

В диссертационный совет
Д 212.223.02
при ФГБОУ ВО «Санкт –
Петербургский государственный
архитектурно- строительный
университет»

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук Ватулина Яна Семеновича на диссертационную работу Губанова Владимира Георгиевича на тему: «МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЛИННОМЕРНЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины».

Оппонируемая диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературных источников из 319 наименований. Работа содержит 211 страниц, включая 108 рисунков и 7 таблиц.

Автореферат включает 26 страниц машинописного текста с рисунками, а также перечень десяти опубликованных работ соискателя в изданиях из перечня ВАК.

1. Соответствие диссертации паспорту научной специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины» и установленным критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней

Объектом исследования диссертации Губанова В.Г. являются силовые гидроцилиндры дорожно-строительных машин.

Предметом исследования являются методы повышения устойчивости гидроцилиндров дорожно-строительных машин, методы системного анализа

и синтеза устойчивости конструкций гидравлических приводов дорожно-строительных машин с длинномерными гидроцилиндрами (ГЦ), учитывающих условия эксплуатации и режимы работы, особенности рабочего процесса, конструктивные различия рабочего привода, параметры нагружения гидроцилиндров дорожно-строительных машин.

В диссертации разработаны способы оценки специфики эксплуатации гидроцилиндров привода рабочего оборудования дорожно-строительных машин, их кинематики и условий нагружения несущих элементов; предложена схема конструктивного решения устройства промежуточной сенсорной опоры гидроцилиндра, выполнен анализ влияния её характеристик на работоспособность гидроцилиндра; разработана математическая модель гидроцилиндров, оснащенных промежуточной сенсорной опорой; предложен комплексный критерий работоспособности гидроцилиндра; проведен ряд экспериментальных исследований для проверки разработанных теоретических положений; разработаны научно обоснованные практические рекомендации по модернизации рабочего оборудования многозвенной гидрофицированной дорожно-строительной машины.

Все это подтверждает соответствие диссертации специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины»(п. 2 «Методы моделирования, прогнозирования, исследований, расчета технологических параметров, проектирования, испытаний машин, комплектов и систем, исходя из условий их применения» и п. 4 «Методы управления машинами, машинными комплектами и системами и контроля качества технологических процессов, выполняемых машинами»).

Таким образом, диссертационная работа Губанова В.Г.соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 (ред. от 11.09.2021):

- по п.9 диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний в области исследования гидроприводов дорожных, строительных и подъемно-транспортных машин.
- по п.10 диссертация 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.
- по пп.11-13 основные научные результаты изложены в опубликованных по теме диссертационной работы 50 работах, в том числе 10 статьях, входящих в перечень ВАК. Содержание опубликованных работ в полной мере отражает содержание автореферата и диссертации.
 - по п.14 в диссертации сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

2. Актуальность темы диссертационной работы

Высокая энерговооруженность при относительно небольших габаритах и массы гидрофицированного оборудования, бесступенчатое регулирование скорости, технологическая гибкость реализации конструктивных решений делает этот вид привода наиболее предпочтительным для большинства современных дорожно-строительных машин. Вместе с тем, по критерию надежности гидроцилиндры являются лимитирующими элементами данного класса машин.

Существующая статистика отказов гидрооборудования дорожно-строительных машин наглядно свидетельствует о наличии ряда нерешенных проблем, связанных с надежностью ГЦ, в связи с чем задача исследования механизма взаимодействия элементов телескопического сочленения длинноходового ГЦ в условиях продольно – поперечного изгиба представляется весьма важной, поскольку напрямую касается вопросов надежности и безопасности эксплуатации дорожно-строительных машин.

Основной причиной снижения надежности по несущей и герметизирующей способности является прогиб ГЦ в среднем сечении конструкции, образующийся в результате углового смещения ступеней за счет выборки зазоров в сопряжениях «поршень – гильза» и «шток – направляющая втулка», а также локальной и общей деформации контактирующих элементов. Наличие прогиба формирует дополнительный изгибающий момент в узле телескопического сочленения за счет приложения продольной нагрузки с эксцентриситетом. Дополнительная поперечная нагрузка в значительной степени изменяет условия работы элементов узла телескопического сочленения, что негативно сказывается на надежности уплотнительных устройств, вызывая их деформацию и интенсивный износ.

Проблема исследования углового смещения ступеней ГЦ были посвящены работы ряда отечественных и зарубежных ученых. Известны труды В.П. Чмиля, Д.Ю. Кобзова, Т.М. Башты, В.И. Брауде, С. В. Репина, Д.П. Волкова, Ю.Ф. Тимина, О.А. Бардышева, А.Я. Башкарёва, В.Г. Сальникова, Н.Д. Werner, S. Stryczek, Gu Yong Quan и др. авторов, посвященные разработке и исследованию моделей силовых гидроприводов дорожно-строительных машин.

Совершенствование кинематики гидропривода, обусловленное применением новых конструктивных решений в виде сенсорного поддерживающего элемента, требует выполнения новых исследований в данной области. Наиболее важным в этом отношении являются вопросы обеспечения надежности работы узла телескопического сочленения в условиях воздействия продольной сжимающей нагрузки, при минимальной базе заделки поршня в гильзе. Не менее важным с практической точки зрения является использование в указанных математических моделях единого комплексного критерия работоспособности ГЦ, который доступен простому экспериментальному и теоретическому определению.

Можно согласиться с утверждениями соискателя (стр. 4-5) о том, что в опубликованных трудах недостаточно внимания уделено вопросам исследования закономерностей формирования напряженно – деформированного состояния элементов телескопического сочленения ГЦ в условиях воздействия продольно – поперечного изгиба, математические модели не являются универсальными и имеют ограниченное применение для конкретных конструктивных решений. Это затрудняет разработку рекомендаций как по проектированию гидроприводов дорожно-строительных машин, обеспечивающих высокую надежность оборудования, поэтому рассматриваемая работа является актуальной.

Губанов Владимир Георгиевич подошел к решению этого вопроса комплексно и с системных позиций: предложил научно обоснованную методику определения параметров напряженно-деформированного состояния с применением современного математического аппарата, которая позволяет учитывать эксплуатационные изменения в узле телескопического сочленения при математическом моделировании процесса сопротивления гидростойки внецентренному осевому нагружению; предложил оригинальное устройство восстановления прямолинейности оси ГЦ, реализующее управляемое

стабилизирующее воздействие на объект, выполнил экспериментальные исследования выполнены на специально разработанных лабораторных стендах, а также в условиях реальной эксплуатации на натурном оборудовании.

3. Новизна научных положений и практическая значимость диссертации.

Новизна представленной работы определяется в первую очередь разработанной методикой математического моделирования ГЦ с промежуточной сенсорной опорой, позволяющей проводить исследование процесса формирования напряженно – деформированного состояния элементов в узле телескопического сочленения при различных кинематических схемах узла привода, что в конечном итоге позволяет адекватно оценить несущую способность системы.

В качестве **новых научных результатов**, полученных лично автором, следует **выделить** предложение комплексного критерия оценки несущей способности ГЦ, ориентированного на напряжения и деформации корпусных элементов ГЦ, а также реакций контактирующих элементов в узле телескопического сочленения; разработку методики сравнительной оценки ресурса ГЦ оснащенного промежуточной сенсорной опорой, и результаты экспериментальных исследований, подтверждающих предложенную методику.

Практическую значимость диссертации определяют следующие результаты, полученные лично соискателем: это запатентованное конструктивное решение и практические рекомендации по проектированию и модернизации гидроприводов рабочего оборудования дорожно-строительных машин с промежуточной регулируемой опорой, а также методика инженерной оценки и комплексного критерия несущей способности ГЦ модернизированного гидрооборудования.

4. Анализ содержания диссертационной работы и соответствие ее требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Проведенное во введении обоснование актуальности темы диссертации представляется правильным. Намеченные для решения задачи актуальны и важны для науки и практики.

В первой главе рассмотрено современное состояние теории и практики гидропривода дорожно-строительных машин, определены основные причины снижения работоспособности гидроцилиндров, проведён анализ известных конструкций гидроцилиндров с промежуточными опорами, определены цели и задачи исследования. Список литературы содержит достаточное количество отечественных и зарубежных публикаций по теме диссертации.

Во второй главе рассмотрены эксплуатационные условия ГЦ дорожно-строительных машин, установлены факторы, характеризующие режим работы ГЦ, разработаны расчётные схемы и методика для определения составляющих статической нагрузки, возникающих вследствие деформации ГЦ, с учетом кинематики привода рабочего оборудования.

В третьей главе представлена методика определения общих и местных деформаций корпусных элементов ГЦ, оснащенного промежуточной сенсорной поддерживающей опорой для различных вариантов кинематического исполнения; предложены алгоритм оценки контактного взаимодействия элементов в сопряжении «поршень – гильза», а также методика оценки эффективности модернизации ГЦ в сравнении с традиционным исполнением на основе разработанного автором комплексного критерия оценки работоспособности указанных устройств.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований полного прогиба гидроцилиндра традиционного исполнения в результате его нагружения в реальных условиях эксплуатации. Разработаны экспериментально апробированы оригинальная методика диагностирования гидроцилиндров, а также создано диагностическое устройство, позволяющее определять состояние гидроцилиндров на основе разработанной методики. На основе результатов экспериментального исследования даны практические рекомендации по созданию ГЦ с промежуточной сенсорной поддерживающей опорой.

Заключение содержит основные научные и практические результаты выполненных исследований.

Выводы и рекомендации в диссертации, изложенные по главам и по работе в целом, представляются обоснованными, объективно отражающими

научную новизну и практическую значимость полученных результатов. Цели и задачи, сформулированные автором, были достигнуты.

Публикации соискателя по теме диссертации (10 публикаций в изданиях из перечня ВАК, индексированных в базе данных РИНЦ) правильно и полностью отражают новые научные положения и результаты, изложенные в диссертации.

В автореферате диссертации представлено основное содержание работы по главам, а также сведения: об актуальности работы, поставленной цели и задачах, о научной новизне, теоретической и практической значимости, апробации и публикациях по результатам проведенных исследований. Автореферат правильно и полностью отражает основные результаты исследований, приведенных в диссертационной работе.

5. Степень обоснованности и достоверности основных научных положений, выводов и рекомендаций сформулированных в диссертации можно считать вполне достаточной, т. к. работа базируется на применении строгих, апробированных методов расчета и анализа взаимосвязанных физических процессов контактирования шарнирно-сочлененных корпусных элементов ГЦ на макро-, и микроуровнях: общей и местной деформации направляющих элементов в сопряжении «цилиндр – полый цилиндр», с учетом влияния термодинамических процессов в зоне пятна контакта взаимодействующих элементов. Кроме того, и это представляется важным, все методики, выводы и рекомендации диссертационной работы подтверждены результатами физического эксперимента.

6. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

Положительно оценивая рассматриваемую работу в целом, отмечая ее высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, стоит отметить ряд замечаний.

6.1 В реферате не приведена информация, поясняющая принцип работы устройства сенсорной опоры; отсутствуют комментарии и ссылка на (рис. 2) *Принципиальные схемы промежуточной сенсорной поддерживающей опоры гидроцилиндра.*

6.2 В качестве одного из критериев отказа силового гидроцилиндра в работе принята температура вспышки рабочей жидкости вследствие трения в

узле телескопического сочленения. Однако, существующая тенденция оснащения поршней силовых гидроцилиндров опорно - направляющими поясками из антифрикционных материалов (полиамида, фторопласта, бронзонаполненного тефлона) исключает образование подобных условий. Кроме того, возникает вопрос о корректности работы математической модели сопряжения «гильза-поршень» при наличии промежуточного тела, обладающего свойствами обратимой во времени высокоэластичной деформации.

- 6.3 Практика эксплуатации силовых гидроцилиндров показывает, что угловое расстройство сечений поршня и гильзы складывается из суммы конструктивного и технологического зазоров, а также двух видов деформаций: смятия направляющего пояска и местной деформации стенки гильзы под пояском. В результате образующегося углового смещения поршня в гильзе значительно увеличивается зазор на диаметрально противоположной стороне поршня, что в предельном случае вызывает деформацию лобовой части манжеты, с порывом кромки уплотняющего лепестка и последующим выдавливанием манжеты в зазор, в связи с чем, в качестве дополнительного ограничивающего фактора следует принять предельный угол перекося по условию максимально допустимой величины уплотняемого зазора.
- 6.4 В диссертационной работе заметное место отводится разработке конструктивного решения промежуточной сенсорной опоры, которая может быть определена как система автоматического управления повышения устойчивости (стабилизации) объекта управления с отрицательной обратной связью. Однако в диссертации отсутствуют исследования по определению и обоснованию параметров составляющих компонентов такой системы. В частности, необходимо учитывать динамические переходные процессы работы элементов системы (временной фактор), поскольку автор отмечает факт наличия нелинейной зависимости стабилизирующего воздействия от величины базы заделки телескопического сочленения и угла наклона оси гидроцилиндра относительно вектора гравитации.
- 6.5 В четвертом разделе предложена технология экспериментального исследования продольно-поперечной деформации гидроцилиндров, при этом утверждается достоверность результатов работы данного

алгоритма (стр. 169). Было бы целесообразным выполнить сравнения с общепринятыми статистическими методами.

Отмеченные недостатки не относятся к главному содержанию работы, не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и её общей положительной оценки.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Выводы и результаты диссертации могут быть использованы модернизации существующего парка строительно – дорожных машин, с целью конструктивного совершенствования кинематики рабочего оборудования, и повышения надежности их эксплуатации, а предложенный соискателем комплексный критерий работоспособности гидроцилиндра может применяться в практике оценки текущего технического состояния узла телескопического сочленения. Методики расчета и разработанные математические модели могут быть также полезны в учебном процессе как при обучении студентов по специальности 05.05.04 - «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» в рамках магистратуры, так и при подготовке кадров высшей квалификации.

8. Заключение

1. Автореферат и опубликованные работы правильно и полностью отражают новые научные положения и результаты, изложенные в диссертации. Оформление соответствует требованиям ВАК РФ. Стиль изложения способствует пониманию диссертации и позволяет объективно оценить личный вклад автора и полученные результаты исследования.
2. Диссертация Губанова Владимира Георгиевича является законченной научно-квалификационной работой, обладающей внутренним единством, и правильно отражает личный вклад автора в решение актуальной и практически значимой задачи по разработке методики и средств повышения работоспособности длинномерных гидроцилиндров рабочего оборудования дорожно-строительных машин.
3. Полагаю, что диссертационная работа Губанова Владимира Георгиевича «Методика повышения работоспособности длинномерных

гидроцилиндров дорожных и строительных машин» отвечает требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 11.09.2021), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Губанов Владимир Георгиевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины».

Официальный оппонент

доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические комплексы»

ФГБОУ ВО «Петербургский Государственный университет путей сообщения Императора Александра I», кандидат технических наук

Ян Семенович
Ватулин
08.11.2021

Ученый секретарь совета университета
к.т.н., доц.

Олег Владимирович
Колодкин

Контактные данные:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский Государственный университет путей сообщения Императора Александра I»,
Адрес 190031, Северо-Западный федеральный округ, Санкт-Петербург, Московский пр., 9.

Контактный телефон +7 (812) 315 2621

адрес электронной почты tes@psgu.ru

Подпись руки
Я.С. Ватулина, О.В. Колодкин
удостоверяю.
Начальник Службы управления персоналом
университета *Е. Егоров*
08.11.2021 г.