

В диссертационный совет
Д 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 ПЕТРОВА Андрея Андреевича **«Метод расчета и проектирования гидродинамической бурильной головки машины горизонтально направленного бурения»**, 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 из 120 наименований. Работа содержит 150 страниц, включая 68 рисунков и 50 таблиц.

Автореферат включает 25 страницы машинописного текста с рисунками, а также перечень десяти печатных работах (четыре из которых представлены в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК). Кроме того, соискателем издана одна монография и получен один патент на изобретение. 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 Петрова А.А. является гидродинамическая бурильная головка установки горизонтально направленного бурения со встроенным генератором вибрационных колебаний.

Предметом исследования являются эффективность и долговечность встроенного генератора вибрационных колебаний различного конструктивного исполнения, с учетом свойств материала резонирующих пластин.

В диссертации рассматриваются вопросы совершенствования технологического оборудования для производства работ по прокладке коммуникаций, путем оснащения породоразрушающей головки инструмента гидродинамическим генератором вибрационных колебаний. С этой целью разработана конструкция и изготовлен опытный образец бурильной головки машины горизонтального бурения со встроенным генератором вибрационных колебаний. Проведены стендовые испытания, выполнена сравнительная оценка резонансных характеристик с различным конструктивным исполнением резонирующих пластин и струеформирующих насадок. Определены закономерности функционирования и режимы работы генератора вибрационных колебаний, при которых реализация технологии горизонтально направленного бурения происходит при минимальной энергоемкости. Представлены результаты исследования влияния свойств материала и режимов термической обработки резонирующих пластин на ресурс работы колебателей, изготовленных из стали 60С2А, обработанных по специальной технологии. Обосновано конструктивное исполнение гидродинамического инструмента, обеспечивающего реализацию технологии горизонтального бурения в энергоэффективном режиме.

Все это подтверждает соответствие диссертации специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы:

- 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»;
- п. 3 «Экспериментальные исследования и испытания транспортно-технологических средств и их комплексов, а также отдельных систем, агрегатов, узлов, деталей и технологического оборудования».

Таким образом, диссертационная работа Петрова А.А. соответствует критериям п.9, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 №842 (ред. От 18.03.23):

- 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 11 работах, в том числе 3 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

В современных условиях развития урбанистической инфраструктуры, любая модернизация ее структурных элементов связана с производством сложных технологических мероприятий, направленных на решение целевых установок с обязательным требованием не нарушения функциональных свойств сопряженных объектов. В частности, такая необходимость возникает при прокладке инженерных коммуникаций на участках плотной городской застройки и транспортных развязок.

В таких случаях эффективно применяется технология проходки выработок малого сечения (технология горизонтально направленного бурения), обеспечивающая высокий уровень экологической безопасности ведения горных работ при устройстве тоннелей и прокладки коммуникаций с минимальным воздействием на окружающий массив.

Однако, данная технология обладает рядом несовершенств, особенно при проходке пород с гравийно-валунно-галечниковыми отложениями, а также наклонного напластования с разной прочностью проходимых пород. 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. Вместе с тем, 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.

Исследования показывают, что в полидисперсной обводненной среде

разрушаемой породы бурильная головка вызывает колебания грунта в радиальном направлении, что способствует уменьшению сил трения и сцепления в нем и, как следствие, уменьшению сопротивления и увеличению скорости проходки. В тоже время, в процессе проектирования необходимо учитывать, что для турбулентного режима движения раствора в пористых средах характерны как вязкие, так и инерционные эффекты, вызывающие нелинейное поведение корпуса наконечника при контакте с породой.

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 (СПбГАСУ). В этой связи известны труды Н. В. Васильева, В. М. Земскова, Н. В. Краснолудского, Н. Я. Кершенбаума, А. Е. Пушкарева и других ученых.

Появление новых гидрофицированных устройств, создающих вибрационные колебания на рабочем инструменте, индуцирует появление новых технологий производства работ горизонтально направленного бурения и оборудования, с принципиально новыми эксплуатационными свойствами по критерию надежности.

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

Петров Андрей Андреевич подошел к решению этого вопроса комплексно и с системных позиций: разработал и научно обосновал методику выбора конструктивных параметров и режимов работы породоразрушающего инструмента горизонтально направленного бурения со встроенным генератором вибрационных колебаний в зависимости от физико-механических свойств материала резонирующих пластин, возможностей насосного оборудования бурильной установки и условий применения машины.

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 и практическая значимость диссертации.

Новизна представленной работы определяется в разработке высокопроизводительной технологии производства горизонтального бурения, обеспечивающей максимальные значения ресурса оборудования. На основе полученных закономерностей формирования резонансных частот резонирующих пластин встроенного в бурильную головку генератора вибрационных колебаний, устройства струеформирующих насадок, а также полученных закономерностей изменения физико-механических свойств и усталостной прочности резонирующих пластин в зависимости от использованного материала и термической обработки. Разработан метод расчета и проектирования конструктивных параметров и режимов работы устройства, при которых горизонтальное бурение происходит при минимальной энергоемкости.

В качестве **новых научных результатов**, полученных лично автором, следует **выделить** предложение повышения прочности и пластичности материала пластин встроенного в бурильную головку генератора вибрационных колебаний с целью снижения чувствительности деталей к концентраторам напряжений в виде возникающих в процессе работы трещин, результаты экспериментальных исследований характеристик стали 60С2А, 65Г, 65С2ВА, подверженных многоступенчатой термоциклической обработки в качестве технологической операции для получения мелкозернистой структуры.

Практическую значимость диссертации определяют следующие результаты, полученные лично соискателем:

- разработана конструкция и изготовлен опытный образец бурильной головки генератора колебаний, оснащенным наборами резонирующих пластин и струеформирующих насадок различного конструктивного исполнения;
- организовано проведение стендовых испытаний опытного образца бурильной головки машины, обработаны и проанализированы результаты;
- разработан и научно обоснован метод проектирования энергоэффективной гидродинамической бурильной головки со встроенным генератором вибрационных колебаний, с учетом возможностей насосного оборудования бурильной установки и условий применения машины.

Результаты исследования подтверждены актами внедрения ряда предприятий.

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 конструктивного решения оборудования для производства работ горизонтально направленного бурения. Выполнен анализ способов увеличения производительности породоразрушающего инструмента. Рассмотрена возможность применения гидродинамической кавитации в качестве иницирующего механизма генерации кратковременных ударных импульсов и продольновибрационных ускорений. Показаны способы повышения уровня механических характеристик материалов за счет получения мелкозернистой структуры.

Во второй главе рассмотрены способы повышения эффективности горизонтально направленного бурения путем совершенствования конструкций породоразрушающего инструмента с целью формирования на рабочем инструменте машин горизонтально направленного бурения динамических усилий, используя энергию потока струй промывочной жидкости и рабочих растворов. Представлено конструктивное решение опытного образца гидродинамического генератора с различным количеством струеформирующих насадок и резонирующих пластин, дано описание стендовой базы и аппаратуры для проведения экспериментальных исследований. Приведены методики экспериментальных исследований опытного образца гидродинамической бурильной головки машины.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований работы опытного образца гидродинамической бурильной головки машины. Сформулированы рекомендации по методу выбора конструктивного исполнения и режимов работы породоразрушающего инструмента установки горизонтально направленного бурения в зависимости от физико-механических свойств колебателей, возможностей насосного оборудования бурильной установки и условий применения машины. Приведены экспериментально установленные рекомендуемые количества струеформирующих насадок и резонирующих пластин, соответствующие различным категориям пород по буримости. Построена регрессионная модель для определения диаметра пилотной скважины в зависимости от основных факторов, определяющих эффективность бурения.

В четвертой главе представлен метод проектирования гидродинамического генератора бурильной головки машины ГНБ,

учитывающий возможности насосного оборудования бурильной установки, условия эксплуатации, конструктивное исполнение резонирующих пластин

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 обоснована применением общепринятых методов и методик выполнения теоретических и экспериментальных исследований, использованием стандартизованных методик измерения и последующего анализа результатов; подтверждена сопоставимостью теоретических и экспериментальных результатов, их практическим использованием; обеспечена 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. Характерной особенностью кавитационного срыва является периодическое смещение зоны формирования, локализованного у

лезвия пластины, в направлении основания, где происходит фаза захлопывания кавитационных полостей, оказывающая силовое воздействие на пластину. В связи с этим вызывает сомнение модельное представление воздействия кавитационных процессов на лопатку (стр. 87, рис. 3.18) предложенное автором. В частности, необходимы пояснения соискателя по схеме нагружения лопатки: параметры гармонической нагрузки, выбор зоны приложения нагрузки.

2. Оценивая долговечность вибрационной пластины, соискатель основывается исключительно на усталостных явлениях в объекте. Вместе с тем, известно *, что гидродинамическая и акустическая кавитация вызывает интенсивное эрозионное воздействие в виде разрушения твердых границ раздела жидкость-твердое тело при захлопывании кавитационных полостей. Эти явления могут привести к более интенсивной деградации прочностных свойств излучателя: образования кратерообразных впадин на поверхности, отслоение материала, выкрашивание зон или полное пробитие пластин.
3. Вызывает сомнение заключение об эффективной работе группы пластин в резонансном режиме, с радиусным взаимным расположением пластин излучателя на передаточном элементе головки. Это должно быть подкреплено более развернутым численным и/или экспериментальным исследованием.

- О КАВИТАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЯХ ПРИ РАБОТЕ АКУСТИЧЕСКОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ Л. Б. Котлярский, Б. Г. Новицкий, В. М. Фридман АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, В ы п. 4Том IX, 1963.
- ЭРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ С ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ОБЛАСТЬЮ КАВИТАЦИОННОЙ ПРИРОДЫ © 1998 г. А. Ф. Назаренко Одесский государственный политехнический университет А К У С Т И Ч Е С К И Й Ж У Р Н А Л , 1 9 9 8 , т о м 4 4 , М 2 , с . 2 5 1 - 2 5 5

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» по направлению 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» по профилю «Подъемно-транспортные,

строительные, дорожные машины и оборудование» в рамках магистратуры, а также при подготовке кадров высшей квалификации.

8. Заключение

1. 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 Петрова Андрея Андреевича 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 Петрова Андрея Андреевича «Метод расчета и проектирования гидродинамической бурильной головки машины горизонтально направленного бурения» отвечает требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 №842 (ред. От 18.03.23), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Петров Андрей Андреевич 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, доцент

Ян Семенович
Ватулин

Ватулин



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