

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.291.02  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УХТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15 декабря 2017 протокол № 19

О присуждении Долову Темиру Руслановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование работы клапанных узлов скважинных штанговых насосных установок» в полной мере соответствует специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (в нефтяной и газовой промышленности), принята к защите «13» октября 2017 года протокол №16 диссертационного совета Д 212.291.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13, приказ № 446/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель Долов Темир Русланович, гражданин Российской Федерации, 1990 года рождения, в 2013 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина» по направлению «Технологические машины и оборудование» профиль «Проектирование машин и оборудования для эксплуатации нефтяных и газовых скважин». В 2016 году очно освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и сдал экзамены кандидатского минимума по специальности 05.02.13 – Машины агрегаты и процессы (в нефтяной и газовой промышленности). Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский

университет) имени И.М. Губкина» по специальности 05.02.13 – Машины агрегаты и процессы (в нефтяной и газовой промышленности). В настоящее время работает ассистентом кафедры машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».

Диссертация выполнена на кафедре «Машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Ивановский Владимир Николаевич, заведующий кафедрой машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина»

Официальные оппоненты:

1. **Уразаков Камил Рахматуллович**, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

2. **Песин Михаил Владимирович**, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент, первый заместитель директора по нефтепромысловому оборудованию ООО «Пермская компания нефтяного машиностроения»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Татарский научно-исследовательский и проектный институт нефти (ТатНИПИнефть) публичного акционерного общества «Татнефть» имени В. Д. Шашина в своем положительном заключении, подписанном **Гарифовым Камилем Мансуровичем**, доктором технических наук, профессором Татарского научно-исследовательского и проектного института нефти публичного

акционерного общества «Татнефть» им. В.Д. Шашина, начальником отдела эксплуатации и ремонта скважин, и утверждённом директором Татарского научно-исследовательского и проектного института нефти публичного акционерного общества «Татнефть» им. В. Д. Шашина, доктором технических наук, **Сахабутдиновым Рифхатом Зиннуровичем** (отзыв на диссертацию и автореферат одобрен на заседании методического совета отдела эксплуатации и ремонта скважин института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, 16.11.2017, протокол №5), указала, что диссертационная работа соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии РФ, характеризуется актуальностью темы, новизной полученных результатов, практической значимостью в области усовершенствования методов эксплуатации скважинных штанговых насосных установок.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 3 научных статей, опубликованных в рецензируемых изданиях ВАК Минобрнауки РФ, общим объемом 4,8 печатных листа с авторским вкладом не менее 2,9 печатных листа.

Наиболее значимые работы:

1. Ивановский В.Н., **Долов Т.Р.** Исследование эффективности работы клапанных узлов скважинных штанговых насосных установок //журнал «Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса», 2/2014, с.29-33.

2. Ивановский В.Н., Елагина О.Ю., Гантимиров Б.М., Сабиров А.А., Дубинов Ю.С., **Долов Т.Р.** Анализ работы различных конструкций клапанных парскважинного штангового насоса //Территория Нефтегаз, 2015 г. - №9сентябрь, с.92-99.

3. **Долов Т.Р.**, Деговцов А.В., Герасимов И.Н., Клименко К.И. К вопросу об эффективности клапанных узлов скважинных штанговых насосов //ТрудыРГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2016 г. -№1/282, с.97-105.6.

4.Ивановский В.Н., **Долов Т.Р.**, Дубинов Ю.С. Ускоренные испытания насосных штанг на усталость для оценки пределов выносливости материалов и конструкций, Учебно-методическое пособие, М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016, 39 с.

5. Ивановский В.Н., Бабакин И.Ю., Долов Т.Р., Дубинов Ю.С. Ускоренные испытания клапанных узлов скважинных штанговых насосных установок на величину износа и герметичности, Учебно-методическое пособие, М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016, 23 с.

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. В них отмечается, что работа содержит новые знания в области эксплуатации скважинных штанговых насосных установок. Все отзывы положительные, однако, в них содержатся следующие замечания и предложения:

– **Дарищев Виктор Иванович**, кандидат технических наук, Заместитель генерального директора по науке и инновационной деятельности АО «РИТЭК» Замечаний. По содержанию автореферата имеются следующие замечания: 1. В автореферате не представлен сравнительный анализ результатов численных и физических экспериментов, полученных автором с результатами исследований клапанных узлов, полученных в работах Молчановой А.Г., Степановой И.С. и т.д.2. В автореферате отсутствует информация о том, каким образом выполнялся замер герметичности до и после испытаний.

– **Ерехинский Борис Александрович**, кандидат технических наук, Заместитель начальника отдела ПАО «Газпром». По содержанию автореферата имеются следующие замечания: 1. В автореферате отсутствует конкретный пример применения разработанной методики подбора клапанных узлов. 2. В автореферате не отражены полученные рекомендации по применению клапанных пар различной конструкции для конкретных условий эксплуатации.

– **Кононов Виктор Михайлович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Техника и технология горного и нефтегазового производства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», Заслуженный изобретатель Российской Федерации. По содержанию автореферата имеются следующие замечания: 1. В автореферате слабо описана методика испытаний, разработанная автором.2. В автореферате отсутствует информация по материалу изготовления испытуемых клапанных узлов.

– **Файзуллин Расих Нафисович**, кандидат технических наук, главный инженер-первый заместитель начальника НГДУ «Азнакаевскнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. По содержанию автореферата имеются следующие замечания: 1. В автореферате нет информации о результатах исследований зарубежных ученых, занимавшихся исследованиями штанговых насосов. 2. В автореферате формулировка «золотниковые» и «пальцевидные» относится к одной и той же конструкции клапанного узла.

– **Сысоев Николай Иванович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Нефтегазовые техника и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета имени М.И. Платова. **Кожевников Сергей Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Нефтегазовые техника и технология» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платонова» По автореферату имеются следующие замечания: 1. Неубедительно утверждение автора об обоснованности выбора конструкции клапана штанговых насосов в зависимости от условий эксплуатации (стр.15), так как не упоминается критерий выбора. 2. В автореферате не раскрыта сущность разработанной методики подбора клапанов по условиям эксплуатации.

– **Сызранцев Владимир Николаевич**, доктор технических наук, Заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет». По содержанию автореферата имеются замечания: 1. Отсутствует информация о геометрических параметрах исследуемых конструкций клапанных узлов. 2. Из текста остается неясным, каким образом оценивалась герметичность клапанных узлов до и после испытаний на изнашивание. 3. На стр.20 отмечено, что «...результаты эксперимента позволили дать рекомендации по применению тех или иных материалов (стали, твердые сплавы...)». Однако в заключении эти рекомендации не отражены.

– **Ренев Дмитрий Юрьевич**, кандидат технических наук, менеджер Управления обеспечения добычи нефти и производства сервисных работ, Департамент обеспечения добычи нефти и газа ПАО «ЛУКОЙЛ». По содержанию автореферата имеются замечания: 1. Из материалов автореферата непонятно,

учитывалась ли неравномерность посадки запорного элемента клапана при математическом моделировании процесса работы клапана. 2. В автореферате не описано, каким оборудованием производился замер шероховатости и размеров клапанных узлов до и после испытаний. 3. Важным вопросом при подборе клапанных узлов является выбор материала клапана, в автореферате указывается только три вида материалов испытанных клапанных узлов, хотя говорится от тринадцати видах материалов.

– **Кондрашов Петр Михайлович**, кандидат технических наук, доцент заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» Института нефти и газа, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
**Макушкин Дамба Очирович**, кандидат технических наук, с.н.с., профессор кафедры «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» Института нефти и газа, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» По содержанию автореферата имеется замечание: По нашему мнению, на рисунках 8 и 9 показана зависимость местного гидравлического сопротивления  $\zeta$  от числа Рейнольдса  $Re$ . Не приведен график изменения коэффициента расхода  $\mu$ . Автору следует быть аккуратнее при оформлении формульной записи. Например, на странице 9 читаем: « $\frac{dP}{dx}$ - бесконечно малый перепад давления на клапане при фиксированном значении подъема запорного элемента, МПа», тогда как бесконечно малый перепад давления лучше обозначить  $dp$ . Бесконечно малый расход жидкости лучше обозначить  $dQ$ , а не " $\frac{dQ}{dx}$ ". Имеются и опечатки. Например, на стр. 9 читаем: «Где,», «Где:» и «где:».

– **официальный оппонент Уразаков Камил Рахматуллович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет». Замечания по работе: 1. В пункте «степень разработанности» следует прежде всего раскрыть степень изученности предметной области исследования, провести анализ известных научных достижений в выбранной области, обосновать необходимость проведения исследования по выбранной теме. Посвящать данный пункт исключительно собственным исследованиям автора, на наш взгляд, не совсем корректно. 2. Формулировка автора «при ходе плунжера вниз всасывающий клапан

под действием давления столба откачиваемой жидкости закрывается» (глава 1, пункт 2.1) кажется, на наш взгляд, не совсем корректной. Всасывающий клапан закрывается в первую очередь за счет повышения давления в подплунжерной полости насоса, обусловленного сжатием жидкости в полости насоса при ходе плунжера вниз.

3. Математическая модель по расчету кинематических характеристик в точке подвеса насосного оборудования приведена недостаточно подробно. В частности: не указаны начальные и граничные условия для системы дифференциальных уравнений (3.2), описывающих продольные колебания колонны штанг; в комментариях к формуле (3.3) не поясняется, о каких частных решениях данного уравнения идет речь, и какое уравнение принимается за «данное». Описание расчета по разработанной модели в пакете MathCad (стр. 54-57) не содержит практически никаких пояснений ни по применяемым формулам и обозначениям, ни по представленным таблицам.

4. Не обоснована необходимость столь детального учета кинематики станка – качалки при расчете перемещения точки подвеса штанг, когда для расчета динамики штанг используется аналог телеграфного уравнения, лишь приближенно описывающего распространение упругих волн в колонне штанг.

5. Математическая модель для расчета гидравлического сопротивления клапанного узла не приведена в должном объеме, в частности не описано, как производится расчет изменения перепада давления при прохождении жидкости через клапан.

6. Выводы автора по графикам на рисунке 3.3: «значения ускорений сильно увеличиваются с увеличением длины колонны, то есть с увеличением длины колонны увеличиваются динамические составляющие» некорректны, хотя бы потому, что графики, изображенные на рис. 3.3, соответствуют различным точкам одной и той же штанговой колонны.

– **официальный оппонент Песин Михаил Владимирович**, кандидат технических наук, первый заместитель директора по нефтепромысловому оборудованию ООО «Пермская компания нефтяного машиностроения». Замечания по работе: 1. Сделаны ли рекомендации для конструирования корпуса клапана, учитывающие условия эксплуатации УСШН (вязкость и плотность жидкости). 2. Определено ли влияние каждого из параметров: диаметра запорного элемента, высоты подъема запорного элемента и среднего диаметра посадочной поверхности седла клапана на гидравлическое сопротивление клапана. 3. Учтена ли динамическая

циклическая нагрузка, действующая на седло.4. Стояла ли цель оптимизации конструкции клапанов.5. Моделирование в работе проводилось, тогда какие были сделаны допущения и граничные условия;

– **ведущая организация Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина.** Замечания по диссертационной работе: 1. В работе нет информации о результатах исследований зарубежных ученых, занимающихся исследованиями штанговых насосов.2. Формулировка «золотниковые» и «пальцевидные» в работе относится к одной и той же конструкции клапанного узла.3. В работе отсутствуют конкретные примеры использования разработанной методике подбора клапанных узлов для конкретных нефтяных скважин.4. В работе нет пояснений, насколько снизится наработка клапанного узла, если концентрация механических примесей превышает допустимую в 8 раз.5. В автореферате в разделе, посвященном теоретическому исследованию работы клапанных узлов в разных условиях эксплуатации (гл. 3), не отражено влияние на работу клапанов различного типа свободного газа в жидкости.6. При определении кинематики движения штанг автором использовались формулы, справедливые только для балансирных станков-качалок, при этом оказываются не охваченными другие типы применяемых при добыче нефти приводов (гидроприводы, цепные приводы)7. На стр.17 автореферата указано, что «при частоте ходов плунжера 10 в минуту максимальная наработка клапана составляет 347 дней, что хорошо согласуется с наработками клапанных узлов СШНУ в условиях Западной Сибири и многих регионов Поволжья». Однако, например, на месторождениях ПАО «Татнефть», максимальная частота качаний не превышает 4,5 мин<sup>-1</sup> и динамические нагрузки в клапанных парах существенно ниже.8. В главе 4 диссертации приведены экспериментальные зависимости местных гидравлических сопротивлений в клапанах от числа Рейнольдса, зависимости перепада давления от времени для разных клапанных пар и состава жидкости, однако не указано, проводились ли физические эксперименты при разных углах наклона оси клапанов к вертикали и при разном содержании свободного газа в проходящей через клапаны жидкости. 9. При экспериментальном определении износостойкости и наработки на отказ клапанных пар использовались техническая вода с абразивом, но в реальных условиях рабочая среда зачастую обладает еще и повышенной коррозионной активностью, обусловленной наличием



солей, сероводорода, углекислого газа, что существенно влияет на определяемые параметры (причем в разной степени для разных конструкций клапанов). При выработке рекомендаций по областям применения различных клапанов коррозионная активность среды и возможность содержания в жидкости свободного газа автором не учитывалась.<sup>10</sup> При оформлении работы допущены ошибки, затрудняющие восприятие материала. В частности, номера ссылок в тексте работы не всегда соответствуют первоисточникам в списке литературы к диссертации. Например, на стр.38 диссертации говорится, что тарельчатые клапаны способны работать в искривлённых скважинах со ссылкой на первоисточник поз. 64. На этой же странице описание конструкции клапана золотникового типа дано также со ссылкой на первоисточник поз. 64. Однако, в списке литературы к диссертации поз. 64 – это книга Степина П.А. «Сопротивление материалов», М.: Интеграл-Пресс, 1997, 320 с., вряд ли имеющая отношение к конструкциям клапанов.

Тем не менее, отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости, а также общей положительной оценки, представленной к защите диссертационной работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием утвержденных кандидатур требованиям п.п. 22-24 Положения о порядке присуждения ученых степеней. Официальные оппоненты являются учеными, компетентными в сфере эксплуатации и ремонта скважинных штанговых насосных установок для добычи нефти и газа, а также имеют публикации по теме исследований. Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина является профильной организацией, диссертационная работа заслушивалась на расширенном заседании методического совета отдела эксплуатации и ремонта скважин института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, компетентных в вопросах эксплуатации и ремонте скважинных штанговых насосных установок.

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

- разработана новая экспериментальная методика подбора клапанов на основе математических моделей и стендовых испытаний работы клапанных узлов скважинных штанговых насосах, позволившая выявить качественно новые

зависимости изменения гидродинамических параметров и герметичности клапанных узлов из разных материалов в при различных условиях эксплуатации;

- предложен оригинальный подход к оценке безотказности клапанов в изменяющихся условиях эксплуатации на основе математической модели по определению ударных нагрузок посадки запорного элемента на седло клапана;

- доказано влияние использования различных материалов клапанных узлов на изменение их герметичности в процессе работы;

- введены измененные трактовки оценки эффективности работы клапана различных конструкций в штанговом насосе на основании изменения гидродинамических параметров в каналах клапанного узла.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- доказаны основные положения подбора конструктивного исполнения клапанных узлов, обеспечивающие расширение границ применимости глубинного штангового насоса при различных условиях эксплуатации;

- применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе экспериментальных методик по определению герметичности клапанных узлов штанговых насосов;

- изложены факторы, влияющие на величину коэффициента гидравлического сопротивления при прохождении жидкости через клапанный узел;

- раскрыты существенные проявления теории: повышения герметичности клапанных пар в процессе работы насоса за счет приработки поверхностей запорного элемента и седла при их изготовлении из определенных материалов;

- изучены факторы конструктивного исполнения и материалов элементов клапанных узлов на их герметичность;

- проведена модернизация алгоритмов математических моделей процесса работы клапанных узлов штанговых насосов, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

**Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- разработана и внедрена программа в среде SolidWorks, MathCad в ПО «Автотехнолог+Соль» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №

2011613348), которая применяется в нефтяных и сервисных компаниях России (Роснефть, ЛУКОЙЛ, РИМЕРА-Сервис и др.), использующих штанговые насосные установки; разработанные программы внедрены в образовательные технологии в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина;

- определены перспективы практического использования теории работы клапанных узлов для создания и подбора штанговых глубинных насосов;

- создана система практических рекомендаций по применению различных конструкций клапанных узлов штанговых насосов для конкретных условий эксплуатации;

- представлены методические рекомендации по подбору клапанных узлов, обеспечивающие оптимизацию применения штанговых насосных установок;

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы калибровки, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

- теория построена на известных, проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными других авторов по теме диссертации;

- идея базируется на анализе практики добычи нефти в регионах, использующих штанговые насосные установки;

- использовано сравнение авторских данных и данных полученных ранее советскими и российскими учеными: Молчанова А.Н., Степанова И.С., Пирвердяна А.М. по изучению процессов работы клапанных узлов штанговых насосов;

- установлено качественное совпадение результатов диссертационной работы (авторских данных) и данных, полученных ранее другими российскими исследователями и представленными в независимых источниках по исследованию эксплуатации штанговых насосов, показало их хорошую сходимость;

- использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов наблюдения и измерения.

### **Личный вклад соискателя состоит в:**

- участия в получении и анализе исходных данных;
- самостоятельном выборе темы исследования, определения целей и задач;
- разработке математической модели по оценке кинематических параметров точки подвеса насоса, для определения скорости течения жидкости через клапанный узел;
- разработке экспериментальной методики на основе математических моделей исследования процессов в клапанных узлах в штангового глубинного насоса;
- создании экспериментальных стендов для проведения натурных испытаний;
- проведении физических испытаний шариковых клапанных узлов на величину изнашивания и герметичности;
- разработке методики подбора клапанных узлов для конкретных условий эксплуатации;
- подготовке публикации по выполненной работе.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Заимствованного материала без ссылки на автора или источник заимствования не обнаружено.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Тема и содержание работы соответствуют паспорту научной специальности 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы (в нефтяной и газовой промышленности)» в области исследований, а именно пункту 1 «Разработка научных и методологических основ проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов; механизации производства в соответствии с современными требованиями внутреннего и внешнего рынка, технологии, качества, надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности».

Разработанные автором теоретические положения, а также методические и практические рекомендации являются результатом самостоятельного исследования аспиранта представляют собой научно-квалификационную работу, в которой

изложены научно обоснованные технические решения и зависимости, которые обеспечивают подбор клапанных узлов скважинных штанговых насосных установок, учитывающие физические свойства перекачиваемой среды, геометрические и кинематические параметры клапана, основанные на результатах стендовых испытаний клапанных узлов глубинных штанговых насосов.

На заседании 15 декабря 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Долову Темиру Руслановичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по профилю защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 16, «против» - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета

Д 212.291.02,

доктор технических наук, профессор



Н. Д. Цхадая

Ученый секретарь диссертационного

совета Д 212.291.02,

кандидат технических наук

«15» декабря 2017 г.

Д. А. Борейко