому новым направлением научных исследований в БГУ им. акад. И.Г. Петровского стали исследования, направленные на разработку методов оптимального проектирования одно- и двухканатных грузовых канатных дорог циклического типа с повышенной протяженностью трассы. Для них, как и для пассажирских канатных дорог, основное влияние на стоимость строительства оказывают шаг расположения и высота

промежуточных опор, усилие натяжения несуще-тяговых канатов. В [27, 28] была сформулирована и решена задача условной нелинейной оптимизации указанных факторов, обеспечивающая получение минимальной стоимости канатной дороги при различной проектной производительности до 600 т/ч. На основе анализа результатов выполненных расчетов были выявлены закономерности изменения оптимальных параметров промежуточных опор и несуще-тяговых канатов при изменении проектной производительности дороги.

Перспективным видом транспортных систем для перевозки грузов и пассажиров в условиях труднодоступной или необорудованной местности являются мобильные канатные комплексы, технологическое оборудование которых установлено на грузовых автомобилях, спецшасси или иных транспортных средствах повышенной грузоподъемности и проходимости [3]. Общая схема мобильной канатной дороги приведена на рис. 6 [31]. Подобные транспортные системы могут быть использованы при строительстве объектов нефте- и газотранспортных систем, ликвидации последствий стихийных бедствий, при освоении труднодоступных и арктических земель.

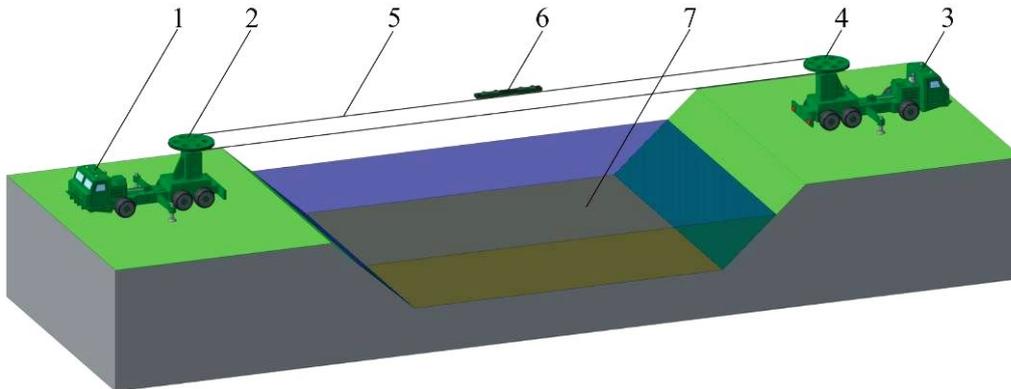


Рис. 6. Схема мобильной канатной дороги [31]

(1 – приводная базовая станция на базе специального колесного шасси; 2 – приводной шкив канатной дороги с приводом; 3 – неприводная базовая станция на базе специального колесного шасси; 4 – неприводной шкив канатной дороги с механизмом натяжения каната; 5 – кольцевой тягово-приводной канат; 6 – каретка для подвески груза; 7 – преодолеваемое препятствие)

Создание мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов практически только началось буквально в последние годы и поэтому в этом вопросе разработки исследователей БГУ им. акад. И.Г. Петровского [31-35], позволяющие дать научно обоснованные технико-экономические и технологические решения при проектировании и эксплуатации подобного типа машин, занимают лидирующие позиции. В работе [31] была предложена концепция создания грузо-пассажирских мобильных канатных дорог, оборудование которых смонтировано на специальных колесных шасси. Также сформулированы и подробно рассмотрены требования к составу и требуемым техническим характеристикам технологического оборудования. В составе данного оборудования важное место занимают манипуляционные системы, разрабатываемые в университете. Одновременно предложена классификация мобильных канатных комплексов, основанная на учете взаимных возможных сочетаний вида движения (циклического или маятникового) и функционального назначения канатов (тяговых, несущих или несуще-тяговых). Предложенная концепция была конкретизирована при создании комплексной математической модели [32, 33], позволяющей исследовать рабочие процессы мобильных канатных дорог, оборудование которых смонтировано на шасси различного типа. Комплексная математическая модель включает в себя ряд

взаимосвязанных подмоделей, с помощью которых моделируются рабочие процессы отдельных элементов рассматриваемой системы (рис. 7): подмодели деформируемого опорного основания, базового шасси, канатной системы, грузовой кабины с подвеской. Подмодели связаны между собой совместными параметрами, что позволяет учитывать при моделировании наличие обратных связей между подсистемами.

Основным направлением дальнейших исследований является разработка и совершенствование отдельных математических подмоделей комплексной модели, а также поиск с помощью комплексной модели количественных и качественных особенностей работы мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов в различных эксплуатационных режимах.

В рамках формирования математической модели оборудования канатной дороги были разработаны математическая модель гидропривода и реализующая ее компьютерная программа [12], а также математические модели расчета запаса общей устойчивости и прогнозирования процесса потери общей устойчивости базовыми колесными станциями [36, 37].

На модели гидропривода основано проведение компьютерного моделирования процессов изменения во времени таких основных технических характеристик гидропривода, как давления и объемные расходы ра-

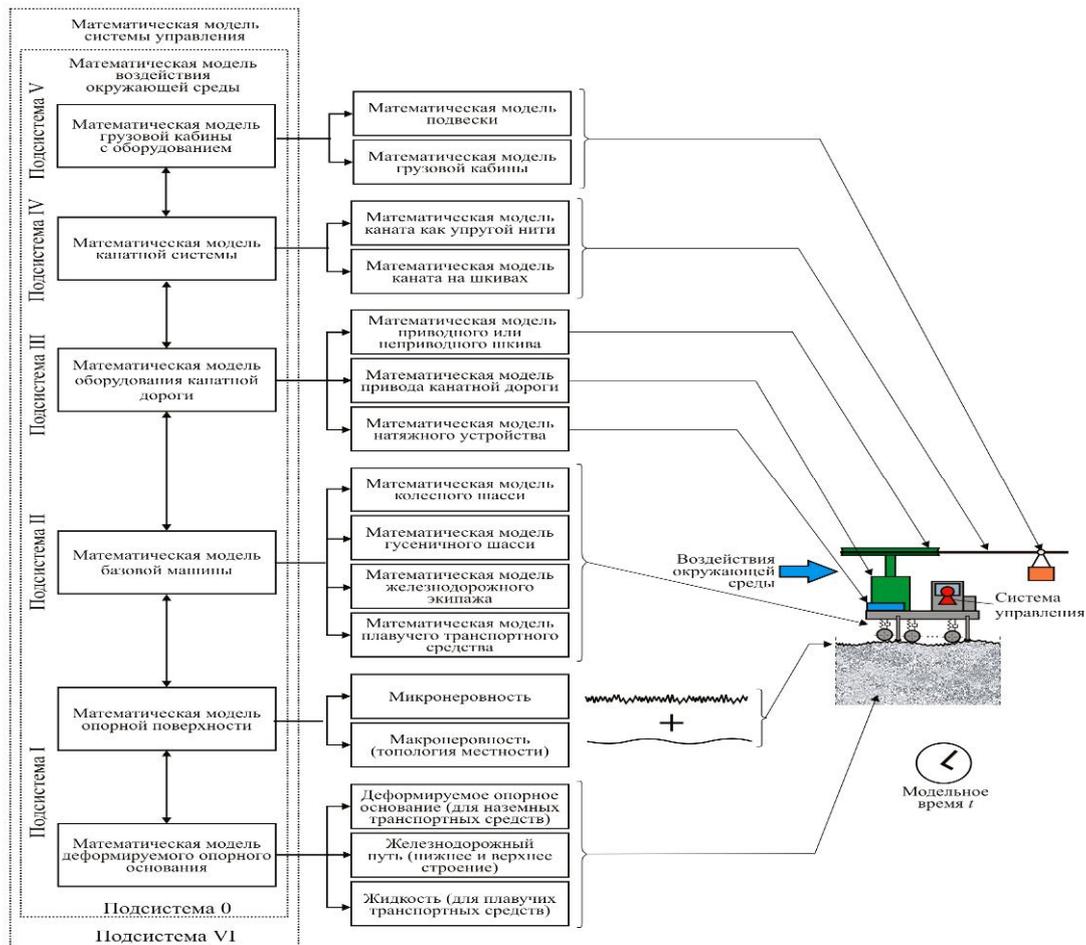


Рис. 7. Комплексная математическая модель мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов [32]

бочей жидкости в характерных точках по длине гидросистемы, перепад давления на гидромоторе и мгновенная мощность гидропривода, а также кинематических и силовых параметров движения тяговых и несущих канатов (пройденного расстояния, линейной скорости и ускорения, требуемой мощности, преодолеваемых эксплуатационных нагрузок) на всех стадиях работы механизма движения – стадии разгона транспортируемого груза, стадии установившегося (стационарного) движения с постоянной скоростью и стадии торможения при подходе к конечной точке останова.

Модель расчета запаса общей устойчивости колесных базовых станций позволила выполнить сравнительный анализ вариантов размещения ауригеров и анкерных опор на шасси базовых машин и выявить возможности ауригеров различного конструктивного исполнения по компенсации воздействия горизонтальных и вертикальных эксплуатаци-

онных нагрузок. Предложенные расчетные зависимости [37] позволяют произвести предварительную количественную оценку запаса общей устойчивости базовой станции мобильной канатной дороги в продольном и поперечном направлении. На конструкцию ауригера со встроенным анкерным устройством был получен патент № 186456 Российской Федерации [38], патентообладателем которого является БГУ им. акад. И.Г. Петровского. Модель прогнозирования процесса потери общей устойчивости базовыми колесными станциями была построена с учетом взаимодействия анкерного устройства с грунтом в рамках динамической системы «груз – манипуляционная система – базовое шасси – выносная опора – анкерное устройство – опорное основание». Она учитывает возможные варианты начального уплотнения грунта в районе внедрения анкерного устройства ауригера, что вызывает измене-

ние его жесткостных характеристик, учитываемых при моделировании.

4. Заключение

Для проводимых в Брянском государственном университете имени академика И.Г. Петровского научных исследований продолжает реализовываться традиционный подход, основанный на тесном сочетании конструкторских решений новых объектов промышленной собственности и их теоретического анализа на базе разработки соответ-

ствующих математических моделей и расчетных компьютерных программ.

Такой подход оказывается плодотворным с точки зрения разработки взаимосвязанных транспортно-логистических технологий в сфере машиностроения и транспорта, позволяет получать научно обоснованные технические решения применительно к манипуляционным системам мобильных транспортно-технологических машин, пассажирских и грузовых подвесных канатных дорог и мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов.

Список литературы

1. Научный сайт БГУ имени академика И.Г. Петровского. Режим доступа: <http://nauka-brgu.ru/> (дата обращения 22.12.2019).
2. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Современная теория манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов. Моделирование рабочих процессов и проектирование элементов гидродвижения. Брянск: РИСО БГУ, 2019. 201 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3268490>
3. Короткий А.А., Лагерев А.В., Месхи Б.Ч., Лагерев И.А., Панфилов А.В., Таричко В.И. Транспортно-логистические технологии и машины для цифровой урбанизированной среды. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. – 268 с. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.3551132>
4. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.06.2017 №1325-р. Режим доступа: <http://government.ru/docs/28270/> (дата обращения 22.12.2019).
5. Паспорт Национального проекта «Наука»: утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам; протокол от 03.09.2018 № 10. Режим доступа: <http://government.ru/projects/selection/740/35565/> (дата обращения 22.12.2019).
6. Лагерев И.А., Лагерев А.В. Современная теория манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов. Конструкции и условия

References

1. Scientific site of the BSU named after Academician I.G. Petrovskii. Available at: <http://nauka-brgu.ru/> (In Russian)
2. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Sovremennaya teoriya manipulatsionnykh sistem mobilnykh mnogotselovykh transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov. Issledovanie rabochikh protsessov i proektirovanie elementov gidroprivoda* [Modern theory of manipulation systems of mobile multipurpose transport and technological machines and complexes. Research of working processes and design of hydraulic drive elements]. Bryansk, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, 2019. 201 p. ISBN 978-5-9734-0319-5. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3268490> (In Russian)
3. Korotkiy A.A., Lagerev A.V., Meskhi B.Ch., Lagerev I.A., Panfilov A.V., Tarichko V.I. *Transportno-logisticheskie tekhnologii i mashiny dlya tsifrovoy urbanizirovannoy sredy* [Transport and logistics technologies and machines for the digital urban environment]. Rostov-on-Don, Don State Technical University, 2019. 268 p. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.3551132>
4. *Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii* (Strategy for scientific and technological development of the Russian Federation). Available at: <http://government.ru/docs/28270/> (In Russian) (22.12.2019).
5. *Pasport Natsionalnogo proekta «Nau-*

- эксплуатации. Брянск: РИО БГУ, 2018. 190 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1294622>
7. Гидравлический кран-манипулятор мобильной машины / Лагерев А.В., Лагерев И.А. Патент РФ на полезную модель № 189827. Заявл. 13.03.2019. Оpubл. 05.06.2019. Бюл. № 16.
8. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Конструкция и оценка эксплуатационных характеристик энергоэффективной крано-манипуляторной установки для мобильных транспортно-технологических машин // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. №4. С. 450-461. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-450-461
9. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Оптимизация конструкции крана-манипулятора машины для сварки магистральных трубопроводов при модернизации // Подъемно-транспортное дело. 2013. № 1. С. 4-6
10. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Моделирование рабочих процессов в дроссельно-регулируемом гидроприводе манипуляционных систем мобильных машин при совместном движении звеньев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. №1. С. 59-82. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-01-59-82>
11. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Моделирование рабочих процессов в частотно-регулируемом гидроприводе манипуляционных систем мобильных машин при раздельном движении звеньев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. №2. С. 187-209. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-02-187-209>
12. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Синтез оптимальных законов частотного регулирования гидропривода манипуляционных систем мобильных машин // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. №3. С. 328-350. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-03-328-350>
13. Lagerev I.A., Lagerev A.V. Research of Dynamics of Hydraulic Loader Crane in Case of Conjoint Movement of Sections // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial ka» (Passport of the National Project "Science"). Available at: <http://government.ru/projects/selection/740/35565/> (In Russian) (22.12.2019).
6. Lagerev I.A., Lagerev A.V. *Sovremennaya teoriya manipulatsionnykh sistem mobilnykh mnogotselovykh transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov. Konstruktsiya i usloviya ekspluatatsii* [Modern theory of manipulation systems of mobile multi-purpose transport and technological machines and complexes. Design and operating conditions]. Bryansk, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, 2018. 190 p. ISBN 978-5-9734-0295-2. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1294622> (In Russian)
7. Patent RU 189827, B66C 23/16. *Gidravlicheskiy kran-manipulator mobilnoy mashiny* [The hydraulic crane-manipulator of a mobile machine]. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Declared 13.03.2019. Published 05.06.2019. (In Russian)
8. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Design and evaluation of operational characteristics of energy efficient crane-manipulator installation for mobile transport-technological machines. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.4, pp. 450-461. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-450-461 (In Russian)
9. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Trunk pipeline welding machine crane-manipulator optimization during its modernization. *Podyemno-transportnoe delo*, 2013, No.1, pp. 4-7. (In Russian)
10. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Modeling of working processes in the throttle-adjustable hydraulic drive of manipulation systems with conjoint movement of links during operation of mobile machines. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.1, pp. 59-82. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-01-59-82> (In Russian)
11. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Modeling of working processes in the frequency-adjustable hydraulic drive of manipulation systems with separate movement of links dur-

- Engineering (ICIE 2018), 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95630-5_246
14. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimization of Design and Power Characteristics of Hydraulically-Driven Three-Section Loader Cranes // *J. of Engineering Science and Technology Review*. 2019. Vol. 12. No. 3. P. 64-72. DOI: <https://doi.org/10.25103/jestr.123.09>
15. Лагереv И.А., Химич А.В. Моделирование рабочих процессов в гидроприводе стрелы крана-манипулятора // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы Международной научной студенческой конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. Ч. 1. С. 150-152.
16. Лагереv И.А. Моделирование рабочих процессов манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов. Брянск: РИО БГУ, 2016. 371 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1198980>
17. Лагереv А.В., Лагереv И.А. Моделирование дроссельно-регулируемого гидропривода манипуляционной системы мобильной машины при совместном движении звеньев: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018666946. Зарегистрир. в Реестре программ для ЭВМ 25.12.2018.
18. Лагереv А.В., Лагереv И.А. Предпроектная оптимизация манипуляционной системы мобильной машины: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017663317. Зарегистрир. в Реестре программ для ЭВМ 28.11.2017.
19. Лагереv И.А., Мильто А.А., Лагереv А.В. Снижение ударной нагрузки, вызываемой люфтом в шарнирных соединениях звеньев крано-манипуляторных установок // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2015. № 2. С. 37-43. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1198382>
20. Лагереv И.А., Мильто А.А., Лагереv А.В. Эффективность упругого демпфирования в шарнирных соединениях стрел крано-манипуляторных установок при повышенных зазорах // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2016. ing operation of mobile machines. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.2, pp. 187-209. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-02-187-209> (In Russian)
12. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Synthesis of optimal laws for frequency-adjustable hydraulic drives of manipulation systems of mobile machines. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.3, pp. 328-359. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-03-328-350> (In Russian)
13. Lagerev I.A., Lagerev A.V. (2019) Research of Dynamics of Hydraulic Loader Crane in Case of Conjoint Movement of Sections. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95630-5_246
14. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimization of Design and Power Characteristics of Hydraulically-Driven Three-Section Loader Cranes. *J. of Engineering Science and Technology Review (JESTR)*, 2019, Vol. 12, No. 3, pp. 64-72. DOI: <https://doi.org/10.25103/jestr.123.09>
15. Lagerev I.A., Khimich A.V. *Modelirovanie rabochikh protsessov v gidroprivoде strely kрана-mанипулятора* (Modeling of working processes in the hydraulic drive of the boom of a crane-manipulator). Materialy Mezhdunar. nauchn. studencheskoy konf. po estestvennonauchnym i tekhnicheskim distsiplinam “Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh”, Yoshkar-Ola, PGU, 2019, Part 1, pp. 150-152.
16. Lagerev I.A. *Modelirovanie rabochikh protsessov manipulyatsionnykh sistem mobilnykh mnogotselovykh transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov* [Modeling of work processes in manipulation systems for mobile multi-purpose transport and technological machines and complexes]. Bryansk, RIO BГУ, 2016. 371 p. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1198980> (In Russian)

№1. С. 18-36.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11984>

21. Lagerev, A.V., Lagerev, I.A. Impact of Viscoelastic Hinged Dampers on Formation of the Stress State of Mobile Machine Manipulators, *International Review on Modelling and Simulations*, 2019, Vol. 12, No. 2, pp. 103-112. DOI: <https://doi.org/10.15866/iremos.v12i2.16185>

22. Лагереv А.В. Влияние износа цилиндрических шарниров на кинетику динамической нагруженности шарнирно-сочлененных стрел кранов-манипуляторов / *Мат. Междунар. научно-техн. конф., Тюмень. – Тюмень: ТИУ, 2019. – С. 119-124.*

23. Устройство для соединения секций грузоподъемной стрелы крано-манипуляторной установки / Лагереv И.А., Ковальский В.Ф., Мильто А.А., Лагереv А.В. Патент РФ на полезную модель № 165377. Заявл. 27.04.2016. Опубл. 20.10.2016. Бюл. № 29. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1307459>

24. Умный город – концепция, технологии, перспективы развития. Режим доступа: <https://robo-sapiens.ru/stati/umnyi-gorod/> (дата обращения 22.12.2019).

25. Панфилов А.В., Короткий А.А., Панфилова Э.А., Лагереv И.А. Развитие транспортной инфраструктуры городской мобильности на основе технологий канатного метро // *Техника и технология транспорта*. 2019. № S13. С. 64.

26. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Design of Passenger Aerial Ropeway for Urban Environment // *Urban Rail Transit*. 2019. Vol.5. № 1. P. 17-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40864-018-0099-z>

27. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. Impact of design capacity on optimal parameters of freight aerial mono-cable cableways. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 378 (2019) 012063 (Int. Conf. on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering 2019 24–27 April 2019, Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/378/1/012063>

28. Лагереv А.В., Таричко В.И., Лагереv И.А. Определение оптимальных параметров грузовых подвесных канатных дорог с различной проектной производительностью //

† 17. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Modelirovanie drosselno-reguliruemogo gidroprivoda manipulyatsionnoy sistemy mobilnoy mashiny pri sovmestnom dvizhenii zvenev. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programm dlya EVM* [Modeling of the throttle-adjustable hydraulic drive of the manipulation system of the mobile machine during the joint movement of links]. The Certificate on official registration of the computer program]. No. 2018666946, 2018. (In Russian)

† 18. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Predproektnaya optimizatsiya manipulyatsionnoy sistemy mobilnoy mashiny* [Pre-optimization of the manipulator of the mobile machine. The Certificate on official registration of the computer program]. No. 2017663317, 2017. (In Russian)

† 19. Lagerev I.A., Milto A.A., Lagerev A.V. Reducing the impact load arising from the looseness in joints of articulating cranes. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No.2, pp. 37-43.

† DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1198382> (In Russian)

† 20. Lagerev I.A., Milto A.A., Lagerev A.V. Effectiveness of elastic damping in the pivot joints of cargo boom of crane-manipulating installations at large gaps. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No.1, pp. 18-36.

† DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1198446> (In Russian)

† 21. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Impact of Viscoelastic Hinged Dampers on Formation of the Stress State of Mobile Machine Manipulators. *International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)*, 2019, Vol. 12, No. 2, pp. 103-112. DOI: <https://doi.org/10.15866/iremos.v12i2.16185>

† 22. Lagerev A.V. Influence of wearing of cylindrical hinges on the kinetics of dynamic loading of articulating booms of crane-manipulators. *Materialy Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. "Nazemnye transportno-tekhnologicheskie komplekсы i sredstva"* [Proceedings of the Int. Scientific and Technical Conference "Ground transportation-

- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 10. С. 443-451.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.355820>
29. Короткий А.А., Лагерев А.В., Месхи Б.Ч., Лагерев И.А., Панфилов А.В. Развитие транспортной инфраструктуры крупных городов и территорий на основе технологии канатного метро. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. 344 с.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1311913>
30. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Оптимизация шага установки промежуточных опорных конструкций вдоль линии канатного метро // Вестник Брянского государственного университета. 2014. № 4. С. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1302237>
31. Таричко В.И., Лагерев И.А. Концепция создания мобильных канатных дорог на базе специальных колесных шасси // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Инновационное развитие подъемно-транспортной техники». – Брянск: БГТУ, 2019.
32. Таричко В.И., Лагерев И.А. Комплексная математическая модель для исследования рабочих процессов мобильных канатных дорог // Сборник материалов XII Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России». М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – С. 770-774.
33. Таричко В.И., Химич А.В. Комплексная математическая модель мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. № 4. С. 523-532. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-523-532
34. Лагерев И.А., Таричко В.И., Солдатченков С.П., Игнатов Д.А. Создание экспериментального макета мобильной канатной дороги с использованием 3D-печати // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. №2. С. 221-230. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-221-230
35. Лагерев А.В., Таричко В.И., Лагерев И.А. Моделирование режимов работы гидроприводов с частотно-дрессельным регулированием мобильных транспортно-† technological complexes and facilities”].
† Tyumen, TIU, 2019, pp. 119-124. (In Russian)
† 23. Patent RU 165377. *Ustroystvo dlya*
† *soedineniya sektsiy gruzopodemnoy strely kra-*
† *no-manipulyatornoy ustanovki* [Device for
† connecting sections hoisting boom crane-
† manipulator]. Lagerev I.A., Kovalskiy V.F.,
† Milto A.A., Lagerev A.V. Declared
† 27.04.2016. Published 20.10.2016. (In Russian)
† DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1307459>
† 24. *Umnyy gorod – kontseptsiya,*
† *tekhnologii, perspektivy razvitiya* (Smart city
† - concept, technology, development pro-
† spects). Available at: <https://robosapiens.ru/stati/umnyiy-gorod/> (22.12.2019).
† 25. Panfilov A.V., Korotkiy A.A., Pan-
† filova E.A., Lagerev I.A. Development of
† transport infrastructure of urban mobility on
† the basis of cable metro technologies. *Tekhnika i tekhnologia transporta*, 2019, No. S13,
† pp. 64.
† 26. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Design of
† Passenger Aerial Ropeway for Urban Envi-
† ronment. *Urban Rail Transit*, 2019, Vol.5,
† No.1, pp. 17-28. DOI:
† <https://doi.org/10.1007/s40864-018-0099-z>
† 27. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko
† V.I. Impact of design capacity on optimal pa-
† rameters of freight aerial mono-cable cable-
† ways. IOP Conf. Series: Earth and Environ-
† mental Science 378 (2019) 012063 (Int. Conf.
† on Innovations and Prospects of Development
† of Mining Machinery and Electrical Engi-
† neering 2019 24–27 April 2019, Saint-
† Petersburg Mining University, Saint-
† Petersburg) DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/378/1/012063>
† 28. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev
† I.A. Determination of optimal parameters of
† freight aerial ropeway for various design ca-
† pacity. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo*
† *universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2019, No.
† 10, pp. 443-451. DOI:
† <https://doi.org/10.5281/zenodo.355820> (In
† Russian)
† 29. Korotkiy A.A., Lagerev A.V., Meskhi
† B.Ch., Lagerev I.A., Panfilov A.V. *Razvitie*
† *transportnoy infrastruktury krupnykh go-*
† *rodov i territoriy na osnove tekhnologii*
† *kanatnogo metro* [The development of

- перегрузочных канатных комплексов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. - №4. – С. 462-480. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-462-480
36. Лагереv И.А., Остроухов И.О., Химич А.В. Компьютерное моделирование процесса потери общей устойчивости мобильной машины, оснащенной стреловой манипуляционной системой // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. №1. С. 83-94. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-01-83-94>
37. Лагереv А.В., Таричко В.И., Солдатченков С.П. Обеспечение общей устойчивости базовых колесных станций мобильных канатных дорог // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. - №2. – С. 210-220. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-02-209-220>
38. Выносная опора мобильной грузоподъемной машины / Лагереv А.В., Лагереv И.А., Остроухов И.О. Патент РФ на полезную модель № 186456. Заявл. 17.10.18. Опубл. 21.01.19. Бюл. № 3. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.2550556>
- † transport infrastructure of large cities and territories on the basis of technology of passenger ropeways]. Rostov-na-Donu, DGTU, 2017. 344 p. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1311913> (In Russian)
- † 30. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Cable transport system “Kanatnoe metro” towers distance optimization. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, No.4, pp. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1302237> (In Russian)
- † 31. Tarichko V.I., Lagerev I.A. Kontsepsiya sozdaniya mobilnykh kanatnykh dorog na baze specialnykh kolesnykh shassi. *Sbornik materialov Vseros. nauchno-prakt. konf. «Innovatsionnoe razvitie podemno-transportnoy tekhniki»*, Bryansk, BGTU, 2019. (In Russian)
- † 32. Tarichko V.I., Lagerev I.A. Kompleksnaya matematicheskaya model dlya issledovaniya rabochykh protsessov mobilnykh kanatnykh dorog. *Sbornik materialov XII Vseross. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov «Budushchee mashinostroeniya Rossii»*, Moscow, MGTU im. N.E. Bauman, 2019. (In Russian)
- † 33. Tarichko V.I., Khimich A.V. Comprehensive model of the mobile transport and overloading rope complex. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.4, pp. 523-532. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-523-532 (In Russian)
- † 34. Lagerev I.A., Tarichko V.I., Soldatchenkov S.P., Ignatov D.A. The experimental model creation of a mobile ropeway by 3D-printing. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.2, pp. 221-230. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-221-230 (In Russian)
- † 35. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. Modeling operation modes of hydraulic drives with frequency-throttle regulation of mobile transport and overloading ropes complexes. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.4, pp. 462-480. DOI:

- ‡ 10.22281/2413-9920-2019-05-04-462-480 (In
‡ Russian)
- ‡ 36. Lagerev I.A., Ostroukhov I.O.,
‡ Khimitch A.V. Computer simulation of the
‡ general stability loss of the mobile transport
‡ and technological machines equipped with
‡ boom lift manipulator. *Nauchno-
‡ tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudar-
‡ stvennogo universiteta*, 2019, No.1, pp. 83-
‡ 94. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-01-83-94> (In Russian)
- ‡ 37. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Sol-
‡ datchenkov S.P. General stability of a base
‡ vehicle of a mobile ropeway. *Nauchno-
‡ tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudar-
‡ stvennogo universiteta*, 2019, No.2, pp. 210-
‡ 220. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-02-209-220> (In Russian)
- ‡ 38. Patent RU 186456, B66C 23/78. *Vy-
‡ nosnaya opora mobilnoy gruzopodemnoy
‡ mashiny* [Outrigger of mobile lifting ma-
‡ chine]. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Ostrou-
‡ khov I.O. Declared 17.10.2018. Published
‡ 21.01.2019. (In Russian) DOI:
‡ <https://doi.org/10.5281/zenodo.2550556>