



Акционерное общество  
«Уральский завод гражданской авиации»  
(АО «УЗГА»)

Адрес: ул. Бахчиванджи, 2 Г, г. Екатеринбург, Россия, 620025  
Телефон: +7 (343) 295-55-15  
Факс: +7 (343) 256-64-77

ОКПО: 01128452  
ОГРН: 1026605766560  
ИНН/КПП: 6664013640/668501001

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Минаева Николая Владимировича  
«Совершенствование технологии формообразования оребрѐнных панелей  
раскаткой роликами и дробеударной обработкой»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.5.6. – Технология машиностроения

Современные требования к точности и производительности изготовления крупногабаритных панелей двойной кривизны с продольным оребрением сегодня таковы, что без перехода от эмпирических методов формообразования к расчётно-обоснованным, автоматизированным технологиям уже не обойтись. Диссертационная работа Минаева Н.В., направленная на совершенствование комбинированного процесса «раскатка роликами – дробеударное формообразование» (РР–ДУФ) с применением конечно-элементного моделирования и оборудования с ЧПУ, на мой взгляд, попадает точно в цель – она безусловно актуальна и имеет прямое значение для авиастроительной отрасли.

Что касается научной новизны, то здесь действительно есть чем гордиться. Автор разработал методику компенсации влияния технологической наследственности операции ДУФ на продольную кривизну детали за счёт управляемого воздействия при раскатке. Обосновал применимость метода эквивалентной растягивающей силы для описания деформаций при РР – правда, с важной оговоркой о полном геометрическом подобии. Установил взаимовлияние соседних рѐбер панели при последовательной раскатке, что позволило научно обосновать разбиение панели на расчётные участки (РУ) и ввести коэффициент взаимовлияния, зависящий от соотношения стрел прогиба обрабатываемых рѐбер. И, наконец, предложил расчётную модель, связывающую глубину внедрения роликов с регулируемыми параметрами оборудования – это, кстати, позволило заменить трудоѐмкие натурные эксперименты конечно-элементным моделированием.

Особенно ценно, на мой взгляд, доказательство взаимовлияния соседних рѐбер. Автор убедительно показал: когда соотношение стрел прогиба соседних рѐбер превышает два, коэффициент взаимовлияния достигает 1,168, и более деформированное ребро начинает заметно влиять на менее деформированное. Это явление, если его игнорировать, может серьёзно исказить прогноз конеч-

ной формы панели. Принятое автором упрощение – замена целой панели совокупностью независимых расчётных участков – становится корректным именно благодаря тому, что количественная оценка этого взаимовлияния проведена, а при разбиении на РУ ширина полотна принимается равной расстоянию между рёбрами или до края детали, что минимизирует перекрёстные эффекты. Такой подход, согласитесь, позволяет сохранить точность расчёта при существенном снижении вычислительной сложности – в инженерной практике это дорогого стоит.

Практическая значимость работы подтверждается вполне осязаемыми результатами. На основе разработанных методик создано специализированное программное обеспечение для расчёта режимов РР и генерации управляющих программ – свидетельства о регистрации тому подтверждение. С участием автора спроектирована и, что немаловажно, внедрена в производство установка УФП-1 с ЧПУ (патент на полезную модель). Технологические рекомендации по комбинированному формообразованию РР–ДУФ сегодня используются в серийном производстве – это, на мой взгляд, самый весомый аргумент в пользу практической ценности работы.

Достоверность результатов, насколько можно судить по автореферату, обеспечена грамотным применением методов нелинейного конечно-элементного анализа (LSTC LS-Dyna), верификацией расчётных моделей на конструктивно-подобных образцах с использованием современных средств измерений и механического метода определения остаточных напряжений. И что особенно важно – сравнение расчётных и экспериментальных данных показало расхождение не более 5–9 %. Для такого сложного технологического процесса это очень хороший показатель, подтверждающий надёжность предложенных моделей и принятых упрощений (разбиение на РУ, метод эквивалентной нагрузки).

Тем не менее, при чтении автореферата возникло несколько вопросов, которыми хотелось бы поделиться. Во-первых, 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? Во-вторых, 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.

Впрочем, эти вопросы носят скорее уточняющий характер и ни в коей мере не снижают общей положительной оценки работы.

**Резюмируя:** диссертация Минаева Н.В. – это, без сомнения, завершённая научно-квалификационная работа, в которой решена актуальная задача совершенствования технологии формообразования оребрённых панелей. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых сте-

пений» (утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор, вполне заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

**Рецензент:**

(должность, место работы, учёная степень, звание)

Главный инженер АО «УЗГАЧ»  
«10» 04 2026 г.

*[Handwritten signature]* *Григорьев Д. М.*



Подпись Григорьевой Д. М. заверяю:

начальник отдела кадрового  
администрирования

*[Handwritten signature]* *Александр О. В. Андриева*