

**Заключение диссертационного совета Д 212.223.06 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации**  
**на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27.12.16 № 21

О присуждении Яковлеву Виктору Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение качества сжигания нетрадиционных газов в системах теплогазоснабжения» по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение принята к защите 18 октября 2016 г., протокол № 17 диссертационным советом Д 212.223.06 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 августа 2013 года № 452/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 марта 2014 года №126/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 мая 2016 № 590/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 октября 2016 года № 1342/нк.

Соискатель Яковлев Виктор Александрович, 1981 года рождения.

В 2006 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». В 2016 году закончил заочную аспирантуру ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». Работает в должности старшего преподавателя на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, Комина Галина Павловна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, профессор.

Официальные оппоненты:

Кущев Леонид Анатольевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», профессор;

Прохоров Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина» в своем положительном заключении, подписанном Осиповой Наталией Николаевной, доктором технических наук, доцентом, заведующей кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции, водообеспечения и прикладной гидрогазодинамики и утвержденном доктором химических наук, профессором Остроумовым Игорем Геннадьевичем, проректором по научной работе ФГБОУ

ВО «Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина», указала, что диссертация Яковлева Виктора Александровича является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей новые научные результаты.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор Яковлев Виктор Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 - Теплогазоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в отрасли науки соответствующей теме диссертации и способностью выявить научную и практическую её ценность, а также спецификой и актуальностью их основных научных работ близких к тематике диссертационной работы и удовлетворяющим всем требованиям, предъявляемым к оппонентам и ведущей организации.

Соискатель имеет 16 опубликованных научных работ объёмом 6,07 п.л., по теме диссертации, включая 4 работы в ведущих научных журналах, рекомендуемых ВАК, общим объёмом 3,24 п.л. из них 3 работы общим объёмом 2,34 п.л. – в личном авторстве.

Печатные работы автора соответствуют тематике рассматриваемых в диссертации вопросов, касающихся разработки методики расчёта, оптимизации работы воздухораспределительной системы; представлены результаты проведённых исследований.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации.

Научные статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, перечень которых размещён на официальном сайте ВАК:

1. **Яковлев, В. А.** Методика расчёта на ЭВМ щелевых газогорелочных устройств с принудительной подачей воздуха [Текст] / В. А. Яковлев // Вестник

Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2008. – №11. – С. 133 – 139. (0,64 п. л.);

2. **Яковлев, В. А.** Оптимизация расчёта горелок с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения [Текст] / В. А. Яковлев // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 1(54). – С. 113 – 119. (0,8 п. л.);

3. **Яковлев, В. А.** Оптимизация воздухораспределительных систем газогорелочных устройств с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения методом математического моделирования [Текст] / В. А. Яковлев, Г. П. Комина // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 2(55). – С. 163 – 170. (0,9 п. л.);

4. **Яковлев, В. А.** Испытания работы газогорелочного устройства с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения на невзаимозаменяемых газах [Текст] [Электронный ресурс] / В. А. Яковлев / Электронный научный журнал «Фундаментальные исследования». – 2016. – № 9 – Ч. 2. Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40739> (дата обращения: 22.09.2016) (0,9 п. л.).

**На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов:**

1. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» к.т.н. доцент **Ширяева Нина Павловна**, зав. кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», д.т.н., профессор **Колпаков Александр Сергеевич**, профессор кафедры «Теплогазоснабжения и вентиляции»

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– В названии диссертации вынесен объект исследования – «системы теплогазоснабжения с УГГУ для сжигания нетрадиционных газов в тепловых установках», в то время как работа практически полностью посвящена предмету исследования – «газогорелочному устройству» и «аэродинамической системе подготовки газозоудшной смеси»

– В автореферате диссертации, посвящённой «повышению качества сжигания нетрадиционных газов», называемых далее по тексту

«невзаимозаменяемыми газами» по отношению к метану, не приведён их состав, что делает крайне затруднительным обсуждение результатов, поскольку содержание метана в шахтном газе и биогазе изменяется в очень широких пределах

– Достаточно абстрактными выглядят в этой связи п.п. 3, 4, 5 новизны научных исследований: «Выявлены зависимости минимальных коэффициентов избытка воздуха в горелке от вида газа», «влияние вида газа на распределение температурных полей по топочному объёму тепловой установки», «выявлены смещения зоны основания факела в зависимости от вида газа», получены графические и математические зависимости влияния состава газа на длину факела и качество его сгорания», т.к. отсутствует базовый критерий для сравнения

– В автореферате диссертации необходимы ссылки на первоисточники (с. 7): «Основное влияние на геометрию процессов смешения оказывает гидродинамический параметр  $q$  основанный на известной зависимости»

– На рис. 5, очевидно, перепутаны подрисовочные подписи, т.к. скорости не соответствуют расходам

– В тексте на с. 13 указана максимальная скорость «1,4 м/с – при работе горелки с максимальным расходом воздуха», в то время как на рис. 11 максимальная скорость 3,5 м/с.

2. ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», д.т.н., доцент **Зиганшин Малик Гарифович**, доцент кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– Создание универсального ГГУ, охватывающего все виды нетрадиционных горючих газов – слишком широкая задача, и, на наш взгляд, было бы правильным уже в первом разделе автореферата «Актуальность избранной темы» конкретизировать ее, что, собственно, и сделано по существу выполненной работы;

– В автореферате не показано преимущество предлагаемого винтового турбулизатора решетки по сравнению с лопаточными и/или другими типами завихрителей;

– Из автореферата не ясно, как влияет регулирование перепуска воздуха заслонкой 6 (рис. 1) на качество сжигания невзаимозаменяемых газов;

– Имеются опечатки и стилистические погрешности изложения (например, в табл. 2, с. 17, не указаны единицы измерения чисел, определяющих положения основания факела, и т. п.).

3. ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», к.т.н. доцент **Попов Дмитрий Николаевич**, доцент кафедры «Теплоэнергетика».

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– При представлении в таблице 3 вторичных моделей в виде корреляционных зависимостей не указаны их погрешности и диапазоны применимости;

– Автореферат и Глава 3 диссертации являются малоинформативными в отношении используемых математических моделей, начальных и граничных условий для рассчитываемых характеристик. Так принятие соискателем допущения об изотермичности может не отражать достоверной картины процесса;

– В тексте автореферата имеются пунктуационные ошибки.

4. ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), к.т.н., доцент **Мельников Владимир Михайлович**, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики, к.т.н., **Шеногин Михаил Викторович**, доцент кафедры Теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– Одним из основных недостатков биогаза является постоянно меняющийся компонентный состав (зависящий от сырья и протекающих в биореакторе процессов). Непонятно, как предлагаемое автором газогорелочное

устройство в процессе работы будет «справляться» с этой особенностью биогаза и обеспечивать его эффективное и качественное сгорание;

– В автореферате отсутствует оценка влияния предложенной конструкции воздухораспределительной решетки с интенсификаторами на аэродинамическое сопротивление дутьевого тракта, и, как следствие, на расход электроэнергии усовершенствованной горелкой;

– Значительная часть выпускаемых промышленностью газовых горелок позволяет использовать их для сжигания резервного топлива – мазута, что особенно важно для объектов жизнеобеспечения, учитывая текущий износ газовых сетей. Из автореферата непонятно, возможна ли адаптация предлагаемой усовершенствованной горелки к сжиганию резервного негазового топлива, например, мазута.

5. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», к.т.н. доцент **Кочева Марина Алексеевна**, доцент кафедры теплогазоснабжения.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– В автореферате недостаточно обосновано каким образом была определена зона положения основания факела в целевой камере смешения, представленные в таблице 2;

– Из содержания автореферата не понятно, какую роль играет в конструкции горелки заслонка для регулирования перепуска воздуха за задние стенки коллекторов?

6. ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» к.т.н., доцент **Бурков Александр Иванович**, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения, к.т.н., доцент **Гришкова Алла Викторовна**, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– В тексте автореферата отсутствует характеристика метода, использованного при численном моделировании в пакете «ANSYS Fluent», а также оценка полученной погрешности;

– Из автореферата непонятен состав использованного при численном моделировании природного, шахтного и биогаза. Состав этих газов может существенно изменяться в пределах одного вида, что может повлиять на характеристики процесса горения.

7. ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет» д.т.н., профессор **Липовка Юрий Львович**, профессор кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, к.т.н., доцент **Авласевич Александр Иванович**, доцент кафедры Инженерных систем зданий и сооружений.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– Из автореферата не ясно учитывает ли автоматика горелки особенности биогаза, содержащего воздух?

– Не ясно, для какой мощности котлов предназначена горелка?

– Из автореферата не ясно внедрены ли результаты исследований на промышленных установках?

8. ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» к.ф-м.н., доцент **Куриленко Николай Ильич**, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– ФЗ 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...» не предписывает «...широкое использование нетрадиционных горючих газов», как указано на стр. 3 автореферата. Следует пояснить, какие горючие газы относятся к традиционным, учитывая, что во всём мире шахтные газы и биогазы сжигаются в топках теплогенераторов уже много десятков лет;

– В работе часто упоминаются зависимости различных параметров (напр., коэффициентов избытка воздуха, стр. 3, численного значения  $C$ , стр. 19), математических моделей (стр. 3) и др. от «вида газа». Правильнее было бы



писать «в зависимости от состава газовой смеси», т.к. происхождение газа для газогорелочных устройств значения не имеет;

– В автореферате декларируется устранение «недостатков щелевых горелок предыдущих конструкций». Необходимо конкретизировать конструкцию, которую автор совершенствует или указать «всех предыдущих конструкций»;

– В автореферате не приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, экономическом эффекте такого внедрения;

– Имеются неточности стилистического характера, например, «методы качества сжигания газа».

9. ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» к.т.н., доцент **Чичиров Константин Олегович**, доцент кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– В автореферате отсутствует выбор режимных параметров работы горелочного устройства при которых проводился эксперимент.

10. ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» НГАСУ(Сибстрин), к.т.н., доцент **Мансуров Рустам Шамильвич**, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», к.т.н., доцент **Рохлецова Татьяна Лаврентьевна**, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция».

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– Автор утверждает, что основным фактором, влияющим на геометрию процессов смешения поперечных струй со сносящим потоком, является параметр  $q$ . Нигде далее по тексту автореферата этот параметр не фигурирует как-то в формулах, рассуждениях, так и в представленных графиках. Автору следует пояснить, для чего был введен параметр  $q$ ;

– На схеме экспериментального испытательного стенда не отображены измерительные приборы для определения количества подаваемого воздуха от дутьевого вентилятора. Следовательно, возникает вопрос, каким образом

контролировалось соотношение газ/воздух в камере смешения, скорость воздуха на выходе из сопел воздухораспределительного устройства.

11. ФГБОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» к.т.н., доцент **Кобзарь Александр Владимирович**, заведующий кафедрой инженерных систем зданий и сооружений, к.т.н. доцент **Захаров Геннадий Александрович**, доцент кафедры инженерных систем зданий и сооружений.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– Не обоснована возможность экспериментального исследования воздухораспределительной системы короба на холодном стенде, отличающегося от реальных тепловых условий;

– В автореферате отсутствует оценка точности измерений и технические характеристики приборов, используемых автором.

12. ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» к.т.н., доцент **Иванов Виктор Наумович**, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция».

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– На рис. 7 (стр. 14), согласно обозначению 3 это подающий трубопровод системы теплоснабжения, а на схеме вентилятор или дымосос;

– Непонятно назначение заслонки 18 на газопроводе.

13. ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» к.т.н., доцент **Тюменцев Алексей Гаврилович**, доцент кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции.

*Отзыв положительный, критических замечаний, ставящих под сомнение результаты исследований, не обнаружено.*

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

– разработана методика расчёта камеры смешения горелки, учитывающая форму и её геометрические размеры для обеспечения полного сгорания газа с минимальными коэффициентами в коротком факеле;

– разработана конструкция воздухораспределительной решетки с интенсификаторами турбулизации потока воздуха для обеспечения равномерного распределения воздуха в щелевой камере смешения горелки;

– разработаны математические модели, которые позволили определить зоны основания факела в зависимости от вида газа, углов атаки газовых струй и формы щелевой камеры смешения для двух предельных тепловых нагрузок горелки;

**предложены** на основании натуральных испытаний: эмпирические зависимости для расчета длины факела в зависимости от угла атаки газовых струй, давления газа перед горелкой, формы щелевой камеры смешения и состава газа;

– зависимости для определения минимальных коэффициентов избытка воздуха в горелке от типа газа, угла атаки газовых струй ( $\beta$ ) поперечного потока воздуха и давления газа перед горелкой.

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

**доказано:** влияние геометрических размеров камеры смешения, углов атаки струй и режимных параметров работы горелки на распределение газовых струй в поперечном набегающем потоке воздуха;

– корректность численных расчетов при прогнозировании распределения скоростей движения воздуха в щелевой камере смешения горелки в зависимости от её формы и скорости движения воздуха при использовании программы пакета «ANSYS Fluent»;

– сходимость численного метода с применением модели турбулентности  $k-\varepsilon$  и *Transient SST* на базе программного комплекса «ANSYS Fluent» при использовании воздухораспределительных устройств различных конструкций в том числе и конструкции с использованием интенсификаторов турбулентного движения потока.

**Применительно к проблематике диссертации результативно:**

**использованы** современные средства измерений (измерительных комплексов *Testo 405*, *Testo 300M*, *Testo 350*) для исследований распределения движения воздуха вдоль щелевой камеры смешения горелки, распределения температуры и концентраций кислорода, оксида и диоксида углерода в продуктах сгорания по топочному объёму;

– современные программные комплексы КОМПАС и «ANSYS Fluent», позволяющие создавать геометрические пространственные модели и производить численное моделирование проходящих в них физических процессов;

**изложена** теория распределения газовых струй в поперечном сносящем потоке воздуха;

**раскрыты** преимущества применения воздухораспределительных устройств, оснащённых интенсификаторами турбулентного движения потока;

**изучено** влияние формы щелевой камеры смешения и режимных параметров работы горелки на положение основания и длину факела при использовании нетрадиционных газов;

**проведена модернизация** камеры смешения газогорелочного устройства с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения.

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

**разработана** схема экспериментальной установки для исследования воздухораспределительных систем горелок с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения, которая может быть реализована в проектных решениях при конструировании горелок;

– численные модели процессов движения воздуха в воздухораспределительной системе горелки с применением  $k-\varepsilon$  и *Transient SST* моделей турбулентности, которые могут быть использованы при разработке горелок новых конструкций;

**определены** зависимости для определения длины факела от конструктивных и режимных параметров горелки при сжигании различных по составу невзаимозаменяемых нетрадиционных газов, дополняющие инженерную методику расчёта параметрами, необходимыми при подборе горелочного оборудования;

**создана** конструкция эффективной воздухораспределительной системы газогорелочного устройства, позволяющая обеспечить равномерную раздачу воздуха в камере смешения горелки и возможность быстрого и эффективного перевода на использование иного по составу невзаимозаменяемого газа;

**представлены** результаты экспериментальных исследований газогорелочного устройства с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения, определяющие область применения устройства, а также рекомендации по её эффективной и экономичной эксплуатации;

**внедрено** горелочное устройство с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения в проекты блочно-модульных отопительных котельных.

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

**для экспериментальных работ:** достоверность результатов обеспечена применением сертифицированных и поверенных средств измерений, а также соблюдением методик измерений; при численном моделировании – сходимость полученных данных с результатами проведенных экспериментов.

**идея базируется** на анализе и обобщении передового опыта в области численного моделирования течений и взаимодействия между собой потоков газовых сред в смесительных камерах; анализе качества горения при различных условиях подготовки горючей газозоудшной смеси в зависимости от интенсивности смешения и состава газа;

**использованы** результаты исследований, доступные в литературных и открытых электронных источниках по теме диссертации;

**установлено,** что результаты, полученные автором, являются новыми, качественно и количественно не противоречат данным, представленным в

доступных источниках по данной тематике;

**использованы** современные методы сбора и обработки информации по информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», литературные источники отечественных и зарубежных нормативных документов.

**Личный вклад соискателя** заключается: в проведенном анализе основных отечественных и зарубежных публикаций по вопросам, связанным с повышением эффективности и экономичности сжигания газового топлива, в разработке эффективной конструкции для подготовки газозоудной смеси, в создании опытной установки, в проведении экспериментальных исследований, в разработке математических моделей в программном комплексе «ANSYS Fluent», в анализе полученных результатов численного моделирования и в обосновании эффективности работы предлагаемого устройства для сжигания нетрадиционных газов в системах теплогазоснабжения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.23.03 – Теплообеспечение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали за присуждение ученой степени кандидата технических наук Яковлеву Виктору Александровичу: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

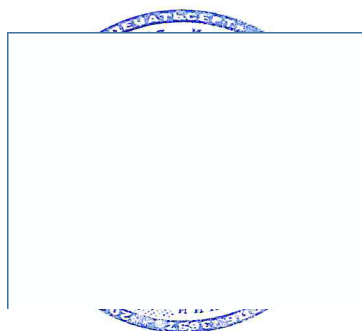
На основании тайного голосования 27.12.2016 диссертационный совет принял решение присудить Яковлеву Виктору Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

Диссертация Яковлева Виктора Александровича соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

В диссертационной работе Яковлева Виктора Александровича на соискание ученой степени **кандидата** наук отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

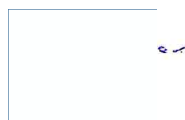
Диссертация Яковлева Виктора Александровича на соискание ученой степени кандидата наук является научно-квалификационной работой, имеющей значение для развития инженерных систем для газифицированных и негазифицированных районов страны; содержится решение научной задачи, а именно, создание газогорелочного устройства с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения, позволяющей обеспечить эффективное и экономичное использование нетрадиционных газов в газогорелочных устройствах систем теплогасоснабжения.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА  
Д 212.223.06,  
доктор технических наук,  
профессор



ДАЦЮК Т.А.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
совета Д 212.223.06  
кандидат технических наук, доцент



ПУХКАЛ В.А.

27 декабря 2016 г.