

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.02 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (МАИ)  
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РФ) ПО ДИСЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21.04.2015 № 12

О присуждении Кирьянову Ивану Андреевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Декодирование кодов с малой плотностью проверок на четность» по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» принята к защите 17.02.2015, протокол №8, диссертационным советом Д 212.125.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» («МАИ») Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), почтовый адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, дом 4, созданным приказом Минобрнауки России № 714 /нк от 02.11.2012.

Соискатель Кирьянов Иван Андреевич 1989 года рождения. В 2012 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ) по специальности «Средства связи с подвижными объектами» (кафедра 408 «Инфокоммуникации» МАИ).

С 2012 года по 2015 год обучался в очной аспирантуре Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (МАИ), кафедра 408 «Инфокоммуникации».

С 2009 года соискатель работает в должности инженера в открытом акционерном обществе «Главное системное конструкторское бюро ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина» (ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре 408 «Инфокоммуникации» факультета «Радиоэлектроника летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» («МАИ»).

**Научный руководитель** – кандидат технических наук, доцент, Важенин Николай Афанасьевич, доцент кафедры 408 «Инфокоммуникации» Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

**Официальные оппоненты:**

1. Овечкин Геннадий Владимирович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Вычислительная и прикладная математика» Рязанского государственного радиотехнического университета (РГРТУ), 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

2. Ефимушкин Владимир Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, директор Департамента пакетных сетей и услуг ОАО «Интеллект Телеком», 109044, Москва, ул. Мельникова, д. 29.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** открытое акционерное общество «Московский научно-исследовательский институт радиосвязи» (г. Москва) (ОАО «МНИИРС») в своем положительном отзыве, подписанном Нестеровым Александром Викторовичем, председателем научно-технического совета ОАО «МНИИРС»; Ковалевым Валентином Николаевичем, кандидатом технических наук, ученым секретарем научно-технического совета ОАО «МНИИРС»; Железновым Игорем Григорьевичем, доктором технических наук, профессором, членом научно-технического совета ОАО «МНИИРС», **указала, что** область исследований соискателя актуальна, диссертация обладает научной новизной, а полученные результаты достоверны. В отзыве **подчеркнута практическая ценность** диссертации, заключающаяся в возможности применять полученные в рамках данной диссертационной работы результаты при проектировании современных телекоммуникационных систем. В частности отмечен факт внедрения полученных результатов диссертационной работы в телекоммуникационном подразделении компании ООО «Топкон Позизионинг Системс» и в учебном процессе МАИ. В деле приложены соответствующие акты о внедрении.

По содержанию диссертации Кирьянова Ивана Андреевича **ведущей организацией были отмечены следующие замечания:**

1. В работе рассматриваются процедуры декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность, однако обходится стороной вопрос кодирования информации такими кодами.

2. Не обоснован подбор параметров блокового турбо кода, выбранного для сравнения с рассматриваемым кодом с малой плотностью проверок на четность

При этом отмечено, что приведенные замечания не умаляют результатов выполненных исследований. Диссертация представляет собой самостоятельную завершенную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Кирьянов Иван Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и утвержден на заседании научно-технического совета ОАО «МНИИРС» 17 марта 2015 года, протокол №2.

**Соискатель имеет 17 опубликованных работ** по теме диссертации (15 без соавторов и 2 в соавторстве с Важениным Н.А.). Общий объем публикаций 91 печатная страница. В числе данных работ 7 опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. В данных публикациях описываются алгоритмы работы декодеров кодов с малой плотностью проверок на четность, оценивается сложность декодирования, а также предлагаются модификации и методы, позволяющие повысить вычислительную эффективность декодирования и рациональнее использовать ресурс памяти.

#### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК**

1. Кирьянов И.А., Моделирование работы LDPC-декодера по алгоритму с распространением доверия по надежностям, Информационные технологии в проектировании и производстве, изд. ФГУП ВИМИ, №4, 2012 г., стр. 57-60.

2. Кирьянов И.А., Исследование статистических характеристик декодирования низкоплотных кодов, Информационно-измерительные и управляющие системы, изд. Радиотехника, №10, 2012 г., стр. 20-25.

3. Кирьянов И.А., Важенин Н.А., Оценка статистических характеристик функционирования LDPC-декодера на имитационной модели, Электронный журнал «Труды МАИ», изд. МАИ, №59, 2012 г.

4. Кирьянов И.А., Субоптимальное декодирование кодов с малой плотностью проверок на четность, Электромагнитные волны и электронные системы, изд. Радиотехника, № 5, 2014 г., стр.47-51.

5. Кирьянов И.А., Важенин Н.А., Особенности программной реализации и характеристики декодера низкоплотных кодов в среде MATLAB/SIMULINK, Вестник Московского авиационного института, изд. МАИ, №2, 2014 г., стр. 104-113.

6. Кирьянов И.А., Мажоритарное декодирование кодов с малой плотностью проверок на четность, Электромагнитные волны и электронные системы, изд. Радиотехника, № 12, 2014 г., стр.9-14.

7. Кирьянов И.А., Сравнение перспективных техник помехоустойчивого кодирования информации, Электромагнитные волны и электронные системы, изд. Радиотехника, № 1, 2015 г., стр.26-34.

#### **Авторские свидетельства и патенты**

8. Кирьянов И.А., Программа оценки вычислительной сложности декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014615590 от 29.05.14 г.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

От Овечкина Геннадия Владимировича (официальный оппонент). Отзыв заверен Ученым секретарем Ученого совета РГРТУ В.Н. Пржегорлинским.

#### **Замечания:**

1. Из текста диссертации не понятно, каким образом было получено заявленное на стр. 65 увеличение в скорости декодирования в три раза.

2. В расчетах объема эксперимента, требующегося для обеспечения заданных точности и достоверности результатов, не учитывается, что ошибки на выходе декодера низкоплотностных кодов могут группироваться в пакеты. Также не оценена точность результатов, полученных на реальном сигнале.

3. В тексте диссертации не обосновано, почему для сравнения с низкоплотностными кодами с кодовой скоростью  $1/2$  автор выбрал турбо коды производства с кодовой скоростью  $2/3$ .

4. Некоторые выводы в диссертации содержат очевидные утверждения. Например, «Переход от использования «жестких» решений к «мягким» при декодировании рассматриваемого кода БЧХ позволяет повысить его корректирующую способность (стр. 110), «Моделирование работы турбо кодека..... выявило зависимость вероятности ошибки на выходе декодера от числа генерируемых алгоритмом Чейза гипотез» (стр. 120).

5. В тексте диссертации предложен ряд вариантов аппроксимации функций гиперболического тангенса (стр. 85) и арктангенса (стр. 87). Однако, исходя из каких соображений были получены эти аппроксимации, в диссертации не рассматривается.

6. В приведенном примере использования методики выбора алгоритма декодирования все операции учитываются с одинаковым весом. Так как сложность операции зависит от элементной базы, следовало выполнить подобный расчет для некоторой конкретной элементной базы.

7. При получении некоторых выражений для оценки вычислительной сложности алгоритмов декодирования низкоплотных кодов операция изменения знака числа учитывается как умножение.

При этом подчеркнуто, что «отмеченные замечания не снижают уровня достигнутых научных и практических результатов и качества проведенных исследований».

От **Ефимушкина Владимира Александровича** (официальный оппонент).

**Замечания:**

1. В работе предложен упрощенный способ расчета поправок к «мягким» априорным решениям демодулятора, и заявлен полезный эффект относительно скорости работы декодера в 3 раза. Не уточняется, что данный выигрыш справедлив для конкретной аппаратуры и структуры рассматриваемого LDPC кода и в общем случае может отличаться от заявленного значения.

2. Вместо встречающегося термина «низкоплотный код», следует использовать общепринятое название «код с малой (или низкой) плотностью проверок на четность».

При этом подчеркнуто, что «несмотря на отмеченные недостатки, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новизну и несомненную практическую ценность для современных телекоммуникационных систем».

Из **инженерного центра «ОКБ им. А.И. Микояна»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан начальником научно-исследовательского отдела по радиоэлектронному оборудованию № 8307 Дорофеевым Евгением Леонидовичем. Отзыв утвержден ИО Директора ИЦ «ОКБ им. А.И. Микояна» АО «РСК «МиГ» Терпуговым Александром Васильевичем.

**Замечание:**

Предложенный способ идентификации инверсии битового потока интересен и наукоёмок, но актуален только для узкого круга систем, не применяющих в своих стандартах специальные виды модуляции (DPSK/ОФМ-2) и/или фиксированную преамбулу для решения задачи идентификации инверсии.

Из **ООО «Топкон Позиционинг Системз»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан руководителем группы обработки сигналов, кандидатом технических наук Лебединским Алексеем Станиславовичем. Отзыв заверен главным конструктором Кирсановым Александром Михайловичем.

**Замечание:**

Отсутствует описание методики подбора «весовых» коэффициентов для расчета суммарной сложности итерации декодирования.

Из **АО «Концерн «Созвездие»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан начальником отдела 5131, кандидатом технических наук, Алехиным Сергеем Юрьевичем. Отзыв утвержден научным руководителем - заместителем генерального директора, доктором технических наук Борисовым Василием Ивановичем.

**Замечаний не выявлено.**

Из **ФГБОУ ВПО НИУ «Московский энергетический институт»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан и.о. заведующего кафедрой «Радиотехнических приборов и антенных систем», доктором технических наук, профессором Баскаковым Александром Ильичем. Отзыв заверен начальником управления кадров Барием Е.Ю.

**Замечание:**

Отсутствует описание принципов формирования разряженных матриц проверки на четность.

Из **ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан начальником ОКБ-1 Князьковым Сергеем Ивановичем; начальником отдела 113, доктором технических наук Красным Владимиром Петровичем. Отзыв утвержден генеральным конструктором, кандидатом технических наук Ненартовичем Николаем Эдуардовичем.

**Замечания:**

1. В автореферате на рисунке 12 приводятся зависимости числа итераций от битового отношения сигнал/шум, но не уточняется, для какой вероятности ошибки на выходе декодера получены данные зависимости.

2. В работе не проведена оценка сложности базового алгоритма с распространением доверия «Belief propagation».

Из **ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан профессором кафедры «Радиоэлектронные средства», доктором технических наук, профессором Прозоровым Дмитрием Евгеньевичем. Отзыв заверен начальником отдела кадров университета Шихаминовым К.Н..

**Замечание:**

Предложенная в работе методика выбора алгоритма декодирования базируется на критериях исправляющей способности того или иного алгоритма декодирования и сложности его технической реализации. В общем случае при выборе алгоритма декодирования следует также принимать во внимание ресурсы памяти, которые использует тот или иной алгоритм при обнаружении и коррекции ошибок.

Из **ФГБОУ ВПО «Московский физико-технический институт»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан заведующим лабораторией моделирования и проектирования архитектур специальных вычислительных систем, доктором технических наук, профессором Дроздовым Александром Юльевичем. Отзыв заверен специалистом по кадрам Старцевой Л.Е..

**Замечание:**

Основные результаты и выводы написаны в слишком сжатой форме.

Из **ОАО «Радиотехнический институт» им. А.Л. Минца**. Отзыв положительный. Отзыв подписан ведущим научным сотрудником отдела 054, кандидатом технических наук, доцентом Фоминым Анатолием Ивановичем. Отзыв заверен Ученым секретарем, доктором технических наук Буханицем Дмитрием Ивановичем.

**Замечание:**

Приведенные значения порогов в мажоритарных алгоритмах декодирования справедливы только в рамках имитационной среды, в которой проводилось моделирование. В общем случае значения порогов будут зависеть от величин априорных «мягких» решений демодулятора, и должны подбираться под каждый демодулятор индивидуально.

Из **ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан начальником НТК-140, кандидатом технических наук, доцентом Емельяновым Романом Валентиновичем; начальником лаборатории, кандидатом технических наук Махмудовым Андреем Абдулаевичем; начальником подразделения 144, кандидатом технических наук Колунтаевым Евгением Николаевичем. Отзыв утвержден Директором ФГУП «РНИИРС», кандидатом технических наук Косогором Алексеем Александровичем.

**Замечания:**

1. В тексте автореферата присутствуют нерасшифрованные сокращения.
2. Из автореферата не ясно, почему для идентификации инверсии битового потока не используется, казалось бы, более простой алгоритм, основанный на анализе значения 9-ти разрядного номера эпохи, полученного после декодирования БЧХ-кода.

Из **ОАО «НПП «Радар ммс»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан начальником отдела 0231, доктором технических наук, доцентом Кирпаневым Алексеем Владимировичем. Отзыв утвержден заместителем генерального конструктора по программно-целевому развитию, доктором технических наук, профессором Балашовым Виктором Михайловичем.

**Замечания:**

1. В работе исследуются характеристики сходимости синдрома для различных алгоритмов декодирования при битовом отношении сигнал/шум 3 дБ. Для получения полной картины характеристик сходимости синдрома следовало так же провести исследования при других битовых отношениях сигнал/шум.

2. Малое внимание уделено алгоритму «жесткого» декодирования «Bit flip». Не оценена его вычислительная сложность.

Из **ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан Директором НИИ РТС ТУСУР, кандидатом технических наук Савиным Александром Александровичем; проректором по НРИИ ТУСУР, доктором технических наук, профессором Мещеряковым Романом Валерьевичем.

**Замечания:**

1. В работе упор сделан на количество математических операций, без учета реализации в «железе». Для ПЛИС сложность реализации будет определяться не только количеством математических операций, но и скоростью входного потока.

2. Из текста автореферата не ясно, как будет встраиваться декодер.

3. Работа ориентирована на BPSK модуляцию. Как обеспечивается блочная синхронизация не указано

4. В зарубежной литературе достаточно давно используют алгоритм Min-sum normalized. Он присутствует во многих коммерчески-распространяемых IP-ядрах. Автор пришел к аналогичному решению.

5. Действительно, разработанные модификации позволяют достичь указанного эффекта при реализации декодера в процессоре на языке Си, однако для ПЛИС результат будет иным.

6. Определение инверсии битов требуется, когда отсутствуют качественные способы синхронизации. В остальных случаях не требуется.

Из **ПАО «Радиофизика»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан заместителем главного конструктора, доктором технических наук, профессором Фарбером Владимиром Ефимовичем. Отзыв заверен Ученым секретарем, кандидатом технических наук Ампиловым Олегом Владиславовичем.

**Замечания:**

1. В работе проводится сравнение LDPC кода и турбо кода по критериям вычислительной эффективности и помехоустойчивости, однако отсутствует сравнение с



другими способами кодирования, например, с каскадными кодами, которые также широко распространены в современных телекоммуникационных системах.

2. Некоторые графики в автореферате (рис. 11, 12, 14) приведены слишком мелко, что делает затруднительным анализ полученных соискателем результатов.

Из **ОАО «Научно-исследовательский институт точных приборов»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан главным научным сотрудником научно-технического отдела, доктором технических наук, профессором Наумовым Петром Николаевичем. Отзыв утвержден заместителем генерального директора – главного конструктора по научной работе, доктором военных наук, доктором технических наук, профессором Кострюковым Василием Федоровичем.

**Замечания:**

1. Рассмотрена помехоустойчивость мажоритарного алгоритма декодирования с варьируемым «мягким» порогом, однако не ясно, из каких соображений выбраны приведенные конкретные значения порогов.

2. В автореферате в явном виде не указаны противоречие, научная задача, объект и предмет исследования

3. В списке публикаций (стр. 23) в совместных работах (ш.3,5) не указан авторский – Кирьянова И.А. – вклад в статью, что не позволяет оценить степень самостоятельности автора в этих статьях. В публикации п. 3 не указан объем работы.

Из **ООО «Технологии радиосвязи»**. Отзыв положительный. Отзыв подписан генеральным директором, кандидатом технических наук Бобковым Владимиром Юрьевичем.

**Замечание:**

Автореферат грамотно структурирован, представленный материал подан достаточно доступно, за исключением некоторых графических материалов, которые следовало бы сделать более крупными и «читаемыми».

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** наличием у оппонентов публикаций по профилю диссертации за последние 5 лет, а у ведущей организации передового опыта разработок в телекоммуникационной сфере.

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

- **разработана** методика выбора алгоритма декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность. Методика позволяет подобрать алгоритм декодирования под конкретную решаемую задачу по критериям исправляющей способности и вычислительной сложности декодирования;

- **предложен способ** представления проверочной матрицы кода с малой плотностью проверок на четность, позволяющий экономить ресурсы памяти, предназначенные для хранения внутренних переменных декодера; **способ** расчета поправок к априорным надежностям принятых символов, позволяющий повысить скорость работы декодера при незначительном увеличении требований к памяти для хранения внутренних переменных декодера; **способ** идентификации инверсии битового потока посредством внутренних ресурсов декодера кодов с малой плотностью проверок на четность;
- **доказана** достоверность и перспективность использования предлагаемых методик и способов посредством их апробации на реальном сигнале и при имитационном моделировании;
- **введены понятия** «глубина сходимости порога» и «ширина сходимости порога» характеризующие изменение «мягкого» порога инвертирования принятых символов от итерации к итерации в мажоритарных алгоритмах декодирования «UMP BP».

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

- **доказано**, что предлагаемая методика расчета поправок к априорным надежностям принятых символов, а также предлагаемая методика представления матрицы проверки на четность не оказывают негативного влияния на помехоустойчивость модифицируемого алгоритма декодирования;
- **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** аппарат дискретной математики и математического анализа, а также теории электрической связи. Кроме того, для получения новых результатов использовалось имитационное моделирование в среде MATLAB/Simulink;
- **изложена** методика планирования экспериментов с имитационными моделями;
- **раскрыта** зависимость среднего числа итераций, выполняемых декодером, работающим по мажоритарному алгоритму с варьируемым порогом, от параметров выставленного порога.
- **изучены** зависимости статистических характеристик декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность от битового отношения сигнал/шум;
- **проведена модернизация** существующих алгоритмов декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность с целью повышения их вычислительной эффективности без потери исправляющей способности при незначительном увеличении требований к памяти для хранения внутренних переменных декодера.

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

- **разработаны и внедрены** программные реализации декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность на языке программирования C++ в приемную станцию «NET-G5»;
- **определены** перспективы и область применения предложенного способа идентификации инверсии битового потока сигнала в рамках систем, не имеющих в своих стандартах традиционных способов борьбы с инверсией;
- **создана** имитационная модель, позволяющая проводить отладку программных реализаций декодирования любых помехоустойчивых кодов на предварительном этапе разработки телекоммуникационных систем;
- **представлены** рекомендации по повышению помехоустойчивости алгоритмов коррекции ошибок в рамках рассматриваемого кода с малой плотностью проверок на четность.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **для экспериментальных работ** была проведена верификация и калибровка имитационной модели для получения ряда статистических характеристик декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность;
- **теория** подтверждается результатами сравнительного анализа с существующими решениями задач подобного типа;
- **было использовано** обоснованное сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;
- **установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами независимых источников;
- **использовались** современные лицензионные методы имитационного моделирования для сбора необходимой статистики по декодированию.

**Личный вклад соискателя** состоит в разработке модификаций и методик, позволяющих повысить вычислительную эффективность декодирования и рациональнее использовать ресурсы памяти, а также в разработке способа идентификации инверсии битового потока за счет внутренних ресурсов декодера. Разработанные модификации были реализованы в программном коде на C++ лично соискателем для последующего внедрения в приемник «NET-G5». Для отладки и апробации внедряемого кода соискателем разработана имитационная модель в MATLAB/Simulink.

Также соискатель лично подготовил все результаты научных исследований к опубликованию и выступлениям на конференциях.

**Диссертационный совет отмечает, что** диссертация Кирьянова Ивана Андреевича на тему «Декодирование кодов с малой плотностью проверок на четность» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей научную новизну и практическую ценность для современных телекоммуникационных систем. Работа соответствует паспорту специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» и отвечает критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

На заседании 21.04.2015 года диссертационный совет принял решение присудить Кирьянову И.А. ученую степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.12.13 - «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **15**, против **нет**, недействительных бюллетеней **нет**.

Председатель диссертационного совета Д 212.125.02  
д.т.н., профессор



Шевцов В.А.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.125.02  
к.т.н., доцент

Петраков А.М.