

В диссертационный совет  
24.2.380.05  
при ФГБОУ ВО «Санкт –  
Петербургский государственный  
архитектурно- строительный  
университет»  
190005, Санкт-Петербург, 2-я  
Красноармейская ул., д.4  
E-mail: rector@spbgasu.ru

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента  
Ватулина Яна Семеновича на диссертационную работу  
СКЛЯРОВОЙ Анастасии Алексеевны «ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА  
МАШИНЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ С РАБОЧЕЙ  
СРЕДОЙ», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-  
технологические средства и комплексы.

Оппонируемая диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературных источников, включающего 108 наименований. Общий объем работы содержит 148 страниц, в том числе 66 рисунков и 29 таблиц.

Автореферат включает 26 страниц машинописного текста с рисунками, а также перечень опубликованных работ соискателя (9), в том числе 2 работы в изданиях из перечня ВАК. Кроме того, соискателем получено одно свидетельство на программу для ЭВМ. Все публикации правильно и полностью отражают новые научные положения и результаты, изложенные в диссертации.

### **1. Соответствие диссертации паспорту научной специальности 2.5.11.**

**Наземные транспортно-технологические средства и комплексы и установленным критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней**

Объектом исследования диссертации Скляровой А.А. является взаимодействие технологического инструмента машин горизонтально

направленного бурения со встроенным в конструкцию генератором вибрационных колебаний с рабочей средой.

**Предметом** исследования являются параметры взаимодействия технологического инструмента машины горизонтально направленного бурения со встроенным в конструкцию генератором вибрационных колебаний с рабочей средой.

В диссертации рассматриваются вопросы совершенствования технологического оборудования для производства работ по прокладке коммуникаций путем подбора оптимальных параметров технологического инструмента машины горизонтально направленного бурения в зависимости от характеристик рабочей среды. С этой целью разработан метод определения параметров взаимодействия технологического инструмента машины горизонтально направленного бурения с рабочей средой, основанный на использовании аналитической модели оценки технического уровня техники горизонтально направленного бурения, предложен показатель результативности модернизации машины и приведен его расчет, установлены зависимости между конструктивным исполнением генератора вибрационных колебаний, встроенного внутрь бурильной головки машины и оказываемым им воздействием на рабочую среду, определены области параметров, обеспечивающие работу машины с максимальной энергоэффективностью.

С использованием средств стандартных прикладных комплексов для исследования гидродинамики и механики твердого тела построена имитационная модель рабочего процесса генератора различных конструктивных исполнений. Проведена оценка нагруженного состояния резонирующих пластин генератора колебаний при различных скоростях потоков рабочей жидкости. Разработанная имитационная модель ГВК позволила установить ряд закономерностей во взаимосвязи между сопротивляемостью массива уплотнению и площадью поперечного сечения пилотной скважины, а также влияния скорости потока рабочей жидкости на изменение усилия продавливания. Обоснованный таким образом подход к выбору технических характеристик технологического оборудования направлен на обеспечение процесса горизонтального бурения в энергоэффективном режиме.

Вышеуказанное подтверждает соответствие диссертации Складовой А.А. специальности ВАК 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы:

- п. 1 «Теория рабочих процессов транспортно-технологических средств и их комплексов отраслевого назначения, взаимодействующих с рабочими средами (объектами) посредством навесного, прицепного и другого технологического оборудования»;
- п. 2 «Методы расчета и проектирования, направленные на создание новых и совершенствование существующих транспортно-технологических средств и их комплексов с учетом полного жизненного цикла изделий, обладающих высоким качеством, в том

числе повышенными показателями экономичности, надежности, производительности, экологичности и эргономичности, обеспечивающих энергоэффективность и безопасность эксплуатации»;

Таким образом, диссертационная работа Скляровой А.А. соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 25.01.2024):

- по п.9 диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний в области создания новых и совершенствования существующих дорожно-строительных 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 9 работах, в том числе 2 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**

Прокладка инженерных коммуникаций на участках плотной городской застройки и транспортных развязок методом горизонтально направленного бурения является наиболее приемлемым, поскольку обладает рядом несомненных достоинств. В частности, этот метод строительства имеет наименьший отрицательный эффект воздействия на окружающую среду по сравнению с открытой (траншейной); в сравнении с траншейным методом прокладки снижает стоимость работ в 1,5 – 2 раза; не требует введения рестрикций в организации движения транспорта на время производства работ; позволяет «обходить» различные включения в породе, исключая таким образом вероятность повреждения соседних коммуникаций и проложенных сетей, а также является погодонезависимым.

Горизонтально направленное бурение требует планирования и правильно подобранного оборудования. Современный рынок предоставляет клиенту широкий выбор моделей буровых установок по критерию усилия протяжки, крутящего момента, предельной длины, диаметра, допустимого радиуса изгиба штанги, расходу бентонитовой смеси. Принимая во внимание относительно небольшой опыт применения данной технологии в строительстве (впервые горизонтальное наклонное бурение было применено американским инженером Мартином Шеррингтоном в 1971 г.), вопрос практического опыта обоснованного выбора бурового оборудования является

актуальным.

В этой связи практический интерес представляет разработанная автором аналитическая модель, и реализованное на ее основе программное обеспечение для проведения объективной оценки релевантности исследуемого ряда оборудования, позволяющая сделать обоснованный выбор технологического оборудования.

Значительные трудности применения технологии горизонтально направленного бурения возникают при проходке пород с гравийно-валунно-галечниковыми отложениями, а также наклонного напластования с разной прочностью. Отклоняющее воздействия на буровой снаряд опасно явлением прихвата, скручивания и обрыва бурильных труб. В настоящее время проблема решается повышением скорости проходки с постоянным вращением, что исключает вероятность прихватов. Но при этом такой подход сужает возможности маневрирования инструмента.

Альтернативным подходом может служить предложенный автором вариант проходки полидисперсных сред с разной прочностью составляющих путем сообщения окружающей породе энергии колебаний, передаваемой на корпус бурильной головки. В полидисперсной обводненной среде разрушаемой породы колебания бурильной головки вызывает перемещения грунта в радиальном направлении, что способствует уменьшению сил трения и сцепления в нем и, как следствие, уменьшению сопротивления и увеличению скорости проходки.

Дальнейшее совершенствование конструкций установок горизонтально направленного бурения и прокола требует детального изучения условий работы элементов генераторов кратковременных ударных импульсов, в частности продольновибрационных ускорений, возникающих в инструменте при кавитации жидкости в буровом растворе.

Основы научной базы применения вибрационных инструментов рабочих органов установок горизонтально направленного бурения и прокола успешно занимались научные школы Тульского государственного университета, Саратовского государственного технического университета, Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. В этой связи известны труды Н. В. Васильева, В. М. Земскова, Н. В. Краснолудского, Г. С. Назарова, А. Б. Рогова, В. В. Колесникова Н. Я. Кершенбаума, А. Е. Пушкарева и других ученых.

В настоящее время в опубликованных трудах недостаточно внимания уделено вопросам обоснованного выбора оборудования горизонтально направленного бурения, конструктивных параметров и режимов работы гидродинамического инструмента, учитывающего физико-механические свойства окружающей породы, и обеспечивающих высокую надежность оборудования, поэтому рассматриваемая работа является актуальной.

Склярова Анастасия Алексеевна подошла к решению этого вопроса комплексно и с системных позиций: разработала и научно обосновала методику выбора оборудования горизонтально направленного бурения,

конструктивных параметров и режимов работы породоразрушающего инструмента со встроенным генератором вибрационных колебаний.

Сформулированные соискателем выводы и практические рекомендации могут быть использованы при оценке различных аспектов совершенствования эксплуатационных свойств наземных транспортно-технологических средств и комплексов.

### **3. Новизна научных положений, практическая и теоретическая значимость диссертации.**

Новизна представленной работы определяется в разработке метода определения параметров взаимодействия технологического инструмента горизонтально направленного бурения с рабочей средой. Особенностью метода является аналитическая модель оценки технического уровня устройств, которая позволяет объективно выполнять сравнительный анализ оборудования по предложенному показателю результативности модернизации. Соискателем установлены зависимости между конструктивным исполнением генератора вибрационных колебаний и оказываемым им воздействием на рабочую среду. Определены области параметров, обеспечивающие работу машины бурения в режиме максимальной энергоэффективности.

В качестве **новых научных результатов**, полученных лично автором, следует **выделить** проведенный анализ существующих методов и способов проведения работ технологии горизонтально направленного бурения; синтез новых технологических средств с применением генераторов вибрационных колебаний, определения параметров эффективного взаимодействия технологического инструмента с рабочей средой; разработанная аналитическая модель и реализованное на ее основе программное обеспечение для проведения объективной оценки релевантности исследуемого ряда оборудования.

**Практическую и теоретическую значимость** диссертации определяют следующие результаты, полученные лично соискателем: определение параметров взаимодействия технологического инструмента горизонтально направленного бурения, оснащенного генератором вибрационных колебаний, с рабочей средой; разработка метода, основанного на аналитической модели оценки технического уровня оборудования, реализованной в виде прикладного программного обеспечения для обоснованного выбора значимых параметров оборудования.

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

**Во введении** представлена актуальность проблемы исследования; сформулирована цель; показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; даны общая характеристика исследования, сведения об апробации и внедрении, а также основные положения, которые выносятся на защиту.

**Первая глава** посвящена вопросам технологии производства работ с применением оборудования горизонтально направленного бурения, конструктивного решения используемого оборудования, выполнена структуризация существующего парка по различным классификационным признакам. Выполнен анализ научных исследований в области развития технологий бестраншейной разработки грунтового массива. Рассмотрены способы увеличения производительности породоразрушающего инструмента за счет применения гидродинамической кавитации в качестве иницирующего механизма генерации кратковременных ударных импульсов и продольно-вибрационных ускорений.

**Во второй главе** представлены научно-методические подходы к решению поставленных задач и достижению поставленной цели. Показан метод экспертных оценок, имеющий в своей основе базу данных, созданной на основе заключений высококвалифицированных экспертов в области теоретической и практической деятельности. Разработана аналитическая модель оценки технического уровня изделия, позволяющая объективно выполнить сравнительный анализ представленного ряда образцов техники горизонтально направленного бурения.

**В третьей главе** представлены результаты имитационного моделирования работы оборудования горизонтально направленного бурения со встроенным генератором вибрационных колебаний. С помощью численного эксперимента получены зависимости, отражающие взаимосвязь между параметрами работы технологического инструмента и характеристиками рабочей среды. Обоснованы возможности расширения области рационального применения модернизированного технологического инструмента.

**Четвертая глава** посвящена обоснованию повышения энергоэффективности машины горизонтально направленного бурения при оснащении технологического инструмента генератором вибрационных колебаний, способствующему увеличению производительности оборудования. Также оценена экономическая эффективность модернизации конструкции технологического инструмента машины горизонтально направленного бурения.

**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.

**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.**

В рассматриваемой диссертации проанализирована степень достоверности результатов проведенных исследований. Результаты и рекомендации, сформулированные по итогам выполнения диссертации, обоснованы применением общепринятых методов и методик выполнения теоретических и экспериментальных исследований и использованием стандартизованных методик измерения и последующего анализа результатов; подтверждены сопоставимостью теоретических и экспериментальных результатов, их практическим использованием; обеспечены применением сертифицированных средств измерения, обеспечивающих надлежащую точность, и согласованностью полученных результатов теоретических исследований и эксперимента.

#### **6. Вопросы и замечания по содержанию диссертации**

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

1. Из рисунка 2.12 (стр. 61) остается неясным, насколько более эффективным является предложенный метод сравнительного анализа по сравнению с общеприменимым методом экспертных оценок.
2. На стр. 73 автором предлагается рассмотреть возможные пути повышения эффективности работы оборудования горизонтально направленного бурения за счет изменения одного или группы показателей. Ввиду того, что рассматриваемые параметры машин являются взаимосвязанными, представляется сомнительным применение однокритериальной оптимизации вследствие достижения локальных минимумов целевого функционала. Более эффективным было бы стать применение метода градиентного спуска.
3. На стр. 79 (абз. 3) представлены варианты расположения рабочих пластин, однако в дальнейшем выполнен детальный анализ рабочего процесса для случая только одной пластины. Для группы консольно-защемленных упругих пластин, установленных на общем основании,

неизбежно возникновение взаимовлияния (автоколебания), поэтому для варианта с радиальным расположением пластин необходимо проведение полнофакторного численного эксперимента в трехмерной постановке и нестационарном режиме.

4. На стр. 101 (абз. 3) к расчету энергоэффективности предложена формула, представляющая собой отношение энергоемкости работы машины со встроенным генератором вибрационных колебаний, к энергоемкости машины горизонтально направленного бурения стандартной комплектации. При этом неясно, почему был выбран данный метод расчета энергоэффективности и какие еще варианты расчета могут быть применены.
5. Стр. 112 (табл. 4.11) содержит расчет экономической эффективности модернизации установки горизонтально направленного бурения относительно характеристики рабочей среды (сопротивляемость массива уплотнению – 180 кПа), при этом отсутствуют данные относительно иных характеристик грунтового массива, указанных в табл. 4.8.

## **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Выводы и результаты диссертации могут быть использованы для совершенствования механического породоразрушающего оборудования, повышения его энерговооруженности за счет оснащения его гидродинамическим генератором колебательных движений рабочего оборудования, кроме того, представленные решения могут быть также полезны в учебных программах вузов в рамках подготовки обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» по специализации «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование» для дисциплин «Строительные машины» и «Технология машиностроения», а также при подготовке кадров высшей квалификации.

## **8. Заключение**

1. Диссертация, 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 Склярской Анастасии Алексеевны является законченной научно-квалификационной работой, обладающей внутренним единством, и правильно отражает личный вклад автора в решение актуальной и практически значимой задачи по совершенствованию



рабочего оборудования дорожно-строительных машин.

3. Полагаю, что диссертационная работа Скляровой Анастасии Алексеевны «Обоснование параметров взаимодействия технологического инструмента машины горизонтально направленного бурения с рабочей средой» отвечает требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 25.01.2024), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Склярова Анастасия Алексеевна заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Официальный оппонент  
доцент кафедры «Наземные  
транспортно-технологические  
комплексы»  
ФГБОУ ВО «Петербургский  
государственный университет  
путей сообщения Императора  
Александра I»,  
кандидат технических наук,  
05.05.04., доцент

  
Ян Семенович  
Ватулин

«14» ноября 2024 г.

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

E-mail: [tes@pgups.ru](mailto:tes@pgups.ru)

Подпись Ватулина Яна Семеновича  
удостоверяю:

