

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.307.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23 апреля 2026 г. № 290

О присуждении Минаеву Николаю Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии формообразования оребренных панелей раскаткой роликами и дробеударной обработкой» по специальности 2.5.6. Технология машиностроения принята к защите 12 февраля 2026г. (протокол заседания № 116) диссертационным советом 24.2.307.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83 (Приказ от 02.11.2012 № 714/нк о создании совета, приказ от 24.03.2021 № 256/нк о возобновлении работы совета).

Соискатель Минаев Николай Владимирович, 10 июня 1987 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет» по специальности «Мехатроника» с присуждением квалификации «инженер».

В период подготовки диссертации соискатель Минаев Н.В. обучался в аспирантуре (очная форма) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» по специальности 2.5.6 (05.02.08) «Технология машиностроения», окончил её в 2015 году,

работает в должности инженера-исследователя в научно-исследовательской лаборатории «Цифровое проектирование технологических процессов машиностроения», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология и оборудование машиностроительных производств», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО) «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Пашков Андрей Евгеньевич, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», кафедра «Технология и оборудование машиностроительных производств», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Максименков Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», кафедра «Самолетостроения», профессор (г. Воронеж),

Морозов Олег Игоревич, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением», и. о. заведующего кафедрой (г. Ульяновск)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – АО «Ульяновский научно-исследовательский институт авиационной технологии и организации производства» (г. Ульяновск), в своем положительном отзыве, подписанном Илюшкиным Максимом Валерьевичем, кандидатом технических наук, заместителем генерального директора по науке и утвержденном Марковцевым Владимиром Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, генеральным директором АО «Ульяновский НИАТ», указала, что диссертационная работа Минаева Николая Владимировича является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, соответствует паспорту научной специальности 2.5.6 – Технология машиностроения и отражает результаты деятельности автора по исследованию и разработке технологического процесса и оборудования для формообразования продольно-оребрённых панелей при сочетании операций раскатки роликами и дробеударной обработки. Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней ВАК РФ, а её автор, Минаев Николай Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных журналах из Перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ, 6 статей, 1 публикация – в международном издании, включенном в международную реферативную базу данных Scopus; имеются 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ (№2022617997, 2016611514, 2016611626) и 1 патент РФ (№120909 U1). Авторский вклад соискателя в научные публикации заключается в проработке известных теоретических и практических опубликованных данных по тематике диссертации, обработке результатов эксперимента, оформлении и подготовке материалов к публикации; вклад составляет 75 %. Объем научных статей – 4,94 печатных листа.

В опубликованных работах представлены результаты исследований по совершенствованию технологии формообразования оребренных панелей раскаткой роликами и дробеударной обработкой. В работах описаны методики подбора режимов раскатки роликами и прогнозирования нежелательной продольной деформации. Также представлена методика моделирования процесса раскатки роликами с помощью конечно-элементного анализа.

Недостовверные сведения об опубликованных соискателем работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значительные работы:

1. Пашков, А. Е. Моделирование технологической последовательности раскатка роликами - дробеударное формообразование подкрепленных панелей / А. Е. Пашков, А. А. Пашков, **Н. В. Минаев** // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2025. – № 3(780). – С. 57-68.

2: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617997 Российская Федерация. Расчет технологических параметров формообразования и правки ребристых панелей раскаткой роликами : № 2022617414 : заявл. 25.04.2022 : опубл. 27.04.2022 / А. А. Макарук, **Н. В. Минаев**, А. Е. Пашков [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

3. **Минаев, Н. В.** Методика расчета технологических параметров превентивного деформирования упрочняемых деталей типа «стенка» / А. А. Макарук, О. В. Самойленко, **Н. В. Минаев** [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2021. – Т. 25, № 1(156). – С. 8-16.

4. **Минаев, Н. В.** Проблемы измерения остаточных напряжений на образцах конструктивно подобных элементов алюминиевых деталей после раскатки роликами / **Н. В. Минаев**, А. Г. Тихонов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 4(52). – С. 84-88.

5. Макарук, А. А. Повышение эффективности формообразования и правки маложестких подкрепленных ребрами деталей раскаткой роликами / А. А. Макарук, **Н. В. Минаев** // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 12(107). – С. 63-70.

6. Макарук, А. А. К разработке автоматизированной технологии формообразования и правки маложестких деталей раскаткой роликами / А. А. Макарук, **Н. В. Минаев** // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 3(86). – С. 45-50.

7. Макарук, А. А. Технология формообразования и правки маложестких деталей раскаткой роликами / А. А. Макарук, **Н. В. Минаев** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 6-2. – С. 404-408.

8. Pashkov, A. Y. Automation methods for forming and rectifying stiffened parts with rolling machines / A. Y. Pashkov, A. A. Makaruk, **N. V. Minaev** // International Journal of Engineering and Technology. – 2016. – Vol. 7, No. 6. – P. 2030-2037.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущая организация АО «Ульяновский НИАТ», г. Ульяновск.

Замечания: 1) Моделирование процесса раскатки роликами, определение критической глубины внедрения роликов, необходимой для сквозного деформирования ребра, а также формирование базы данных внутренних силовых факторов процесса выполнены только для одного типоразмера ребра, что придаёт полученным результатам частный характер. Для иных толщин рёбер проведение аналогичных исследований требует повторной реализации в полном объёме. 2) Проверка разработанной методики проведена только для сплава В95пчТ2. Возникает вопрос о её применимости для других высокопрочных алюминиевых или, например, титановых сплавов, используемых в аналогичных конструкциях. 3) Влияет ли последовательность обработки рёбер внутри расчётного участка (например, от края к центру или

наоборот) на конечную форму панели? Даёт ли методика рекомендации по оптимальной последовательности? 4) В работе отсутствует методика применения результатов исследования при реализации комбинированной технологии РР-ДУФ для деталей с переменными геометрическими параметрами сечений (изменение толщины полотна, высоты и толщины рёбер) в направлении раскатки.

2. Официальный оппонент Максименков Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», профессор кафедры «Самолетостроение», г. Воронеж. *Замечания:* 1) Не просматривается в явном виде решение вопросов, связанных с возможностями и ограничениями применения комбинированного технологического процесса «раскатка рёбер роликами – дробеударное формообразование». 2) Моделирование процесса формообразования участка оребрённой панели двойной кривизны выполнено на одном образце, имитирующем зону перегиба. Влияние смежных областей с линейчатой формой, изменение толщины полотна, местные утолщения, карманы, люки не учитывалось. Это не позволяет оценить сходимость разработанных методик при обработке реальных деталей. 3) Недостаточно проработаны вопросы влияния собственного веса длинномерной панели, её положения и закрепления при раскатке рёбер и обработке дробью. Отсутствуют рекомендации по механизации и автоматизации вспомогательных операций и операционного контроля формы детали. 4) Проведение расчётов режимных параметров процесса раскатки роликами по разработанной методике остаётся трудоёмким и предъявляет высокие требования к квалификации исполнителя.

3. Официальный оппонент Морозов Олег Игоревич, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», и. о. зав. кафедрой «Материаловедение и обработка металлов давлением», г. Ульяновск. *Замечания:* 1) Нарушен порядок ссылок на

литературные источники по тексту диссертации. 2) Было бы крайне полезно представить в диссертации расчёт экономического эффекта от разработанных и внедрённых решений. 3) В разделе актуальности темы исследования автореферата автор представляет прессовую гибку как исключительно ручную операцию, требующую высокой квалификации исполнителей; при этом, автор не учитывает наличие прессового оборудования с ЧПУ, которое при соответствующем оснащении и программном обеспечении не уступает по возможностям предлагаемому автором решению; в таком случае требования к квалификации исполнителей при выполнении автоматизированной прессовой гибки будут не выше, чем в предлагаемом автором способе формообразования. 4) Предложенные автором методики базируются на применении программного обеспечения производства недружественных стран, что может существенно ограничить область их применения в отечественной практике. 5) При изучении взаимовлияния соседних ребер автор сам вводит условия, определяющие расстояния между ними при разбиении детали на расчетные участки, при этом остается непонятным, как действовать в случае, если эти условия в реальной детали конструктивно не обеспечиваются. 6) В третьем разделе работы автором в достаточном количестве приводятся регрессионные зависимости; было бы крайне полезно представить в тексте диссертации параметр оценки качества модели - коэффициент детерминации R^2 . 7) Все проведенные автором исследования ограничены только прямоугольной и Г-образной формой подкрепляющих ребер, что является лишь частным случаем общей конструкторской практики для авиационных деталей и может служить причиной ограниченности применения методик, предложенных автором исследования. 8) В разделе диссертации, отражающем апробацию работы, отсутствуют конкретные данные об участии в научно-технических конференциях (эти данные частично представлены в тексте автореферата).

Отзывы на автореферат:

1. Адигамов Руслан Рафкатович, кандидат технических наук, директор по техническому развитию и качеству АО «Северсталь Менеджмент», г. Череповец. *Замечания:* существенных замечаний не выявлено, дано пожелание о расширении материалов и применении машинного обучения. Вопросов нет.

2. Мерсон Дмитрий Львович, доктор физико-математических наук, профессор, директор научно-исследовательского института прогрессивных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти. *Замечания:* 1) Основной упор в работе сделан на моделировании процесса формообразования панели с продольным оребрением. Насколько разработанный технологический процесс критичен к естественному разбросу механических свойств исходного полуфабриката?

3. Тамадаев Вячеслав Гаранович, кандидат технических наук, доцент федерального государственного бюджетного образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», доцент кафедры «Технология машиностроения», г. Новочеркасск. *Замечания:* 1) В автореферате не указано, каким образом учитывается влияние исходных остаточных напряжений заготовки (состояние поставки и после фрезерования) на процесс последующего формообразования, и влияет ли этот фактор на точность расчёта режимов РР. 2) На рисунке 10 приведены графики зависимости стрелы прогиба от глубины внедрения роликов и от давления, причем указано, что аппроксимация выполнена полиномами четвертой степени; остаётся открытым вопрос о возможности использования полученных зависимостей (стрела прогиба – глубина внедрения – давление) для других типоразмеров роликов и иных материалов без повторного тарирования.

4. Кланцова Кристина Сергеевна, начальник НИО технологического сопровождения проектов, филиал ПАО «Яковлев» – «Региональные самолеты», г. Москва. *Замечания:* 1) В работе предложено разбиение панели на расчётные участки, но не приведён алгоритм учёта взаимовлияния рёбер при последовательном расчёте режимов для всей панели. Используется ли поправочный коэффициент, и как он определяется?

5. Лаптева Марина Юрьевна, кандидат технических наук, заместитель генерального директора, АО «Институт новых углеродных материалов и технологий» (АО «ИНУМИТ»), г. Москва. *Замечания:* 1) В деформационных и тарировочных полиномиальных уравнениях коэффициенты приведены с четырьмя знаками после запятой. Чем обусловлена такая точность, и насколько она оправдана с учётом погрешностей исходных экспериментальных данных?

6. Чигиринский Юлий Львович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» и **Ольштынский Сергей Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград. *Замечания:* 1) В автореферате отсутствуют в явном виде формулировки объекта и предмета исследования. 2) Желательно более чётко указать пределы применимости разработанной методики по типоразмерам панелей и материалам. 3) В автореферате не приведены количественные оценки адекватности и достоверности математических зависимостей (стр. 16), связывающих стрелы прогиба с глубиной внедрения роликов. 4) Не приведена количественная оценка экономической эффективности предлагаемой комбинированной технологии в сравнении с базовой (прессовая гибка).

7. Румянцев Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, начальник отдела, АО «Национальный институт авиационных технологий»,

г. Москва. *Замечания:* 1) Недостаточно полно проведён анализ конструктивных особенностей деталей типа монолитных панелей фюзеляжа и крыла (параметры двойной кривизны, толщина полотна, размеры стрингеров). Не рассмотрен процесс обработки для конкретных натуральных деталей. 2) Проведение исследований применительно только к одному сплаву (В95пчТ2) уменьшает перспективы использования результатов в отрасли. 3) Применение термина «раскатка» является некорректным, так как в соответствии с ГОСТ 18296 (п.24) этот термин пишется и произносится как «раскатывание».

8. Солозобов Валерий Иванович, директор по научно-техническому развитию, АО «Туполев», г. Москва. *Замечания:* 1) Не раскрыто понятие «технологическая наследственность» применительно к исследуемой технологии. Является ли это влиянием остаточных напряжений металлургических процессов (прокат, закалка, старение) в исходной заготовке, которые должны быть учтены в расчётах, или нечто другое? 2) При разработке устройств для РР-ДУФ не учтены такие конструктивные особенности, как переменная толщина полотна, высота, толщина и наклон рёбер в направлении от комля панелей к концевой части. Планируется ли развитие конструкции установки для работы с более сложными геометрическими формами? 3) Не раскрыт и не учтён в расчётах параметр продольной закрутки панели в долевом направлении. 4) Не указана расчётная величина увеличения длины панелей после проведения РР-ДУФ. 5) Не рассмотрен вариант инверсии РР-ДУФ (возможность повышения точности формообразования при смене порядка операций).

9. Фролова Дарья Михайловна, главный технолог инженерного центра, АО «Уральский завод гражданской авиации», г. Екатеринбург. *Замечания:* 1) Автор приводит результаты для коэффициента взаимовлияния рёбер при соотношении стрел прогиба 2 и 0,3. Хотелось бы уточнить: оценивалась ли зависимость этого коэффициента от шага рёбер и жёсткости

полотна, или принятые границы РУ (расстояние между рёбрами) полностью исключают эту зависимость? 2) При моделировании ДУФ применялся метод перебора внутренних силовых факторов из предварительно сформированной базы данных. Мне не совсем ясно, как обеспечивается уникальность соответствия между режимами обработки и эквивалентной нагрузкой для деталей разной геометрии.

Все отзывы положительные.

В отзывах отмечены актуальность выбранной темы исследования, научная новизна работы, а также практическая значимость полученных результатов исследования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими исследованиями в области оценки производственной технологичности конструкции изделия, способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, наличием научных разработок, публикаций в близкой области исследований, а также отсутствием совместных проектов, печатных работ.

В качестве примера публикаций, близких к тематике работы соискателя, можно привести следующие работы:

1. Карпухин, Е. Г. Особенности процесса формообразования заготовок сегментов шпангоутов на основе технологии гибки с растяжением прессованного профиля из высокопрочных алюминиевых сплавов / Е. Г. Карпухин, В. А. Марковцев // Заготовительные производства в машиностроении. – 2023. – Т. 21, № 6. – С. 257-264.

2. Карпухин, Е. Г. Моделирование процесса гибки с растяжением заготовки сегмента шпангоута на гибочно-растяжном прессе с ЧПУ / Е. Г. Карпухин, М. В. Илюшкин, В. А. Марковцев // Технология машиностроения. – 2023. – № 7. – С. 13-25.

3. Максименков, В. И. Комбинированная гофрированная панель для турбовентиляторного двигателя / В. И. Максименков, М. В. Молод,

М. И. Бояринцева // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2025. – Т. 21, № 2. – С. 212-216.

4. Морозов, О. И. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и износа инструмента холодной объемной штамповки с износостойким покрытием / О. И. Морозов, В. П. Табаков, Н. В. Мишов [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2025. – Т. 21, № 7(247). – С. 302-309.

5. Морозов, О. И. Моделирование напряжённо-деформированного состояния при холодной объёмной штамповке детали «Втулка наружная» номенклатуры ООО «УАЗ» / В. Н. Кокорин, О. И. Морозов, Н. В. Мишов [и др.] // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2023. – № 2(102). – С. 44-48.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика определения исходных данных для расчёта технологических параметров процесса формообразования оребрѐнных панелей раскаткой роликами и дробеударной обработкой, основанная на прогнозировании продольной компоненты двухосного изгиба от последующей дробеударной обработки с целью компенсации влияния технологической наследственности. Отличительная особенность методики заключается в использовании конечно-элементного моделирования для определения внутренних силовых факторов процесса дробеударного формообразования и построении тарировочных зависимостей глубины внедрения роликов от регулировочных параметров оборудования;

предложен метод определения режимов дробеударного формообразования на основе перебора внутренних силовых факторов из базы данных, сформированной конечно-элементным моделированием, а также расчётная модель, связывающая глубину внедрения роликов с регулировочными параметрами оборудования, позволяющая выполнять расчёт режимов

раскатки роликов на образцах в виде расчётных участков взамен их опытной обработки;

доказана возможность компенсации нежелательной продольной кривизны, возникающей при дробеударном формообразовании, за счёт управляемого воздействия на продольную компоненту кривизны в процессе раскатки роликами с расчётными режимами, что обеспечивает достижение требуемой точности формы панелей;

введены понятия «расчётный участок» для членения оребренных панелей при выполнении технологических расчётов, а также «коэффициент взаимовлияния соседних рёбер», количественно характеризующий изменение деформации одного ребра при последовательной раскатке другого.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано научное положение о взаимовлиянии соседних рёбер при последовательной раскатке роликами, количественно оценённое коэффициентом взаимовлияния, что позволило обосновать разбиение панели на расчётные участки;

применительно к проблематике диссертации результативно использовано нелинейное конечно-элементное моделирование для изучения напряжённо-деформированного состояния материала при раскатке роликами и дробеударном формообразовании, а также для построения тарировочных и деформационных зависимостей, что позволило заменить трудоёмкие натурные эксперименты на образцах расчётным моделированием, сократить объём опытных работ и обеспечить высокую точность прогнозирования формы панелей;

изложены основные подходы к реализации комбинированной технологии раскаткой роликами и дробеударной обработкой на оборудовании с ЧПУ, включая порядок разбиения панели на расчётные участки, этапы расчёта режимов обработки и последовательность операций;

раскрыта роль технологической наследственности в процессе дробеударного формообразования, а именно влияние продольной кривизны, возникающей при дробеобработке, на конечную форму детали и способ её компенсации за счёт упреждающего деформирования при раскатке;

изучены закономерности формирования остаточных сжимающих напряжений при раскатке роликами и определены критические глубины внедрения роликов, при которых пластическая деформация охватывает всю толщину ребра;

проведена модернизация существующих методик расчёта параметров раскатки роликами путём замены эмпирического подбора режимов на конечно-элементное моделирование на образцах в виде расчётных участков с последующей тарировкой оборудования.

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

разработаны и внедрены в производственных условиях технология комбинированного формообразования панелей с использованием установки УФП-1 с ЧПУ и дробемётной установки УДФ-4 (имеется акт внедрения);

определены перспективы практического использования разработанной методики при проектировании технологических процессов формообразования оребренных панелей, используемых в самолёто-, ракето- и судостроения, позволяющая оптимизировать режимы обработки за счёт перехода от эмпирического подбора к расчётному назначению параметров, сокращения числа опытных образцов и повышения точности;

созданы система практических рекомендаций для серийного производства продольно-оребрённых панелей на оборудовании с ЧПУ, включающая алгоритм расчёта режимов, порядок разбиения на расчётные участки и методы операционного контроля, а также специализированное программное обеспечение для автоматического расчёта режимов раскатки роликами рёбер и генерации управляющих программ;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию комбинированной технологии «раскатка роликами – дробеударное формообразование» на оборудовании с ЧПУ, включающие расширение номенклатуры материалов (титановые сплавы, стали), применение алгоритмов машинного обучения для определения режимов ДУФ, а также создание цифровой модели технологического сочетания «раскатка роликами – дробеударная обработка – зачистка – дробеударное упрочнение».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием современного высокоточного оборудования (цифровые измерительные головки Mitutoyo Digimatic ID-S, исследовательский комплекс УДИОН-2 для определения остаточных напряжений механическим методом удаления слоёв), обработка экспериментальных данных проведена с привлечением компьютерных методов (Microsoft Excel, Python);

теория построена на фундаментальных положениях технологии машиностроения, теории упругости и пластичности, метода конечных элементов, а также на классических подходах к исследованию напряжённо-деформированного состояния процессов поверхностного пластического деформирования;

идея базируется на обобщении и анализе передового опыта работ российских и зарубежных исследователей в области раскатки роликами и дробеударного формообразования;

использованы данные по технологическому обеспечению деталей при дробеударной обработке и раскатке роликами, полученные ранее другими исследователями, для продолжения исследований и поиска путей повышения эффективности обработки оребренных панелей;

установлено качественное совпадение полученных автором результатов (эпюры остаточных напряжений, стрелы прогибов) с данными,

представленными в научной литературе по формообразованию и правке оребрѐнных панелей и маложестких деталей;

использованы современные методики нелинейного конечно-элементного моделирования с применением CAD/CAE-систем (LSTC LS-Dyna, LS-Prepost), а также планирования экспериментов и статистической обработки данных, по оценке достоверности полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задач диссертационной работы. Им лично создана конечно-элементная модель процесса раскатки роликами, позволяющая определять напряжѐнно-деформированное состояние и остаточные напряжения в материале панелей. Выносимые на защиту положения, составляющие научную новизну, получены автором лично. Также автор данной работы проводил экспериментальные исследования (тарировка оборудования, обработка конструктивно-подобных образцов, измерение остаточных напряжений на УДИОН-2), анализировал и обрабатывал результаты, готовил материалы к публикации и сформулировал выводы. Кроме того, автор принимал непосредственное участие в разработке и совершенствовании технологии комбинированного формообразования панелей, а также в создании установки УФП-1 с ЧПУ, внедрѐнной в филиале ПАО «Ил» – Авиастар (г. Ульяновск).

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания относительно ограниченности выбора количества объектов исследования для проведения экспериментов (исследования проведены только для алюминиевого сплава В95пчТ2 и для рѐбер прямоугольного и Г-образного сечений), относительно неуказания способа учёта влияния исходных остаточных напряжений заготовки (состояние поставки и после фрезерования) на процесс последующего формообразования и относительно того, влияет ли этот фактор на точность расчёта режимов раскатки роликами, а также относительно отсутствия рассмотрения операции формообразования в последовательности «дробеударная обработка – раскатка роликами».

Соискатель Минаев Николай Владимирович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и аргументированно объяснил, что сплав В95пчТ2

является основным материалом для монолитно-фрезерованных панелей в отечественном авиастроении, а прямоугольное и Г-образное сечения рёбер – наиболее распространёнными конструктивными формами, в связи с чем для проведения экспериментов и были выбраны данные объекты. Таким образом, разработанная методика является универсальной; для других материалов и типов рёбер достаточно заменить механические характеристики и геометрию в конечно-элементной модели, после чего выполнить аналогичные расчёты по той же схеме.

Также соискатель объяснил, что, как показано в известных публикациях (Пашков А. Е.), влияние исходных остаточных напряжений от предшествующих операций выражается не более чем в 5%-ном изменении напряжённо-деформированного состояния от дробеобработки, и его можно не учитывать. Возникшее коробление детали после фрезерования учитывают путём предварительного измерения её кривизны перед расчётом режимов последовательности «раскатка роликами – дробеударное формообразование».

Соискатель Минаев Н. В. подробно и аргументированно объяснил, что использование операций в последовательности «дробеударная обработка – раскатка роликами» технологически нецелесообразно. После дробеударной обработки на поверхности детали возникает поперечная кривизна, что существенно увеличивает жёсткость панели в продольном направлении и не позволяет эффективно формировать требуемую продольную кривизну раскаткой роликов. Поэтому в работе обоснована и реализована последовательность «раскатка роликами – дробеударное формообразование» как единственно целесообразная для получения двойной кривизны с высокой точностью.

Диссертационный совет считает, что диссертация Минаева Н. В. на соискание учёной степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, направленной на повышение эффективности машиностроительного производства и качества монолитно-фрезерованных панелей.

На заседании 23 апреля 2026 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технологические разработки, направленные на решение проблем, связанных с совершенствованием технологического процесса формообразования крупногабаритных монолитно-фрезерованных панелей с продольным оребрением на основе комбинированного метода, сочетающего раскатку роликами и дробеударное формообразование, что имеет существенное значение для развития машиностроительной отрасли страны, присудить **Минаеву Николая Владимировичу** ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человек, из них **9** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **19**, против «нет», недействительных бюллетеней «нет».

Председательствующий на заседании диссертационного совета, заместитель председателя диссертационного совета, д.т.н., профессор



Пономарев
Борис Борисович

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



Вулых
Николай Валерьевич

Дата оформления заключения 24 апреля 2026 г.