

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.08

**Соискатель:** Зубко Анна Александровна

**Тема диссертации:** Тепло- и массообмен на каталитически активной поверхности высокоскоростного летательного аппарата планирующего класса

**Специальность:** 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**  
На заседании 21 декабря 2020 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая отвечает всем критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., и принял решение присудить Зубко Анне Александровне ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** *председатель диссертационного совета* Равикович Ю.А., *ученый секретарь диссертационного совета* Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Демидов А.С., Коротеев А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Кулешов Н.В., Лесневский Л.Н., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А., Чванов В.К.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.08, д.т.н., профессор



Ю.В. Зуев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21.12.2020 г. № 15

О присуждении Зубко Анне Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Тепло- и массообмен на каталитически активной поверхности высокоскоростного летательного аппарата планирующего класса» по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» принята к защите 14.10.2020 г., (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4; приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Зубко Анна Александровна, 1992 года рождения, работает старшим преподавателем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2016 году соискатель окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2020 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Авиационно-космическая теплотехника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Никитин Петр Васильевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Авиационно-космическая теплотехника», профессор.

Официальные оппоненты:

Алексеев Алексей Кириллович, доктор физико-математических наук, публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва», научный технический центр 520 (НТЦ 520), главный научный сотрудник;

Горский Валерий Владимирович, доктор технических наук, акционерное общество «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения», отделение диагностики,

баллистики, аэродинамики и тепломассообмена летательного аппарата,  
главный научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество "Корпорация "Московский институт теплотехники", г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Петрусовым В.И., кандидатом технических наук, заместителем генерального конструктора, Волковым Е.Н., кандидатом технических наук, заместителем начальника отделения, Тихоновым А.А., кандидатом технических наук, начальником лаборатории и утвержденном Дорофеевым А.А., первым заместителем генерального директора и генерального конструктора указала, что: практическая значимость работы состоит в создании математической модели, позволяющей с высокой точностью рассчитывать процессы теплообмена на поверхности конструкции высокоскоростного летательного аппарата с учетом гетерогенного катализа; в разработке метода и средств получения термостойких углерод-углеродных материалов с необходимыми каталитическими свойствами, путем формирования на их поверхности тонких композиционных металлокерамических покрытий с использованием мелкодисперсных сверхзвуковых низкотемпературных гетерогенных потоков. Результаты диссертационной работы носят практическую ценность для предприятий и организаций, занимающихся разработкой и эксплуатацией гиперзвуковых летательных аппаратов. Диссертация Зубко А.А. является научно-квалификационной работой, включающей в себя совокупность новых научных результатов и решений технических задач по исследованию, как процессов каталитической активности материалов, так и технологий получения термостойких покрытий с низкой каталитической активностью. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Зубко Анна Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объемом 12,4 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ. Из 19 печатных работ: 6 – статьи в научных журналах, 13 – тезисы докладов на конференциях; 12 работ написаны автором единолично, 7 – в соавторстве.

Научные работы соискателя посвящены: влиянию каталитической активности поверхности на тепло- и массообмен в химически активном пограничном слое; определению коэффициента каталитической активности для расчёта плотности теплового потока; этапам формирования разнофункциональных покрытий сверхзвуковым низкотемпературным газодинамическим потоком; прогнозу разработок композиционных материалов на основе углеродистых и керамических композиций.

Личный вклад автора заключается в: проведении верификационных расчетов по предложенным математическим моделям и в сравнении с экспериментальными данными; в разработке метода и средств определения и улучшения каталитических свойств термостойких композиционных материалов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые работы:

1. Nikitin P.V., Tushavina O.V., Shkuratenko (Zubko) A.A. Calculation of heat transfer on the catalytically active surface of high-speed aircraft // INCAS BULLETIN. 2019. V. 11, Special Issue.P.191-201.
2. Nikitin P.V., Rabinskiy L.N., Shkuratenko (Zubko) A.A., Tushavina O.V. Condition and forecast of composite carbon development and cermet heat-shielding materials with improved catalytic and radiative properties // Asia Life Sciences. 2019. No. 1. P. 591–599.
3. Никитин П.В., Шкуратенко (Зубко) А.А. Влияние каталитически активной поверхности на интенсивность конвективного теплообмена // Труды МАИ. 2016. № 88. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=70401>.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Горского В.В.,** доктора технических наук, профессора содержит следующие замечания.

Замечания к главе 1 и 2.

Утверждения автора о том, что скорости протекания гетерогенных физико-химических превращений могут быть определены в рамках теории твердого тела, на наш взгляд представляются необоснованными.

Замечания к главе 3.

1. автором не использована возможность расчета переносных свойств воздушной газовой смеси методом Гиршфельдера, который соответствует второму приближению теории Чепмена – Энскога и расчета диффузионного массопереноса в рамках уравнений Стефана - Максвелла;

2. отсутствует четкое изложение вычислительного алгоритма, используемого автором для получения решений сформулированной крайне сложной в вычислительном плане задачи.

Замечания к главе 5.

Во-первых, в связи с малым размером на стендах высокотемпературного набегающего потока, в процессе проведения экспериментов в струях газодинамических установок практически невозможно воспроизведение характера распределения силовых и тепловых нагрузок по поверхности летательного аппарата. В процессе проведения таких экспериментов можно решать задачу обеспечения локального моделирования указанных нагрузок, да и то лишь для отдельных крайне ограниченных зон поверхности летательного аппарата. В то же время стойкость противоокислительных пленок к тепловым и силовым нагрузкам существенно зависит от их пространственного распределения по поверхности изделия.

Во-вторых, использование рассмотренной в диссертации технологии весьма проблематично с точки зрения возможности ее применения при создании современных высокоскоростных летательных аппаратов, имеющих большие геометрические размеры.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Алексева А.К.,** доктора физико-математических наук содержит замечания:

1. Термин «верификация», используемый в автореферате (стр. 10) применительно к главе 3, а также в заключении, не соответствует современным стандартам РФ (например, ГОСТ Р 57188-2016. Численное моделирование физических процессов. Термины и определения. 2016, стр. 12), соответственно, термин «валидация» точнее описывает сравнение расчетов с экспериментальными данными. Строго говоря, в главе 3 и соответствующей части автореферата речь идет о параметрических расчетах, а не о верификации или валидации.
2. В автореферате содержание главы 5 (наиболее интересной с прикладной точки зрения) представлено излишне кратко.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации – акционерного общества «Корпорация «Московский институт теплотехники»** содержит замечания:

1. В работе приведено недостаточно широкое сопоставление расчетных данных, полученных с использованием предложенной математической модели и данных, опубликованных в научной печати.
2. В работе приведены экспериментальные исследования только трех типов защитных покрытий. Оценки показывают, что для перспективных ЛА необходимо будет использовать композиционные покрытия с более высокой термостойкостью (до уровня температур 2700К - 2900К), хотелось бы понять, существует ли такая возможность.
3. По таблице 7 в главе 5, где приводятся результаты определения каталитических свойств углерод-углеродных материалов с защитными

покрытиями делается вывод, что наиболее оптимальными являются покрытия Si – Ti – Mo – B – Y – Al и Si – Ti – Mo – B – Y – Hf не до конца понятно на основании чего сделан такой вывод.

4. Из работы в целом не ясно, какие использовались теплофизические характеристики материалов при выполнении расчетов.

**Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Тураевское машиностроительное конструкторское бюро «Союз», составленный главным научным сотрудником, кандидатом физико-математических наук Яковлевым Н.Н. и утвержденный первым заместителем генерального директора, главным конструктором Костенко И.И. содержит замечания:**

1. Представленные данные о величине теплового потока относятся к передней критической точке. Однако в названии диссертации указывается на планирующий характер движения ВЛА, что может подразумевать отличие геометрии аппарата от простого тела вращения. При наличии более сложной геометрии зоны высокого теплового потока, помимо передней критической точки, могут возникать и в других частях конструкции ВЛА, например, на крыльях и других выступающих элементах конструкции, в частности, на их тыловой стороне.

2. В уравнениях, представленной математической модели, не показан учет каталитической активности поверхности ВЛА.

3. Автор утверждает, что полученные эмпирические зависимости величины теплового потока на каталитически активной поверхности применимы к ламинарному пограничному слою. Однако при большой скорости набегающего потока в пограничном слое происходит ламинарно-турбулентный переход и может иметь место развитое турбулентное течение. При таких условиях возникают новые источники тепловой энергии и расчет тепло- и массообмена должен претерпевать значительные изменения, о чем не сказано в работе.



4. При проведении математического моделирования делается ссылка на сокращенные расчеты, проведенные лишь в нескольких точках в целях экономии ресурсов. При этом сравнение результатов численного моделирования и расчетов по эмпирическим формулам в автореферате не представлено.

**Отзыв на автореферат диссертации Резника С.В.**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой СМ-13 «Ракетно-космические композитные конструкции» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» содержит замечания:

1. В автореферате нет слов о степени разработанности темы, о достижениях предшественников и нерешенных задачах в области теории и эксперимента в предметной области исследований диссертации.

2. Цель работы сформулирована неудачно и выражает бесконечный процесс исследования, вместо того, чтобы выражать положительный эффект, который будет достигнут в результате этих исследований, например, повышение точности прогноза тепловых нагрузок, увеличение длительности полета с гиперзвуковой скоростью или краткости применения теплозащитных покрытий, выявление особенностей катализа на поверхности из новых КМ и т.п.

3. Представленные в автореферате результаты нельзя считать определением физико-химических основ гетерогенного катализа на каталитически активной поверхности ЛА. Это скорее еще одна работа в этой предметной области, но далеко не основополагающая.

4. В автореферате нет подробного описания экспериментов, а есть лишь ссылки на удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных. Не ясно, какие тонкие термостойкие композиционные покрытия

были нанесены на образцы КМ, испытанные на плазматронах МАИ? Нет количественной информации об эффективности таких покрытий.

5. Хуже всего автору удаются сокращения. Сокращение термина «высокоскоростные летательные аппараты» (ВЛА) введено по тексту 3 раза, но наряду с ними используются ЛА и КЛА. На стр. 17 углеродный композиционный материал сокращен? До УУКМ.

**Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Машиностроительное конструкторское бюро «Искра»**, составленный заместителем главного конструктора по НИР, кандидатом технических наук, доцентом Норенко А.Ю. и утвержденный генеральным директором, доктором технических наук, профессором Сорокиным В.А. содержит замечания:

1. Из текста автореферата неясно как проводился эксперимент по определению плотности теплового потока в передней критической точке ВЛА сферической формы.
2. Есть отдельные замечания по оформлению текста автореферата.

**Отзыв на автореферат диссертации Федерального казенного предприятия «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности»**, составленный старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук Орловым В.А. и утвержденный заместителем генерального директора, кандидатом технических наук, доцентом Юрьевым И.А. содержит замечания:

1. На защиту выносится математическая модель процессов гетерогенного катализа и сравнение результатов моделирования с экспериментом. Однако в автореферате представлены лишь общие дифференциальные уравнения сохранения. Отсутствуют: алгоритм численного решения, область решения, размерность задачи, среда, в которой проводилось решение задачи.
2. Данные расчетов, представленные в таблицах 2 и 3, продублированы на рисунках 3, 4 и 5.

**Отзыв на автореферат диссертации** сотрудников Государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова» **Гринчука П.С.**, доктора физико-математических наук, член-корреспондента НАН Беларуси заведующего отделением теплофизики и **Третьякова М.С.**, ведущего научного сотрудника лаборатории физики плазменных ускорителей содержит следующие замечания:

1. Соискатель делает выводы о возможности улучшения (ингибирования) каталитических свойств углерод-углеродных и металлокерамических композиционных материалов. Но не сообщает ничего ни о самих материалах, ни о достигаемых или прогнозируемых физических эффектах.
2. В автореферате присутствует ряд помарок и описок.

**Отзыв на автореферат диссертации** сотрудников акционерного общества «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Радуга» им. А.Я. Березняка», составленный первым заместителем генерального директора – зам. по НИОКР, главным конструктором, кандидатом технических наук **Сыздаковым Е.К.** и заместителем начальника отделения прочности и теплозащиты **Белоноговым М.В.** содержит следующие замечания:

1. Не рассмотрено влияние изменения геометрии обтекаемой поверхности в процессе уноса материала.

**Отзыв на автореферат диссертации** акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», составленный начальником отдела, кандидатом технических наук **Тренивым М.Г.**, ведущим научным сотрудником, кандидатом физико-математических наук **Горшковым А.Б.** и утвержденный заместителем генерального директора по прикладным исследованиям, испытаниям и экспериментальной базе **Титовым В.А.** содержит следующие замечания:

1. В число исследуемых факторов влияния на тепло-массообмен указана микроструктура поверхности. Однако в системе уравнений (гл. 3) этот фактор отсутствует. В результате численных расчетов о влиянии этого важного фактора также ничего не говорится.
2. В гл. 3 диссертации (стр. 10 автореферата) сказано, что разработанная модель позволяет рассчитывать теплообмен как при ламинарном, так и турбулентном режиме течения. Однако используемая модель турбулентности не приводится. Отметим, что влияние каталитичности на теплообмен согласно имеющимся экспериментальным данным, включая и данные летных экспериментов (американский Шаттл), проявляется в основном в условиях ламинарного пограничного слоя.
3. Заявленный в работе метод улучшения каталитических свойств углерод-углеродных материалов за счет нанесения покрытий в автореферате не приведен.

**Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»** составленный начальником отдела 516 Устиновым С.Н., ведущим научным сотрудником отдела 516 Иванковым А.А. и утвержденный заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором С.Н. Шевченко содержит следующие замечания:

1. В разработанной в рамках теории пограничного слоя математической модели было бы полезно, наряду с рассматриваемыми процессами, учесть перенос тепла излучением в газовой среде, учитывая высокие температуры, достигаемые в ударном слое у поверхности аппарата, реализуемые, например, для скоростей входа ЛА порядка 2-й космической.
2. В диссертации подробно рассмотрена и исследовалась воздушная газовая смесь. В место с тем, наряду с этой газовой средой было бы полезно рассмотреть газовую смесь, состоящую в основном из двуокиси углерода,

соответствующей атмосферам Марса и Венеры. Это придало бы работе большую практическую значимость.

3. Материал автореферата диссертации представлен излишне лаконично. Нет информации о численном методе, используемом при проведении расчетов, особенностях вычислительного алгоритма, не приведены данные об используемых ресурсах ЭВМ и среде разработки программы, времени счета конкретных вариантов и др. Мало информации об экспериментальной части работы, отсутствуют данные о методике экспериментов, используемых экспериментальных установках.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Зубко А.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Горского В.В., доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах тепло- и массообмена, обширной практикой проведения экспериментальных исследований. Горский В.В. является автором книг и учебных пособий по процессам теплообмена в ламинарно-турбулентном течении, тепловой защиты летательных аппаратов на основе углеродных и керамометаллических материалов. Горский В.В. регулярно публикует статьи по тепломассообмену, методикам расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов, изучению тепловых процессов летательных аппаратов в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования, а также выступает на международных конференциях.

Выбор Алексева А.К., доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника, обосновывается его большим опытом в области численного моделирования процессов газовой динамики и тепломассообмена, проведения экспериментальных исследований аэродинамических характеристик летательных аппаратов различных типов, а

также исследований поведения летательных аппаратов в условиях сложного взаимодействия с различными видами течений. Алексеев А.К. регулярно публикует в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования, выступает на российских и международных конференциях. Его работы посвящены проблемам численного моделирования процессов газовой динамики, исследованиям особенностей и характеристик течений при взаимодействии с элементами летательного аппарата.

Ведущая организация Акционерное общество «Корпорация «Московский институт теплотехники» выбрана в соответствии с её высоким уровнем достижений в области разработки высокоскоростных летательных аппаратов с твердотопливными двигателями. Предприятие также выполняет ряд научно-исследовательских работ, имеющих целью повышение эффективности и технического уровня ракетного вооружения. Коллектив предприятия принял участие в создании таких изделий, как «Ярс», «Тополь-М», БРПЛ «Булава-30» с АПРК «Юрий Долгорукий», «Александр Невский», «Владимир Мономах». На предприятии получила развитие тематика сверхзвуковых крылатых ракет, межконтинентальных твердотопливных баллистических ракет. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения процессов, протекающих в высокоскоростных, химически активных, турбулентных течениях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана общая математическая модель тепло - и массообмена и химической кинетики химически активного пограничного слоя на каталитически активной поверхности;

- предложен критический анализ допущений американского исследователя Р. Гулларда, сделанных при выводе соотношения для расчёта

тепло - и массообмена на каталитически активной поверхности; на базе проведенного анализа в данной работе получено модифицированное соотношение Р.Гулларда, достоверность которого доказана экспериментально;

- сформулированы и реализованы в эксперименте основные положения по изменению каталитических свойств углерод-углеродных и металлокерамических композиционных материалов;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- применительно к анализируемой в диссертационной работе проблеме результативно использован математический комплекс уравнений, описывающих процессы термогазодинамики, тепломассообмена и химической кинетики;

- получены статистические расчётные, подтверждённые экспериментально данные, по тепло- и массообмену в широком диапазоне изменения каталитической активной поверхности материалов теплозащитного назначения;

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

- разработаны методические рекомендации по выбору и улучшению свойств композиционных теплозащитных материалов эксплуатируемых образцов ракетной и авиационной техники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- математическая модель согласуется с фундаментальными уравнениями термогазодинамики, тепломассообмена и химической кинетики при составлении математической модели;

- достоверность математической модели подтверждена её верификацией с использованием опубликованных экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в:

- составлении достоверной математической модели, описывающей комплекс процессов в зоне взаимодействия гетерогенных потоков высокоскоростного летательного аппарата при полете в плотных слоях атмосферы;
- проведении с использованием составленной математической модели комплекса модельных расчётов;
- разработке метода и средств определения и улучшения каталитических свойств и термостойкости композиционных материалов тепловой защиты.

Диссертация Зубко А.А. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение экспериментально теоретическим методом научной задачи термогазодинамики и тепломассообмена, сопутствующих обтеканию гиперзвуковыми потоками элементов конструкции летательных аппаратов, поверхности которых обладают каталитической активностью. Задача, решенная в диссертации, является составной частью проблемы аэродинамического нагрева высокоскоростных ЛА, которая выражается в исследовании процессов тепломассообмена, интенсивность которых значительно (до 25%) возрастает в связи с реализацией на поверхности таких аппаратов химически активных пограничных слоев. В этой связи, предложенные и апробированные в квалификационной работе методы и средства имеют первостепенное значение при проектировании и разработке термостойкой тепловой защиты летательных аппаратов гиперзвукового класса. Решение указанной задачи достигнуто путём формирования поверхности аппаратов тонких (до 200мкм) композиционных покрытий, обладающих высокой термостойкостью и малой каталитической активностью. Эта диссертация, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, удовлетворяет всем критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней».



На заседании 21.12.2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Зубко А.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.14, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 20 против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель  
диссертационного совета  
д. техн. наук, профессор



 Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д. техн. наук, профессор

 Зув Юрий Владимирович

21 декабря 2020 г.