

**Заключение диссертационного совета Д 01.005.01 на базе Государственного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Донбасская национальная
академия строительства и архитектуры» по диссертации
на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета Д 01.005.01 от 08.11.2018 г. № 27

**О ПРИСУЖДЕНИИ
Ткаченко Анне Евгеньевне
ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Повышение энергоэкономической эффективности котлоагрегатов с низкотемпературным кипящим слоем систем теплоснабжения шахт» по специальности 05.23.03 - теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение принята к защите «28» августа 2018 г., протокол № 26, диссертационным советом Д 01.005.01 на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая область, Макеевка, ул. Державина, 2, приказ Министерства образования и науки ДНР № 629 от 01.10.2015 г.

Соискатель Ткаченко Анна Евгеньевна 1982 года рождения, в 2005 году с отличием окончила Донецкий национальный технический университет по специальности «Автоматизированное управление технологическими процессами». В 2008 году окончила аспирантуру Донецкого национального технического университета по специальности 05.13.07 – автоматизация процессов управления.

В 2016 году была прикреплена для подготовки и сдачи кандидатского экзамена по специальности 05.23.03 - теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение к кафедре теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

Работает старшим преподавателем кафедры горной электротехники и автоматики им. Р.М. Лейбова Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Диссертация выполнена на кафедре «Горная электротехника и автоматика им. Р.М. Лейбова» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Научный руководитель – кандидат технических наук Гавриленко Борис Владимирович, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», кафедра горной электротехники и автоматики им. Р.М. Лейбова, профессор кафедры

Официальные оппоненты:

1. **Андрійчук Николай Данилович**, д.т.н., профессор, ГОУ ВПО «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства, директор, заведующий кафедрой вентиляции, теплогазо- и водоснабжения;
2. **Карнаух Виктория Викторовна**, к.т.н., доцент, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», профессор кафедры холодильной и торговой техники.

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород, в своем положительном заключении, подписанном **Кожевниковым Владимиром Павловичем**, кандидатом технических наук, доцентом, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», заведующим кафедрой энергетики тепло-технологии, указала, что диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему повышения эффективности работы систем теплоснабжения, в которой решена прикладная научно-техническая задача повышения эффективности системы теплоснабжения шахт, источниками теплоты в которых являются котлоагрегаты с топками НТКС.

Новые научные результаты, полученные диссертантом, заключаются в обосновании технологических особенностей группы котлоагрегатов с топками НТКС, позволяющих эффективно использовать их в качестве теплогенерирующих установок систем теплоснабжения шахт; разработке математической модели производства и распределения материальных и энергетических потоков в котлоагрегате с топкой НТКС с возможностью учета наличия и параметров погружных поверхностей нагрева; разработке критерия рациональной работы по максимальному средневзвешенному КПД группы котлоагрегатов с НТКС на тепловую сеть шахты; создании метода расчета эффективного состава группы котлоагрегатов с топками НТКС и производительности каждого котла по

критерию максимального средневзвешенного КПД котельной. Результаты имеют существенное значение в научной области совершенствования, оптимизации и повышение надежности систем теплоснабжения, создания и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований систем теплоснабжения.

Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям п.2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 - теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 21 работа, из которых 9 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях: 6 работ в изданиях, входящих в перечень специализированных научных изданий, утвержденный Министерством образования и науки Украины; 3 работы в изданиях, входящих в перечень специализированных научных изданий, утвержденный Министерством образования и науки ДНР; 1 – в других изданиях; 11 – по материалам конференций.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Гавриленко, Б.В. Критерії керування шахтною системою теплопостачання з топками НТКШ [Текст] / Б.В. Гавриленко, **Г.Є. Ткаченко** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-електромеханічна». Випуск 83. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. - с.58 – 63. *(Обоснованы критерии управления системой теплоснабжения с топками НТКС).*

2. Гавриленко, Б.В. Моделювання роботи системи автоматичного управління топкою низькотемпературного киплячого шару [Текст] / Б.В. Гавриленко, **Г.Є. Ткаченко** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-електромеханічна». Випуск 101. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – с. 24 – 31. *(Разработана система автоматического управления производительностью топки НТКС).*

3. Гавриленко, Б.В. Постановка задачі керування комплексом теплопостачання шахти з топками КШ [Текст] / Б.В. Гавриленко, **Г.Є. Ткаченко** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-електромеханічна». Випуск 104. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – с.42 – 46. *(Разработаны целевые функции управления топкой НТКС).*

4. Гавриленко, Б.В. Вибір критеріїв ефективного управління системою теплопостачання шахти [Текст] / Б.В. Гавриленко, **Г.Є. Ткаченко** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 12 (113), серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – с.47 – 52. *(Предложены критерии эффективного управления теплоснабжением горного предприятия).*

5. Гавриленко, Б.В. Синтез математичної моделі комплексу теплопостачання шахти з топками киплячого шару [Текст] / Б.В. Гавриленко, **Г.Є. Ткаченко** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 14 (127), серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк, ДВНЗ «ДонНТУ». – 2007. – с.46 – 51. *(Разработана математическая модель топки НТКС).*

6. **Ткаченко, Г.Є.** Критерії оптимального управління роботою топок НТКС при їх сумісній роботі на теплову мережу [Текст] / Г.Є. Ткаченко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8. Т. 10. – С. 124–128. *(Разработаны критерии оптимального управления работой группы топок НТКС).*

7. **Ткаченко, А.Е.** Методы эффективного теплоснабжения шахты при эксплуатации котлоагрегатов низкотемпературного кипящего слоя [Текст] / А.Е. Ткаченко, Б.В. Гавриленко, С.В. Неежмаков // Вестник Института гражданской защиты Донбасса: научный журнал. – Донецк: ДонНТУ, 2016. – Вып. 4 (8). – 31-39с. *(Обоснованы методы повышения эффективности системы теплоснабжения шахты за счет эксплуатации топок НТКС; предложены критерии эффективной работы группы котлоагрегатов с НТКС).*

8. **Ткаченко, А.Е.** Математическое моделирование энергообмена в шахтном комплексе теплоснабжения с топками низкотемпературного кипящего слоя [Текст] / А.Е. Ткаченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. «Инженерные системы и техногенная безопасность». – 2016. - №5 (121). – С. 42-49. *(Разработана математическая модель системы теплоснабжения шахты и котлоагрегата с НТКС).*

9. **Ткаченко, А.Е.** Определение параметров рационального функционирования группы котлоагрегатов НТКС на тепловую сеть шахты [Текст] / А.Е. Ткаченко // Вестник Академии гражданской защиты: научный журнал. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – Вып. 4 (12). – 63-72с. *(Разработан метод расчета рационального состава и производительности группы котлоагрегатов с НТКС).*

На диссертацию и автореферат поступили 12 отзывов, в которых отмечается актуальность, новизна и достоверность полученных результатов, их значение для науки и практики. Все отзывы положительные, в них содержатся следующие замечания:

1. **Зоря Ирина Васильевна**, кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», заведующая кафедрой теплогазоводоснабжения, водоотведения и вентиляции. Отзыв положительный с замечаниями:

- на с.1 указано, что в настоящее время на шахтах наиболее распространенными являются котельные агрегаты со слоевыми топками, и, исходя из недостатков

вышеозначенных, в работе исследуются топки с НТКС. Логично предположить, что представленной работой предполагается переоборудование котельных. Такой процесс замены является достаточно дорогостоящим и ставит под сомнение показатели экономической эффективности, приведенные на с.18 и 20.

2. Дрозд Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор. ГОУ ВПО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», профессор кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» Института строительства, архитектуры и ЖКХ. Отзыв положительный с замечаниями:

- в тексте автореферата не упоминается в каком программном пакете реализовывалась разработанная математическая модель котлоагрегата с НТКС, в частности в какой компьютерной среде были получены графики переходных процессов технологических параметров котла;
- в автореферате недостаточно раскрыто, каким образом реализована на практике разработанная методика расчета рационального состава и производительностей группы котлоагрегатов с топками НТКС. Нет описания, как данная методика интегрирована в алгоритм работы системы автоматического управления теплоснабжением шахты;
- математическая зависимость (14), описывающая наложенные ограничения по временным затратам требует уточнения. В частности, не совсем понятен физический смысл возможной погрешности $\Delta\tau_{pogr}^{dop}$ и ее диапазон изменения.

3. Мазурова Ольга Константиновна, кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»; **Голубов Геннадий Юрьевич**, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», ассистент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция». Отзыв положительный с замечаниями:

- в общепринятых традиционных методиках тепловой расчет котла выполняется на единицу массы или объема топлива, и, соответственно, количество воздуха, необходимого для горения выражается в м³/кг для твердого топлива, количество теплоты – считается также на 1 кг. В данной работе расчет этих величин ведется на единицу времени (секунду);
- следует уточнить в тексте ссылки на рисунки 5 и 6 на странице 13;
- на рисунке 5 на странице 15 реферата следует уточнить положение вектора Q_v при работе одного котельного агрегата.

4. Лабинский Константин Николаевич, доктор технических наук, доцент, ГОУ ВПО «Академия гражданской защиты», проректор по научной и педагогической работе. Отзыв положительный с замечаниями:

- из алгоритма поиска рационального состава группы котлоагрегатов с НТКС и производительности каждого котла (Рис. 9) не понятно, как учитывается возможность выхода из строя одного из котлов и как это влияет на дальнейшие расчеты. Было бы

целесообразно предусмотреть реакцию системы управления котлами на данную ситуацию, например, в результате неосуществившегося розжига одного из котлов. Также при управлении работой котельной установки следовало бы предусмотреть реализацию дополнительных мер безопасности при работе котлоагрегата в опасных режимах (в частности, при работе котла на верхней границе температуры существования слоя, что при наличии некомпенсированных внешних возмущений может привести к шлакованию топки). Для исключения подобных ситуаций следовало бы критерии рациональной работы группы котлов с НТКС дополнить ограничением по предпочтительным рабочим диапазонам технологических параметров топки с целью обеспечению дополнительного «запаса устойчивости» при работе котла;

- в тексте автореферата не указано, какая SCADA-система используется для практической реализации системы автоматического управления теплоснабжением шахты;

- также было бы рационально рассмотреть возможность применения предлагаемого автором подхода по управлению суммарной производительностью группы котлов с НТКС к котлам с топками высокотемпературного кипящего слоя и, по возможности, интерполировать результаты исследований и на данный тип котлоагрегатов.

5. Недопекин Федор Викторович доктор технических наук, профессор, ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», профессор кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии. Отзыв положительный с замечаниями:

- из текста автореферата не понятно, почему в уравнение (9), описывающее тепловой баланс в котлоагрегате с НТКС, включено слагаемое, учитывающее унос теплоты из слоя вместе с золой, а на рис.1, иллюстрирующем структуру распределения тепловых потоков в котлоагрегате данные тепловые потери не показаны. Также не понятно, почему в уравнении (9) для определения количества теплоты, уносимой с золой из слоя, вводится дополнительная переменная t_z – описывающая температуру золы, отличную от температуры НТКС;

- при описании разрабатываемой методики определения рационального состава и производительностей группы котлов с НТКС было бы целесообразно представить зависимость $\eta_{k,a,i} = f(Q_{pol,i})$ в явном виде.

6. Рымаров Андрей Георгиевич, кандидат технических наук, доцент. Национальный Исследовательский «Московский Государственный Строительный Университет», заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции; **Титков Дмитрий Геннадьевич**, кандидат технических наук. Национальный Исследовательский «Московский Государственный Строительный Университет», доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Отзыв положительный с замечаниями:

- при натурных экспериментах, в автореферате, не указаны приборы, которыми были проведены натурные исследования в шахтах;

- в тексте автореферата не указана расчетная программа в которой была реализована математическая модель;

- в автореферате не представлены расчеты абсолютной, случайной средней квадратичной погрешности и результаты отклонения (в процентах или долях) расчетов математической модели и эксперимента.

7. Трофименко Евгений Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет, декан факультета «Информационных технологий». Отзыв положительный с замечаниями:

- в предложенной математической модели не учитывается вариант одновременного использования двух разных видов твердого топлива, что может иметь место на горных предприятиях;

- было бы целесообразно привести помимо графиков переходных процессов, (см. Рис.2 и Рис.3), иллюстрирующих изменения температуры НТКС и производительности котла при управлении по расходу твердого топлива и расходу дутьевого воздуха, также графики переходных процессов при управлении производительностью котла по степени заглубления погружных поверхностей нагрева в слой;

- в выражениях (9) и (10) количество вносимого в топку угля определяется как массовый расход и измеряется в «кг/с», в то время как с точки зрения нормирования и измерения данной величины при осуществлении управления производительностью котла более целесообразно использовать объемный расход, измеряемый в «м³/ч» как представлено на структурной схеме на рис.1.

8. Карницкий Николай Борисович, доктор технических наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции». Отзыв положительный без замечаний.

9. Северянин Виталий Степанович, доктор технических наук, профессор. Брестский государственный технический университет, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **Янчилин Павел Федорович**, старший преподаватель, секретарь кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Брестский государственный технический университет. Отзыв положительный без замечаний.

10. Енюшин Владимир Николаевич кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», доцент кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции. Отзыв положительный с замечанием:

- рис.7 автореферата выглядит наивно – зависимость КПД от нагрузки общеизвестна, дальнейшие объяснения по поводу многовариантности совместной работы котельных агрегатов, несколько исправляют впечатление. можно посоветовать привести на защите диссертации хотя бы два варианта совместной работы КА с существенно разными характеристиками КПД.

11. Шевцов Михаил Николаевич, доктор технических наук,

профессор, заслуженный эколог РФ. ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет» (ТОГУ), заведующий кафедрой инженерных систем и техносферной безопасности. Отзыв положительный с замечаниями:

- в работе указано, что разработанный метод позволяет повысить КПД группы котлов на 2-4%, но нет сравнения с другими предлагаемыми методами и как в этих случаях повышается КПД котлов;
- в автореферате упоминается про дорогие виды топлива, но нет их сравнительной характеристики и оценки воздействия на окружающую среду. А в тоже время экологичность исходных материалов и экологизация производства имеет существенное значение и будет влиять на комплексную оценку в выборе технологии и водогрейных установок.

12. Демидочкин Виталий Васильевич, кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики; **Легких Борис Михайлович**, кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики. Отзыв положительный с замечаниями:

- в формуле 2 на странице 7 расшифрованы не все величины, входящие в формулу;
- на странице 12 автореферата указано, что экспериментальные исследования предполагали непрерывные измерения с ручной регистрацией температуры НТКС и производительности дутьевого вентилятора, а также оценку производительности забрасывателя по уровню твердого топлива в бункере. В связи с этим возникают следующие вопросы:
 - почему при столь значительном количестве регистрируемых параметров процесс их регистрации не был каким-либо образом автоматизирован?
 - каковы максимальные погрешности полученных экспериментальных данных?
- Как в вектор текущих параметров каждого котлоагрегата заложить его текущее реальное эксплуатационное состояние?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями и публикациями в области научной специальности 05.23.03 – теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- усовершенствована математическая модель распределения материальных и энергетических потоков в котлоагрегате с топкой НТКС, отличающаяся учетом наличия погружных поверхностей нагрева и их параметров. Использование данной модели позволяет установить рациональные значения технологических параметров эксплуатации котлоагрегатов для различных комбинаций управляющих воздействий;

- впервые научно обоснован критерий рациональной работы группы котлоагрегатов с топками НТКС по максимальному средневзвешенному КПД котлов в группе, а также определены наложенные ограничения. При этом учитываются параметры текущего состояния котлоагрегатов, а также технико-экономические характеристики каждого котла;

- впервые разработан метод определения рационального состава группы котлоагрегатов с топками НТКС, и, соответственно, производительности каждого котла, с учетом прогнозного спроса тепловых абонентов, который позволяет оперативно определять значения технологических параметров котлоагрегатов в соответствии с обоснованным критерием рациональной работы группы котлов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- усовершенствована модель распределения теплоты в котлоагрегате с НТКС, учитывающая конструктивные характеристики котла и позволяющая научно обоснованно определять необходимые технологические параметры котельных агрегатов, а также прогнозировать динамику изменения технологических параметров НТКС при переходе котла с одного рабочего режима на другой;

- экспериментально уточнены зависимости тепловой производительности котлоагрегата с НТКС от расхода твердого топлива и дутьевого воздуха, что отражено в разработанной математической модели.

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

- обоснована целесообразность использования в качестве источников теплоты групп котлоагрегатов с топками НТКС при проектировании новых и реконструкции систем теплоснабжения шахт;

- разработана методика определения рационального группы котлов с НТКС, участвующих в отпуске теплоты, и производительности, каждого котлоагрегата, которая реализована в виде программного комплекса;

- предложен алгоритм работы и структурная схема системы автоматического управления производством теплоты в системе теплоснабжения шахты. Внесены технические предложения по реализации системы на современной программно-аппаратной базе;

- предложенные методика и математическая модель приняты к использованию ГУ «Донгипрошахт» для составления технических проектов модернизации котельных установок горных предприятий;

- предложенные модели и методы внедрены в учебный процесс при чтении курсов лекций по дисциплинам «Котельные установки промышленных предприятий», «Автоматизация технологических процессов и производств» для студентов направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и «Идентификация и моделирование технологических объектов» для студентов направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация

технологических процессов и производств» и специальности 21.05.04 «Горное дело» (специализация №10 «Электрификация и автоматизация горного производства», а также при чтении курса лекций по дисциплине «Теплоснабжение» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

корректное использование фундаментальных законов теории теплообмена, а также теории горения твердого топлива, базовых методов математического и компьютерного моделирования, методов математической статистики, методов теории автоматического управления, хорошее согласование результатов экспериментов и математического моделирования. Достоверность также подтверждается широкой публикацией работ по данной теме и обсуждением их на конференциях различного уровня, в т.ч. и международных.

Основные результаты диссертации докладывались на:

- XX и XXI Международных научных конференциях «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-20» и «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-21» (г.Ярославль, 2007 г. и г.Саратов, 2008 г.);

- XV и XVI Международных научных конференциях аспирантов и студентов «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых» (г.Донецк, ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2015 – 2016 гг.);

- Международных молодежных научных конференциях «Севергеозкотех-2015», «Севергеозкотех-2016», «Севергеозкотех-2017», (г.Ухта, 2015 – 2017 гг.);

- Международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (г.Воронеж, 2015 г.);

- VIII Республиканской научно-практической конференции «Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии» (Приднестровская Молдавская Республика, г.Бендеры, 2016 г.);

- II Международной научно-технической конференции «Энергетические системы» (г.Белгород, 2016 г.).

Личный вклад соискателя включает постановку цели и задач исследования, анализ современного состояния вопроса в сфере развития технологии НТКС и теплоснабжения горных предприятий, изучение технологических особенностей систем теплоснабжения шахт; подготовку основных публикаций по теме диссертационного исследования; проведение экспериментальных и расчетно-теоретических исследований работы топки НТКС; усовершенствование математической модели распределения энергетических потоков в котлоагрегате с НТКС; обоснование критерия эффективной работы группы котлоагрегатов с НТКС на тепловую сеть шахты; разработку метода определения рационального состава группы котлов с НТКС и производительности каждого котлоагрегата с учетом

прогнозируемого теплового спроса; научное обоснование и практическую реализацию системы автоматического управления теплоснабжением горного предприятия.

На заседании 08.11.2018г. диссертационный совет принял решение присудить Ткаченко А.Е. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 4 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета Д 01.005.01,
д.т.н., профессор

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 01.005.01, к.т.н., доцент



А.В. Лукьянов

З.В. Удовиченко