

**Заключение диссертационного совета Д 212.223.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 22.09.2020 г. № 9

О присуждении Сизикову Валентину Станиславовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика расчета параметров перемещения слоя песка двумя вибротранспортирующими органами оттирко-очистительной установки» по специальности 05.05.04 - Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины принята к защите 23 июня 2020 года (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 212.223.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 ноября 2012 года № 717-нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 мая 2016 года № 590-нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 декабря 2017 года №1246-нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30.01.2019 года № 37-нк., приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 27.01.2020 года №35/нк.

Соискатель Сизиков Валентин Станиславович 1992 года рождения.

В 2015 году соискатель окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» по направлению подготовки 15.04.03 – Прикладная механика; с 2015 по 2019 годы обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» на кафедре наземных транспортно-технологических машин по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины. Работает в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре технологии строительного производства в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре наземных транспортно-технологических машин.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ Евтюков Сергей Аркадьевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра наземных транспортно-технологических машин, заведующий кафедрой.

**Официальные оппоненты:**

**Шестопалов Александр Андреевич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ, пенсионер;

**Кондратьев Александр Владимирович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет», кафедра «Строительные и дорожные машины и оборудование»,

заведующий кафедрой;

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» в своем положительном отзыве, подписанном Дмитриевой Татьяной Львовной (доктор технических наук, доцент, кафедра «Механика и сопротивление материалов», заведующий кафедрой) и Лапшиным Владимиром Леонардовичем (доктор технических наук, профессор, кафедра «Механика и сопротивление материалов», профессор кафедры) и утвержденным ректором Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», доктором технических наук, доцентом Корняковым Михаилом Викторовичем, указала, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи создания методики расчета параметров перемещения слоя песка двумя вибротранспортирующими органами оттирочно-очистительной установки, реализующей инновационный метод виброобъемной обработки слоя песка. Вопросы, решенные соискателем в работе, имеют существенное значение для решения прикладных задач в машиностроительной области для создания эффективной сортировочно-обогащительной техники, используемой при добыче строительных песков в карьерах и при обогащении очисткой поверхности песков на бетоносмесительных и растворных узлах приобъектового строительства. Диссертационное исследование оформлено в соответствии с требованиями ВАК РФ, является целостным и завершенным; содержание диссертации соответствует заявленной теме и паспорту научной специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины», а именно п. 2 – «Методы моделирования, прогнозирования, исследований, расчета технологических параметров, проектирования, испытаний машин, комплектов и систем, исходя из условий их применения». Диссертация по своему

содержанию, научной новизне и практической ценности соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ на 7,88 п. л., в том числе 9 работ в изданиях, включенных в утвержденный ВАК РФ перечень ведущих рецензируемых научных журналов и приравненных к ним, 1 патент на изобретение РФ, 1 свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Наиболее значительные работы:**

1. Сизиков, В. С. Виброобогащение мелких заполнителей бетонов методами оттирки и механоактивации / В. С. Сизиков // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6 (53). – С. 205–210.

2. Сизиков, В. С. Упруго-вязкая модель взаимодействия слоя сыпучей среды с двумя противофазно вибрирующими стенками виброконвейера / В. С. Сизиков // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 2 (55). – С. 225-231.

3. Сизиков, В.С. Математическое моделирование виброперемещения сыпучей среды противофазно вибрирующими стенками транспортирующего органа (часть 2) / В.С. Сизиков // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2 (61). – С. 213–218. 4.

4. Сизиков, В. С. Математическое моделирование виброперемещения сыпучей среды противофазно вибрирующими стенками транспортирующего органа (часть 1) / В. С. Сизиков // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 1 (60). – С. 214-220.

5. Евтюков, С. А. Определение параметров экспериментальной установки механоактиватора/ С. А. Евтюков, В. С. Сизиков, С. А. Сизиков // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – №. 1(66). – С. 134-140.

6. Сизиков, В. С. Рациональные режимы обогащения мелких заполнителей

бетон методом виброобъемного воздействия / В. С. Сизиков, С. А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 6 (71). – С. 156-162.

7. Сизиков В. С., К вопросу идентификации параметров модели виброобъемного деформирования слоя сыпучей среды противозазно колеблющимися органами оттирочной машины / В. С. Сизиков // Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета. Архитектура – строительство – транспорт. В 2 ч. Ч. II. Транспортные и инженерно-экологические системы. Экономика и правовое регулирование в архитектуре и строительстве. СПбГАСУ. – СПб: СПбГАСУ, 2018. – С. 25-29.

8. Способ переработки зернистых материалов и устройство для его осуществления : пат. 2675554 Российская Федерация : МПК В 01 F 3/18, В 01 F 11/00, В 02 С 19/18 / Сизиков В.С., Сизиков С.А. ; заявитель и патентообладатель Сизиков В.С. – 2016140584/05 ; заявл. 14.10.2016 ; опубл. 19.12.2018.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет», профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве», д.т.н., профессор **Кузнецова Виктория Николаевна**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- не раскрыто разработанное автором техническое решение перспективного устройства для переработки зернистых материалов;
- не указано, каков физический смысл параметра «е» и на какие характеристики модели слоя материала он влияет.

2. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», профессор кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод», д.т.н., профессор **Корчагин Павел Александрович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- неясно, как автором учитывалась влажность транспортируемого материала;
- из автореферата неясно, какие допущения, касающиеся транспортируемого материала, были приняты при составлении расчетной схемы.

3. Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», заведующий кафедрой «Транспортные и технологические машины», к.т.н., доцент **Лесковец Игорь Вадимович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- в автореферате отсутствует связь между формальными параметрами математической модели и фактическими геометрическими параметрами экспериментальной установки;
- в автореферате не представлены сведения об алгоритме для расчета и анализа параметров перемещения слоя песка, хотя алгоритм присутствует в положениях, выносимых на защиту;
- автором не определена область действия полученных результатов в зоне производительности установки, её мощности и геометрических параметров.

4. НПК «Механобр-техника» (АО), директор проектов, к.т.н. **Сафронов Андрей Николаевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- каким образом были решены вопросы обеспечения прочности конструкции рабочих органов установки, а также вопрос обеспечения устойчивого режима противофазных колебаний рабочих органов?
- из работы не ясно, попадают ли собственные частоты колебаний масс рабочих органов экспериментальной установки в диапазон частот, в котором проводились исследования (от 800 до 1300 кол/мин), и наблюдалось ли в этом диапазоне возникновение резонансных колебаний установки;
- в автореферате не объясняется, почему при получении уравнения регрессии для скорости транспортирования песка в качестве фактора выбран момент дебалансов вибраторов, а не амплитуда колебаний рабочих органов, являющаяся общепринятой характеристикой режима колебаний

вибротранспортирующих машин.

5. ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», заведующий кафедрой «Начертательная геометрия и черчение», к.т.н., доцент **Рушелюк Константин Сергеевич.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- в работе не приведено, каким образом предлагается удалять оттертые мелкие загрязнения из слоя песка после его обработки в установке;
- в автореферате указано, что при проведении экспериментов использовался датчик для измерения силы давления песка на заслонку, но при этом отсутствуют осциллограммы с параметрами, измеренными данным датчиком, что снижает информативность автореферата;
- как при проведении экспериментальных работ была решена проблема пыления, которая должна была неизбежно возникнуть при работе установки?

6. ООО «ТЕХНОАРМ+», генеральный директор, главный технолог, к.т.н. **Панарин Сергей Николаевич.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- в работе не приведены оптимальные значения параметров работы экспериментальной установки (амплитуды и частоты колебаний рабочих органов) для обработки поверхности песков оттиркой;
- не освещен вопрос удаления пылевидных отходов из камеры экспериментальной установки, полученных при очистке поверхности заполнителей.

7. ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», доцент кафедры «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», к.т.н., доцент **Кашуба Владимир Богданович.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- отсутствуют исследования влияния угла наклона транспортирующих органов установки к горизонту на скорость вибротранспортирования песка;
- из текста автореферата не ясно, каким образом в математической модели учитывается влияние деформирования слоя песка в поперечном направлении

при сжатии слоя на скорость его транспортирования.

8. ФГБОУ ВО Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ТГАСУ), заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины», к.т.н., доцент **Попов Михаил Юрьевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- какие допущения были приняты автором при математическом моделировании процесса перемещения слоя сыпучего материала в режиме его виброобъемного деформирования транспортирующими органами;
- предметом исследования является методика расчетов параметров перемещения слоя песка двумя колеблющимися вибротранспортирующими органами для его обогащения. Имеются ли в методике расчетов показатели качества обогащения;
- на схеме экспериментальной установки, рис. 6. автореферата, имеются две заслонки, заслонка бункера (12) и выходная заслонка с зазором  $h$  (14). Имеется ли между ними корреляция.

9. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», профессор кафедры «Строительные и дорожные машины», д.т.н. **Молев Юрий Игоревич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- к недостаткам представленного автореферата следует отнести отсутствие обобщающих зависимостей по выбору рациональных параметров устройств для переработки зернистых материалов, что, по нашему мнению, снижает информативность представленной работы;
- погрешность разработанной модели не превышает 20%. Хотелось бы иметь возможность сравнить данный показатель с точностью других математических моделей, используемых для расчета установок для обогащения сыпучих материалов.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в данной области науки, компетентностью в вопросах расчета параметров вибрационных процессов**

взаимодействия рабочих органов строительных машин с деформируемыми средами и конструирования обогатительной техники, наличием публикаций по тематике диссертационного исследования, а также соответствием предъявляемых к ним требований.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**предложены** обоснованные рекомендации по расчету и выбору режимов работы и конструктивных параметров оттирочно-очистительной установки, позволяющие на этапе ее проектирования, обеспечивать заданные технологические характеристики;

**разработана** методика расчета параметров перемещения слоя песка двумя колеблющимися в антифазе в поперечном и в фазе в продольном направлениях вибротранспортирующими органами оттирочно-очистительной установки для обогащения песка;

**разработан** алгоритм и программа для расчета на ЭВМ и анализа параметров перемещения слоя песка двумя колеблющимися в антифазе в поперечном и в фазе в продольном направлениях транспортирующими органами;

**разработана** трехмассовая модель механической системы «верхний ТО – обрабатываемый слой материала – верхний ТО» с учетом реологических свойств сыпучей среды для установления закономерностей, возникающих напряжений в слое при его деформации в период взаимодействия с двумя колеблющимися транспортирующими органами;

**разработана** регрессионная модель скорости вибротранспортирования слоя сыпучего материала двухмассовым виброконвейером с двумя транспортирующими органами, устанавливающая зависимость между параметрами колебаний двух транспортирующих органов виброконвейера, крупности частиц обрабатываемого песка и величины открытия заслонки, регулирующей производительность установки;

**изучено** влияние инерционно-упруго-вязких элементов конструкции установки на режимные параметры работы оттирочной машины с двумя колеблющимися транспортирующими органами;

**установлены** закономерности влияния колебаний транспортирующих органов на напряжения, возникающие при деформировании песчаных сред, расположенных между ними;

**доказана** возможность осуществления процесса транспортирования слоя сыпучей среды в горизонтальном направлении, воздействующим на слой двумя транспортирующими органами, колеблющимися антифазно в поперечном и синфазно в продольном направлениях;

**введен** новый параметр, характеризующий заполнение сыпучей средой пространства между двумя вибротранспортирующими органами виброконвейера, для осуществления в период их сближения контакта со слоем, необходимого для создания в нем высоких напряжений, обеспечивающих самооттирку поверхности зерен материала.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**  
**доказана** эффективность применения методики расчета параметров перемещения слоя песка двумя вибротранспортирующими органами, основанной на применении разработанной математической модели данного процесса, положительными результатами ее внедрения в деятельность проектной организации для проектирования оттирочно-очистительной установки и на предприятии по производству сухих строительных смесей.

**Применительно к проблематике диссертации результативно** (эффективно, т.е. с получением обладающими научной новизной результатов):

**использован** комплекс применяющихся в научной практике исследований, в том числе математическое моделирование многомассовой механической системы с применением механо-реологической модели сыпучей среды, теории механики сыпучих сред, экспериментально-статистических методов планирования и обработки результатов экспериментов;

**изложены** обоснование значений параметров режимов работы оттирочно-очистительной установки, обеспечивающих достижение заданных характеристик процесса виброперемещения слоя материала и параметров его виброобъемного деформирования двумя транспортирующими органами, колеблющимися в антифазе в поперечном и в фазе в продольном направлениях, для песков с различными свойствами;

**раскрыты** недостатки существующих моделей для математического описания процесса перемещения сыпучей среды, которые не позволяют применять их в явном виде для описания особенностей процесса предложенного способа воздействия двух вибротранспортирующих органов на заключенный между ними обрабатываемый слой материала при его деформировании.

**изучены** и обоснованы значимые для работы факторы, оказывающие непосредственное влияние на динамическое деформирование слоя песчаной среды, вызывающие интенсификацию трения частиц между собой и оттирку их поверхности;

**проведена модернизация** существующей механо-реологической упруго-вязко-инерционной модели слоя песка применительно к процессу его перемещения двумя колеблющимися в антифазе в поперечном и синфазно в продольном направлениях рабочими органами при объемном деформировании слоя с учетом особенностей их взаимодействия, а также применение существующих алгоритмов и численных методов для решения уравнений движения трехмассовой нелинейной механической системы «верхний ТО - слой песка – нижний ТО», что обеспечило получение новых результатов по теме диссертации.

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

**разработаны и внедрены** в практическую деятельность ЗАО НИПКБ «Стройтехника» рекомендации по расчету и выбору режимов работы и

конструктивных параметров оттирочно-очистительной установки, включающие методику и программу для ЭВМ «Виброоттирка 1» для расчета параметров перемещения слоя песка двумя вибротранспортирующими органами, обеспечивающих проектирование оттирочно-очистительных установок с двумя транспортирующими органами, колеблющимися в антифазе в поперечном и в фазе в продольном направлениях;

**определены** перспективы практического использования результатов полученных в диссертации исследований путем создания нового типа оттирочно-очистительных установок для обогащения поверхности песков, обеспечивающих повышение эффективности процессов оттирки и механоактивации песков для строительной, стекольной, литейной и других отраслей промышленности;

**создана** обоснованная группа практических рекомендаций по применению разработанных алгоритма и программы для ЭВМ «Виброоттирка 1» для решения как прямых задач по расчету параметров перемещения слоя и его виброобъемного деформирования двумя ТО при заданных параметрах режимов работы и характеристиках конструктивных элементов оттирочно-очистительной установки, так и обратных задач по подбору характеристик элементов конструкции и режимов работы установки, обеспечивающих достижение заданных параметров перемещения слоя и его деформирования, подтвержденные актами внедрения от организаций;

**разработаны:** способ и конструкция устройства непрерывного действия, выполненного в виде двухмассового виброконвейера с двумя транспортирующими органами, колеблющимися антифазно в поперечном и синфазно в продольном направлениях, для повышения эффективности переработки зернистых материалов методами оттирки и механоактивации (патент РФ на изобретение №2675554).

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** – адекватность результатов, полученных

с применением разработанной методики проведения экспериментальных исследований закономерностей процесса перемещения обрабатываемого слоя песка ТО, что обосновывается выполнением тарировок используемых измерительных приборов перед проведением каждой серии опытов, применением экспериментально-статистических методов планирования и обработки результатов экспериментов, однородностью и воспроизводимостью выполненных опытов;

**теория** основана на объективности и достаточности совпадения полученных экспериментальным и расчетным методами моментов начала и окончания контактов слоя песка с ТО, величин сил нормальной реакции слоя на ТО и средней скорости вибротранспортирования слоя для описания реального процесса перемещения слоя песка ТО при его деформировании в поперечном направлении с применением разработанной математической модели системы «верхний ТО – слой песка – нижний ТО» и определения основных характеристик упомянутого процесса с достаточной точностью (до 20%);

**идея базируется** на применении фундаментальных положений теории колебаний и механики сыпучих сред и положений теории вибрационных процессов на базе феноменологической реологии, а также применении совокупности теоретических и экспериментальных методов математического моделирования вибрационных механических систем и современных вычислительных методов;

**обоснована** новизна полученных результатов исследования, которые заключаются в полученных данных экспериментальных исследований по определению параметров вибротранспортирования слоя песка двумя ТО при его виброобъемном деформировании и разработанных методике и рекомендациях по расчету технологических и конструктивных параметров оттирочно-очистительной установки, которые в совокупности позволяют повысить качество и снизить трудоемкость процесса проектирования

упомянутой установки и проведения режимной наладки по определению оптимальных параметров воздействия рабочих органов установки на слой обрабатываемого материала для достижения заданных качественных характеристик процесса оттирки поверхности его зерен.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

- разработке моделей, методик и алгоритмов для расчета и определения параметров процесса взаимодействия транспортирующих органов оттирочно-очистительной установки со слоем обрабатываемого песка;
- разработке конструкции предложенной автором экспериментальной оттирочно-очистительной установки и отладке режимов ее работы на холостом ходу и под нагрузкой, выполненных лично автором, а также промышленных испытаниях экспериментальной образца установки для решения задачи повышения эффективности производства сухих строительных смесей на основе применения обогащенных песков, полученных инновационным методом оттирки их поверхности, выполненных при участии автора;
- непосредственном участии автора на всех этапах проведения теоретических и экспериментальных исследований и их практической реализации при внедрении методики расчета параметров перемещения слоя песка двумя вибротранспортирующими органами и рекомендаций по расчету и выбору режимов работы и конструктивных параметров оттирочно-очистительных установок в производственную деятельность проектно-конструкторской организации;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе, включая подготовку заявки на получение патента РФ на способ и устройство, и апробации результатов работы на ряде научных конференций.

На заседании 22.09.2020 года диссертационный совет Д 212.223.02 принял решение присудить Сизикову В.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет Д

212.223.02 в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 16, против - нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель  
Диссертационного совета,  
Д 212.223.02,  
д.т.н., профессор



Кравченко Павел Александрович

Ученый секретарь  
Диссертационного совета  
Д 212.223.02,  
к.т.н., доцент

Олещенко Елена Михайловна

22.09.2020 г.