

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
"Санкт-Петербургский горный университет"
профессор, д.э.н.



Н.В. Пашкевич

2021 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Губанова Владимира Георгиевича «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».

Структура и объем диссертационной работы.

На отзыв представлена диссертация на 211 страницах машинописного текста, состоящая из введения, четырех глав и заключения, списка литературы из 319 наименований, 108 рисунков и 7 таблиц. Автореферат содержит 23 страницы машинописного текста.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Применение гидравлического привода в машинах и механизмах позволяет при компактных размерах двигателей поступательного и вращательного типа создавать высокие значения усилий в рабочих механизмах, поэтому системой гидропривода оснащены большинство машин занятых в дорожной и строительной отрасли, - это экскаваторы, скреперы, бульдозеры, грузоподъемные машины и т.д. При этом самыми распространенными элементами гидропривода являются гидродвигатели поступательного действия, т.е. гидроцилиндры.

Условия работы гидроцилиндров дорожных и строительных машин являются неблагоприятными из-за пыльной абразивной среды, которая, попадая на поверхность полированного штока, изнашивает ее поверхность и

уплотнения направляющей втулки, что приводит к утечкам масла из гидроцилиндра.

Другой причиной потери работоспособности гидроцилиндров является изменение геометрической формы полированного штока под воздействием сжимающего усилия. Особенно, это характерно для штоков длинномерных цилиндров. Искривление полированного штока приводит к преждевременному износу уплотнительных манжет направляющей втулки, а также к возникновению контакта металл по металлу между поршнем и чистой полостью гидроцилиндра, между внутренней поверхностью втулки и штоком. По мере развития данного дефекта происходит потеря герметичности цилиндра и снижение рабочего усилия гидроцилиндра.

Нарушение герметичности гидроцилиндров, в свою очередь, приводит к загрязнению окружающей среды и к дополнительным затратам на восполнение объема рабочей жидкости в гидросистеме.

Исходя из вышесказанного, следует, что тема диссертации «Методика повышения работоспособности длинномерных гидроцилиндров дорожных и строительных машин» является актуальной.

2. Общая характеристика работы

В данной работе внимание уделено возникновению поперечных смещений сечений гидроцилиндра основанного под воздействием центрального сжимающего усилия и дополнительных реакций опор в сопряжениях «шток-направляющая втулка» и «поршень-гильза». Обращается внимание на возникновение первоначального прогиба длинномерных цилиндров, работающих в окологоризонтальном положении из-за веса элементов гидроцилиндра и зазора между поршнем и гильзой, направляющей втулкой и штоком. Прогиб возникает вследствие имеющегося зазора между сопряженными элементами гидроцилиндра и из-за первоначальных технологических дефектов штока, цилиндра, поршня и втулки. Под воздействием продольного сжимающего усилия к гидроцилиндру это прогиб увеличивается и вызывает дополнительные изгибающие усилия в штоке гидроцилиндра, а это в дальнейшем приводит к возникновению пластических деформаций. Чем больше по величине необратимая потеря геометрической формы штока, тем сильнее становятся и изгибающие усилия.

Для предотвращения возникновения и развития такого дефекта штока предлагается установить промежуточную опору вблизи направляющей втулки цилиндра, которая создает усилия в поперечном направлении, для устранения начального прогиба и компенсации возникающих изгибающих

усилий. Промежуточная опора представляет собой гидроцилиндр, который связан гидравлически с основным силовым гидроцилиндром.

В первой главе проведен анализ особенностей работы гидроцилиндров на дорожно-строительных машинах. Выполнено исследование причин и статистика возникающих неисправностей гидроцилиндра. Приведены решения, которые предложены были в предыдущие годы по поддержке силового цилиндра промежуточной гидравлической опорой.

Во второй главе проанализированы условия работы гидроцилиндров дорожных и строительных машин. Приведены расчетные схемы нагружения силовых гидроцилиндров, в том числе с учетом возникающей поперечной деформации из-за веса гидроцилиндра и зазоров между его элементами.

В третьей главе проведен анализ составляющих полного прогиба по оси гидроцилиндра под воздействием поперечных и продольных сил, напряженного состояния элементов гидроцилиндра, а также выбор и обоснование варианта реализации применения промежуточной опоры гидроцилиндра.

В четвертой главе приведены результаты экспериментального определения прогибов под действием продольно-поперечного нагружения для обычного гидроцилиндра и для гидроцилиндра предлагаемой конструкции, а также рекомендации созданию гидроцилиндров с промежуточной опорой.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ РФ 7.0.11 -2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Изложена техническим языком с использованием соответствующей терминологии, что позволяет ориентироваться в ее содержании заинтересованному кругу специалистов в области дорожно-строительных машин. Выводы и рекомендации сформулированы логично. Автореферат отражает суть диссертации, а его структура и содержание соответствуют основным положениям работы.

Содержание и результаты диссертационной работы представлены в 50 научных работах, в том числе 11 статей опубликовано в рецензируемых изданиях, включенных в список рекомендованных ВАК и входящих в базу Scopus.

3. Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов.

Научная новизна проведенных исследований заключается в математическом анализе напряженного состояния штока гидроцилиндра под влиянием промежуточной опоры в зависимости от настроек ее работы.

1. При требовании снижения реакции опоры до нуля в сопряжении «шток-направляющая втулка».

2. При требовании снижения реакции опоры до нуля в сопряжении «поршень-гильза».

3. При устранении дополнительного прогиба вызванного продольным сжимающим усилием.

Результаты исследования, подтверждены экспериментальными опытами, а разработанные рекомендации обладают новизной.

Кроме этого предложена новая гидравлическая схема реализации идеи промежуточной гидравлической опоры для устранения дополнительных поперечных прогибов в процессе ее работы.

4. Достоверность положений выносимых на защиту, выводов и рекомендаций

На защиту вынесены следующие положения.

1. Методика использования промежуточной опоры для повышения работоспособности длинномерных гидроцилиндров дорожно-строительных машин;

2. Комплексный критерий оценки несущей способности гидроцилиндра, ориентированный на напряжения и деформации длинномерных несущих элементов гидроцилиндра, а также на реакции, возникающие в местах контакта, шток-втулка и поршень-гильза;

3. Математическая модель оценки несущей способности гидроцилиндра с промежуточной сенсорной опорой;

4. Результаты экспериментальных исследований, подтверждающих предложенную методику.

Следует заметить, что 4-е положение не может быть защищаемым положением, т.к. экспериментальные исследования служат либо подтверждением научных положений или основанием для формулировки этих положений и не могут быть сами по себе защищаемым положением.

В целом, результаты исследований, выносимые на защиту, в полной мере отражают содержание диссертационной работы, а достоверность

выводов и рекомендаций подтверждается проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями.

5. Научная значимость работы

Выведены уравнения и соотношения для определения значений поперечных прогибов от приложенного усилия для гидроцилиндра оборудованного промежуточной гидравлической опорой с учетом изменения его пространственного положения.

Определены соотношения для определения величин усилий в промежуточной гидравлической опоре для различных вариантов реализации управления.

Обоснован критерий надежности для гидроцилиндра с промежуточной гидравлической опорой с условием снижения сил реакции опоры в сопряжении «шток-направляющая втулка».

Разработана методика оценки контактного взаимодействия элементов сопряжения «поршень – гильза» гидроцилиндра с промежуточной поддерживающей опорой.

6. Практическая значимость работы и конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов

Практическая значимость работы заключается в предлагаемой конструктивной и гидравлической схеме работы гидроцилиндра с промежуточной опорой и рекомендациях по реализации такой конструкции.

В работе обосновано, что наиболее рациональным является управление промежуточной опорой при условии снижения реакции опоры до нуля в сопряжении «шток-направляющая втулка».

Определены математические соотношения для определения рациональной величины усилия в поддерживающей гидравлической опоре.

Разработанные рекомендации и принятые в работе решения могут быть использованы при модернизации дорожно-строительных машин и учтены при проектировании новых моделей.

7. Замечания по работе

1. В первой главе, в разделе 1.6 «Постановки цели и определение задач исследования» после перечисления задач исследования на стр.38,39 идут выдержки из ГОСТ 27.002-89 в виде определений терминов: надежность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Зачем это сделано, непонятно? Как это соотносится с названием раздела? Кроме того, действие ГОСТ 27.002-89 на сегодняшний день прекращено (ГОСТ 27.002-2015 будет действовать до 01.01.2022).

2. На рис. 1.5 (стр. 15) разные углы обозначены одной и той же буквой.

3. На рис. 1.7 с названием «Характерный износ поверхности поршня в начальный период приработки элементов сопряжения» приведена старая

конструкция поршней гидроцилиндров. В настоящее время выпускаются поршни гидроцилиндров с опорно-направляющими кольцами, исключаящие прямой контакт поршня с гидроцилиндром, никакой приработки металлического поршня, особенно в начальный период эксплуатации, происходить не может.

3. На стр. 46 неверно приведено буквенное обозначение γ (написано, что это масса рабочей жидкости в полостях гидроцилиндра, по факту в формуле буквой γ обозначена плотность рабочей жидкости).

4. В расчетной схеме на рис. 2.1 (стр.48) отсутствует учет веса самого поршня, если же массой поршня пренебрегается, то следует пояснить это допущение. В свою очередь, считаем, что этого не следовало бы делать, т.к. плотность материала поршня значительно превышает плотность рабочей жидкости, а у крупных цилиндров поршень имеет значительную массу и длину.

5. На стр. 118 в разделе 3.4 Контактное взаимодействие элементов сопряжения «поршень – гильза» гидроцилиндра сказано: «... в месте контакта «поршень – гильза», учитывающее условия прочности [204, 296] для величины напряжений смятия $[\sigma_{см}]_п$ материала из которого изготовлен поршень ...». Если название раздела подразумевает контактное взаимодействие элементов сопряжения, допустимое напряжение смятия $[\sigma_{см}]_п$ должно быть для материала этого элемента, а не для материала поршня. В современных конструкциях гидроцилиндров прямой контакт поршня и внутренней поверхности гидроцилиндра исключается наличием опорно-направляющих колец изготовленных из полимерных материалов с низким коэффициентом трения, которые и воспринимают поперечные нагрузки между поршнем и гидроцилиндром.

6. На многих трехмерных диаграммах (рисунки 3.7, 3.8, 3.29, 3.32) изменены направления оси Θ , что затрудняет их анализ при сравнении с предыдущими рисунками.

7. Ни для одной из трехмерных диаграмм (рис. 2.10, 2.11, и т.д.) не приведены начальные условия нагружения гидроцилиндра, как нет и параметров самого нагружаемого гидроцилиндра.

8. Из работы не совсем понятно, что же понимается под сенсорной промежуточной опорой. Конкретно смущает слово: сенсорной. Где располагаются сенсоры (датчики), которые должны будут реализовывать выбранный вариант реализации функционирования промежуточной опоры ($R_1 = 0$; т.е. отсутствие сил реакции опор в сопряжении «Направляющая втулка – шток»)? Как при этом будет регулироваться усилие F в

гидравлической промежуточной опоре при выбранной гидравлической схеме?

Указанные замечания не являются критическими и не снижают научной значимости работы.

8. Заключение

Диссертация Губанова Владимира Георгиевича по актуальности темы, постановке и решению задачи исследования, научным результатам и практическим выводам является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям «Положения о присуждения ученых степеней» утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24 сентября 2012 г.

В диссертации содержится анализ причин потерь работоспособности гидроцилиндров дорожно-строительных машин. Проведено теоретическое и экспериментальное исследование различных вариантов оснащения длинномерных гидроцилиндров промежуточной гидравлической опорой с целью увеличения их работоспособности.

Диссертация соответствует специальности 05.05.04 - **Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины**, а ее автор, Губанов Владимир Георгиевич, заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «29» октября 2021 г., протокол № 3.

Результаты голосования «за» - 19, «против» - 0, «воздержалось» - 1.

Кандидат военных наук, профессор

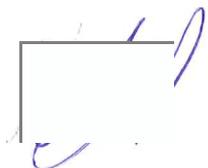
Зав. кафедрой транспортно-технологических процессов и машин (ТТП и М)

 Афанасьев
Александр Сергеевич

Д-р технических наук, профессор,
профессор кафедры ТТП и М

 Александров
Виктор Иванович

Кандидат технических наук
доцент кафедры ТТП и М

 Кускильдин
Рафис Бурибаевич

СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ:

Полное наименование: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

Адрес: 199106, г. Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2

Адрес электронной почты вуз: rectorat@spmi.ru

Кафедра транспортно-технологических процессов и машин

Адрес электронной почты кафедры: kaf_ttpm@spmi.ru

телефон кафедры: 8 (812) 328-80-46