

Утверждаю
Ректор ФГБОУ ВО «Иркутский
национальный исследовательский
технический университет»
доктор технических наук, доцент
М.В. Корняков



3 » 09 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский национальный исследовательский
технический университет»**

Диссертация на тему «Технология обработки отверстий в смешанных пакетах при сборке крупногабаритных узлов на модульном оборудовании» выполнена на кафедре «Технология и оборудование машиностроительных производств» (ТОМП).

В 2012 году Султанова Альбина Руслановна окончила Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», получила полное высшее образование по специальности «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» и преобрела квалификацию инженера-механика.

В период подготовки диссертации соискатель Султанова А.Р. обучалась в аспирантуре (очная форма) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» по специальности по специальности 2.5.6 «Технология машиностроения» и окончила ее в 2022 году.

Научный руководитель – **Громашев Андрей Геннадьевич**, доктор технических наук, доцент, главный технолог АО «АэроКомпозит».

На заседании кафедры присутствовали:

1. Пашков А. Е., д.т.н., профессор, зав. кафедрой;
2. Каргапольцев С. К., д.т.н., профессор;
3. Кольцов В. П., д.т.н., профессор;
4. Свинин В. М., д.т.н., профессор;
5. Пономарев Б. Б., д.т.н., профессор;
6. Беломестных А. С., к.т.н., доцент;
7. Дияк А. Ю., к.т.н., доцент;
8. Зарак Т. В., к.т.н., доцент;
9. Иванов Ю. Н., к.т.н., доцент;
10. Исаченко А. С., к.т.н., доцент;

11. Казимиров Д. Ю., к.т.н., доцент;
12. Ле Чи Винь, к.т.н., доцент;
13. Майзель И. Г., к.т.н., доцент;
14. Макарук А. А., к.т.н., доцент;
15. Матлыгин Г. В., к.т.н., доцент;
16. Москвитин В. Н., к.т.н., доцент;
17. Пашков, А. А., к.т.н., доцент;
18. Пярых А. С., к.т.н., доцент;
19. Родыгина А. Е., к.т.н., доцент;
20. Самойленко О.В., к.т.н., доцент;
21. Стрелков А. Б., к.т.н., доцент;
22. Чащин Н. С., к.т.н., доцент.

Приглашенные лица:

1. Димов Ю. В., д.т.н., профессор, кафедра «Конструирование и стандартизация в машиностроении»;
2. Зайдес С. А., д.т.н., профессор, кафедра «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Представленная Султановой Альбиной Руслановной диссертация представляет собой самостоятельное исследование и является завершенным научным трудом, выполненным по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения».

Актуальность темы диссертационного исследования

Развитие метода модульной сборки авиационных конструкций типа кессон крыла из крупногабаритных деталей и сборочных единиц (ДСЕ) (ПКМ-панели, ПКМ-лонжероны, металлические нервюры и металлические кронштейны) выдвинуло на передний план решение задачи исключения этапа предварительного многопереходного сверления и сборки на технологический крепеж конструкций перед герметизацией топливно-воздушных отсеков за счет повышения эффективности процессов образования окончательных отверстий за один-два перехода в крупногабаритных узлах со смешанными пакетами (СП) с последующей разборкой и возвратным точным позиционированием собираемых ДСЕ с постановкой окончательного крепежа в герметизируемые пакеты. На решение данной задачи направлены разрабатываемые в диссертации методы и технические средства, которые в конечном итоге позволяют обеспечить необходимое качество отверстий и выполнения соединений в СП, а также повышение производительности процессов сборки герметичных топливно-воздушных отсеков и агрегатов на примере кессонов крыла гражданского самолета.

Целью работы является обеспечение собираемости герметичных конструкций из крупногабаритных ДСЕ из ПКМ и металлических сплавов при сборке на

модульном оборудовании с выполнением механических соединений с образованием отверстий окончательного диаметра с помощью автоматизированной сверлильной машины с ЧПУ.

Основные научные результаты:

1. Произведен расчет предельных отклонений геометрического положения базовых точек, необходимых для привязки автоматизированной сверлильной машины к конструкции собираемого узла.

2. Произведен расчет предельных отклонений геометрического положения обработанных отверстий при разборке пакета собираемого узла и обратном точном позиционировании деталей в сборочное положение.

3. Определены режимы резания, позволяющие выполнять отверстия в смешанных пакетах за минимальное количество переходов.

4. Определено количество технологического крепежа, которое бы обеспечило плотность сжатия пакета в крупногабаритном узле при обработке отверстий на автоматизированных сверлильных машинах с ЧПУ.

5. На основе экспериментальных исследований установлено, что для обеспечения точности геометрического положения отверстий 0,5 мм длинномерные детали необходимо делить на подзоны длиной не более 1 м.

6. Выявлено, что технология обработки отверстий на автоматизированных сверлильных машинах с ЧПУ позволяет с помощью комбинированного инструмента сверлить отверстия окончательного диаметра за один-два перехода в крупногабаритных узлах со смешанными пакетами по заранее запрограммированному маршруту обработки отверстий, обеспечивая точность диаметра отверстия, а также точность его геометрического положения.

7. Экспериментальные исследования доказывают, что при обработке отверстий в смешанных пакетах на автоматизированном станке с ЧПУ и сборке на модульном оборудовании при соблюдении рекомендованных режимов резания, при установке 50% технологического крепежа, при делении длинномерных деталей на подзоны не более 1 м, при привязке с помощью рототрансляции можно добиться точности отверстия Н9, шероховатости в металлическом слое Ra 1,6 мкм, а также точности геометрического положения 0,5 мм.

8. Экспериментальные исследования доказывают, что технология сборки на модульном оборудовании позволяет выполнять отверстия в окончательный диаметр с точностью по 9-му качеству с последующей разборкой и обратным точным позиционированием пакета, то есть перед процессом герметизации.

9. Разработанный и внедренный в реальное производство технологический процесс выполнения механических соединений в пакетах из композиционных и металлических сплавов при сборке на модульном оборудовании обеспечивает повышение эффективности процесса сборки и качества изделий за счет технологии обработки отверстий, а также точного позиционирования ДСЕ с условием разборки пакета и возвратным точным положением.

Конкретное личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации:

Все результаты получены автором самостоятельно. Султанова А.Р. сформулировала цели и задачи диссертационной работы. Соискателем самостоятельно рассчитаны точность геометрических параметров ОЧК, предельные отклонения геометрического положения базовых точек, необходимых для привязки автоматизированной сверлильной машины, а также предельные отклонения геометрического положения обработанных отверстий при разборке пакета и обратном точном позиционировании. Автором разработана методика экспериментального исследования технологии обработки отверстий в крупногабаритном узле со смешанными пакетами при сборке на модульном оборудовании. Автор данной работы проводил экспериментальные исследования, анализировал и обрабатывал результаты, готовил материалы к публикации и сформулировал выводы и положения, которые будут вынесены на защиту.

Достоверность подтверждена сходимостью результатов экспериментальных и производственных испытаний. Обоснованность выводов подтверждается опытом практической реализации результатов исследования в производстве. Экспериментальные результаты получены с использованием современного высокоточного аналитического оборудования: лазерного трекера, нутромера микрометрического трехточечного, профилометра.

Научная новизна работы:

Впервые установлена взаимосвязь технологических процессов обработки отверстий в окончательный размер за один-два перехода и автоматизированного позиционирования ДСЕ с требованиями условий разборки пакета и последующего точного позиционирования собираемых деталей при выполнении сборки крупногабаритных конструкций со смешанными пакетами на модульном оборудовании, обеспечивающем необходимое качество изделий и эффективность процесса получения крупногабаритных сборочных конструкций (п. 2, п.4, п. 9 паспорта специальности 2.5.6).

Предложена математическая модель привязки автоматизированной сверлильной машины к собираемой конструкции в виде зон с набором базовых точек и разработан метод определения предельных отклонений геометрического положения базовых точек для привязки оборудования к собираемой конструкции при модульной сборке агрегатов (п. 5 паспорта специальности 2.5.6).

Обоснована возможность определения расчётным путем предельных отклонений геометрического положения окончательно обработанных отверстий при разборке собираемого пакета для обратного точного позиционирования деталей в заданное положение с целью обеспечения собираемости конструкции методом модульной сборки (п. 5 паспорта специальности 2.5.6).

Определены режимы резания, необходимое количество технологического крепежа, позволяющие выполнять отверстия окончательного размера (диаметра) в смешанных пакетах деталей (ПКМ+металл) за минимальное количество переходов

с помощью автоматизированной сверлильной машины с ЧПУ при сборке на модульном оборудовании (п. 7 паспорта специальности 2.5.6).

На основе теоретических и экспериментальных исследований установлена взаимосвязь режимов обработки отверстий с условиями позиционирования инструмента относительно деталей собираемого пакета при сборке с применением автоматизированного модульного оборудования, позволяющая выполнять отверстия в окончательный размер по 9-му качеству с точностью геометрического положения до 0,5 мм с последующей разборкой и обратным точным позиционированием собираемых деталей смешанного пакета (п. 8 паспорта специальности 2.5.6).

Теоретическая и практическая значимость работы.

Представленные способы и технические средства выполнения технологических процессов сборки и обработки точных отверстий окончательного диаметра за минимальное количество переходов в смешанных пакетах в условиях применения модульного сборочного оборудования с ЧПУ легли в основу разработки технологических инструкций и технических рекомендаций для технологического процесса модульной сборки, внедренного на АО «АэроКомпозит-Ульяновск».

Использование данных технологических инструкций и технических рекомендаций в реальном сборочном производстве обеспечило сокращение цикла и трудоемкости сборки крупногабаритных узлов со смешанными пакетами (детали ПКМ+металл) типа крыло пассажирского самолета.

Разработан и защищен патентом РФ на изобретение способ модульной сборки стыковой нервюры самолета для соединения консолей крыла с центропланом и устройство для осуществления способа.

Разработан и защищен патентом РФ на изобретение способ модульной сборки кессона консоли крыла самолета с деталями из углеродных полимерных материалов и металлов и сборочная линия с устройствами для осуществления способа.

Полнота изложения диссертации в работах, опубликованных автором

Основное содержание диссертационной работы и ее результатов полностью отражено в 8 научных и научно-технических работах автора.

Статьи в международных журналах, включенных в WOS/SCOPUS:

1. Sultanova A.R. A study of cutting forces when drilling CFRP/Ti stacks / Y. N. Ivanov, N. S. Chashhin, A. R. Sultanova // Journal of Physics: Conference Series, Moscow, 20 ноября 2020 года. – Moscow, 2021. – P. 012035.

Статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ:

2. Султанова, А. Р. Исследование качества герметизации конструкций с деталями из полимерных композиционных материалов при сборке и установке крепежа по неотвержденному внутришовному герметику / А. Р. Султанова, А. А. Сафронов, А. Г. Громашев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2019. – Т. 23, № 5(148). – С. 884-894.

3. Sultanova A.R. Machining of holes in a large hybrid structure during its assembly using modular equipment/ A. G. Gromashev, A. R. Sultanova // iPolytech Journal – 2025. – Т. 29, № 4. – С. 438-452.

Статьи в сборниках конференций и других изданиях:

4. Султанова, А. Р. Подготовка отверстий в смешанных пакетах для выполнения соединений деталей крыла самолета МС-21 / А. Р. Султанова, А. Г. Громашев // *Авиационная промышленность*. – 2021. – № 1. – С. 30-35.

5. Султанова, А. Р. Модульный принцип сборки авиационных конструкций и оборудование для его реализации / А. Г. Громашев, А. Р. Султанова, Е. В. Масохин // *Авиационная промышленность*. – 2021. – № 3-4. – С. 58-65.

6. Султанова, А. Р. Сверление отверстий в смешанных пакетах на примере крыла самолета МС-21 / А. Р. Султанова, А. Г. Громашев // *Авиамашиностроение и транспорт Сибири : Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции, Иркутск, 22 декабря 2020 года*. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2021. – С. 216-223.

Патенты на изобретение:

7. Патент № 2749432 С1 Российская Федерация, МПК В64F 5/10, В25В 11/02, В64С 1/26. Способ модульной сборки стыковой нервюры самолета для соединения консолей крыла с центропланом и устройство для осуществления способа : № 2020100086 : заявл. 10.01.2020 : опубл. 10.06.2021 / А. Г. Громашев, А. И. Гайданский, А. В. Ульянов [и др.]; заявитель Акционерное общество "АэроКомпозит".

8. Патент № 2774870 С1 Российская Федерация, МПК В64F 5/00, В64F 5/10, В23Р 21/00. Способ модульной сборки кессона консоли крыла самолета с деталями из углеродных полимерных композиционных материалов и металлов и сборочная линия с устройствами для осуществления способа: № 2021127387 : заявл. 17.09.2021 : опубл. 23.06.2022 / А. Г. Громашев, А. И. Гайданский, А. В. Ульянов [и др.]; заявитель Акционерное общество "АэроКомпозит".

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на X Международной научно-технической конференции «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» (ИРНИТУ, г. Иркутск, 21.05-26.05.2018 г.), на XII Международной научно-технической конференции «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» (ИРНИТУ, г. Иркутск, 27.05-01.06.2019 г.), на XIV Международной научно-технической конференции «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» (ИРНИТУ, г. Иркутск, 21.09-26.09.2020 г.), на Международной конференции «Композитные материалы и конструкции» (МАИ, г. Москва, 10.11.2020 г.), на XV Всероссийской научно-технической конференции «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» (ИРНИТУ, г. Иркутск, 22.12.2020 г.).

Выводы

Диссертация Султановой Альбиной Руслановной «Технология обработки отверстий в смешанных пакетах при сборке крупногабаритных узлов на модульном оборудовании» является законченным научным исследованием. Выполнено на высоком научном уровне, обладает существенной актуальностью. Диссертация обобщает самостоятельные исследования автора. Выдвинутые автором положения представляют собой научно обоснованные теоретические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в области повышения эффективности процесса сборки крупногабаритных узлов.

На расширенном заседании кафедры «Технологии и оборудования машиностроительных производств» **приняты следующие решения:**

1. Признать, что по актуальности изученной проблемы, научной новизне, практической полезности полученных результатов работа А.Р. Султановой «Технология обработки отверстий в смешанных пакетах при сборке крупногабаритных узлов на модульном оборудовании» удовлетворяет всем требованиям, предъявленным к кандидатским диссертациям.

2. Рекомендовать к защите диссертационную работу Султановой Альбиной Руслановны «Технология обработки отверстий в смешанных пакетах при сборке крупногабаритных узлов на модульном оборудовании» в Диссертационном Совете Д 212.073.02 при ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения.

Результаты голосования о рекомендации Султановой А.Р. к защите в диссертационном совете 24.2.307.01.

«за» — 24 чел.;

«против» — 0 чел.;

«воздержалось» — 0 чел.;

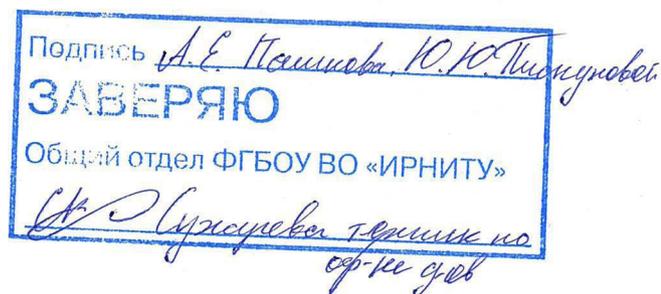
Протокол № 11 от 27.06.2025 г.

Председатель расширенного заседания
Кафедры «Технология и оборудование
машиностроительных производств»
д.т.н., профессор

Пашков А.Е.

Секретарь заседания

Пискунова Ю.Ю.

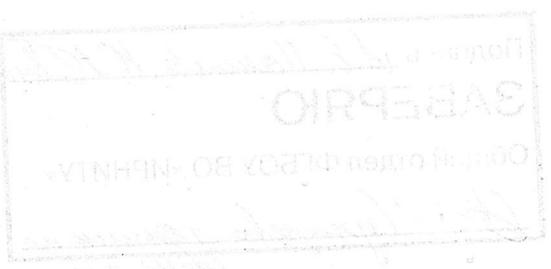


1. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
2. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
3. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
4. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
5. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
6. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
7. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
8. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
9. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...
10. Рассмотреть доклад о выполнении работ по созданию...

Протокол № 11 от 27.06.2012 г.
Секретарь заседания
д.т.н., профессор

Исполнительный директор
Исполнительный директор

Иванов А.В.
Тихонов Ю.Ю.



Специалист по управлению персоналом 1 категории
[Signature]