

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 31.1.006.01 (Д 403.004.01),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ (ДЕПАРТАМЕНТ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ),
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 8 февраля 2022 г. № 2

О присуждении Кулемину Александру Васильевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Развитие расчётных и экспериментальных методов обоснования эксплуатационной живучести самолётных конструкций» по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (ранее 05.07.03 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов») в виде рукописи **принята к защите** 16 ноября 2021 года (протокол № 21) диссертационным советом 31.1.006.01 (Д 403.004.01), созданным на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности). Адрес организации: 140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1. Приказом Минобрнауки России от 15.02.2013 № 75/нк диссертационному совету 31.1.006.01 (Д 403.004.01) предоставлено право приема к защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук.

Соискатель Кулемин Александр Васильевич, 19 сентября 1979 года рождения.

В 2002 году соискатель с отличием окончил Самарский Государственный Аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (в настоящее время — Самарский национальный исследовательский университет). В 2006 году соискатель окончил аспирантуру ФГУП «ЦАГИ» по специальности 05.07.03 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель работает начальником сектора научно-исследовательского отделения «Ресурса конструкций летательных аппаратов» ФГУП «ЦАГИ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности).

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении «Ресурса конструкций летательных аппаратов» ФГУП «ЦАГИ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Департамент авиационной промышленности).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Нестеренко Григорий Ильич, главный научный сотрудник научно-исследовательского отделения «Ресурса конструкций летательных аппаратов» ФГУП «ЦАГИ».

Официальные оппоненты:

Стрижиус Виталий Ефимович, доктор технических наук, начальник департамента усталостной прочности и ресурса АО «АэроКомпозит»;

Матвиенко Юрий Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом прочности, живучести и безопасности машин Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» (ИМАШ РАН)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — Публичное акционерное общество «Авиационный

комплекс имени С.В. Ильюшина» (ПАО «Ил») в своём **положительном** отзыве, подписанном Калишем Александром Георгиевичем, главным конструктором по прочности и ресурсу ПАО «Ил» и Говоруном Максимом Валерьевичем, кандидатом технических наук, начальником отдела общей прочности ПАО «Ил» и утверждённом Ганиным Сергеем Викторовичем, Главным конструктором ПАО «Ил», **указала**, что диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей актуальные научно-практические результаты, основанные на существенном объёме проведённых соискателем экспериментальных исследований. Диссертация соответствует паспорту специальности, полностью удовлетворяет требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. (05.07.03) – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель имеет 24 опубликованные работы по теме диссертации, из них 4 работы опубликованы в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень ВАК российских рецензируемых научных журналов, или в изданиях для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Наиболее значимые работы:

1. Кулемин А.В., Нестеренко Б.Г., Нестеренко Г.И., Шмидт Г.Ю. Экспериментальное исследование поворота трещин // Проблемы машиностроения и надёжности машин. 2006. № 6. С. 90-96.

Работа посвящена экспериментальному исследованию поворота трещин в образцах типа двойной консольной балки (ДКБ) и крестообразных образцах. Представлено описание объектов испытаний, применяемой оснастки, а также испытательного оборудования, включая два четырёхканальных стенда для испытаний крупногабаритных крестообразных образцов. По результатам испытаний образцов ДКБ выполнена оценка влияния на развитие трещин следующих факторов: начальная длина разреза, ортотропия материала, тип нагружения (статический/усталостный). В дополнении к этому для крестообразных образцов: влияние толщины стопперов трещин и коэффициента двухосности. Личный вклад автора оценивается в 80% и состоит в подготовке образцов к испытанию, проведению испытаний и оформлению соответствующих протоколов, выполнении анализа итогов испытаний и подготовке выводов.

2. Березин А.В., Кулемин А. В., Нестеренко Б.Г., Нестеренко Г.И. Поворот трещин // Научный вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика, прочность, поддержание лётной годности ВС, № 130, 2008. С. 26-33.

В статье представлены результаты экспериментальных и расчётных исследований поворота трещин в образцах ДКБ и крестообразных образцах. Рассмотрена теория поворота трещин второго порядка. Выполнен расчёт поворота трещин в образцах ДКБ с использованием критерия поворота трещин второго порядка, а также с учётом рекомендаций по выбору начальных условий расчёта. Выполнен расчёт поворота трещин в образцах ДКБ и крестообразных образцах с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Проведено сравнение расчёта с экспериментом. Авторский вклад – 70% и состоит в том, что автором на основе результатов испытаний образцов ДКБ, а также опубликованных эмпирических зависимостей с учётом предложенных рекомендаций по выбору начальных условий расчёта, предложена процедура, позволяющая выполнить расчёт поворота трещин в образцах ДКБ (с удовлетворительным совпадением с экспериментом) без использования программных комплексов, использующих МКЭ.

3. Березин А.В., Жиркевич В.Ю., Кулемин А.В., Нестеренко Б.Г., Клемяшов А.Г. Обоснование безопасности эксплуатации конструкций фюзеляжей с многоочаговыми

трещинами // Проблемы машиностроения и автоматизации, № 1, 2018. С. 69-86.

Проводится анализ отечественных и зарубежных исследований развития многоочаговых трещин в продольных стыках фюзеляжей, даётся описание широкого ряда натурных экспериментов, обосновывается теоретическая модель усталостного разрушения, проводится численное моделирование процессов разрушения с использованием программного комплекса конечно-элементного моделирования ANSYS, сопоставляются результаты проводившихся разными методами исследований с целью обоснования критерия работоспособности фюзеляжей с многоочаговыми трещинами. Авторский вклад составляет – 30%. Автором проведены испытания образцов продольных стыков обшивки фюзеляжа, а также выполнен обзор зарубежных исследований по применению *R*-кривых для расчётов остаточной прочности образцов с многоочаговыми трещинами.

4. Нестеренко Г.И., Кулемин А.В., Ким А.С., Басов В.Н., Нестеренко Б.Г. Сравнительное исследование характеристик современных алюминиевых сплавов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, № 7. Том 85, 2019. С. 50-55.

Представлены результаты проведённых в испытательной лаборатории ФГУП «ЦАГИ» экспериментальных исследований статической прочности, усталости и трещиностойкости современных улучшенных алюминиевых сплавов, разработанных во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ»): 1163АТВ, 1163РДТВ, 1441РТ1, 1163Т, 1163Т7, 1161Т, В95очТ2, В96-3пчТ12, 1973Т2; и на фирме ALCOA (США): 2524-Т3, 6013-Т6 НДТ, 2324-Т39, С433-Т351, 7055-Т7751. Данные материалы применяются в конструкциях современных эксплуатируемых и проектируемых самолётов. Авторский вклад – 70%. Автором проведены испытания образцов из современных материалов обшивки фюзеляжа, проведена сравнительная оценка прочностных характеристик рассматриваемых материалов.

5. Кулемин А.В. Особенности процедур получения *R*-кривой по рекомендациям стандартов ASTM E 561-10 и ГОСТ 195122-88. 2-ая Международная конференция «Живучесть и конструкционное материаловедение» (SSMS-2014), 21-23 октября 2014 г., Москва, ИМАШ РАН.

В работе разработаны рекомендации по гармонизации метода получения *R*-кривой по отраслевому стандарту ГОСТ 195122-88 и зарубежному стандарту ASTM E 561-10. Авторский вклад – 90%. На примерах реальных экспериментальных данных автором рассмотрены отличия требований двух стандартов и даны соответствующие рекомендации.

6. Кулемин А.В. Расчётное определение статической трещиностойкости образцов различной ширины по параметрам *R*-кривой. 3-я Научно-техническая конференция ИМАШ РАН - «Динамика и прочность аэрогидроупругих систем. Численные методы», Москва, 21-23 октября 2015 г.

В работе представлена процедура, позволяющая расчётным путём получать значения вязкостей разрушений для образцов с центральной трещиной различной ширины по параметрам *R*-кривой, полученной на широком образце (шириной ≥ 750 мм). Авторский вклад – 90%. Автором предложена и верифицирована вышеуказанная процедура на результатах испытаний листовых алюминиевых материалов.

Основные результаты, описанные в публикациях, докладывались автором на российских и международных конференциях.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов и ведущей организации.

Отзыв официального оппонента В.Е. Стрижнуса – положительный, имеются следующие замечания:

1. В автореферате в Список публикаций по теме диссертации включены шесть годовых научно-технических отчётов, которые считаются публикациями только в

диссертациях под грифом ДСП.

2. Выводы к четвертой главе, где представлены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния длительной эксплуатации самолётов на характеристики усталости, трещиностойкости и механические свойства материалов конструкции фюзеляжа и крыла 4-рёх транспортных самолётов, несколько противоречат выводам, представленным ранее в работах научного руководителя диссертации д.т.н. профессора Нестеренко Г.И.

3. Вывод о том, что оценка деградации основных прочностных характеристик материалов будет учитываться при продлении ресурсов, а также при уточнении периодичности осмотров планеров длительно эксплуатируемых самолётов, необходимо подкрепить соответствующими положениями в Рекомендательном циркуляре РЦ 25.571-1А.

Отзыв официального оппонента Ю.Г. Матвиенко – положительный, имеются следующие замечания:

1. На с. 66 автор отмечает, что «если выполнить расчёт поворота трещин для ДКБ образцов с длиной начального надреза $a_n < 141$ мм, то, с учётом принятых начальных условий ($K_{II}=0$), отклонение трещины по расчёту не прогнозируется». Как автор может объяснить наблюдаемое явление с точки зрения физики и механики разрушения?

2. Автором рекомендуется при расчёте траектории роста трещины в ДКБ образцах с длинами надрезов $a_n \approx 40 - 90$ мм принимать отношение $K_{II}/K_I = 0.0075 \div 0.015$ (с. 68). Из каких соображений выбрано это отношение? Зависит ли оно от геометрических параметров образца и материала?

3. На с. 93 автор отмечает, что «Для расчёта траектории развития трещины необходимо задать начальный угол трещины θ_0 ». Из каких физических соображений назначается этот угол для крестообразных образцов? Является ли этот угол константой материала, размеров и геометрии трещины и образца, параметров двухосности напряжённого состояния?

4. В выводах к главе 3 расчётную R -кривую рекомендовано включить в Справочник по расчётным характеристикам авиационных металлических конструкционных материалов. Является ли эта расчётная R -кривая характеристикой материала или она зависит от толщины и ширины рассчитываемого элемента конструкции, а также от наличия стрингеров?

5. Автор предложил расчётные методы прогнозирования траектории трещин с определением характеристик трещиностойкости в тонкостенных конструкциях в условиях двухосного напряжённого состояния. Однако из текста диссертации не совсем ясно как изменение траектории трещины влияет (или может повлиять) на расчётные R -кривые и диаграммы усталостного роста трещины, что весьма важно при анализе и обосновании эксплуатационной живучести.

Отзыв ведущей организации положительный, высказаны следующие замечания:

1. В работе не описано каким образом, в настоящее время, в руководствах для конструкторов рекомендуется учитывать влияние двухосного напряжённого состояния при расчёте трещиностойкости герметических фюзеляжей.

2. В качестве примеров эффективности использования R -кривых, автор представляет два случая относящиеся к тонкостенным конструкциям, но ничего не сказано о применимости R -кривых для определения остаточной прочности массивных элементов конструкции, например, кронштейнов или элементов шасси.

3. В разделе по описанию методики расчётного определения вязкости разрушения по параметрам R -кривой, в качестве примера рассматривается расчётное получение вязкости разрушения для образцов из алюминиевого сплава 1163АТВ, но не упоминается об

апробации этой методики на других материалах, например, стальных листах или титановых сплавах.

4. По представленному обзору сводных данных по деградации материалов можно отметить, что зарубежные материалы, например, сплавы серии 2024, оказались значительно меньше подвержены деградации прочностных свойств по сравнению с отечественными сплавами, возможно это связано с технологией производства, но в выводах работы ничего об этом не сказано.

На автореферат поступило 6 отзывов из организаций, перечисленных ниже.

1) Публичное акционерное общество «Туполев» (г. Москва). Отзыв составил начальник бригады проектно-конструкторского центра «Прочность» ПАО «Туполев», кандидат технических наук Абдуллин Марат Равильевич. Отзыв положительный, содержит два замечания:

1. В разделе автореферата по расчёту поворота трещин не указана обоснованность замены реальной криволинейной траектории трещины на эквивалентную прямолинейную.

2. В разделе автореферата по R -кривым нет описания отличий подходов их экспериментального получения в соответствии с отечественным стандартом ОСТ и зарубежным ASTM.

2) Акционерное общество «Казанский вертолётный завод» (г. Казань). Отзыв составил ведущий инженер-конструктор отдела расчётов, кандидат технических наук Шакиров Марат Зуфарович. Отзыв положительный, содержит одно замечание:

1. Отсутствие в разделе по исследованию деградации прочностных свойств более широкой проработки причин, влияющих на это.

3) Филиал Публичного акционерного общества «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина» – ЭМЗ им. В.М. Мясищева (г. Жуковский). Отзыв составил заместитель начальника комплекса конструкции, прочности и технологичности, заместитель Главного конструктора Каракешиев Владимир Александрович. Отзыв положительный, содержит два замечания:

1. В автореферате не приведена расчётная модель или процедура определения остаточной прочности гермофюзеляжа с трещиной в условиях двухосного напряжённого состояния под действием давления наддува;

2. В автореферате, в разделе по R -кривым, нет рекомендаций в каких случаях необходимо использовать более точный, но и более сложный метод с использованием R -кривой, а в каких случаях применим более простой традиционный метод с использованием вязкости разрушения K_{IC}^Y .

4) Публичное акционерное общество «Корпорация «Иркут» (г. Москва). Отзыв составил начальник бригады расчётов долговечности и живучести отделения прочности КБ ИЦ Дериглазов Алексей Николаевич. Отзыв положительный, содержит четыре замечания:

1. В итогах первой главы указано, что с увеличением длины начального надреза в образцах ДКБ радиус поворота трещин уменьшается, не соответствует фотографиям испытанных образцов на Рисунке 2.

2. Во второй главе результаты расчёта по определению траектории роста трещины для соотношения нагрузок $\lambda=2$ не совпали с экспериментом (Рисунок 6). Возможно, что для такого соотношения нагрузок начальное значение угла трещины стоит увеличить.

3. Во второй главе при расчёте поворота трещин в крестообразных образцах не указано, каким образом учитывать наличие стопперов трещин, в автореферате не представлен пример сравнения расчёта с экспериментом для таких образцов.

4. В третьей главе не приведено представление R -кривых в зарубежных справочниках расчётных значений прочностных характеристик.

5) Федеральное государственное унитарное предприятие «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина» (г. Новосибирск). Отзыв составили: заместитель директора по научной работе, кандидат технических наук, доцент Чемезов Владимир Леонидович, заместитель начальника отделения усталостной и статической прочности авиационных конструкций, начальник аспирантуры, доктор технических наук Железнов Лев Петрович и заместитель начальника отделения усталостной и статической прочности авиационных конструкций Беспалов Валерий Андреевич. Отзыв положительный, содержит два замечания:

1. Из автореферата хотелось бы получить информацию о деталях экспериментального исследования деградации характеристик трещиностойкости материала в эксплуатации. В частности, не ясно за счёт чего получилось увеличение скорости роста трещин: действительно за счет эксплуатационных воздействий или за счёт возможных отличий исходных характеристик трещиностойкости полуфабрикатов со склада и полуфабрикатов, из которых были изготовлены старые самолёты.

2. Имеются замечания по оформлению: вводятся некоторые обозначения, которые не используются в дальнейшем, например, σ_{zz} , стр. 8, нет пояснения по отдельным параметрам формул.

6) Открытое акционерное общество «Всероссийский институт лёгких сплавов» (ВИЛС) (г. Москва). Отзыв составил начальник лаборатории металловедения и технологии алюминиевых сплавов ОАО «ВИЛС», доктор технических наук Захаров Валерий Владимирович. Отзыв положительный, содержит два замечания:

1. Из автореферата не ясно почему при испытании образца типа ДКБ демонстрируется идентичность условий напряжённого состояния элементам жёсткости в фюзеляже самолёта;

2. Не понятно, как согласуются между собой результаты настоящей работы и данные предыдущих исследований деградации свойств материала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями, компетентностью, наличием публикаций в данной сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод расчёта траектории поворота трещины в крестообразных образцах под действием двухосного напряжённого состояния и предложены рекомендации по учёту двухосного напряжённого состояния на трещиностойкость тонкостенных конструкций;

разработаны рекомендации по процедуре экспериментального получения R -кривых, первичной обработке данных эксперимента и метода включения R -кривых в Справочник расчётных значений характеристик металлических конструкционных материалов.

предложена и экспериментально апробирована процедура расчётного определения вязкости разрушения для плоских образцов различной ширины по параметрам R -кривой;

проведены испытания образцов вырезанных из конструкции списанных самолётов после длительной эксплуатации и выполнена оценка деградации характеристик усталости, трещиностойкости и механических свойств материалов исследуемых конструкций.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

разработаны новые методы оценки живучести элементов тонкостенных конструкций летательных аппаратов в условиях реального нагружения;

получены новые экспериментальные данные по изменению прочностных свойств материалов конструкции самолётов после длительной эксплуатации с целью формирования доказательной базы для возможности обоснованного продления срока службы самолётов сверх проектных значений.

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

разработанный проект методики по определению характеристик статической трещиностойкости металлических материалов при плоском напряжённом состоянии для построения кривой сопротивления распространению трещины (R -кривой) и определения критических значений коэффициентов интенсивности напряжений, с учётом гармонизации с требованиями зарубежного стандарта ASTM E 561, выпущен в качестве стандарта организации ФГУП «ЦАГИ» (СТО СМК 7-127-2016) и используются при выполнении договорных работ с ПАО «Корпорация «Иркут», ПАО «Ил», ПАО «Туполев», ФГУП «ВИАМ»;

разработанный метод получения R -кривой в качестве расчётной характеристики статической трещиностойкости материалов в условиях плоского напряжённого состояния, использован для получения расчётных R -кривых материалов В950чАТ2 и 1163 Т, которые впервые представлены в Авиационном справочнике «Расчётные значения характеристик авиационных металлических конструкционных материалов» (2018 г);

результаты экспериментальных исследований и анализ влияния длительной эксплуатации самолётов на прочностные характеристики материалов образцов вырезанных из основных элементов планера самолёта АН-22А, были использованы при согласовании Решения № ДЭАТ АН-22А-21-79 «О допуске к эксплуатации парка самолётов типа Ан-22А сроком службы с 47 до 50 лет в пределах назначенного ресурса».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены в сертифицированной испытательной лаборатории комплекса прочности ЛА ФГУП «ЦАГИ»;

использованы принятые в ФГУП «ЦАГИ» стандарты испытаний, методики анализа и обработки данных;

теория разработанного метода расчёта поворота трещин построена на использовании известных критериев, которые корректно описывают исследуемые процессы;

проведена верификация предложенного метода расчёта траекторий роста трещин путём сравнения расчёта с экспериментом;

Личный вклад соискателя состоит:

в выполнении аналитического обзора научной литературы по теме диссертационного исследования;

в проведении испытаний на трещиностойкость образцов типа двойной консольной балки и крестообразных образцов, позволивших получить уникальные данные о влиянии двухосного напряжённого состояния на параметры траектории роста трещин;

в разработке метода расчёта траектории роста трещин в крестообразных образцах и рекомендаций по учёту влияния поворота трещин в обшивке на характеристики трещиностойкости;

в разработке и верификации метода расчётного определения вязкости разрушения K_{IC}^y для плоских образцов различной ширины по параметрам R -кривой;

в разработке и внедрении процедуры получения R -кривой в качестве расчётной характеристики статической трещиностойкости материалов в условиях плоского напряжённого состояния;

в подготовке и испытании стандартных образцов вырезанных из конструкций планеров самолётов после длительной эксплуатации, с целью оценки деградации основных прочностных характеристик конструкционных материалов;

в подготовке публикаций в периодических изданиях и выступлениях с докладами на российских и международных конференциях.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается следованием основной идейной линии диссертации, обоснованным в начале диссертации целям и задачам исследования.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний. Соискатель Кулемин А.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию, удовлетворившую авторов вопросов.

На заседании 8 февраля 2022 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённым Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 11.09.2021 № 1539). Диссертационный совет постановил, за решение научной задачи, имеющей значение для развития расчетных и экспериментальных методов обоснования эксплуатационной живучести самолетных конструкций, присудить Кулемину Александру Васильевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.14. - «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них:

- по специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы»
 - 7 докторов физико-математических наук,
 - 1 доктор технических наук,
- по специальности 2.5.12. – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов»
 - 3 доктора физико-математических наук,
 - 5 докторов технических наук,
- по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»
 - 1 доктор физико-математических наук,
 - 5 докторов технических наук,

участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени — 22, против присуждения учёной степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель
диссертационного совета
31.1.006.01 (Д 403.004.01),
д.ф.-м.н., профессор, академик РАН

Сергей Леонидович Чернышев

Учёный секретарь
диссертационного совета
31.1.006.01 (Д 403.004.01),
д.ф.-м.н., доцент



Мурад Абрамович Брутян

8 февраля 2022 года