

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.09,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 сентября 2024 г. № 9

О присуждении Мухиддинзоде Камолиддини Джамолиддину, гражданину Республики Таджикистан, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методики прогнозирования вибрационной нагруженности оператора промышленного трактора при низкочастотном воздействии со стороны движителя на основе моделирования динамических процессов» по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы принята к защите 26 июня 2024г. (протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.2.437.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета 24.2.437.09 № 1169/нк от 12 октября 2022 г.

Соискатель Мухиддинзода Камолиддини Джамолиддин, 28 января 1992 года рождения, в 2017 г. соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Братский государственный университет», магистратуру по направлению 23.04.02. «Наземные транспортно-технологические комплексы».

Соискатель Мухиддинзода Камолиддини Джамолиддин освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» с 01.09.2019 г. по 31.08.2023. В настоящее время работает инженером на кафедре «Техническая механика» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский

государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Колесные и гусеничные машины» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Абызов Алексей Александрович, профессор кафедры «Техническая механика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Тараторкин Александр Игоревич, доктор технических наук, старший научный сотрудник отдела механики транспортных машин ФГБУН «Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук».

2. Старунова Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», г. Н.Новгород – в своём положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Строительные и дорожные машины», доктором технических наук, профессором Вахидовым Умаром Шахидовичем и профессором кафедры «Строительные и дорожные машины», доктором технических наук, доцентом, Макаровым Владимиром Сергеевичем, и утверждённом проректором по научной работе доктором физико-математических наук, профессором Куркиным А.А., указала, что рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствует о личном вкладе соискателя в науку и развитие страны. Диссертационная работа Мухиддинзоды Камолиддини Джамолиддина на тему «Разработка методики

прогнозирования вибрационной нагруженности оператора промышленного трактора при низкочастотном воздействии со стороны двигателя на основе моделирования динамических процессов» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них 2 в рецензируемых научных изданиях, 1 – в издании, индексируемом в базе данных Scopus, и 4 – в прочих изданиях.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Абызов, А.А. Экспериментальные исследования и идентификация модели динамической системы «виброзащитное кресло – оператор» мобильной машины [Текст] / А.А. Абызов., К.Дж., Мухиддинзода // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Машиностроение. – 2023. – Т.23. – № 4. – С. 69–79 (11 с. / 2 с.). DOI: 10.14529/engin230406

2. Абызов, А.А. Моделирование динамики промышленного трактора при низкочастотном вибровозбуждении со стороны гусеничного двигателя [Текст] / А.А. Абызов., К.Дж. Мухиддинзода., С.Г. Некрасов // Вестник Южно-Уральского Государственного университета. Серия Машиностроение. – 2023. – Т.23. – № 1. – С. 63–72. (10 с./3 с.). DOI: 10.14529/engin230106

3. Abyzov A.A., Pronina Y.O., Muhiddinzoda K.J. Experimental Study of the Dynamic Characteristics of the Anti-vibration Industrial Tractor Operator's Seat // Proceedings of the 8th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2022). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp. 421-430. (10 с. / 3 с.). DOI:10.1007/978-3-031-14125-6_42

На диссертацию и автореферат диссертации поступило 12 отзывов. Во всех отзывах отмечается актуальность темы диссертации и даётся положительная оценка результатов работы.

Замечания, отмеченные в отзыве ведущей организации:

1) В работе рассмотрен только один источник вибрационного возбуждения - взаимодействие опорных катков со звенчатой гусеницей. При этом не учитывается микропрофиль трассы, а также вибрации, вызываемые двигателем машины и

взаимодействием рабочих органов с грунтом.

2) На интенсивность колебаний гусеничной тележки при движении трактора должно влиять натяжение гусениц. Неясно, как оно учитывается в предлагаемой модели.

3) В работе значительное внимание уделяется статическим испытаниям виброзащитного сиденья, однако полученные при этом упругие характеристики в дальнейших исследованиях не используются. Вывод о необходимости использовать в динамической модели динамической, а не статической жесткости можно было сделать заранее, на основе анализа литературных данных.

4) Следовало бы провести более подробные исследования влияния на вибрации трактора формы опорной поверхности траков гусениц и других параметров.

Замечания, отмеченные в отзыве официального оппонента А.И. Тараторкина:

1) Имеются некоторые неточности и опечатки при оформлении. К примеру, путаница в названиях применённых программных продуктов.

2) Автором рассмотрено в качестве основного источника возмущения взаимодействие катков с гусеничным обводом (траковая частота) при воздействии на оператора вдоль вертикальной оси, однако не уделено внимание источникам возмущений от силовой установки, трансмиссии, и от воздействий вдоль продольной и поперечной осей.

3) Для рассмотренных математических моделей представляется возможным определить вполне конкретные значения собственных частот. При известных параметрах конструкции и скорости движения необходимо выполнять сопоставление параметров источников возмущения и модальных свойств рассматриваемых систем для выявления резонансных режимов, которые будут представлять наибольшую опасность и иметь наибольшие показатели вибронагруженности. Однако автор уделил мало внимания изучению возникающих резонансных режимов, рассмотрев лишь различную неравномерную расстановку катков.

4) Не ясно для чего рассматривается движение трактора со случайной скоростью, хотя представляется возможным проанализировать вполне конкретные ездовые циклы, соответствующие основным рабочим режимам промышленного трактора, соответствующим его назначению. На их основе можно было бы определить основные режимы возбуждения и выполнять отстройку системы «оператор - кресло» от них, а также формулировать обоснованные мероприятия по

корректировке конструктивных параметров для ослабления источников возмущения

5) Автором использованы современные аппаратные средства для анализа параметров источников возмущения и реакции рассматриваемой системы, позволяющие очень точно оценить частотные свойства. Выполненное сведение к третьоктавному спектру тривиально.

Замечания, отмеченные в отзыве официального оппонента И.Н. Старуновой:

1) На основании результатов статических испытаний системы подрессоривания виброзащитного сиденья показано, что упругие характеристики пневматической рессоры и подушки существенно нелинейны. В то же время для решения задачи статистической динамики использован спектральный метод и динамическая система рассматривается как линейная. Чем обосновано использование такого упрощения?

2) Разработанная в диссертации математическая модель рассматривает движение трактора как плоское, без учета поперечных колебаний. Как это влияет на получаемые оценки вибрационной нагруженности?

3) В таблицах 1.2, 1.3 не указаны обозначения Z, XY. В таблице 1.2 отсутствуют единицы измерения.

4) Чем обоснован выбор кресла марки Sibeco?

5) Последовательность изложения текста в основной части диссертации не соответствует пунктам в разделе «Задачи исследования». Так, вторая глава рассматривает решение второй задачи, а первая задача рассматривается в третьей главе; во второй задаче предлагается разработать математическую модель, при этом во второй главе диссертации описывается идентификация модели.

6) В тексте диссертации одни и те же элементы математической модели называются по-разному. Например, третья задача исследования предусматривает разработку единой математической модели динамической системы «грунт-гусеничная тележка – трактор – виброзащитное сиденье - водитель», в заголовке третьей главы система «гусеничный движитель – корпус - кабина – сиденье - оператор». Используются термины «виброзащитное кресло», «виброзащитное сиденье».

Замечания, отмеченные в отзывах об автореферате:

1. Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, подписан доцентом кафедры «Детали машин и строительно-дорожных машин», к.т.н. Султоновым Х.Н.

Замечание: Как в предложенной математической модели учитывается последовательное действие со стороны гусеницы на ряд опорных катков.

2. ОАО «ВНИИТрансмаш», подписан д.т.н., с.н.с., начальником лаборатории ходовой части Рождественским С.В.

Замечания:

1) представляется методически более правильным оценивать вибрационную нагруженность оператора по критерию «Граница снижения производительности труда от усталости» в соответствии с ISO 2631 с учетом возмущающего воздействия, вызванного движением трактора по неровной дороге, местности, агрофону;

2) при наличии заявленной автором модели, подробно описывающей геометрию траков (стр. 12), было бы уместно проанализировать влияние геометрии траков на вибронгруженность оператора, привести результаты и дать соответствующие рекомендации в автореферате;

4) размерность коэффициентов вязкого трения (стр. 9) должна быть [Н с/м];

5) автор допускает стилистические небрежности, употребляя в одном значении термины «виброзащитное сиденье» и «виброзащитное кресло», «водитель», «оператор» и «водитель-оператор»;

6) В автореферате имеется ряд опечаток и пунктуационных погрешностей (стр. 4, 14, 17, 19).

3. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»; подписан д.т.н., доцентом, профессором кафедры «Автомобильный транспорт» Кобыловым М.С.

Замечания:

1) В названии диссертации использовано слово «прогнозирование». Термин подразумевает, что на основе статистической обработки данных, определяются вероятности достижения в будущем определенных результатов или событий. Возможно, больше подошло бы слово «определение».

2) Одно из допущений: «колебания тележек происходят синфазно и синхронно (наихудший случай)». Неясно, почему это наихудший расчетный случай?

3) В описании 4 главы говорится, что разработана методика получения функции спектральной плотности перемещений тележки, однако далее приводятся только данные по виброускорениям. Для чего определялась спектральная плотность перемещений?

4) В названии программного продукта Ansys Motion опечатки (13, 14 страницы).

4. ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, подписан к.т.н., доцентом, старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией 2.2 отдела мобильных энергосредств Сенькевичем С.Е.

Замечания:

1) В автореферате не указан объем опубликованных работ в печатных листах, также не указано какое количество из опубликованных работ принадлежит автору измеренное в печатных листах.

2) В четвёртой задаче исследования автор приводит словосочетание «Разработка усовершенствованной методики...». Нужно либо разрабатывать, либо совершенствовать. Если автор улучшает уже существующую методику, то стоит откорректировать написание 4 й задачи как «Совершенствование методики...».

3) Вывод 6 очень перегружен мелкими деталями. Этот вывод стоит изложить так, чтобы он содержал четкое изложение решенной задачи возможно, стой е, о разбить на несколько отдельных выводов, как минимум на два.

5. ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова», д.т.н., доцентом, подписан заведующим кафедрой «Автомобили и тракторы» Коростелевым С.А.

Замечания:

1) не рассмотрено влияние взаимодействия рабочих органов промышленного трактора с грунтом;

2) при определении виброускорений на месте оператора указаны передачи, на которых двигался трактор, но нет информации о его скоростях движения.

6. ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», подписан д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» Николаевым В.А.

Замечания:

1) Не ясно, почему для описания тела человека оператора использована четырехмассовая модель Ванна и Шиммельса? Кроме нее известно достаточно много других биомеханических моделей (модели, разработанные в Институте машиноведения РАН(АН СССР) Фроловым К.В., Синевым А.В., Пановко Г.Я. и др.) а также модели Ф.Прадко, Х.Гирке, и других зарубежных исследователей.

2) На с.14 отмечено, что при разработке математической модели трактора с полужесткой подвеской, движущегося со скоростью, изменяющейся по случайному

закону, «динамическая система рассматривается как линейная», но, согласно формулам (2) на с. 9 автореферата, динамическая жесткость упругого элемента системы виброизоляции сиденья является нелинейной. Насколько велика погрешность такого допущения и почему автор не воспользовался известным методом статической линеаризации нелинейностей при формировании передаточных функции рассматриваемой динамической системы?

3) Вывод 7, утверждающий, что снижение коэффициента демпфирования системы подрессоривания кресла на 60% снижает уровень вибраций в резонансном диапазоне 2-5 Гц, является тривиальным, поскольку система виброизоляции рабочего места человека обладает свойством фильтра, а в резонансной области колебаний демпфер подвески негативно влияет на качество виброзащиты объекта.

7. ПАО «Челябинский машиностроительный завод автомобильных прицепов Уралавтоприцеп», отзыв подписан к.т.н., генеральным директором В.И. Костюченко.

Замечания:

1) При проведении статических испытаний было установлено, что упругие характеристики элементов виброзащитного сиденья существенно нелинейны. Не ясно, как эта нелинейность учитывается в дальнейшем, при решении задачи статической механики.

2) При построении модели было введено допущение, что гусеничные тележки трактора движутся синфазно и синхронно. Каким образом это сказывается на точности полученных оценок вибрационной нагруженности?

8. АО «Специальное конструкторское бюро машиностроения», г. Курган, отзыв подписан ученым секретарем НТС к.т.н. Трусевичем И.А., утвержден исполнительным директором С.В. Абдуловым.

Замечания:

1) При моделировании движения тележки трактора задавалось постоянная скорость движения. Полученные при этом процессы вертикальных и угловых перемещений являются периодическими. Неясно, каким образом задавалось случайное внешнее воздействие на корпуса трактора.

2) В исследовании не учтено влияние микропрофиля поверхности, по которой движется трактор, на вибронгруженность рабочего места водителя-оператора.

9. ГФ НИТУ «МИСИС», г. Губкин, Белгородская обл., отзыв подписан профессором кафедры «Горное дело» Сайдаминовым И.А. Отзыв без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы. Выбранные оппоненты и ведущая организация являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет, что свидетельствует об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ, а также об их осведомленности в современных тенденциях развития в области машиноведения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика расчетной оценки вибрационной нагруженности рабочего места оператора промышленного трактора, позволяющая получать результаты для водителей различной массы и для различных настроек виброзащитного сиденья;

предложен оригинальный подход к моделированию динамики гусеничного трактора, предусматривающий использование подробной модели гусеничной тележки и многомассовой модели подсистемы «водитель - виброзащитное сиденье»;

доказана перспективность использования разработанной методики при проектировании новых и модернизации существующих моделей промышленных тракторов для обоснованного выбора виброзащиты водителя-оператора.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость использования многомассовой модели подсистемы «водитель - виброзащитное сиденье» и проведения расчетов с учетом различной массы водителей для получения адекватной оценки вибрационной нагруженности на рабочем месте;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы современные численные методы обработки случайных процессов, методы решения задачи статистической динамики для многовходовых систем, а также пакеты прикладных программ;

изложен алгоритм расчета функции спектральной плотности вертикальных и угловых колебаний гусеничной тележки при движении трактора с переменной скоростью;

раскрыто существенное отличие динамических жесткостей системы

поддрессоривания и подушки виброзащитного сиденья от статической жесткости, а также зависимость динамической жесткости от массы водителя и настройки сиденья;

изучено влияние на вибрационную нагруженность рабочего места водителя-оператора свойств грунта, расстановки опорных катков, скорости движения и динамических характеристик системы виброзащиты;

проведена модернизация алгоритмов расчета, позволившая получать оценки вибрационной нагруженности различных частей тела водителя-оператора в зависимости от скорости движения, свойств грунта и других факторов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена в производственном и учебном процессе методика расчетной оценки эффективности виброзащиты оператора промышленного трактора; акты внедрения имеются;

определены динамические характеристики поддрессоривания кабины и виброзащитного сиденья, обеспечивающие выполнение санитарных норм по уровню вибраций на рабочем месте водителя-оператора промышленного трактора;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методики расчетной оценки вибрационной нагруженности путем учета поперечных колебаний трактора, влияния микропрофиля трассы и воздействия со стороны рабочих органов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовалось поверенное виброизмерительное оборудование при определении динамических характеристик виброзащитного сиденья;

теория основана на обобщении опыта моделирования динамики гусеничных машин, полученные результаты расчетных исследований согласуются с опубликованными экспериментальными данными других исследователей;

использованы результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученных отечественными и зарубежными авторами, а также соискателем, для идентификации разработанной математической модели и проверки ее адекватности;

установлено качественное и количественное совпадение полученных соискателем результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными, что подтверждает адекватность разработанной методики;

использованы современные методики обработки результатов динамических

испытаний, современные методы численного моделирования и программные комплексы.

Личный вклад соискателя состоит в: подготовке оснастки, проведении статических и динамических испытаний виброзащитного сиденья, обработке результатов испытаний; разработке математических моделей; подготовке программы для расчетов; проведении численных исследований и анализе их результатов; формулировке рекомендаций по улучшению виброзащиты рабочего места оператора промышленного трактора; публикации основных результатов исследований.

Основные результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1) В работе рассмотрен только один источник вибрационного возбуждения – взаимодействие опорных катков со звенчатой гусеницей. Другие источники вибровозбуждения (воздействие микропрофиля трассы, а также вибрации, вызываемые двигателем машины и взаимодействием рабочих органов с грунтом) не учитываются.

2) Неясно, как учитывается нелинейность упругих характеристик элементов системы подрессоривания виброзащитного сиденья при решении задачи статистической динамики.

Соискатель Мухиддинзода К.Дж. обоснованно ответил на замечания и задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1) В работе рассмотрен основной источник низкочастотного вибровозбуждения – движение опорных катков по звенчатой гусенице, лежащей на податливом грунте. Определяющий вклад этого источника в общую вибронагруженность в низкочастотной области подтверждается экспериментальными данными ряда исследователей, приведенными в обзоре литературы.

2) Относительные перемещения системы подрессоривания сиденья при колебаниях в процессе движения имеют небольшую амплитуду (не более 5-10 мм), что соответствует небольшим участкам нелинейных характеристик упругих элементов. В связи с этим используются линеаризованные значения жесткостей, определяемые при идентификации модели в зависимости от массы водителя и настройки сиденья.

На заседании 25 сентября 2024 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи прогнозирования вибрационной нагруженности и оценки эффективности системы виброзащиты оператора промышленного трактора при низкочастотном воздействии со стороны двигателя, имеющей существенное значение для развития соответствующей отрасли знаний, присудить Мухиддинзодде Камолиддини Джамолиддину учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

25.09.2024 г.



Задорожная Елена Анатольевна

Абызов Алексей Александрович