

В диссертационный совет Д 212.250.02 при
Федеральном государственном бюджетном
образовательном учреждении высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-
дорожный университет (СибАДИ)» по адресу
644080, г. Омск, проспект Мира, 5, ауд. 3124. Тел.
(3812) 65-03-32, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
**Михеева Виталия Викторовича на тему «Развитие теории
проектирования дорожных катков для энергоэффективного уплотнения
грунтов», представленной на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные
и подъёмно-транспортные машины»**

1. Актуальность темы диссертации

Постоянное повышение производительности дорожно-строительной техники и повышение качества проведения работ представляет собой неизменно стоящую перед исследователями важнейшую научную задачу. Ее решение во многом определяет ход развития транспортной инфраструктуры страны, обеспечивая устойчивый рост благосостояния и качество жизни населения. Разработка этой темы имеет существенные перспективы, как с научной, так и с практической точки зрения. В связи с сократившимся возможностям доступа к зарубежной уплотняющей технике, возросла необходимость разработки новых высокопроизводительных отечественных образцов дорожных машин в рамках развития импортозамещающих технологий. Тем самым становится актуальной задача совершенствования научного подхода к проектированию дорожно-строительной техники.

Все это заставляет исследователей обратить внимание на комплексный подход к повышению эффективности и производительности дорожных катков, позволяющий отечественным разработчикам не только не отстать от лучших образцов зарубежной техники, но и в обозримом временном периоде опередить их. Это говорит о насущности научно-технической проблемы обеспечения роста производительности уплотняющей техники, ее важности и высокой значимости для народного хозяйства и общества.

Приведенные соображения позволяют считать тему настоящей диссертационной работы несомненно актуальной как с точки зрения научной важности выбранной темы, так и с точки зрения ее практического значения для решения народно-хозяйственной задачи повышения эффективности использования дорожных катков в строительстве.

ФГБОУ ВО «СибАДИ»			
ОГРН 1025500523950			
Вх. №	22-2354		
от	04	04	20 22 г.

2. Общие сведения о диссертации

Диссертация, состоит из введения, шести глав, заключения, включающего в себя результаты работы, выводы по ней и перспективы дальнейшей разработки темы, списка источников и приложений, содержит 386 страниц машинописного текста, 35 таблиц, 102 рисунка, списка литературы, включающего 225 источников и 4 приложения.

Во **введении** автором дается общая характеристика работы, включающая обоснование актуальности выбранной темы исследования, формулировку цели работы и задач, которые должны быть решены для ее достижения. Излагаются основные результаты, полученные в работе, приводятся обоснования их значимости и новизны. Приводится информация о структуре работы.

В первой главе приводятся необходимые для проведения дальнейших исследований существующие результаты в области повышения производительности работ по уплотнению грунтов земляного полотна дорожными катками. Рассматриваются используемые для этого конструкции, методы и технологии. Излагается энергетический подход к уплотнению, в дальнейшем используемый в работе для решения поставленных задач. Формулируются положения энергоэффективного уплотнения грунтовых сред дорожными катками, разработанные на основе анализа возможных источников потерь мощности катка с предложениями по их нейтрализации путем совершенствования конструкций дорожных катков и технологий уплотнения. Приводится отвечающая поставленной цели и задачам структурная схема работы.

Во **второй главе** автором рассматриваются особенности деформирования грунтовых сред рабочими органами катков в процессе уплотнения, выявленные по итогам анализа результатов предыдущих исследований. Определены характер изменения деформативных свойств грунта, как среды, обладающей упругими, вязкими и пластическими свойствами при изменении его состояния, вызванного работой катка и описано распределение создаваемых при этом нормальных напряжений в слое.

Обоснован подход к повышению эффективности уплотнения грунтовой среды дорожными катками за счет адаптирования силового воздействия в соответствии с изменением свойств среды. Согласно предложенному подходу, упруговязкопластичная среда должна поддерживаться силовым воздействием катка в состоянии с минимальным сопротивлением деформированию и максимально эффективным энергопоглощением.

Третья глава содержит описание подходов к моделированию взаимодействия рабочего органа катка с уплотняемой средой. Обосновывается выбор подхода сосредоточенных параметров, как наиболее эффективно отвечающего задачам работы. Он позволяет учесть как характер деформирования, так и соответствующий ему вид поглощения средой энергии при взаимодействии с рабочим органом катка.

В главе усовершенствованы существующие модели взаимодействия рабочего органа катков с активной областью уплотняемой среды. Основой для этого явился учет неоднородного распределения нормальных напряжений в грунтовом слое, и, как следствие, переход к многомассовым моделям активной области среды.

Ключевой задачей, решенной в главе, явилось определение физико-механических характеристик реологически неэквивалентных тел, реализующих модель взаимодействия рабочего органа с материалом слоя и построение сопутствующих уравнений динамики. Форма и размеры массивных тел и их вязкости и жесткости зависят от вида взаимодействия, характеристик рабочего органа, состояния среды и выбранного описания нормальных напряжений в среде. Для того, чтобы учесть связанность грунта автором было выбрано распределение нормальных напряжений по Вестергаарду.

Полученные уравнения динамики автором решаются численно на основе хорошо зарекомендовавших себя методов приближенного интегрирования систем дифференциальных уравнений. В рамках анализа решений были выявлены особенности неупругого деформирования слоя и затрачиваемой на это мощности катка.

Четвертая глава посвящена изложению результатов экспериментальных исследований, направленных на проверку соответствия реальному процессу деформирования грунта его теоретического описания при взаимодействии рабочих органов катков с уплотняемым слоем.

В работе был проведен комплекс штамповых испытаний по деформированию слоя супеси и суглинка при приложении нагрузки штампами с различными геометрическими характеристиками. Полученные результаты экспериментов находятся (с учетом погрешностей) в соответствии с полученными в рамках теоретических расчетов.

Проведенные в работе теоретические расчеты показали зависимость энергопоглощения неупруго уплотняемой средой не только от состояния среды и величины контактного давления, но и от режимных параметров работы катка.

Для выявления справедливости теоретических положений в работе были проведены эксперименты в реальных производственных условиях. Исследовалась работа вибрационных катков при уплотнении супесчаных и суглинистых грунтов, изучались особенности накопления ими неупругих деформаций при деформировании рабочими органами катков для различных комбинаций скоростного и вибрационного режима работы. Анализ результатов показал удовлетворительное соответствие экспериментальных данных и теоретического моделирования

В пятой главе автор обосновывает порядок выбора энергоэффективных режимов работы катков и особенности проектирования рабочих органов катков, реализующих энергоэффективные режимы уплотнения. Разработанные положения базируются на проведенном в главе анализе результатов моделирования работы вибрационных катков при уплотнении супесчаных и

суглинистых грунтов. В итоге были выявлены совокупности режимных параметров катков различных массово-габаритных характеристик, обеспечивающие максимально эффективное поглощение средой энергии уплотняющего воздействия на всех этапах уплотнения.

Автор вводит новые термины, обобщающие существующие понятия, используемые для описания характеристик процесса уплотнения. Приведенные производительность и приведенная обратная энергоемкость. Эти термины могут использоваться для сравнения различных режимов работы катков с точки зрения как достигаемого коэффициента уплотнения, так и затрачиваемой на это энергии уплотнителя. Оценка характера деформирования слоя в работе проводится по величине полного механического сопротивления активной области слоя, отражающей комплексный характер вклада в сопротивление вязкой, упругой и инерционной составляющей на динамических режимах уплотнения.

Результаты исследования, имеющие практическое приложение, сформулированы в **шестой главе**. Положения, изложенные в работе, привели к реализации комплекса мер, ведущих к повышению энергоэффективности работы вибрационных катков, повышению производительности и снижению затрат. В работе обоснован алгоритм управления выбором совокупности параметров энергоэффективного режима работы вибрационного катка, который реализован в виде программного приложения.

Другими приложениями результатов работы стали конструкции катков, новых рабочих органов и генераторов периодического воздействия (вибровозбудителей), защищенных патентами РФ. Важным практическим результатом работы, является новая конструкция вибрационного катка, позволяющая в комплексе реализовать концепцию энергоэффективного подхода к уплотнению грунтов дорожными катками. Конструкция обеспечивает эффективное поглощение грунтовой средой энергии уплотнителя, и частичную нейтрализацию потерь энергии, связанных с генерированием динамического воздействия. Использование результатов работы при проектировании и изготовлении дорожных катков обеспечивается расчетной схемой и обоснованием характеристик нового дорожного катка.

Глава также содержит обоснование экономической эффективности использования катков, реализующих определенные в работе энергоэффективные режимы уплотнения. Расчеты, проведенные в работе показали существенное возрастание производительности катков при уменьшении производственных затрат. Оценка проводилась как для отечественного аналога, так и для сопоставимой модели катка от зарубежных производителей. С учетом возросшей стоимости зарубежной техники и комплектующих, экономический эффект применения катков, реализующих энергоэффективные режимы уплотнения превышает 600000 руб/год по сравнению с зарубежным аналогом.

Заключение включает описание основных результатов диссертационного исследования, приложения и рекомендации, касающиеся перспектив дальнейшей разработки темы.

В приложении содержатся акты испытаний, код программ, акты внедрения полученных в работе результатов, а также патенты РФ на изобретения и полезные модели в области уплотняющей техники, ставшие результатами работы.

Диссертационная работа и ее результаты прошли достаточно широкую апробацию. По теме диссертации автором было опубликовано 40 работ, в том числе 10 работ в изданиях, входящих в список ВАК РФ по специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины», 8 публикаций в журналах, входящих в базы «Scopus» и «Web of Science». Опубликовано 1 монографии. Получено 8 патентов на изобретения и полезные модели.

Содержание диссертационной работы находится в соответствии с требованиями паспорта научной 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. 3. Совершенствование технологических процессов на основе новых технических решений конструкций машин.).

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию и отражает основные результаты работы.

Все вышесказанное позволяет заключить, что представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на достаточно высоком уровне в соответствии с поставленной целью и задачами, сформулированными для решения в рамках исследования.

3. Степень обоснованности полученных в диссертации результатов, сформулированных положений и выводов

Результаты, положения, выводы и рекомендации, сделанные в диссертации, основываются на базе результатов теоретических и экспериментальных исследований. Основой для их получения явился логически непротиворечивый анализ материала, полученного в ходе исследований наряду со сравнением с существующим опытом работы, проделанной другими авторами, а также практической деятельности.

Выработка положений, выводов, рекомендаций на основе результатов исследования выполнялась с учетом:

- обобщения известных результатов теоретических и практических результатов исследований в области повышения эффективности работы дорожных катков при уплотнении грунтов;
- использования при моделировании современных хорошо зарекомендовавших себя методов и пакетов программ;
- привлечения при проведении экспериментов сертифицированных приборов, современных средств обработки результатов испытаний, сопоставления и согласования результатов испытаний с теоретическими выкладками и известными опубликованными данными;

- успешной апробации результатов работы на практике.

На основании этого можно сделать вывод о достаточной обоснованности научных положений, выводов и результатов диссертационного исследования.

4. Научная новизна результатов, полученных диссертантом

Автор в целом корректно формулирует научную новизну положений и результатов работы. Научную новизну диссертаций составляют:

- семейство математических моделей работы катка при уплотнении грунтовой среды, построенное с учетом характера напряженно-деформированного состояния деформируемой среды и зависимости физико-механических характеристик активной области грунта от вида воздействия рабочего органа;
- закономерности энергопередачи от уплотнителя грунтовой среде в зависимости от комплекса режимных параметров дорожных катков;
- зависимости влияния параметров дорожных катков и режимов их работы на физико-механические свойства уплотняемого грунта и энергоэффективность уплотнения, а также комплекс величин, количественно характеризующие эффективность передачи уплотняемому материалу энергии уплотнителя;
- новые научные термины, уточняющие существующие определения для описания производительности и энергозатрат катков на энергоэффективных режимах работы.

5. Научная и практическая ценность результатов диссертационного исследования

Научная значимость результатов диссертационного исследования состоит в разработке научных положений, математических моделей, конструкций, методов и алгоритмов, позволяющих обоснованно решать задачи повышения производительности дорожных катков с сопутствующим снижением затрат ресурсов.

Практическая ценность настоящей диссертационной работы состоит в комплексе методик и рекомендаций по использованию дорожных катков и совершенствованию конструкций их рабочих органов, актуальных для эксплуатирующих организаций и промышленных предприятий, а также учебных заведений и научных учреждений.

Требуется подчеркнуть, что подход, предложенный в работе, может быть ценным и плодотворным при решении аналогичных задач в других отраслях промышленности и народного хозяйства.

Также теоретические положения и практические рекомендации, ставшие результатом диссертационной работы, могут быть использованы в технических вузах соответствующего профиля для подготовки студентов по специальностям, связанным с проектированием и эксплуатацией дорожных машин.

6. Замечания по диссертационной работе

1. Декларируемое понятие энергоэффективности уплотнения грунтовых сред катками, следовало бы сделать с формальной точки зрения более общим. В разных частях работы требование энергоэффективности трактуется то с точки зрения качества передачи среде энергии уплотнителя, то как снижение потерь при работе механизмов катка. Ясно, что все это влияет на дополнительные затраты ресурсов при уплотнении, но хотелось бы увидеть аналитическое выражение таких зависимостей.
2. Автору следовало бы при описании формирования многомассовой модели активной области уплотняемой среды явно привести более формализованную классификацию получающихся в результате изменения свойств среды моделей.
3. Примененная в работе величина полного механического сопротивления грунта деформированию имеет ограничения по использованию для оценки энергоэффективности уплотнения. В частности, для многомассовой модели грунта выражение (5.31) должно быть модифицировано с учетом различных механизмов деформирования для реологически неоднородных участков активной области.
4. Выполнение критерия применимости подхода сосредоточенных параметров следовало бы явно проверять для каждого из рассматриваемых автором конкретных случаев работы катков, в том числе и на «энергоэффективных режимах».
5. При описании работы катка с энергоэффективным рабочим органом не проведен анализ доли энергии, поглощаемой рамой катка и, по сути, расходуемой неэффективно. Очевидно, что от нее зависит как передача усилия на вспомогательный валец, так и негативное воздействие вибрации, например, на водителя катка.

7. Заключение о диссертации в целом

Диссертация представляет собой законченную научную работу, выполненную автором самостоятельно на достаточно высоком научном уровне. Положения, сформулированные в диссертации, несомненно могут быть квалифицированы как решение крупной научно-технической проблемы повышения эффективности использования вибрационных катков в дорожном строительстве для уплотнения грунтов земляного полотна, имеющей важное народнохозяйственное значение. Результаты, полученные в работе, полностью соответствуют целевым индикаторам, установленным в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2035 года.

Результаты, полученные автором в работе достоверны, сделанные в работе выводы и заключения обоснованы.

Диссертационная работа основывается на достаточном количестве исходных данных, включая необходимые примеры и расчеты. Написана технически грамотно и аккуратно оформлена.

Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате.

Диссертация является законченным научным исследованием, отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (пункты 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор, Михеев Виталий Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины».

Официальный оппонент, доктор
технических наук, по специальности
05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»,
доцент, профессор кафедры
«Колесные и гусеничные машины»
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

С.В. Кондаков
01.07.2022

С.В. Кондаков

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)», 454080, г. Челябинск,
проспект Ленина, 76

Тел 89517787957
e-mail tanksv@mail.ru



Сотрудник библиотеки

04.07.2022

В.В. Мухомедов / Мухомедов