

В диссертационный совет 40.2.002.07  
на базе федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Российский университет транспорта»

Улица Образцова, д. 9, стр. 9,  
127994, Москва

### **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора Анцева Виталия Юрьевича на диссертацию Гончарова Кирилла Александровича «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение (технические науки)

#### **1. Актуальность избранной темы**

В диссертации рассматриваются вопросы развития элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров. Подобные ленточные конвейеры, как правило, относятся к категории протяженного магистрального промышленного транспорта, их производство и монтаж является трудоемким, а реализация комплексного проекта одного такого конвейера в целом — дорогостоящей задачей, сопоставимой по материальным затратам в некоторых случаях со значительной долей рынка всего конвейерного транспорта Российской Федерации.

Проектирование многоприводного ленточного конвейера является сложным вопросом, включающим в себя подбор основных комплектующих или их разработку с соответствующими расчетами, наиболее важным из которых является тяговый расчет, прямо влияющий на дальнейшие технические решения приводов конвейера, а также на выбор наиболее дорогостоящего элемента конвейера — грузонесущей ленты. При этом процедуры тягового расчета, характерные для небольших конвейеров, в общем случае для многоприводных конвейеров могут показать значительную погрешность, что в дальнейшем компенсируется применением повышенных коэффициентов запаса и дорогостоящих универсальных технических решений, в том числе систем управления.

В связи с вышенаписанным повышение качества проектирования машин подобного класса является актуальным обширным комплексом научно-технических задач, решение которых могло бы позволить применять дифференцированные подходы к созданию ленточных конвейеров в зависимости от уровня сложности и многовекторности транспортных систем, включающих данные конвейеры, с целью снижения материальных издержек на реализацию проекта при сохранении качества.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность**

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в работе Гончарова К.А., обеспечивается корректным применением положений и методов теории вероятностей и случайных процессов, теоретической механики, теории механизмов и машин, компьютерного имитационного моделирования, экспериментальной механики, термодинамики, статистических испытаний, теории принятия решений, а также результатами проведенных натурных экспериментов, опытом проектирования и эксплуатации ленточных конвейеров различного назначения и конфигурации.

На основании проведенного системного анализа применяемых в многоприводных ленточных конвейерах технических решений систем приводов, систем управления, натяжных устройств, приборов безопасности, а также методов моделирования, проектирования и расчета были сформулированы цель и задачи исследования.

Положения, выносимые автором на защиту, отражены в материалах диссертации и автореферате, широко апробированы на научно-технических конференциях и форумах международного и всероссийского уровней в очном и заочном форматах, а также в печати в научно-технических журналах по профилю диссертационной работы.

**Первый вывод диссертации** отражает элемент новизны, который заключается в разработке вероятностной математической модели распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров, обеспечивающая повышенную точность их определения в любом случайном сочетании барабанных и ленточных приводов в структуре одного конвейера. Автором установлено, что ресурс стыкового соединения грузонесущей ленты в наиболее благоприятном сочетании отклонений скольжения в зависимости от величины предела неограниченной выносливости может превышать в 20...28 раз ресурс в наименее благоприятном сочетании.

Достоверность вывода подтверждается материалом подразделов 2.1-2.3 и 6.1 диссертации, в которых представлены вероятностный подход к определению отклонений скольжения электродвигателей приводов ленточных конвейеров, система сочетаний отклонений скольжения электродвигателей в структурах систем приводов ленточных конвейеров, структура вероятностной математической модели распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров и результаты исследования нагруженности тяговых и грузонесущей лент многоприводного ленточного конвейера.

**Второй вывод диссертации** отражает элемент новизны, заключающийся в разработке математической модели совместной работы электродвигателей и гидромуфт в структуре приводов ленточных конвейеров, учитывающей возможные отклонения их скольжения от номинальных значений. Показано, что совместное применение в структуре привода электродвигателя и гидромуфты уменьшает возможное отклонение

скольжения двигателя на 10...15 % от его номинального значения при общем смягчении механической характеристики их совместной работы.

Достоверность вывода подтверждается материалом подразделов 2.4 и 2.5 диссертации, в которых представлена разработанная автором математическая модель совместной работы электродвигателей и гидромуфт, выполнено моделирование распределения тяговых усилий между приводами ленточного конвейера с гидромуфтами при их последовательном отказе, а также расчетным примером, приведенным на с. 74 диссертации.

**Третий вывод диссертации** в большей степени отражает практическую значимость работы и посвящен обоснованию методики выбора рациональных вариантов систем приводов ленточных конвейеров на основе метода анализа иерархий и разработке адаптивного комплекса критериев эффективности систем приводов ленточных конвейеров, включающего эксплуатационные, эргономические, временные и экономические критерии.

Достоверность вывода подтверждается материалом подраздела 3.4 диссертации, в котором представлены разработанная методика выбора рациональных вариантов систем приводов ленточных конвейеров на основе метода анализа иерархий и предложенный адаптивный комплекс критериев эффективности систем приводов ленточных конвейеров.

**Четвертый вывод диссертации** отражает практическую значимость работы и посвящен установленным закономерностям проектирования систем приводов ленточных конвейеров и предложенному комплексу проектных мер, реализующих рациональную компоновку систем приводов на основе полученных закономерностей с учетом критериев их эффективности.

Достоверность вывода подтверждается материалом подразделов 3.1-3.3 и 3.5 диссертации, в которых представлены особенности построения вероятностной математической модели распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров и ее верификация, выявленные закономерности совместной работы приводов ленточных конвейеров при наличии случайных отклонений скольжения их электродвигателей и сформулированный на основе проведенных исследований комплекс проектных мер рациональной компоновки систем приводов ленточных конвейеров.

**Пятый вывод диссертации** отражает элемент новизны, заключающийся в установлении ряда важных закономерностей формирования потока груза при прохождении перегрузочных пунктов с нерегулируемыми каскадами выпускных отверстий.

Достоверность вывода подтверждается материалом подраздела 4.2 диссертации, в котором раскрыты проведенные автором натурные исследования процесса истечения груза через каскад выпускных отверстий на приемном ленточном передвижном бункере-питателе СПКБ 12-4 производства ООО «Конвейер», г. Брянск.

**Шестой вывод диссертации** отражает экспериментальную часть работы и посвящен созданному экспериментальному стенду для исследования

влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы, на принципиальную схему которого получен патент Российской Федерации № 176564. С помощью стенда экспериментально установлено, что сцепление тяговой ленты промежуточного ленточного привода и грузонесущей ленты в зоне контакта неравномерно по их ширине и для оценки данного эффекта в работе предложена методика определения расчетного приведенного значения коэффициента сцепления лент в поперечной ориентации, что отражает элемент научной новизны работы.

Достоверность вывода подтверждается материалом подраздела 4.3 диссертации, в котором представлены экспериментальный стенд для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы, методика проведения экспериментального исследования, результаты экспериментального исследования и обоснование выбора коэффициента сцепления лент на основе проведенных экспериментальных исследований.

**Седьмой вывод диссертации** посвящен экспериментальным исследованиям особенностей работы электрического привода в виде обобщенного приводного механизма подъемно-транспортной машины в продолжительных режимах включения, соответствующих режимам работы ленточных конвейеров. В результате сделан вывод о необходимости учета рабочей температуры электродвигателя в продолжительном режиме включения в качестве входного параметра при выборе типоразмеров быстроходных муфт приводов ленточных конвейеров как при применении преобразователей частоты, так и при работе двигателей на естественных механических характеристиках и подтверждена корректность рекомендаций по учету типа системы управления приводами при построении вероятностных математических моделей распределения тяговых усилий, что отражает элемент научной новизны работы.

Достоверность вывода подтверждается материалом подраздела 4.4 диссертации, в котором представлены конструкция экспериментального стенда и применяемое оборудование, методика проведения экспериментального исследования и анализ полученных результатов с соответствующими выводами.

**Восьмой вывод диссертации** отражает практическую значимость работы, заключающуюся в разработке метода дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров.

Достоверность вывода подтверждается материалом раздела 5 диссертации, в котором представлен разработанный метод дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров, позволяющий варьировать степень точности его проведения в зависимости от целей расчета и уникальности структур систем приводов.

**Девятый вывод диссертации** может быть отнесен как к научной, так и к практической значимости работы, и посвящен способу определения зон

относительного скольжения и покоя грузонесущей и тяговой лент на участках установки промежуточных приводов ленточных конвейеров, выполненных в виде тяговых контуров.

Достоверность вывода подтверждается материалом подраздела 2.6 диссертации, в котором на основе разработанных в работе математических моделей предложен указанный способ определения зон относительного скольжения и покоя грузонесущей и тяговой лент при использовании промежуточных приводов ленточных конвейеров.

**Десятый вывод диссертации** отражает практическую значимость работы, заключающуюся в том, что разработаны и научно обоснованы технические решения ряда дифференциальных натяжных устройств многоприводных ленточных конвейеров и предложена поэтапная общая методика теплового диагностирования ленточных конвейеров.

Достоверность вывода подтверждается материалом подразделов 6.2 и 6.3 диссертации, в которых представлены ряд технических решений дифференциальных натяжных устройств ленточных конвейеров, защищенных 7 патентами Российской Федерации на полезную модель, и разработанная поэтапная общая методика теплового диагностирования ленточных конвейеров.

**Одиннадцатый вывод диссертации** посвящен использованию результатов проведенного исследования в учебном процессе ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» и в производственных условиях производственных предприятий ООО «Научно - исследовательский институт автоматики, телемеханики и метрологии» (г. Брянск) и ОАО «Кузбассгипрошахт» (г. Кемерово).

Достоверность вывода подтверждается материалом приложений А – В диссертации, в которых приведены акты внедрения результатов работы в данных организациях.

**В двенадцатом выводе диссертации** представлены обоснованные перспективы дальнейшей разработки темы, связанные с развитием предложенных в работе методов, исследованием закономерностей эксплуатации промежуточных ленточных приводов ленточных конвейеров с учетом возможных дефектов их монтажа, в том числе механизмов износа тяговой и грузонесущей лент в зоне их контакта, а также с развитием методов принятия решений в области проектирования ленточных конвейеров с системами приводов различной конфигурации.

На основании вышеизложенного можно заключить, что основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются достаточно обоснованными и достоверными.

### **3. Анализ научной новизны результатов, положений, выводов и рекомендаций**

К наиболее важным результатам и положениям диссертационной работы, обладающим научной новизной относятся:

1) концепция дифференциального тягового расчета ленточных конвейеров случайной конфигурации, основанная на представлении структурных элементов процесса тягового расчета в виде трех взаимосвязанных классифицирующих признаков «принцип распределения тяговых усилий между приводами – особенности конструкции приводов – принцип определения сопротивлений передвижению ленты» с соответствующим математическим описанием, набор которых для каждого уникального проектного случая формирует соответствующие специфические системы уравнений тягового расчета;

2) вероятностная математическая модель распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров, позволяющая анализировать возможные случайные комбинации тяговых усилий при неопределенности ряда входных параметров, прогнозировать технические последствия отказа системы приводов при неблагоприятном случайном сочетании параметров моделирования, определять на стадии проектирования технические меры воздействия, обеспечивающие качественную работу конвейера;

3) математическая модель совместной работы электродвигателей и гидромуфт, позволяющая анализировать возможные негативные сочетания их механических характеристик при отклонении скольжения от номинальных значений и синтезировать аналитическое описание функции механической характеристики совместной работы электродвигателя и гидромуфты;

4) установленные закономерности совместной работы приводов ленточных конвейеров при наличии случайных отклонений механических характеристик их электродвигателей и разработанный комплекс проектных мер, позволяющий формировать эффективные системы приводов на основе минимизации влияния неблагоприятных случайных производственных и эксплуатационных факторов на их работу;

5) результаты экспериментальных исследований, позволяющие повысить точность процедуры проектирования промежуточных барабанных приводов ленточных конвейеров типа «ложный сброс» в части учета особенностей формирования потока груза при прохождении перегрузочных пунктов с нерегулируемыми каскадами выпускных отверстий с целью минимизации воздействия циклических ударных нагрузок на грузонесущую ленту при транспортировании мелкокусковых, зернистых, порошкообразных и пылевидных грузов;

6) результаты экспериментальных исследований, позволяющие повысить точность процедуры проектирования промежуточных ленточных приводов ленточных конвейеров в части учета неравномерности сцепления грузонесущей и тяговой лент по ширине, формирующей условия ограничения буксования приводов данного типа.

Научная новизна представленной работы сомнений не вызывает.

#### **4. Теоретическая и практическая значимость результатов исследований**

Теоретическая значимость диссертационной работы Гончарова Кирилла Александровича заключается в разработке математических моделей, установлении и исследовании закономерностей распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров в условиях неопределенности ряда конструктивных параметров с учетом случайного характера их воздействия на рабочие процессы систем приводов, обосновании общих условий применения различных типов систем управления при проектировании структур систем приводов ленточных конвейеров случайной конфигурации, разработке системы внутренних сочетаний отклонений скольжения электродвигателей для многодвигательных приводов ленточных конвейеров, экспериментальном выявлении нестабильности процесса истечения груза через каскад выпускных отверстий в загрузочных и перегрузочных пунктах трасс конвейеров в части значений коэффициента истечения груза, экспериментальном установлении закономерностей взаимодействия грузонесущей и тяговой лент промежуточного привода конвейера, в частности неравномерности их сцепления в зоне контакта по ширине.

Практическая значимость работы Гончарова К.А. заключается в создании метода дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров, позволяющего варьировать степень точности его проведения в зависимости от целей расчета и уникальности структур систем приводов, разработке комплекса проектных мер, реализующих рациональную компоновку систем приводов ленточных конвейеров, создании принципиальной схемы и натурной конструкции экспериментального стенда для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы, разработке технических решений дифференциальных натяжных устройств ленточных конвейеров, создании общей методики теплового диагностирования ленточных конвейеров.

Результаты представленного диссертационного исследования могут быть использованы при проектировании систем приводов многоприводных ленточных конвейеров и других механизмов с синхронизированной работой, а также при изучении методов проектирования приводов машин непрерывного транспорта в технических вузах.

#### **5. Содержание диссертации**

Диссертация изложена грамотным языком, обладает внутренним единством и логикой построения, полностью раскрывает сущность выполненного исследования, содержит исчерпывающие теоретические обоснования всех полученных автором результатов и описание их практической реализации. Диссертация является логически завершенным изложением результатов научного исследования, выполненного автором.

## **6. Структура и объем работы**

Диссертационная работа Гончарова К.А. состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Объем работы с приложениями – 293 страницы. Диссертация содержит 119 рисунков, 21 таблицу, 3 приложения, 314 источников.

**Во введении** изложены актуальность избранной темы, степень ее разработанности, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

**Первый раздел** посвящен анализу существующих конструкций систем приводов ленточных конвейеров, описаны системы управления приводами. Приведен анализ существующих методов моделирования, тягового расчета и проектирования ленточных конвейеров.

**Во втором разделе** описана вероятностная математическая модель распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров.

**В третьем разделе** на основе вероятностной математической модели проведены исследования и установлены закономерности совместной работы приводов ленточных конвейеров при наличии случайных отклонений механических характеристик их электродвигателей. Также приведено обоснование методики выбора рациональных вариантов систем приводов ленточных конвейеров на основе метода анализа иерархий и предложен комплекс критериев эффективности систем приводов ленточных конвейеров. Разработан комплекс проектных мер рациональной компоновки систем приводов на основе полученных закономерностей.

**В четвертом разделе** приведены результаты экспериментальных исследований поведения сыпучего груза при осуществлении перегрузочных процессов применительно к промежуточным барабанным приводам типа «ложный сброс». Описан экспериментальный стенд для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы. Разработана методика экспериментальных исследований и приведены их результаты. Также приведены результаты экспериментальных исследований особенностей работы электрического привода в виде обобщенного приводного механизма подъемно-транспортной машины в продолжительных режимах включения, соответствующих режимам работы ленточных конвейеров.

**В пятом разделе** разработан метод дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров, базирующийся на концепции представления структурных элементов процесса тягового расчета в виде трех взаимосвязанных классифицирующих признаков «принцип распределения тяговых усилий между приводами – особенности конструкции приводов – принцип определения сопротивлений передвижению ленты».

**В шестом разделе** представлены технические решения по совершенствованию конструкций натяжных устройств многоприводных



ленточных конвейеров. Разработана общая методика теплового диагностирования ленточных конвейеров.

**В заключении** сформулированы выводы и результаты диссертационного исследования.

**В приложениях** представлены акты внедрения результатов работы в ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», ООО «Научно - исследовательский институт автоматики, телемеханики и метрологии» (г. Брянск) и ОАО «Кузбассгипрошахт» (г. Кемерово).

## **7. Публикации и апробация результатов работы**

По теме диссертации опубликованы 43 работы, из которых 12 работ опубликованы в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science, 17 публикаций в других научных изданиях. Автором получены 8 патентов Российской Федерации на полезную модель и опубликованы 2 монографии, из них одна – единолично.

Практическая достоверность работы подтверждается результатами апробации на конференциях различного уровня, внедрением результатов исследований в учетном процессе и на предприятиях. Поэтому можно считать, что существо выполненных исследований раскрыто полностью.

## **8. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат соответствует основному содержанию разделов диссертации и полностью отражает её основные положения.

Содержание диссертации и автореферата адекватно отражают ключевые моменты исследований, затрагивающие защищаемые положения и выводы.

## **9. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления»**

Диссертация и автореферат диссертации полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

## **10. Замечания по работе**

1. В диссертации не рассмотрены переходные режимы работы (пуск, торможение) многоприводных ленточных конвейеров при применении описанных систем управления.

2. В диссертации без достаточного обоснования принято представление разброса значений номинального скольжения

электродвигателя с помощью нормального распределения с математическим ожиданием равным значению номинального скольжения.

3. Математическая модель автора базируется на вероятностном подходе к определению отклонений скольжения электродвигателей. Если электродвигатель работает совместно с гидромуфтой, то необходимо учитывать и изменение скольжения в гидромуфте.

4. Автор предлагает семейство механических характеристик гидромуфты описывать совокупностью из 10 уравнений. Не является ли их количество избыточным? Представляется, что и 4-6 уравнений будет вполне достаточно для расчетов.

5. Можно ли аналитическое описание функции механической характеристики совместной работы электродвигателя и гидромуфты, полученное при построении разработанной математической модели, применить при моделировании процесса разгона ленточного конвейера? Каковы границы применения указанной функции?

6. В параграфе 3.4 диссертации приводится обоснование применения метода анализа иерархий при выборе эффективного варианта системы приводов ленточного конвейера, приведен комплекс критериев, каждый из которых имеет размерность, при этом методики расчета значений критериев не приведены. Если значения некоторых критериев объективно образуются при проектировании конвейера (стоимость элементов и т. п.), то вызывает вопрос, к примеру, критерий «трудоемкость монтажа и обслуживания системы приводов и ленточного конвейера за установленный период времени», измеряемый в чел/час. Каким образом на стадии проектирования предлагается проводить расчет значения данного критерия для разных вариантов систем приводов?

7. В третьем и четвертом разделах автор учитывает случайные отклонения механических характеристик электродвигателей со смягченными и жесткими характеристиками, упустив из рассмотрения гидромуфты, наличие которых может значительно изменить характеристики привода в зависимости от их конструкций.

8. В экспериментальной установке автор применил маломощный асинхронный электродвигатель мощностью 0,75/1,1 кВт. Известно, что при прочих равных условиях с увеличением мощности КПД асинхронных электродвигателей повышается, а их скольжение уменьшается. Поэтому, авторское моделирование носит относительный характер и необходим пересчет полученных результатов по методикам подобия.

9. На стр. 165 диссертации указано: «переход груза из влажного в сухое состояние (коэффициент истечения изменяется от значения 0,162 до величины 0,171) привел к увеличению производительности конвейера на 5,5 % от номинальной величины и пересыпанию груза... что необходимо учитывать при проведении тягового расчета». Каким конкретно образом предлагается учесть данное обстоятельство при проведении тягового расчета?

10. Из содержания диссертации остается неясным, насколько перспективным, по мнению автора, является использование в приводах конвейеров и других грузоподъемных машин асинхронных электродвигателей с фазным ротором?

### **11. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Приведённые замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку в плане актуальности, научной новизны и полезности представленной работы, не затрагивают существа научных положений, представленных к защите, не отрицают основных выводов, сформулированных в диссертации. Основные результаты работы достаточно полно освещены в публикациях в ведущих научных журналах, доложены и обсуждены на конференциях различного ранга.

Диссертационная работа Гончарова Кирилла Александровича на тему «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров» содержит теоретическое обоснование всех полученных автором результатов и изложение практической реализации этих результатов. Существо выполненных исследований раскрыто полностью. Диссертация является логически завершенным и аргументированным изложением результатов научного исследования, выполненного автором.

Работа отвечает требованиям п. 9-11 и п. 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

По п. 9 – диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические, технологические и иные решения многоприводных ленточных конвейеров, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

По п. 10 – диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством. Работа содержит новые научно-обоснованные результаты и предложения, которые рекомендованы для практического применения при проектировании многоприводных ленточных конвейеров, а также в учебном процессе при изучении методов проектирования машин непрерывного транспорта, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных К.А. Гончаровым научных результатов, а именно о внедрении в промышленных организациях и учебном процессе.

По пп. 11, 13 – количество публикаций Гончарова К.А., в которых излагаются новые научные результаты диссертации, в полной мере отвечает установленным критериям. Автором по теме диссертации опубликовано всего 43 работы, в том числе 12 статей в журналах из перечня ВАК, 8 патентов на

полезные модели, 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science, 17 публикаций в журналах РИНЦ и материалах международных научно-технических конференций.

По п. 14 – в диссертации Гончарова К.А. имеются ссылки на источники заимствования материалов других авторов, а также на научные работы, выполненные автором самостоятельно или в соавторстве.

Содержание и полученные результаты диссертационной работы соответствуют п. 2 «Теория и методы проектирования машин и механизмов, систем приводов, узлов и деталей машин» и п. 4 «Повышение точности и достоверности расчетов объектов машиностроения, разработка нормативной базы проектирования, испытания и изготовления объектов машиностроения» паспорта научной специальности 2.5.2. Машиноведение (технические науки).

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа заслуживает положительной оценки, а ее автор, Гончаров Кирилл Александрович, присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент,  
заведующий кафедрой «Подъемно-  
транспортные машины и оборудование»  
ФГБОУ ВО «Тульский  
государственный университет», доктор  
технических наук, профессор

Анцев  
Виталий  
Юрьевич

« 12 » 09 2022 г.

Анцев Виталий Юрьевич, гражданин РФ, доктор технических наук (2.5.6. Технология машиностроения, 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства), профессор, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные машины и оборудование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет».

Адрес: 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

Электронная почта: [ancev@vpu.tula.ru](mailto:ancev@vpu.tula.ru)

Телефон: +7 (4872) 23-11-11



Анцева В.Ю. заверяю  
Специалист по кадровой работе  
Юр / Л.В. Полтавец /  
12 сентября 2022 г.

## **ОТЗЫВ**

### **ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА НА ДИССЕРТАЦИЮ**

Гончарова Кирилла Александровича

на тему «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗБРАННОЙ ТЕМЫ**

Ленточные конвейеры, несомненно, являются одним из самых распространенных и одновременно дешевых видов промышленного транспорта, особенно при добыче и перемещении полезных ископаемых. В связи с постоянным географическим расширением выработок, оптимизацией затрат на логистические процессы транспортировки и загрузки горной породы решение задач совершенствования процесса проектирования и разработки новых технических решений в данной области, способных закрыть свободные ниши и составить конкуренцию зарубежным компаниям на рынке производства ленточных конвейеров в РФ, является актуальным.

### **СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ**

Обоснованность научных положений обеспечивается корректным применением положений и методов теории вероятностей и случайных процессов, теоретической механики, теории механизмов и машин, компьютерного имитационного моделирования, экспериментальной механики, термодинамики, статистических испытаний и теории принятия решений.

В работе проведен системный анализ, применяемых в ленточных конвейерах систем приводов, систем управления, натяжных устройств и

приборов безопасности. Рассмотрены современные методы моделирования, проектирования и расчета.

Приведенные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обоснованы.

## **ДОСТОВЕРНОСТЬ И НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Достоверность научных положений и выводов подтверждается корректным использованием методов исследования, результатами проведенных натурных экспериментов, опытом проектирования и эксплуатации ленточных конвейеров различного назначения и конфигурации.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих положениях:

1. Сформулирована концепция дифференциального тягового расчета ленточных конвейеров случайной конфигурации, основанная на представлении структурных элементов процесса тягового расчета в виде трех взаимосвязанных классифицирующих признаков «принцип распределения тяговых усилий между приводами – особенности конструкции приводов – принцип определения сопротивлений передвижению ленты» с соответствующим математическим описанием, набор которых для каждого проектного случая формирует соответствующие специфические системы уравнений тягового расчета.

2. Разработана вероятностная математическая модель распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров, позволяющая анализировать возможные случайные комбинации тяговых усилий при неопределенности ряда входных параметров (типов применяемых лент и систем управления приводами, действительных механических характеристик, реализуемых поставляемыми электродвигателями), прогнозировать технические последствия отказа системы приводов при неблагоприятном случайном сочетании параметров

моделирования, определять на стадии проектирования технические меры воздействия, обеспечивающие качественную работу конвейера.

3. Разработана математическая модель совместной работы электродвигателей и гидромуфт, позволяющая анализировать возможные негативные сочетания их механических характеристик при отклонении скольжения от номинальных значений, синтезировать аналитическое описание функции механической характеристики совместной работы электродвигателя и гидромуфты.

4. Установлены закономерности совместной работы приводов ленточных конвейеров при наличии случайных отклонений механических характеристик их электродвигателей и разработан комплекс проектных мер, позволяющий формировать эффективные системы приводов на основе минимизации влияния неблагоприятных случайных факторов производства и эксплуатации на их работу.

5. Получены и обобщены результаты экспериментальных исследований, позволяющие повысить точность процедуры проектирования промежуточных барабанных приводов ленточных конвейеров типа «ложный сброс» в части учета особенностей формирования потока груза при прохождении перегрузочных пунктов с нерегулируемыми каскадами выпускных отверстий с целью минимизации воздействия циклических ударных нагрузок на грузонесущую ленту при транспортировании мелкокусковых, зернистых, порошкообразных и пылевидных грузов.

6. Получены и обобщены результаты экспериментальных исследований, позволяющие повысить точность процедуры проектирования промежуточных ленточных приводов ленточных конвейеров в части учета неравномерности сцепления грузонесущей и тяговой лент по ширине, формирующей условия ограничения буксования приводов данного типа.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ АВТОРОМ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Теоретическая значимость работы заключается в следующих положениях.

1. Разработаны математические модели, установлены и исследованы закономерности распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров в условиях предпроектной неопределенности ряда конструктивных параметров с учетом случайного характера их воздействия на рабочие процессы систем приводов.

2. Обоснованы общие условия применения различных типов систем управления при проектировании структур систем приводов ленточных конвейеров случайной конфигурации.

3. Разработана система внутренних сочетаний отклонений скольжения электродвигателей для многодвигательных приводов ленточных конвейеров, обязательных для анализа при проведении процедуры дифференциального тягового расчета.

4. Сформированы зависимости, позволяющие оценить трудоемкость вероятностного моделирования распределения тяговых усилий внутри системы приводов ленточного конвейера с учетом её структуры, а также составить детальные качественные описания каждого расчетного случая при моделировании.

5. Уточнен и обоснован комплекс критериев оценки эффективности систем приводов ленточных конвейеров; определены условия, обеспечивающие корректное применение данного комплекса в контексте различных методов принятия проектных решений.

6. Экспериментально выявлена нестабильность процесса истечения груза через каскад выпускных отверстий в загрузочных и перегрузочных пунктах трасс конвейеров в части значений коэффициента истечения груза, влияющая на дифференциацию величин распределенных нагрузок при



проведении тягового расчета; установлена необходимость обязательного экспериментального уточнения данного параметра в каждом конкретном случае применения загрузочных устройств с каскадом выпускных отверстий.

7. Экспериментально установлены закономерности взаимодействия грузонесущей и тяговой лент промежуточного привода конвейера, в частности неравномерности их сцепления в зоне контакта по ширине, что выражается в проявлении ряда преимущественных продольно ориентированных зон, расположение которых в поперечной ориентации соответствует точкам контакта сечений лент с ребрами роликов, поддерживающих роликоспор.

Практическая значимость работы заключается следующих положениях.

1. На основе созданных математических моделей разработан метод дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров, позволяющий варьировать степень точности его проведения в зависимости от целей расчета и уникальности структур систем приводов.

2. Разработан комплекс проектных мер, реализующих рациональную компоновку систем приводов ленточных конвейеров с учетом критериев эффективности на основе полученных закономерностей их совместной работы при случайных отклонениях механических характеристик электродвигателей.

3. Разработана принципиальная схема и создана натурная конструкция экспериментального стенда для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы, защищенная патентом РФ; предложены методики выполнения ряда экспериментальных исследований с использованием разработанного стенда.

4. Разработан, теоретически обоснован и защищен патентами РФ ряд технических решений дифференциальных натяжных устройств ленточных конвейеров, позволяющих реализовывать дополнительные возможности по

управлению работой приводов ленточных конвейеров без усложнения и принципиального изменения систем управления двигателями.

5. Разработаны базовые положения и предложена поэтапная общая методика теплового диагностирования ленточных конвейеров.

Результаты диссертационной работы используются ООО «Научно - исследовательский институт автоматизации, телемеханики и метрологии» (г. Брянск) при выборе типов двигателей и систем управления последовательными конвейерными линиями и другими механизмами с синхронизированной работой, ОАО «Кузбассгипрошахт» (г. Кемерово) при проектировании систем приводов многоприводных ленточных конвейеров и ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» в учебном процессе.

## **ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ЕЁ ЗАВЕРШЕННОСТЬ**

Диссертация состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Объем работы с приложениями – 293 страницы.

Введение посвящено формулированию актуальности темы исследования, степени разработанности темы, определению объекта исследования, целей и задач. Описана научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, достоверность, апробация и реализация работы.

В первом разделе выполнено обоснование необходимости разработки универсального метода тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров, показаны достоинства и недостатки существующих методик, проанализировано влияние конструкций различных систем приводов на процедуры их проектирования. Сделаны выводы, на основе которых сформулированы цели и задачи исследования.

Второй раздел посвящен разработке вероятностной математической модели распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров. Предложена математическая модель совместной работы электродвигателей и гидромуфт, приведено теоретическое обоснование методики определения зон относительного покоя и скольжения промежуточных приводов ленточных конвейеров с учетом механических характеристик приводов.

В третьем разделе установлены закономерности совместной работы приводов ленточных конвейеров при наличии случайных отклонений механических характеристик их электродвигателей, верификация вероятностной математической модели на основе сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными исследований. Описана общая методика выбора рациональных вариантов систем приводов ленточных конвейеров на основе метода анализа иерархий, предложена структура иерархии. Предложен комплекс проектных мер рациональной компоновки систем приводов.

В четвертом разделе описаны экспериментальные исследования перегрузочных процессов применительно к промежуточным барабанным приводам типа «ложный сброс», конструкция стенда и результаты экспериментальных исследований совместного движения грузонесущей и тяговой лент в поперечной ориентации, описаны особенности и приведены результаты экспериментальных исследований электрического привода в виде обобщенного приводного механизма подъемно-транспортной машины в продолжительных режимах включения.

Пятый раздел посвящен созданию метода дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров, в основу которого положена концепция взаимодействия трех элементов: принципа распределения тяговых усилий между приводами, особенностей конструкции приводов, принципа определения сопротивлений передвижению ленты. Показаны особенности формирования уникальных методов тягового расчета

для конкретных проектных ситуаций с применением разработанной концепции.

Шестой раздел посвящен описанию технических решений в области совершенствования конструкций натяжных устройств ленточных конвейеров. Предложена общая методика теплового диагностирования ленточных конвейеров. Описаны особенности анализа усталостного ресурса грузонесущей ленты в зависимости от применяемого сочетания отклонений скольжения электродвигателей.

В заключении сформулированы выводы и результаты исследования.

Представленный список литературы состоит из 314 источников.

С учетом вышенаписанного диссертационная работа Гончарова Кирилла Александровича «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров» является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует п.2 и п.4 паспорта специальности 2.5.2. Машиноведение.

## **ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ В СОДЕРЖАНИИ И ОФОРМЛЕНИИ ДИССЕРТАЦИИ, ВЛИЯНИЕ ОТМЕЧЕННЫХ НЕДОСТАТКОВ НА КАЧЕСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ**

При всех достоинствах к работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. В последовательности построения вероятностной математической модели, описанной на стр. 89 диссертации, одним из этапов указано введение в модель дополнительных ограничений в виде уравнений и неравенств. Указанные ограничения являются только техническими (отсутствие превышения установленной мощности двигателей, отсутствие буксования приводов) или вводятся какие-либо дополнительные нормативные ограничения? Какие нормативные документы их регламентируют?

2. Как при синтезе функции механической характеристики совместной работы электродвигателя и гидромuffты в процессе математического моделирования учесть возможность частичного заполнения гидромuffты?
3. В параграфе 3.5 диссертации сформулирован комплекс проектных мер рациональной компоновки систем приводов ленточных конвейеров. Из текста диссертации неясно, какая конкретная мера должна быть реализована на какой из стадий проектирования. Из каких стадий в целом состоит процесс проектирования систем приводов ленточных конвейеров?
4. Экспериментальное исследование вспомогательных перегрузочных устройств в промежуточных приводах типа «ложный сброс» проведено с использованием бункера-питателя. Как конструктивно реализовать подобные бункеры в указанных приводах при узком растворе разгрузочной параболы движения сыпучего груза?
5. Автор защищает в работе новые научно обоснованные технические, технологические и иные (проектные, конструкторские) решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, однако в работе не приложены документы, подтверждающие величину экономического эффекта.
6. В работе в явном виде не представлен алгоритм расчета многоприводных конвейеров, на основе выдвигаемых автором положений.

Указанные замечания не оказывают существенного влияния на научную и практическую значимость работы и не снижают общую положительную оценку.

## **СООТВЕТСТВИЕ АВТОРЕФЕРАТА ОСНОВНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ**

Автореферат соответствует содержанию разделов диссертации и отражает её основные положения.

## **СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ И АВТОРЕФЕРАТА ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТ Р 7.0.11-2011**

Диссертация и автореферат диссертации соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ДИССЕРТАЦИИ КРИТЕРИЯМ, УСТАНОВЛЕННЫМ «ПОЛОЖЕНИЕМ О ПОРЯДКЕ ПРИСУЖДЕНИЯ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ» ПО ПУНКТАМ 10, 11, 14.**

Согласно п. 10 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» диссертационная работа Гончарова Кирилла Александровича на тему «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров» написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных К.А. Гончаровым научных результатов – акты внедрения на производстве и в учебном процессе.

Согласно п. 11 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» количество публикаций автора, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в полной мере отвечает установленным критериям.

Содержание диссертации отражено в 43 публикациях. В том числе 12 статей в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, (перечень ВАК); 4 статьи в изданиях, входящих в международные базы Scopus и Web of Science; 8 патентов РФ на полезную модель, 17 публикаций в других научных изданиях. Опубликовано 2 монографии (из них одна – единолично).

Согласно п. 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» в диссертационной работе имеются необходимые ссылки на источники заимствования материалов других авторов, а также на научные работы, выполненные автором самостоятельно или в соавторстве.

Диссертация Гончарова Кирилла Александровича «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров» на соискание ученой степени доктора технических наук соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические, технологические и иные (проектные, конструкторские) решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, а её автор Гончаров Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение.

Официальный оппонент,  
Романович Алексей Алексеевич,  
Доктор технических наук,  
(05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы  
(строительство)), доцент,  
заведующий кафедрой  
подъемно-транспортных и дорожных  
машин ФГБОУ ВО «Белгородский государственный  
технологический университет им. В.Г. Шухова»  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46,  
телефон +7-(4722)-55-20-93,  
адрес эл. почты ptdm-bgtu@yandex.ru

23.09.2022 г



А.А. Романович

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Подпись Романович А.А. заверяю:  
Первый проректор ФГБОУ ВО  
«Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова»



Е.И. Евтушенко

## **ОТЗЫВ**

*официального оппонента Кондратьева Александра Владимировича  
на диссертацию Гончарова Кирилла Александровича  
на тему «Развитие элементов теории проектирования многоприводных  
ленточных конвейеров», представленную на соискание ученой степени  
доктора технических наук по специальности 2.5.2. - Машиноведение*

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Ленточные конвейеры широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, являясь одним из самых эффективных средств непрерывного промышленного транспорта. Совершенствование существующих и создание новых методов проектирования и расчета машин данного типа является комплексной задачей, требующей решения, как вопросов поиска новых конструктивных решений, так и вопросов синтеза точных алгоритмов определения их расчетных параметров. С учетом постоянного повышения технического уровня оснащения ленточных конвейеров, создания более сложной архитектуры конструкций машин и систем их управления на первый план современных научных исследований в данной области выходит разработка эффективных методов проектирования с использованием аналитических возможностей современной компьютерной техники. В связи с этим тема диссертационной работы является актуальной.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Исследования, изложенные в диссертационной работе, проводились на основе положений и методов теории вероятностей и случайных процессов, теоретической механики, теории механизмов и машин, компьютерного имитационного моделирования, экспериментальной механики, термодинамики, статистических испытаний, теории принятия решений.

Выводы и рекомендации, приведенные в работе, обоснованы и логичны.

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность научных положений и выводов подтверждается корректным использованием методов исследования, результатами проведенных натурных экспериментов, опытом проектирования и эксплуатации ленточных конвейеров различного назначения и конфигурации, внедрением результатов исследований в производство и учебный процесс.

Научная новизна диссертационной работы не вызывает сомнений и заключается в следующем:

– сформулирована концепция дифференциального тягового расчета ленточных конвейеров случайной конфигурации, основанная на представлении структурных элементов процесса тягового расчета в виде трех взаимосвязанных классифицирующих признаков «принцип распределения тяговых усилий между приводами –



особенности конструкции приводов – принцип определения сопротивлений передвижению ленты» с соответствующим математическим описанием, набор которых для каждого уникального проектного случая формирует соответствующие специфические системы уравнений тягового расчета;

– разработана вероятностная математическая модель распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров, позволяющая анализировать возможные случайные комбинации тяговых усилий при неопределенности ряда входных параметров (типов применяемых лент, типов применяемых систем управления приводами, действительных механических характеристик используемых электродвигателей), прогнозировать технические последствия отказа системы приводов при неблагоприятном случайном сочетании параметров моделирования, определять на стадии проектирования технические меры воздействия, обеспечивающие качественную работу конвейера;

– разработана математическая модель совместной работы электродвигателей и гидромффт, позволяющая анализировать возможные негативные сочетания их механических характеристик при отклонении скольжения от номинальных значений, синтезировать аналитическое описание функции механической характеристики совместной работы электродвигателя и гидромффты;

– установлены закономерности совместной работы приводов ленточных конвейеров при наличии случайных отклонений механических характеристик их электродвигателей и разработан комплекс проектных мер, позволяющий формировать эффективные системы приводов на основе минимизации влияния неблагоприятных случайных факторов производства и эксплуатации на их работу;

– получены и обобщены результаты экспериментальных исследований, позволяющие повысить точность процедуры проектирования промежуточных барабанных приводов ленточных конвейеров типа «ложный сброс» в части учета особенностей формирования потока груза при прохождении перегрузочных пунктов с нерегулируемыми каскадами выпускных отверстий с целью минимизации воздействия циклических ударных нагрузок на грузонесущую ленту при транспортировании мелкокусковых, зернистых, порошкообразных и пылевидных грузов;

– получены и обобщены результаты экспериментальных исследований, позволяющие повысить точность процедуры проектирования промежуточных ленточных приводов ленточных конвейеров в части учета неравномерности сцепления грузонесущей и тяговой лент по ширине, формирующей условия ограничения буксования приводов данного типа.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Теоретическая значимость проведенных исследований заключается в следующем:

– разработаны математические модели, установлены и исследованы закономерности распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров в условиях неопределенности конструктивных параметров с учетом случайного характера их воздействия на рабочие процессы систем приводов;

- обоснованы общие условия применения различных типов систем управления при проектировании структур систем приводов ленточных конвейеров случайной конфигурации;
- разработана система внутренних сочетаний отклонений скольжения электродвигателей для многодвигательных приводов ленточных конвейеров;
- сформированы зависимости, позволяющие оценить трудоемкость вероятностного моделирования распределения тяговых усилий внутри системы приводов ленточного конвейера;
- уточнен и обоснован комплекс критериев оценки эффективности систем приводов ленточных конвейеров;
- экспериментально выявлена нестабильность процесса истечения груза через каскад выпускных отверстий в загрузочных и перегрузочных пунктах трасс конвейеров в части значений коэффициента истечения груза, влияющая на дифференциацию величин распределенных нагрузок при проведении тягового расчета;
- установлена необходимость обязательного экспериментального уточнения данного параметра в каждом конкретном случае применения загрузочных устройств с каскадом выпускных отверстий;
- экспериментально установлены закономерности взаимодействия грузонесущей и тяговой лент промежуточного привода конвейера, в частности неравномерность их сцепления в зоне контакта по ширине.

Практическая значимость проведенных исследований заключается в следующем:

- на основе созданных математических моделей разработан метод дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров, позволяющий варьировать степень точности его проведения в зависимости от целей расчета и уникальности структур систем приводов;
- разработан комплекс проектных мер, реализующих рациональную компоновку систем приводов ленточных конвейеров;
- разработана принципиальная схема и создана натурная конструкция экспериментального стенда для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы, защищенная патентом РФ; предложены методики выполнения ряда экспериментальных исследований с использованием разработанного стенда;
- разработан, теоретически обоснован и защищен патентами РФ ряд технических решений дифференциальных натяжных устройств ленточных конвейеров;
- разработаны базовые положения и предложена поэтапная общая методика теплового диагностирования ленточных конвейеров.

Результаты диссертационного исследования (разработанные математические модели, метод и методики, а также практические рекомендации) используются: ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» в учебном процессе; ООО «Научно-исследовательский институт автоматизации, телемеханики и метрологии» (г. Брянск); ОАО «Кузбассгипрошахт» (г. Кемерово).

## Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Объем работы с приложениями – 293 страницы. Диссертация содержит 119 рисунков, 21 таблицу, 3 приложения, 314 источников.

**Во введении** определен объект исследования, обоснована актуальность работы, проанализирована степень разработанности темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования, изложены научная новизна работы, теоретическая и практическая значимость, дана краткая характеристика работы.

**В первом разделе** проанализированы существующие типовые и уникальные конструкции систем приводов ленточных конвейеров, рассмотрены применяемые в них системы управления с учетом разветвленных перечней устройств безопасности, формируемых в зависимости от назначения конвейеров. Предложена классификация устройств безопасности по степени воздействия на привод. Разработан обобщенный перечень данных устройств на основе систематизации требований нормативных документов к шахтным многоприводным ленточным конвейерам. Выполнен критический анализ существующих отечественных и зарубежных методов моделирования, тягового расчета и проектирования ленточных конвейеров. Сформулированы цели и задачи диссертации.

**Во втором разделе** представлена разработанная вероятностная математическая модель распределения тяговых усилий внутри систем приводов ленточных конвейеров, позволяющая анализировать возможные случайные комбинации тяговых усилий при неопределенности ряда входных параметров.

**В третьем разделе** представлены результаты исследования и установлены закономерности совместной работы приводов ленточных конвейеров при наличии случайных отклонений механических характеристик их электродвигателей. Обоснована методика выбора рациональных вариантов систем приводов ленточных конвейеров на основе метода анализа иерархий. Выработаны условия, выполнение которых обеспечивает корректное применение предлагаемой методики в процессе выбора рациональных вариантов технических объектов. В соответствии с выработанными условиями предложен адаптивный комплекс критериев эффективности систем приводов ленточных конвейеров, включающий эксплуатационные, эргономические, временные и экономические критерии, а также соответствующая ему структура иерархии. Предложен комплекс проектных мер, реализующих рациональную компоновку систем приводов на основе полученных закономерностей с учетом критериев их эффективности.

**В четвертом разделе** представлены результаты экспериментальных исследований поведения сыпучего груза при осуществлении перегрузочных процессов, что актуально для промежуточных барабанных приводов типа «ложный сброс». Разработана принципиальная схема и создана натурная конструкция экспериментального стенда для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы, защищенная патентом РФ. Разработана методика и приведены результаты исследований поведения промежуточных ленточных приводов с применением стенда. Описана конст-

рукция установки, разработана методика проведения, и приведены результаты экспериментальных исследований особенностей работы электрического привода в виде обобщенного приводного механизма подъемно-транспортной машины в продолжительных режимах включения, соответствующих режимам работы ленточных конвейеров, с применением преобразователей частоты и на естественных механических характеристиках.

**В пятом разделе** представлен разработанный метод дифференциального тягового расчета многоприводных ленточных конвейеров. Метод позволяет варьировать степень точности его проведения в зависимости от целей расчета и уникальности структур систем приводов.

**В шестом разделе** представлен ряд научно обоснованных запатентованных технических решений по совершенствованию конструкций натяжных устройств многоприводных ленточных конвейеров и методик их диагностирования.

**В заключении** сформулированы выводы и результаты диссертационного исследования.

**Список** литературы включает 314 трудов.

**В приложении** размещены акты внедрения результатов исследования на предприятиях и в учебном процессе.

С учетом вышеизложенного можно утверждать, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует п.2 и п.4 паспорта специальности 2.5.2. Машиноведение.

### **Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования**

Несмотря на отмеченные достоинства по содержанию работы есть следующие вопросы и замечания:

1. В параграфе 3.2 диссертации описана верификация разработанной вероятностной математической модели путем сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными. На основании, каких критериев подтверждена теоретическая достоверность модели?

2. На стр. 165 диссертации говорится, что переход груза из влажного в сухое состояние приводит к повышению коэффициента истечения и к увеличению производительности конвейера на 5,5 %. Тем не менее, численные значения влажности мокрого и сухого материала не указываются, поэтому трудно судить о достоверности полученной закономерности. Производительность ленточного конвейера (т/ч) с ростом влажности материала, наоборот может увеличиваться за счет повышения веса транспортируемой массы, не смотря на некоторое снижение коэффициента истечения.

3. Рисунок 4.25 не отражает истинное расположение кускового материала по ширине ленты – материал в реальных условиях распределяется не равномерно, а с большей высотой поперечного сечения в средней части ленты. В связи с этим, центральные роликовые опоры и средняя часть ленты будут подвергаться большему давлению со стороны материала.

4. Из представленного материала не ясно, каким образом на экспериментальном стенде моделировалось прижатие к друг другу грузонесущей и приводной лент, а также при каких численных значениях усилий прижатия проводился тепловой контроль контактных взаимодействий.

5. Соискатель довольно подробно анализирует достоинства и недостатки промежуточных ленточных и барабанных приводов, которые применяются на многоприводных ленточных конвейерах. Однако в диссертации нет четких рекомендаций по выбору вида промежуточного привода в зависимости от проектируемых параметров ленточного конвейера и условий его эксплуатации.

Отмеченные замечания и вопросы не снижают качество исследований и не влияют на основные теоретические и практические результаты, изложенные в диссертации.

### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает её основные положения.

### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011**

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14**

В соответствии с п. 10 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» можно утверждать, что диссертация Гончарова Кирилла Александровича на тему «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров» написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных научных результатов.

В соответствии с п. 11 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» количество публикаций автора, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, отвечает установленным критериям. По теме диссертации опубликовано всего 43 работы. Из них 12 работ – в ведущих рецензируемых изданиях из перечня ВАК. Автором получено 8 патентов на полезные модели, 4 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus и


Web of Science. Также по теме диссертации опубликованы 2 монографии, из которых одна – единолично.

В соответствии с п. 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» в диссертации указаны ссылки на источники заимствования материалов других авторов, а также на научные работы, выполненные автором самостоятельно или в соавторстве.

Диссертация Гончарова Кирилла Александровича «Развитие элементов теории проектирования многоприводных ленточных конвейеров» на соискание ученой степени доктора технических наук соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие отрасли транспортного машиностроения, а её автор Гончаров Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой строительных  
и дорожных машин и оборудования  
Тверского государственного  
технического университета,  
д.т.н. (05.05.06 – Горные машины),  
профессор 12.09.2022

Александр Владимирович  
 Кондратьев

Подпись доктора технических наук, профессора А.В. Кондратьева заверяю

Проректор по УР ТвГТУ



Э.Ю. Майкова

Адрес: ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»  
1700026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, д. 22  
Телефон: 8-(4822)-78-55-19; E-mail: [avkondr@ya.ru](mailto:avkondr@ya.ru)