

*Научная библиотека УлГТУ
Отдел библиотечного обслуживания
Самолетостроительного факультета
(ИАТУ)*

Сборочные процессы в самолетостроении

Виртуальная выставка



*Уважаемые читатели,
в экспозицию вошли полнотекстовые
электронные издания из ЭБС «Лань» и IPR
SMART , Научной электронной
библиотеки Elibrary , доступ к которым
осуществляет наш университет. Для
работы необходима предварительная
регистрация с IP-адресов УлГТУ.*



Гусева, Р. И. Технология сборки самолета : учебное пособие
/ Р. И. Гусева. -Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. -
180 с.



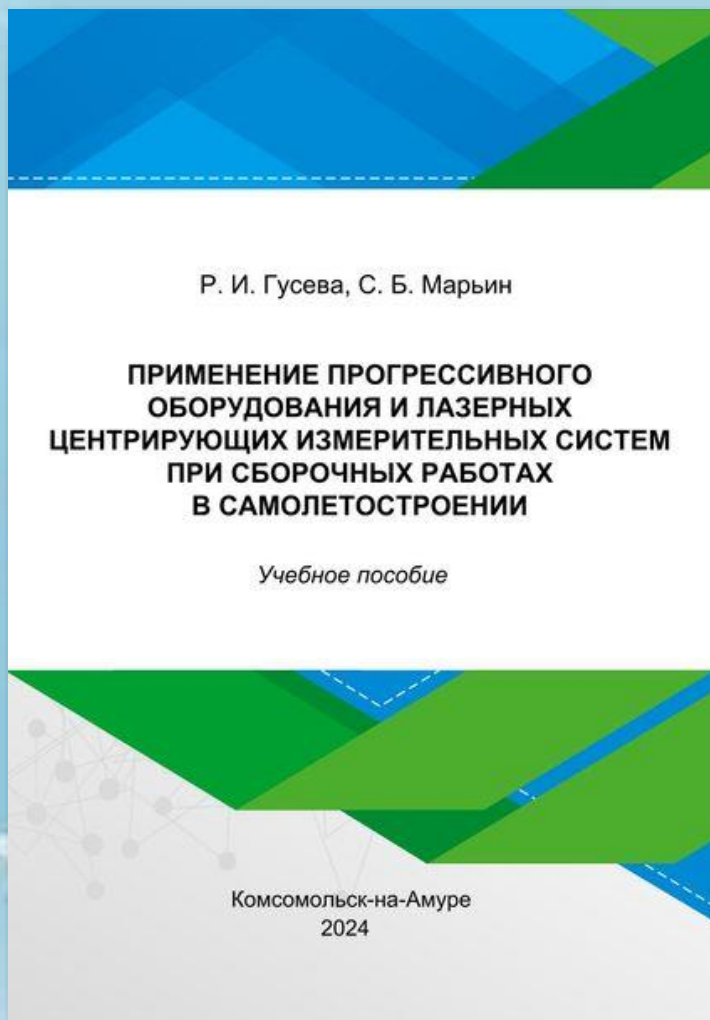
Р. И. ГУСЕВА

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ САМОЛЕТА

 «Инфра-Инженерия»

Рассмотрены особенности сборочных работ при производстве гражданских и военных самолетов. Поэтапно представлены теоретические основы сборки узлов и агрегатов планера самолета и их практическое применение: способы базирования при сборке отдельных узлов и агрегатов; вопросы обеспечения взаимозаменяемости узлов и агрегатов планера самолета для оптимальной сборки планера самолета и замены узлов и агрегатов в процессе технического обслуживания самолета; варианты сборочной технологической оснастки для сборочных работ; основные сведения по применению прогрессивного оборудования для сборочных и стыковочных работ. Представлены технологии сборки отдельных сборочных единиц (лонжерона, нервюр, панелей подкрепленных и трехслойных, носового отсека фюзеляжа, отъемной части крыла, элерона), вопросы изготовления и использования сотовых и пенопластовых заполнителей. Для студентов специальности «Самолето- и вертолетостроение» со специализацией «Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов» и по направлению «Авиастроение» по профилю «Самолетостроение». Может быть использовано в качестве справочного и рекомендательного материала для составления технологических процессов сборки узлов и агрегатов планера самолета на серийных предприятиях.

[Читать](#)



Гусева, Р. И. Применение прогрессивного оборудования и лазерных центрирующих измерительных систем при сборочных работах в самолетостроении : учебное пособие / Р. И. Гусева, С. Б. Марьин. - Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2024.-80 с.

В учебном пособии рассматриваются вопросы использования лазерных центрирующих измерительных систем при агрегатной и окончательной сборке самолетов, а также особенности сборочных работ на клепальном автомате фирмы IPAC и стыковочных работ при стыковке отдельных агрегатов самолета между собой с применением стыковочных стендов фирмы «Broetje» («Братье»). Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 24.05.07 – «Самолето- и вертолетостроение».

[Читать](#)

Ахатов, Р. Х. Технологические процессы сборки в авиастроении : учебное пособие / Р. Х. Ахатов. -Иркутск : ИРНИТУ, 2022. - 264 с.

Соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки «Самолето- и вертолетостроение». Рассмотрены типовые технологические процессы сборки конструктивных элементов планера самолета на всех этапах производства от узловой сборки до окончательной. Особое внимание уделено современным технологическим процессам организации поточной автоматизированной сборки самолета МС-21. Определены понятия координатного базирования и цифровой сборки. Рассмотрена компоновка сборочных станций при поточной сборке самолета. Предназначено для студентов 5-го курса Института авиамашиностроения и транспорта ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», изучающих дисциплину «Технология сборки» в рамках подготовки специалистов.

[Читать](#)



Бехметьев, В. И. Проектирование специальных приспособлений для сборки агрегатов авиационной техники : учебное пособие / В. И. Бехметьев, А. Р. Денискина, Д. С. Дуров. - Москва : МАИ, 2025. - 55 с.

В пособии рассмотрены основные вопросы механизации сборочных приспособлений, приведены виды силовых приводов, систем механизации, даны некоторые конструктивные варианты механизированных устройств ступеней и кратко изложена методика проектирования механизированных приспособлений. Учебное пособие предназначено для студентов направления подготовки 24.03.04 «Авиационное строительство» и специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», изучающих дисциплины «Технология производства самолетов (вертолетов)», «Технология производства летательных аппаратов» и др., в которых рассматриваются вопросы технологии сборки авиационных конструкций, расчета и проектирования сборочных приспособлений.

[Читать](#)





Ахатов, Р. Х. Автоматизация сборочного оснащения в авиастроении : учебное пособие / Р. Х. Ахатов. - Иркутск : ИРНИТУ, 2022. - 258 с.

Соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки «Самолето- и вертолетостроение». Рассмотрены вопросы технологического оснащения современного сборочного производства, включающие различные виды технологического оборудования для выполнения сборочных работ: от ручного механизированного до автоматизированного. Особое внимание уделено вопросам построения средств технологического оснащения для автоматизированного поточного сборочного производства, включающих программно-технические средства моделирования и управления процессами сборки на основе цифровых моделей базирования и автоматизированных систем координатного позиционирования. Предназначено для студентов 5-го курса Института авиамашиностроения и транспорта ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», изучающих дисциплину «Проектирование сборочных приспособлений» в рамках подготовки специалистов.

[Читать](#)



В.Г. ДРОБЫШЕВСКИЙ Н.В. КАЛИНИНА П.Л. СПЕХОВ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНАСТКИ ДЛЯ
СБОРКИ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТОВ**



Нижний Новгород 2024

Дробышевский, В. Г. Технологические основы проектирования оснастки для сборки агрегатов самолетов : учебное пособие / В. Г. Дробышевский, Н. В. Калинина, П. Л. Спехов. - Нижний Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2024.-105 с.

Рассматривается объем, структура и содержание выпускной квалификационной работы (ВКР) технологического направления при проектировании цехов агрегатной и общей сборки самолетов. Приведены справочные материалы по расчету технико-экономических показателей проектируемого цеха (участка), определению трудоемкости и себестоимости изготовления и оснащения агрегата (самолета), рекомендации по разработке укрупненного технологического процесса сборки агрегата (самолета), проектированию технологических приспособлений и их прочностной оценке, разработке планировки цеха (участка). Предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Самолето- и вертолетостроение» при подготовке ВКР.

[Читать](#)

Гусева, Р. И. Проектирование и монтаж сборочных приспособлений : учебное пособие / Р. И. Гусева, С. Б. Марьин. - Комсомольск-на-Амуре : КНАГУ, 2022. - 99 с.

В учебном пособии приведены теоретические основы сборки узлов и агрегатов планера самолета. Представлены способы базирования элементов для обеспечения точности сборки. Освещены вопросы обеспечения взаимозаменяемости узлов и агрегатов планера самолета. Подробно рассмотрены применяемая технологическая оснастка, используемая в сборочных работах, варианты сборочных приспособлений, проектирование и расчет на жесткость элементов сборочных приспособлений, а также материал по монтажу сборочных приспособлений с применением лазерных устройств. Предназначено для студентов специальности 24.05.07 – «Самолето- и вертолетостроение».

[Читать](#)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Р. И. Гусева, С. Б. Марьин

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ
СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Рекомендовано Дальневосточным региональным
учебно-методическим центром (ДВ РУМЦ)
в качестве учебного пособия для студентов специальности
24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» вузов региона

Комсомольск-на-Амуре
2022

Ахатов, Р. Х. Технология сборки самолёта : учебное пособие / Р. Х. Ахатов. - Иркутск : ИРНИТУ, 2020. -240 с.

Соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки «Самолето- и вертолестроение». Рассмотрены типовые технологические процессы сборки конструктивных элементов планера самолета на всех этапах производства от узловой сборки до окончательной. Особое внимание уделено современным технологическим процессам организации поточной автоматизированной сборки самолета МС-21. Определены понятия координатного базирования и цифровой сборки. Рассмотрена компоновка сборочных станций при поточной сборке самолета. Предназначено для студентов 5-го курса Института авиационного строительства и транспорта ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», изучающих дисциплину «Технология сборки» в рамках подготовки специалистов.

[Читать](#)



Людоговский П. Л.

**Основы проектирования
сборочной оснастки в
технологиях производства
летательных аппаратов**

Людоговский, П. Л. Основы проектирования сборочной оснастки в технологиях производства летательных аппаратов: учебное пособие / П. Л. Людоговский. - Казань : КНИТУ-КАИ, 2016. - 244 с.

Излагаются основные требования, предъявляемые к точности геометрических обводов поверхности летательных аппаратов и качеству поверхности их узлов и агрегатов на этапах сборки. Большое внимание уделяется анализу методов сборки и способов базирования при реализации технологических процессов сборки авиационных конструкций. Раскрываются существующие в авиастроении методы увязки размеров деталей и сборочных единиц летательных аппаратов при их проектировании, изготовлении и сборке. Подробно рассмотрен получивший широкое внедрение и развитие в современном авиастроении метод увязки электронным моделированием с использованием CAD/CAM/CAE технологий, его структура, функции и средства технического и программного обеспечения. Проведен анализ конструктивно-технологических особенностей сборочной оснастки в авиастроении, подробно представлены последовательные этапы проектирования сборочных приспособлений в условиях электронного моделирования и применения при их монтаже, контроле и мониторинге координатно-измерительных систем на базе лазерного трекера. Даны необходимые справочные материалы в виде схем и таблиц. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 24.03.04 «Авиастроение» и по направлению подготовки специалистов 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», изучающих основы проектирования и производства летательных аппаратов.

[Читать](#)



Гусева, Р. И. Технологии изготовления композиционных полимерных изделий в самолетостроении : учебное пособие / Р. И. Гусева. - Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 176 с.

Обобщены сведения о структуре, классификации, свойствах полимерных композитов, типах наполнителей и связующих. Рассмотрены методы формования полимерных композитных изделий, применяемых в самолетостроении. Подробно представлены варианты технологий формования различных композитных изделий, таких как трехслойные панели, обтекатели, стабилизаторы, лопасти винтов вертолета, нервюры, длинномерные и толстостенные изделия типа лонжеронов и втулок воздушного винта вертолета. Для студентов и аспирантов специальности «Самолето- и вертолетостроение».

[Читать](#)

Фёдоров И. А.

**Отработка конструкции
летательных аппаратов на
технологичность при
проектировании сборочных
процессов**

Фёдоров, И. А. Отработка конструкции летательных аппаратов на технологичность при проектировании сборочных процессов : учебное пособие / И. А. Фёдоров. - Москва : МАИ, 2024. - 96 с.

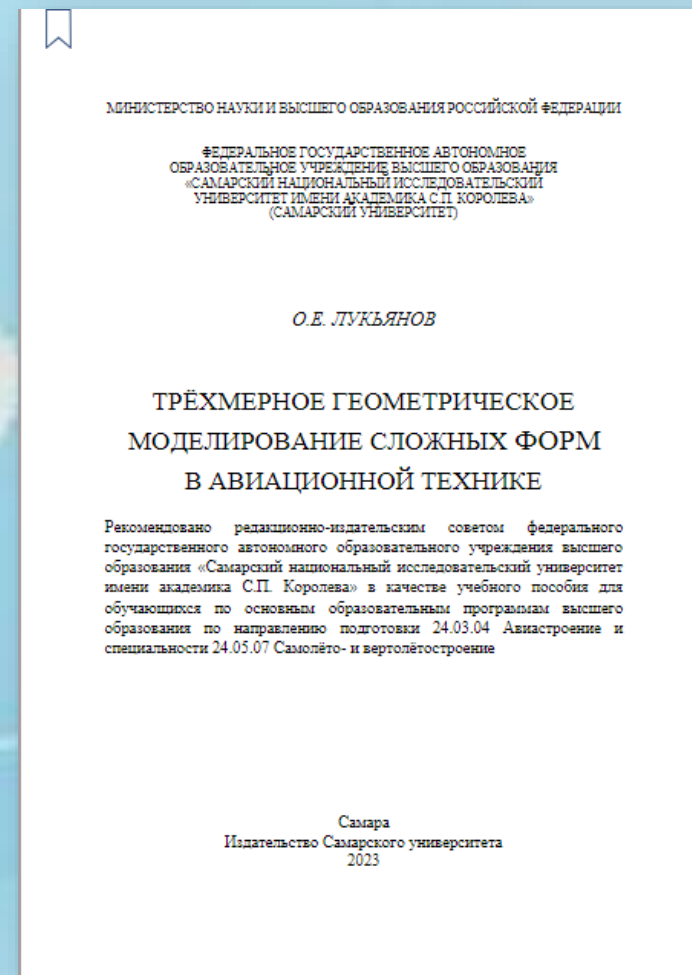
Рассмотрены вопросы обеспечения технологичности конструкции летательных аппаратов при проектировании сборочных процессов, определены задачи отработки на технологичность в ограничениях процесса сборки, показано влияние методов базирования, взаимозаменяемости, податливости ходящих компонентов, а также способов выполнения различных видов соединений на реализацию процесса сборки и качество собираемых изделий. Пособие предназначено для студентов специальности 24.05.01 "Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов". Представленные в учебном пособии материалы предназначены для углубленного изучения дисциплин "Технология производства ЛА" и "Технология производства космических аппаратов".

[Читать](#)

Лукьянов, О. Е. Трёхмерное геометрическое моделирование сложных форм в авиационной технике : учебное пособие / О. Е. Лукьянов. - Самара : Самарский университет, 2023.-140 с.

Данное учебное пособие направлено на получение студентами, обучающимися по направлению подготовки 24.03.04 Авиационное и специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение, базовых знаний, умений и навыков в области трёхмерного геометрического моделирования различных элементов авиационных конструкций, включая построение сложных поверхностей. Теоретический материал и методические указания к практической работе, изложенные в данном учебном пособии, предназначены для ознакомления студентов с математическими законами описания геометрических тел, развития пространственного воображения, понимания логики функционирования систем трёхмерного геометрического моделирования. Структура учебного пособия и излагаемый в нём материал подобран с учётом опыта инженерной практики трёхмерного геометрического моделирования элементов конструкций и систем авиационной техники. Предназначено для обучающихся по специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение профиля «Самолётостроение» и направления подготовки 24.03.04 Авиационное. Подготовлено на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского университета

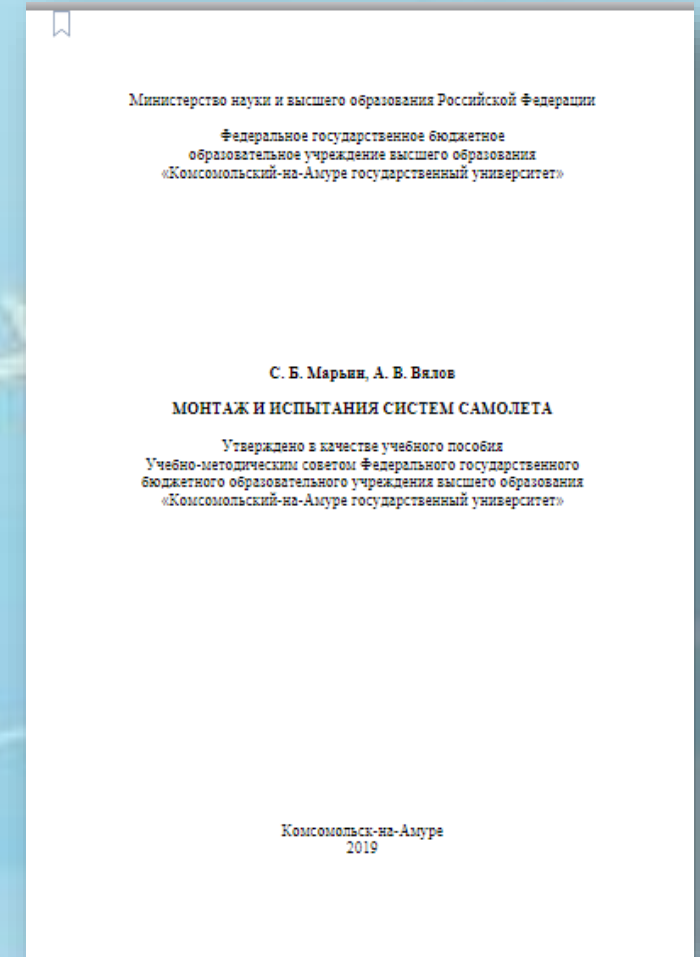
[Читать](#)



Марьин, С. Б. Монтаж и испытания систем самолета : учебное пособие / С. Б. Марьин, А. В. Вялов. - Комсомольск-на-Амуре : КНАГУ, 2019. - 124 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы проведения монтажа, испытаний и контроля бортовых систем самолета, классификация монтажных работ, испытаний и методов контроля, технологические процессы монтажа трубопроводных, электропроводных и механических систем самолета, структура контрольно-испытательных стендов; представлены классификация бортовых систем самолета, виды испытаний бортовых систем и их элементов. Предназначено для студентов специальности 24.05.07 – «Самолёто- и вертолётостроение» при изучении курса «Монтаж и испытания систем самолетов» и выполнении дипломных работ

[Читать](#)



**ЭЛЕМЕНТЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ
ВОЕННО-ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА**

Аль Дарабсе Амер Мохаммад Фархан,
студент 5 курса, специальность
Самолето-и-вертолетостроение
amersamarah4@gmail.com

Маркова Елена Владимировна,
к.э.н., доцент кафедры
«Экономика, управление и информатика»
morozyova319@yandex.ru

Институт авиационных технологий и управления,
Ульяновский государственный технический университет,
г. Ульяновск, РФ

Аннотация. Изготовление планера самолета начинается с изготовления деталей и завершается сборочными работами узлов, агрегатов, проведением стыковочных и монтажных работ на готовом изделии.

В настоящее время один из главных элементов производственного процесса изготовления авиационной техники считается сборочное производство. Основными факторами, определяющими специфику сборочных работ в самолетостроении, являются:

– многодетальность планера, а также большое разнообразие применяемых конструкционных материалов. Это приводит к разнообразию технологических процессов и средств их оснащения, усложняет планирование, контроль и учёт сборочных работ;

– сложность производственных форм и малая жесткость большинства элементов конструкции планера, из-за которых становится необходимым применение многочисленной и сложной технологической оснастки;

Аль Дарабсе А.М.Ф. Элементы производительного процесса сборки военно-транспортного самолета / Ф.М.А. Аль-Дарапсе, Е.В.Маркова //Наука и образование- 2020.-Том 3.- № 2.-С.63.

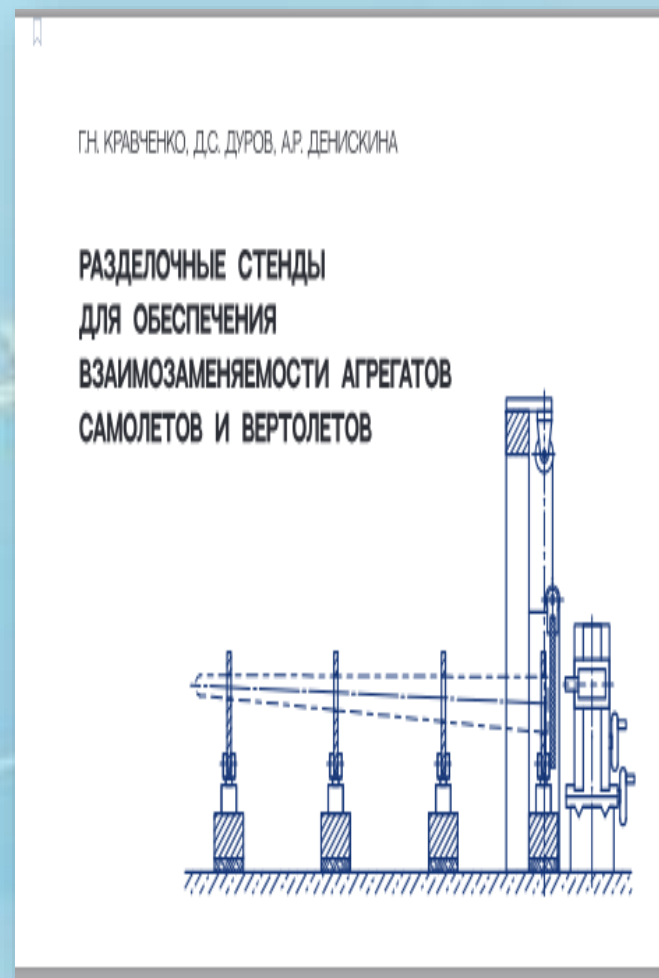
Изготовление планера самолета начинается с изготовления деталей и завершается сборочными работами узлов, агрегатов, проведением стыковочных и монтажных работ на готовом изделии. В настоящее время один из главных элементов производственного процесса изготовления авиационной техники считается сборочное производство. Основными факторами, определяющими специфику сборочных работ в самолетостроении, являются: - многодетальность планера, а также большое разнообразие применяемых конструкционных материалов. Это приводит к разнообразию технологических процессов и средств их оснащения, усложняет планирование, контроль и учёт сборочных работ; - сложность производственных форм и малая жесткость большинства элементов конструкции планера, из-за которых становится необходимым применение многочисленной и сложной технологической оснастки; - высокие требования к качеству самолета в целом и его отдельным элементам, для обеспечения которых необходимы новейшие методы контроля, включая специальное оснащение; - широкое кооперирование производства существенно усложняет решение вопросов обеспечения точности и взаимозаменяемости элементов конструкции планера; - частая смена объектов производства из-за быстрого морального старения авиационной техники...

[Читать](#)

Кравченко, Г. Н. Разделочные стенды для обеспечения взаимозаменяемости агрегатов самолетов и вертолетов : учебное пособие / Г. Н. Кравченко, Д. С. Дуров, А. Р. Денискина. - Москва : МАИ, 2023. - 40 с

Изложены современные взгляды на методы обеспечения взаимозаменяемости при разделке узлов стыка и стыковке агрегатов планера самолета и вертолета. Описано назначение, представлены основные виды компоновочных схем и устройство разделочных стендов, оборудование и инструмент, используемые для обеспечения взаимозаменяемости агрегатов планера самолетов и вертолетов по узлам стыка. Рассмотрены типовые технологические процессы разделки узлов стыка, приведены эскизы основных видов разделочных стендов, применяемых для обеспечения взаимозаменяемости стыков крыла, оперения и фюзеляжа, основные характеристики оборудования для выполнения разделочных операций на стенде. Показаны возможные способы и средства механизации процессов разделки непосредственно в приспособлении. Пособие предназначено для студентов направления подготовки 24.03.04 «Авиационное строительство» и специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», изучающих дисциплину «Технология производства самолетов (вертолетов)» и аналогичные ей, в которых рассматриваются особенности изготовления и сборки авиационных конструкций.

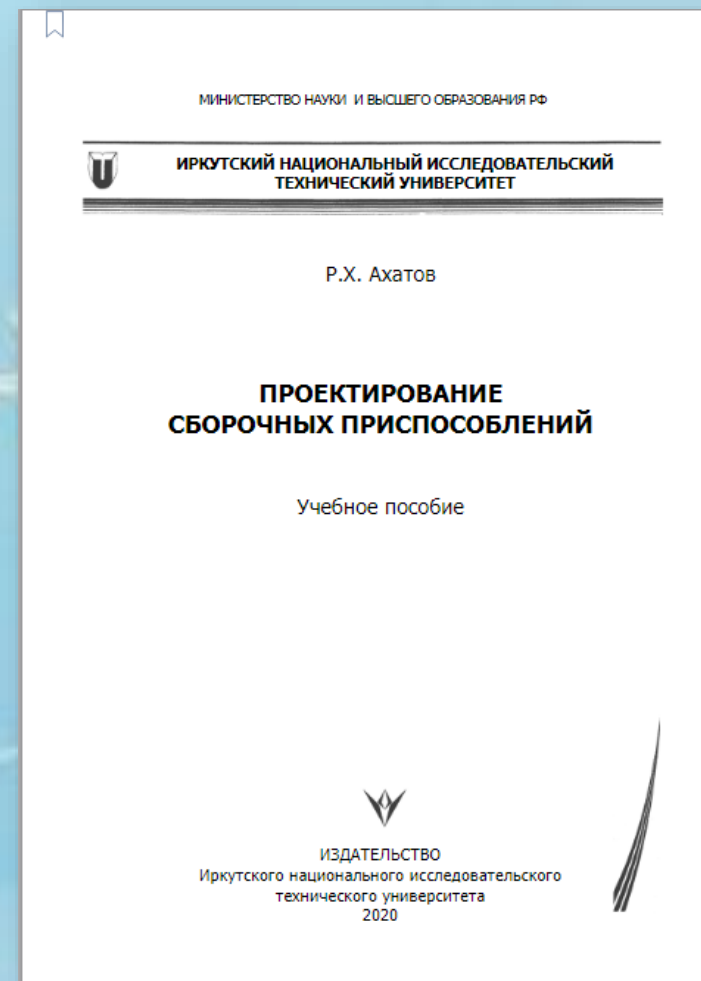
[Читать](#)



Ахатов, Р. Х. Проектирование сборочных приспособлений : учебное пособие / Р. Х. Ахатов. - Иркутск : ИРНИТУ, 2020. - 208 с.

Соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки «Самолето- и вертолетостроение». Рассмотрены вопросы проектирования сборочных приспособлений для выполнения технологических процессов сборки в самолетостроении на этапе технологической подготовки производства. Особое внимание уделено конструктивно-технологическим требованиям к компоновочным схемам сборочных приспособлений с учетом существующих на предприятии способов обеспечения взаимозаменяемости, способам монтажа сборочной оснастки и применяемым средствам механизации и автоматизации технологических процессов сборки. Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Проектирование сборочных приспособлений» в рамках подготовки специалистов.

[Читать](#)



РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИИ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА В АВИАСТРОЕНИИ

Надежда Игоревна Зайцева¹, Татьяна Аркадьевна Погарская²✉

^{1,2} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

¹Zaitseva.n.i@mail.ru

²Pogarskaya.t@gmail.com✉

Аннотация. Данная статья посвящена описанию многопроцессорного программного комплекса ASRP (Assembly Simulation of Riveting Process), разрабатываемого в рамках совместного проекта Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого и концерна AIRBUS. Этот комплекс предназначен для моделирования и оптимизации процесса сборки самолётов с учетом того, что в авиастроении из-за высоких эксплуатационных нагрузок к качеству сборки деталей предъявляются достаточно жёсткие требования. В комплексе ASRP предлагается использовать методы математического моделирования и численной оптимизации,

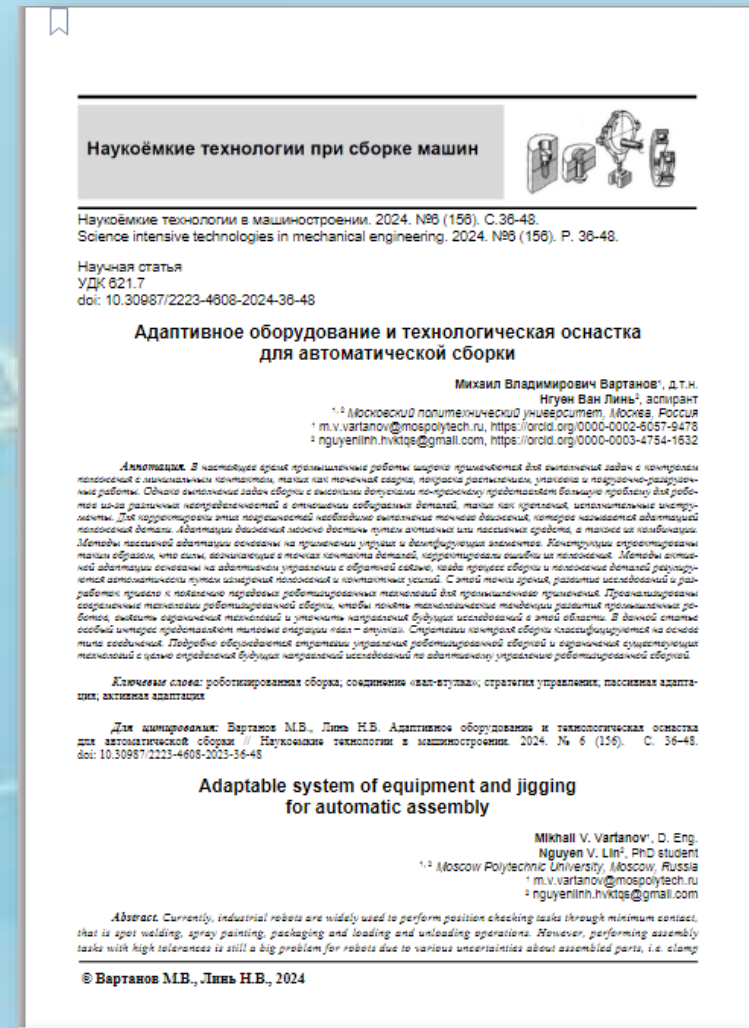
Зайцева, Н.М. Разработка программного комплекса для анализа и оптимизации сборочного процесса в авиастроении /Н.М.Зайцева, Т.А.Погарская //Труды МАИ - 2022.-№ 124.- С.1-31.

Данная статья посвящена описанию многопроцессорного программного комплекса ASRP (Assembly Simulation of Riveting Process), разрабатываемого в рамках совместного проекта Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого и концерна AIRBUS. Этот комплекс предназначен для моделирования и оптимизации процесса сборки самолётов с учетом того, что в авиастроении из-за высоких эксплуатационных нагрузок к качеству сборки деталей предъявляются достаточно жёсткие требования. В комплексе ASRP предлагается использовать методы математического моделирования и численной оптимизации, которые позволяют предсказать и оптимизировать качество соединения деталей еще до внедрения разрабатываемых технологий на сборочную линию. В авиастроении при серийной сборке одна и та же сборочная технология используется для всех собираемых самолётов одного типа. Соответственно, при моделировании процесса сборки нужно учитывать случайные сборочные отклонения, такие как отклонения деталей от номинальной формы или погрешности их позиционирования и закрепления на сборочных стендах...

[Читать](#)

Вартанов,М.В. Адаптивное оборудование и технологическая оснастка для автоматической сборки /М.В.Вартанов,Н.В.Линь //Научоемкие технологии в машиностроении.- 2024.-№ 6.-С.36-48.

В настоящее время промышленные роботы широко применяются для выполнения задач с контролем положения с минимальным контактом, таких как точечная сварка, покраска распылением, упаковка и погрузочно-разгрузочные работы. Однако выполнение задач сборки с высокими допусками по-прежнему представляет большую проблему для роботов из-за различных неопределенностей в отношении собираемых деталей, таких как крепления, исполнительные инструменты. Для корректировки этих погрешностей необходимо выполнение точного движения, которое называется адаптацией положения детали. Адаптации движения можно достичь путем активных или пассивных средств, а также их комбинации. Методы пассивной адаптации основаны на применении упругих и демпфирующих элементов. Конструкции спроектированы таким образом, что силы, возникающие в точках контакта деталей, корректировали ошибки их положения. Методы активной адаптации основаны на адаптивном управлении с обратной связью, когда процесс сборки и положение деталей регулируется автоматически путем измерения положений и контактных усилий. С этой точки зрения, развитие исследований и разработок привело к появлению передовых роботизированных технологий для промышленного применения. Проанализированы современные технологии роботизированной сборки, чтобы понять технологические тенденции развития промышленных роботов, выявить ограничения технологий и уточнить направления будущих исследований в этой области. В данной статье особый интерес представляют типовые операции «вал - втулка». Стратегии контроля сборки классифицируются на основе типа соединения. Подробно обсуждаются стратегии управления роботизированной сборкой и ограничения существующих технологий с целью определения будущих направлений исследований по адаптивному управлению роботизированной сборкой.



[Читать](#)

Комплексный подход к роботизации сборочных процессов в самолетостроении на основе нечеткой логики / В.С.Кривцов [и др.] //Вестник Московского авиационного института.-2013.- Том 20.- №3.-С.32-39.

Рассмотрены проблемы повышения эффективности производства легких самолетов на основе роботизации участка конвейерной сборки самолетных конструкций. Предложен двухэтапный подход к созданию моделей мира интеллектуальных роботов-сборщиков. Описана нечеткая модель увязки деталей с использованием метода виртуальных баз как модель мира отдельного интеллектуального робота-сборщика, а также приведен эскиз нечеткой модели координации коллектива роботов-манипуляторов на участке сборки самолетных конструкций.

[Читать](#)





4. Автоматизация в примерах [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.help-line.ru/examples/restaunip/> ; Дата обращения: 16.12.2015.

© Тайбокснова Н.Г., Бунина Н.Э., 2015

Газизов И.Н.,
студент 1 курса магистратуры
института авиации наземного транспорта и энергетики
КНИТУ - КАИ им. А.Н.Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Николаев С.О.,
студент 1 курса магистратуры
института авиации наземного транспорта и энергетики
КНИТУ - КАИ им. А.Н.Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ФЮЗЕЛЯЖА СВЕРХЗВУКОВОГО САМОЛЕТА

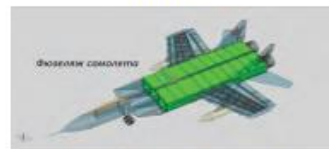


Рисунок 1. Фюзеляж сверхзвукового самолета

Как известно, предмет сборки летательных аппаратов требует от студента не только пространственного мышления на высоком уровне, но и от студента качественно, достаточно для понимания, изображать иллюстрации и схемы мелом на доске. Учитывая сложность, объем и разнообразие схем, изучать данный предмет даже по книге весьма затруднительно. В связи с этим, было предложено разработать такое методическое пособие, которое позволило бы легко и непринужденно познать процесс сборки агрегатов и узлов летательных аппаратов. Конечно же выбор пал на 3D визуализацию.

Данная работа посвящена разработке технологии сборки фюзеляжа сверхзвукового боевого самолета. Она включает: схему членения фюзеляжа; способ базирования; последовательность сборки данного агрегата; конструктивно - технологический анализ; технологический процесс сборки.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью исследовательской работы является создание учебно - методического пособия для изучения процессов сборки фюзеляжа сверхзвукового боевого самолета.

Газизов,И.Н. Технологический процесс сборки фюзеляжа сверхзвукового самолета

/И.Н.Газизов,С.О.Николаев //Новая наука: опыт, традиции ,инновации.- 2015. - № 7-2.- С.121-123.

Данная работа посвящена разработке технологии сборки фюзеляжа сверхзвукового боевого самолета. Она включает: схему членения фюзеляжа; способ базирования; последовательность сборки данного агрегата; конструктивно - технологический анализ; технологический процесс сборки.

[Читать](#)



Список использованной литературы:

1. В.И. Халиулин «Проектирование технологических процессов и оснастки для сборки отсеков летательных аппаратов». 1988 г.
2. Курс лекций по «Технология сборки металлических и композиционных конструкций».

© Газизов И.Н., Николаев С.О., 2015

Газизов И.Н., студент 1 курса магистратуры
институт авиации наземного транспорта и энергетики
КНИТУ - КАИ им. А.Н.Туполева, г. Казань, Российская Федерация

Николаев С.О., студент 1 курса магистратуры
институт авиации наземного транспорта и энергетики
КНИТУ - КАИ им. А.Н.Туполева, г. Казань, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ КЕССОНА КРЫЛА СВЕРХЗВУКОВОГО САМОЛЕТА

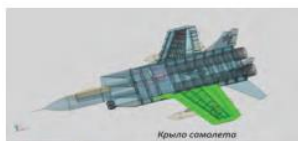


Рисунок 1. Крыло сверхзвукового самолета

Как известно, предмет сборки летательных аппаратов требует от студента не только пространственного мышления на высоком уровне, но и обязует преподавателя качественно, достаточно для понимания, изображать иллюстрации и схемы мелом на доске. Учитывая сложность, объем и разнообразие схем, изучать данный предмет даже по книге весьма затруднительно. В связи с этим, было предложено разработать такое методическое пособие, которое позволило бы легко и непринужденно понимать процесс сборки агрегатов и узлов летательных аппаратов. Конечно же выбор пал на 3D визуализацию.

Данная работа посвящена разработке технологии сборки кессона крыла сверхзвукового боевого самолета. Она включает: схему членения кессона крыла; способ базирования; последовательность сборки данного агрегата; конструктивно - технологический анализ; технологический процесс сборки.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью исследовательской работы является создание учебно - методического пособия для изучения процессов сборки кессона крыла сверхзвукового боевого самолета.

Задачи: 1) Создать 3D модель самолета с подробным строением конструкции кессона крыла. 2) Создать в виде анимации подробный процесс сборки кессона крыла.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Техническая платформа по самолету МиГ - 31.

Директивная схема сборки крыла.

Газизов, И.Н Технологический процесс сборки кессона крыла сверхзвукового самолета
/И.Н.Газизов,С.О.Николаев //Новая наука: опыт, традиции ,инновации.- 2015. - № 7-2.- С.125-127.

Данная работа посвящена разработке технологии сборки кессона крыла сверхзвукового боевого самолета. Она включает: схему членения кессона крыла; способ базирования; последовательность сборки данного агрегата; конструктивно - технологический анализ; технологический процесс сборки.

[Читать](#)

Аль-Дарабсе, А.М.Ф. Оптимизация сборки переднего лонжерона крыла транспортного самолета / **А.М.Ф. Аль-Дарабсе, Е.В.Маркова, Т.В.Денисова** //Российский электронный журнал.-2020.- № 3(37).- С.8-25.

В данной статье главное содержание заключается в оптимизации сборки переднего лонжерона крыла транспортного самолета. Особое внимание уделено сокращению трудоемкости, циклу сборки и других параметров, определяющих эффективность технологического процесса. Отечественный парк самолётов гражданской авиации на сегодняшний день по оценкам специалистов характеризуется как устаревший и морально, и физически. Важнейшим преимуществом новых изделий является повышенный ресурс, обеспечиваемый применением новых материалов, новых конструктивных и технологических решений. Одним из таких решений является широкое использование гнутых профилей из перспективных листовых алюминиевых материалов. Наличие лакирующего слоя, более однородная структура обеспечивают повышенный ресурс. Важной составной частью производственного процесса самолётостроительного предприятия являются сборочные работы, которые во многом определяют качество выпускаемого изделия. Основным путём повышения эффективности сборочных работ, подготовки производства, снижение затрат является повышение технологичности изделий, создание новых средств производства, более широкое применение средств механизации и автоматизации, а также выбор оптимальных технологических процессов и средств оснащения сборочных работ при технологическом проектировании.

[Читать](#)

Ключевые слова: оптимизация сборки; гражданская авиация; специальность самолётостроение; технологическая; снижение затрат; технологическое проектирование.

Введение. Изготовление планера самолета начинается с изготовления деталей и завершается сборочными работами узлов, агрегатов, проведением стыковочных и монтажных работ на готовом изделии [1].

В настоящее время одним из главных элементов производительного процесса изготовления авиационной техники считается сборочное производство. Основными факторами, определяющими специфику сборочных работ в самолётостроении, являются следующие [2]:

- многодетальность планера, а также большое разнообразие применяемых конструкционных материалов. Это приводит к разнообразию технологических процессов и средств их оснащения, усложняет планирование, контроль и учёт сборочных работ;
- сложность производственных форм и малая жесткость большинства элементов конструкции планера, из-за которых становится необходимым применение многочисленной и сложной технологической оснастки;
- высокие требования к качеству самолета в целом и его отдельным элементам, для обеспечения которых необходимы новейшие методы контроля, включая специальное оснащение;
- широкое кооперирование производства существенно усложняет решение вопросов обеспечения точности и взаимозаменяемости элементов конструкции планера;
- частая смена объектов производства из-за быстрого морального старения авиационной техники.

Сборочные работы в зависимости от вида можно подразделить на узловую сборку – сборку узлов (лонжероны, нервюры, шпангоуты, створки люков); агрегатную – сборка отсеков, агрегатов, секций планера; общую сборку самолетов – сборку-стыковку отдельных агрегатов в целое изделие и проведение нивелировочных работ [3].

Технологический раздел.

Описание конструкции сборочной единицы (СЕ). В нашем случае сборочной единицей является: передний лонжерон крыла (2241.000.000).

Крыло транспортного самолета состоит из переднего и заднего лонжеронов. Они соединяются между собой через нервюры, панели верхние и нижние. Всего нервюр в консольной части крыла 39. По нервюре №4

Погарская, Т.А. Оптимизация расстановки крепежных элементов при сборке самолетов на основе метода прямого поиска на адаптивных сетках / Т.А. Погарская // Труды МАИ.-2020.- № 110.-С.110.

Статья посвящена разработке метода оптимизации расстановки временных фиксирующих элементов при сборке самолетов, основанного на безградиентном методе прямого поиска на адаптивных сетках (Mesh Adaptive Direct Search). Рассмотрены наиболее часто используемые подходы, применяемые при оптимизации дискретных систем. Работа методов продемонстрирована на упрощенной модели соединения крыла с фюзеляжем, проведено сравнение с результатом работы метода локальных вариаций, часто используемом для решения подобных задач (вариант жадного алгоритма). Проанализировано время работы реализованных алгоритмов и оценена дальнейшая возможность их применения при расчетах на полномасштабных моделях реальных самолетов.

[Читать](#)

Труды МАИ. Выпуск № 110

<http://trudymai.ru/>

УДК 519.688

DOI: 10.34759/trd-2020-110-18

Оптимизация расстановки крепежных элементов при сборке самолетов на основе метода прямого поиска на адаптивных сетках

Погарская Т.А.

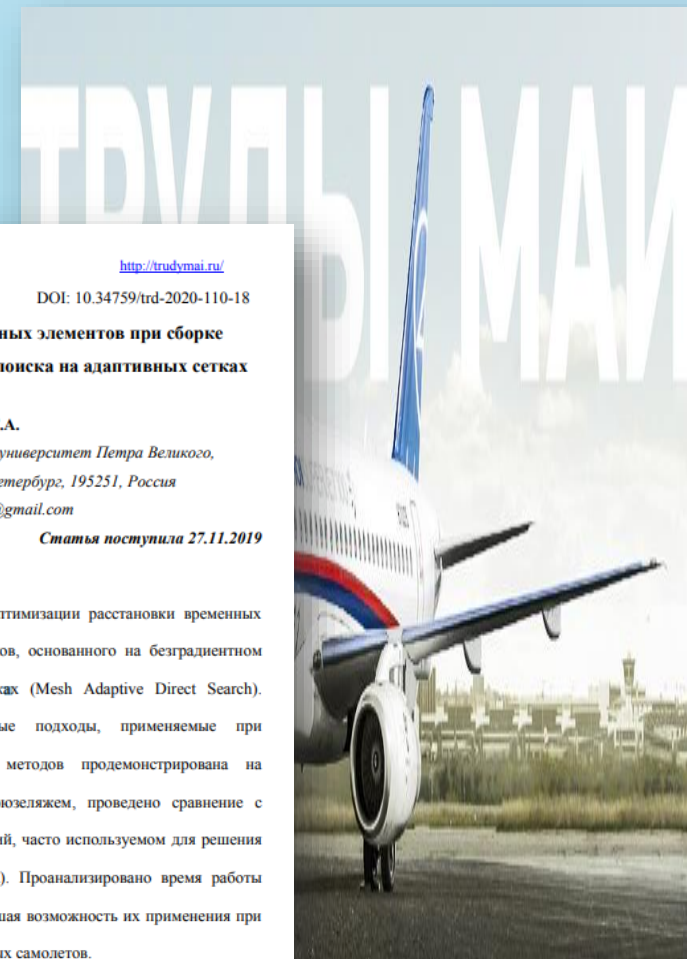
*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия
e-mail: Pogarskaya.t@gmail.com*

Статья поступила 27.11.2019

Аннотация

Статья посвящена разработке метода оптимизации расстановки временных фиксирующих элементов при сборке самолетов, основанного на безградиентном методе прямого поиска на адаптивных сетках (Mesh Adaptive Direct Search). Рассмотрены наиболее часто используемые подходы, применяемые при оптимизации дискретных систем. Работа методов продемонстрирована на упрощенной модели соединения крыла с фюзеляжем, проведено сравнение с результатом работы метода локальных вариаций, часто используемом для решения подобных задач (вариант жадного алгоритма). Проанализировано время работы реализованных алгоритмов и оценена дальнейшая возможность их применения при расчетах на полномасштабных моделях реальных самолетов.

Ключевые слова: сборка самолета, оптимизация сборки, метод локальных вариаций, безградиентная оптимизация, контактная задача.



DOI.org/10.5281/zenodo.2578673
УДК 658.511.8

А.А. Зинченко, А.П. Тарасов

ЗИНЧЕНКО АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ – аспирант Инженерной школы,
e-mail: kragi@mail.ru
Дальневосточный федеральный университет
Суханова ул., 8, Владивосток, 690091
ТАРАСОВ АНДРЕЙ ПЕТРОВИЧ – инженер-конструктор, e-mail: andersontap@mail.ru
Арсеневская авиационная компания «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина
Площадь Ленина, 5, Арсеньев, Приморский край, 692335

Имитационное моделирование девиации масс деталей, сборочных единиц летательного аппарата

Аннотация. Выявлена необходимость усовершенствования автоматизированной системы весового контроля летательного аппарата. Проанализированы последние научные достижения в рассматриваемой предметной области. Сформулирована научная задача по дальнейшему совершенствованию автоматизированной системы весового контроля летательных аппаратов и предложен метод её решения. Разработана имитационная модель для исследования девиации масс деталей, сборочных единиц летательных аппаратов, в основу которой положен процесс моделирования последовательно-параллельной сборки летательных аппаратов на технологических сборочных участках с постоянным контролем веса. На примере технологии сборки ближнемагистрального самолёта SSJ-100 при установке на него различных частей показан порядок регистрации изменения общего веса относительно положения центра массы. Предложенная модель рекомендована к внедрению на сборочных предприятиях авиационной промышленности.

Ключевые слова: имитационная модель, автоматизированная система весового контроля, летательные аппараты, ближнемагистральные самолёты.

Состояние проблематики исследования

При сборке летательных аппаратов (ЛА) на предприятии-изготовителе возникает на первый взгляд простая, но весьма важная задача по контролю параметров общего веса ЛА [1–19]. Эта задача обладает определённой спецификой в связи с тем, что множество деталей, узлов и агрегатов, которые комплектуются в единые изделия на предприятии-изготовителе, поступают от различных поставщиков, продукция которых нуждается в различных формах контроля, в том числе и весовом. Предприятие-изготовитель при сборке ЛА руководствуется требованиями по обеспечению безопасности и надёжности при эксплуатации воздушного судна, которые определяют порядок монтажа и пространственные координаты размещения, массогабаритные характеристики комплектующих узлов и агрегатов, особенности их взаимного влияния на ЛА [5].

Основные отраслевые стандарты по порядку работы автоматизированной системы весового контроля (АСВК) ЛА были разработаны ещё в 1970-х годах [5, 9–11 и др.]. На момент данного исследования документы, ориентированные на соответствующие тому времени

© Зинченко А.А., Тарасов А.П., 2019
О статье: поступила: 23.10.2018; Финансирование: Арсеневская авиационная компания «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина.

Зинченко, А.А. Имитационное моделирование девиации масс деталей, сборочных единиц летательного аппарата / А.А. Зинченко, А.П. Тарасов // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. - 2019. - № 1.-С. 37-45.

Выявлена необходимость усовершенствования автоматизированной системы весового контроля летательного аппарата. Проанализированы последние научные достижения в рассматриваемой предметной области. Сформулирована научная задача по дальнейшему совершенствованию автоматизированной системы весового контроля летательных аппаратов и предложен метод её решения. Разработана имитационная модель для исследования девиации масс деталей, сборочных единиц летательных аппаратов, в основу которой положен процесс моделирования последовательно-параллельной сборки летательных аппаратов на технологических сборочных участках с постоянным контролем веса. На примере технологии сборки ближнемагистрального самолёта SSJ-100 при установке на него различных частей показан порядок регистрации изменения общего веса относительно положения центра массы. Предложенная модель рекомендована к внедрению на сборочных предприятиях авиационной промышленности.

[Читать](#)

УДК 629.488.27

Загородний Алексей Евгеньевич, аспирант, Комсомольский-на-Амуре гос университет

Zagorodniy Aleksey Evgenievich, graduate student, Komsomolsk-na-Amure St Maryin Sergey Borisovich, doctor technical sciences, docent, Komsomolsk-na-Amure State University

Maryin Sergey Borisovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor na-Amure State University

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ОТЪЕМНОЙ ЧАСТИ КРЫЛА СА ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

THE TECHNOLOGY OF ASSEMBLING THE DETACHABLE PA AIRCRAFT WING USING COMPOSITE MATERIALS

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности технологии сборки отъемной части крыла с малой толщиной профиля и кессонной (монобло) схемой, соединение с центропланом осуществляется с помощью стыков «ухо-вилка». Рассмотрены основные этапы сборки, приведены базовые принципы обеспечения аэродинамических обводов с заданной точностью в соответствии с особыми техническими требованиями летательного аппарата, конструкция которого состоит из силового набора из алюминиевого и титанового сплавов, композиционная.

Abstract. This article discusses the features of the technology of assembling part of the wing with a small profile thickness and a coffered (monoblock) connection to the center section is carried out using "ear-fork" butt joints. The assembly are considered, the basic principles of ensuring aerodynamic contour accuracy are given in accordance with the special technical requirements of design of which consists of a power set of aluminum and titanium alloys, composite.

Ключевые слова: аэродинамические обводы, сборка, отъемная композиционные материалы.

Key words: aerodynamic contours, assembly, detachable part of the wing materials.

Введение

Одним из ответственных этапов сборки планера летательного аппарата является сборка отъемной части крыла (ОЧК). От качества сборки и точности обеспечения аэродинамических обводов, что влияет на летные характеристики ЛА. Ввиду особенности работы конструкции ОЧК с

Загородний, А.Е. Технология сборки отъемной части крыла самолета с применением композиционных материалов / А.Е.Загородний, С.Б.Марьин // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы VIII Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых (07- 11 апреля 2025 года). – 2025.- С.350-353.

В данной статье рассматриваются особенности технологии сборки отъемной части крыла с малой толщиной профиля и кессонной (моноблочной) силовой схемой, соединение с центропланом осуществляется с помощью стыковых узлов типа «ухо-вилка». Рассмотрены основные этапы сборки, приведены базовые принципы обеспечения аэродинамических обводов с заданной точностью в соответствии с особыми техническими требованиями летательного аппарата, конструкция которого состоит из силового набора из алюминиевого и титанового сплавов, а обшивка - композиционная.

[Читать](#)

Вольсков, Д.Г. Проектирование современного летательного аппарата на основе информационных технологий и кооперации / Д.Г. Вольсков // Вестник Ульяновского государственного технического университета. -2015. - № 3.- С. 29-33 .

Рассматривается кооперация и взаимодействие информационных технологий в проектировании современного летательного аппарата XXI века

[Читать](#)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.047

Д. Г. ВОЛЬСКОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КООПЕРАЦИИ

Рассматривается кооперация и взаимодействие информационных технологий в проектировании современного летательного аппарата XXI века.

Ключевые слова: этапы жизненного цикла, CALS-технологии, CAD/CAM/CAE/PDM-системы, сборка конструкции.

Определяющая тенденция технического прогресса, начиная со второй половины XX века, обусловлена появлением компьютеров. Эта тенденция выражена в информатизации и автоматизации процессов проектирования компонентов воздушных судов, производства изделий и управления предприятиями. Благодаря новым методам, используя вычислительную мощь компьютеров, удалось создать системы беспрецедентной сложности.

Успешное функционирование современных предприятий, выпускающих сложные технические изделия, стало невозможным без широкого использования автоматизированных систем, основанных на применении компьютеров, предназначенных для создания, переработки и использования всей необходимой информации о свойствах изделий и сопровождающих их процессов. В настоящее время автоматизированные систе-

мы применяются на всех этапах жизненного цикла изделий – от зарождения идеи нового продукта до его утилизации. Основные этапы жизненного цикла изделия и типы применяемых автоматизированных систем представлены на рисунке 1.

Дальнейшее развитие в области техники и промышленной технологии рассматривается в зависимости от решения проблем интеграции автоматизированных систем и создания единого информационного пространства управления, проектирования, производства и эксплуатации как компонентов воздушного судна, так и самолета в целом. Эта методология получила название CALS, она позволяет осуществлять сопровождение и информационное поддержание промышленных изделий на всех этапах его жизненного цикла (рис. 2).

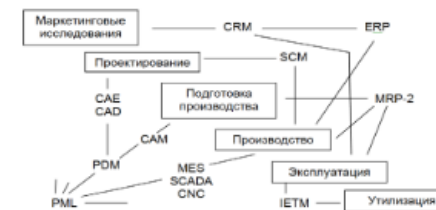


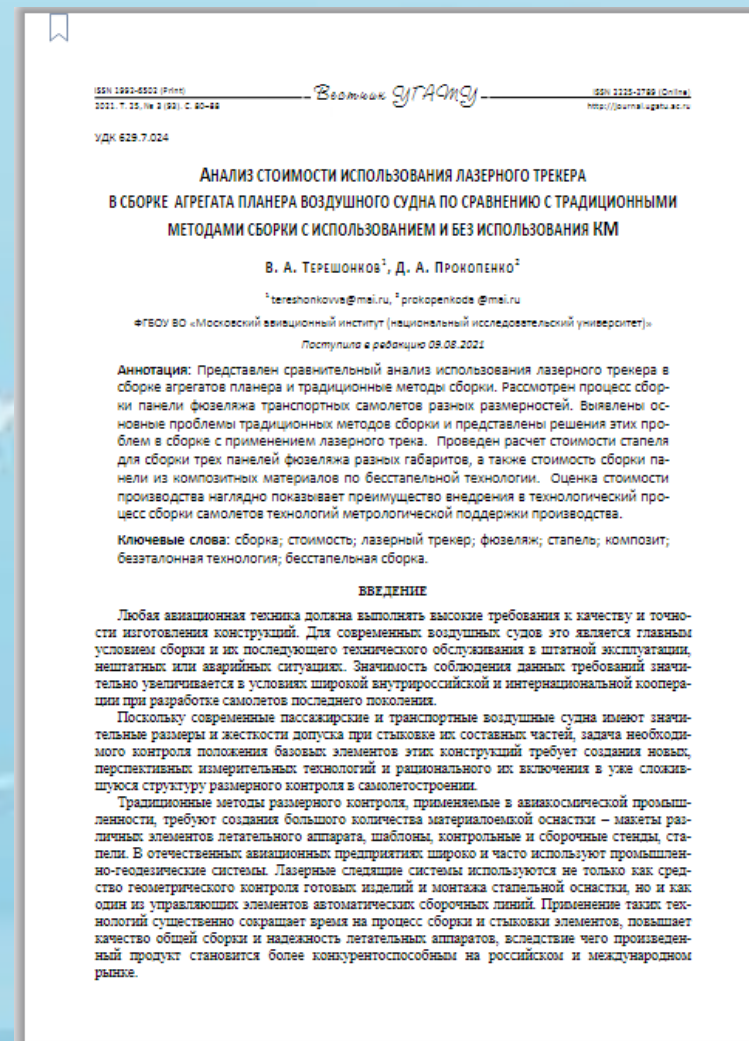
Рис. 1. Этапы жизненного цикла промышленной продукции и используемые основные автоматизированные системы

© Вольсков Д. Г., 2015

Терешонков, В.А. Анализ стоимости использования лазерного трекера в сборке агрегата планера воздушного судна по сравнению с традиционными методами сборки с использованием и без использования КМ / В. А. Терешонков, Д. А. Прокопенко // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. - 2021. - № 3- С. 80-88.

Представлен сравнительный анализ использования лазерного трекера в сборке агрегатов планера и традиционные методы сборки. Рассмотрен процесс сборки панели фюзеляжа транспортных самолетов разных размерностей. Выявлены основные проблемы традиционных методов сборки и представлены решения этих проблем в сборке с применением лазерного трека. Проведен расчет стоимости стапеля для сборки трех панелей фюзеляжа разных габаритов, а также стоимость сборки панели из композитных материалов по бесстапельной технологии. Оценка стоимости производства наглядно показывает преимущество внедрения в технологический процесс сборки самолетов технологий метрологической поддержки производства.

[Читать](#)





**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
АО «Аэрокосмполит», г. Москва, Россия

Резюме: Целью работы является подтверждение равномерного распределения герметика внутри отверстия в пакете из композитных деталей в момент установки основного крепежа в течение 20–72 ч с момента приготовления внутришовного герметика PR1782C12-M при технологии сборки на неотвержденном герметике без доработки отверстий. Для технологической отработки оценки качества установки крепежа на внутришовном герметике был выбран типовой элемент конструкции крыла самолета – пакет сочленения двух плоских панелей из полимерных композиционных материалов. В процессе испытаний проведена органолептическая оценка состояния (степень полимеризации) и присутствия герметика PR1782C12-M в отверстиях и по торцам пакета, а также герметика, наносимого на крепеж. В процессе эксперимента было проведено исследование состояния герметика и наличия липкого слоя на гладкой части крепежа в период времени от 20 до 72 ч с момента его приготовления. Определен рекомендуемый процесс по нанесению герметика на крепеж при технологии сборки на неотвержденном герметике без доработки отверстий.

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, герметизация, внутришовный герметик, болт-защелпочные соединения, технология сборки

Информация о статье: Дата поступления 01 июля 2019 г.; дата принятия к печати 05 августа 2019 г.; дата онлайн-размещения 31 октября 2019 г.

Для цитирования: Султанова А.Р., Сафронов А.А., Громашев А.Г. Исследование качества герметизации конструкций с деталями из полимерных композиционных материалов при сборке и установке крепежа по неотвержденному внутришовному герметику. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. Т. 23. № 5. С. 884–894. <http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2019-5-884-894>

**Research of the sealing quality of structures
with polymer composite parts at assembly
and fastener installation on uncured interfay sealant**

Albina R. Sultanova, Anton A. Safronov, Andrey G. Gromashev
Aerocomposit JSC, Moscow, Russia

Abstract: The purpose of the paper is substantiation of the equal distribution of the sealing compound inside the hole in the stack of composite parts during the installation of basic fasteners within 20–72 hours from the preparation moment of the interfay sealant PR1782C12-M when the assembly is performed on the uncured interfay sealant without finish drilling of holes. A wing as a typical aircraft structure element, which is represented by a stack of two flat panels made of polymer composite materials, is chosen for the technological development of quality assessment of fastener installation on the interfay sealant. The carried out tests include an organoleptic assessment of the PR1782C12-M sealant condition (polymerization degree), its presence in the holes and on the stack and surfaces, and the sealant applied to the fasteners. The experiment also involves the assessment of the sealant condition and presence of the tack layer on the grip in the period of time from 20 to 72 hours from the moment of sealant preparation. The recommended process for sealant application to fasteners under assembly on the uncured sealant without finish drilling of holes is defined.

Keywords: polymer composite material, sealing, interfay sealant, high lock joints, assembly technology

Information about the article: Received 01 July, 2019; accepted for publication 05 August, 2019; available online October 31, 2019.

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. - № 5. - С. 884-894.

Целью работы является подтверждение равномерного распределения герметика внутри отверстия в пакете из композитных деталей в момент установки основного крепежа в течение 20-72 ч с момента приготовления внутришовного герметика PR1782C12-M при технологии сборки на неотвержденном герметике без доработки отверстий. Для технологической отработки оценки качества установки крепежа на внутришовном герметике был выбран типовой элемент конструкции крыла самолета - пакет сочленения двух плоских панелей из полимерных композиционных материалов. В процессе испытаний проведена органолептическая оценка состояния (степень полимеризации) и присутствия герметика PR1782C12-M в отверстиях и по торцам пакета, а также герметика, наносимого на крепеж. В процессе эксперимента было проведено исследование состояния герметика и наличия липкого слоя на гладкой части крепежа в период времени от 20 до 72 ч с момента его приготовления. Определен рекомендуемый процесс по нанесению герметика на крепеж при технологии сборки на неотвержденном герметике без доработки отверстий.

[Читать](#)

Оценка экономической эффективности проведения Fmea-анализа (на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО»)

Юрий А. Саликов ¹ saural@rambler.ru ² 0000-0003-2211-1978
Марина И. Самогородская ¹ marta17@ya.ru ² 0000-0001-7409-1396

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
² Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия

Аннотация. Проблемы повышения качества технологических процессов на отечественных предприятиях в силу своей высокой актуальности находят отражение в многочисленных публикациях как теоретического, так и практического характера. Однако процедуры оценки эффективности в научной и нормативной литературе обозначены, как правило, лишь схематично и в должной мере не прописаны. В связи с этим на практике возникает сложность с выбором механизмов и методов оценки. Приоритетным механизмом совершенствования деятельности предприятия в области качества является измерение результативности и эффективности действующей системы менеджмента качества. По нашему мнению, любое мероприятие, направленное на улучшение качества должно быть экономически обосновано еще на стадии его планирования. В статье предлагается механизм оценки экономической эффективности применения одного из инструментов управления качеством – анализа видов, последствий и причин потенциальных последствий процесса промышленного производства. Цель данного анализа заключается в обеспечении выполнения всех требований по качеству технологического процесса с повышенным риском за счет разработки корректирующих мероприятий, позволяющих устранить появление вероятных отказов. В статье приводится пример проведения данного анализа по конкретному технологическому процессу. Представленный механизм оценки экономической эффективности СМК основывается на реальных финансовых показателях работы предприятия и может быть использован на отечественных промышленных предприятиях для соизмерения затрат и результатов вложений в управление качеством продукции (работ, услуг).

Ключевые слова: система менеджмента качества, учет затрат, механизм учета, методология FMEA

Evaluation of the cost-effectiveness of fmea analysis (assembly of aircraft tail as-semblies at PJSC VASO)

Yuri A. Salikov ¹ saural@rambler.ru ² 0000-0003-2211-1978
Marina I. Samogorskaya ¹ marta17@ya.ru ² 0000-0001-7409-1396

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh State Technical University, 20th anniversary of October, 84, Voronezh, 394006, Russia

Abstract. The problems of improving the quality of technological processes in domestic enterprises due to their high relevance are reflected in numerous publications of both theoretical and practical nature. However, the performance assessment procedures in the standards are schematically not properly spelled out. This makes it difficult in practice to choose evaluation mechanisms and methods. The priority mechanism of improvement of the enterprise's activity in the field of quality is measurement of efficiency and efficiency of the current quality management system. In our opinion, any activity aimed at improving quality should be economically justified at the stage of its planning. The article proposes a mechanism for assessing the cost-effectiveness of using one of the tools of quality management – analysis of the types, consequences and causes of potential consequences of the industrial production process. The purpose of this analysis is to ensure that all process quality requirements with increased risk are met by developing corrective measures to eliminate the occurrence of probable failures. The article provides an example of such a process-specific analysis. The proposed mechanism for assessing the economic efficiency of QMS is based on the real financial performance of the enterprise and can be used in domestic industrial enterprises to measure the costs and results of investments in product (work, services) quality management.

Keywords: management system, quality, cost accounting, accounting mechanism, FMEA methodology

Введение

Проблемы повышения качества технологических процессов на отечественных предприятиях находят свое отражение в многочисленных публикациях как теоретического, так и практического характера. Существуют различные методологии, методы и инструменты, позволяющие решать эти проблемы. Совсем иначе обстоит дело с экономическими аспектами

управления качеством. В международных и национальных стандартах эти вопросы освещены довольно ограниченно.

В частности, в стандарте ГОСТ Р ИСО 9004:2001 приведены рекомендации по улучшению деятельности предприятий за счет организации учета, оценки и анализа затрат на качество [1]. Британский стандарт BS 6143 «Руководство по экономике качества» и технический отчет

Для цитирования:

Саликов Ю.А., Самогородская М.И. Оценка экономической эффективности проведения Fmea-анализа (на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО»). Вестник ВГУТ. 2021. Т. 22, № 2. С. 300-311. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-300-311

For citation:

Salikov Yu.A., Samogorskaya M.I. Evaluation of the cost-effectiveness of fmea analysis (assembly of aircraft tail as-semblies at PJSC VASO). Vestnik VGUET (Proceedings of VGUET). 2021. vol. 22 no. 2 pp. 300-311. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-300-311

© 2021, Саликов Ю.А. и др. / Salikov Yu.A. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

300

Саликов, Ю.А. Оценка экономической эффективности проведения Fmea-анализа (на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО») / Ю. А. Саликов, М. И. Самогородская // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2021. - № 2. - С. 300-311.

Проблемы повышения качества технологических процессов на отечественных предприятиях в силу своей высокой актуальности находят отражение в многочисленных публикациях как теоретического, так и практического характера. Однако процедуры оценки эффективности в научной и нормативной литературе обозначены, как правило, лишь схематично и в должной мере не прописаны. В связи с этим на практике возникают сложности с выбором механизмов и методов оценки. Приоритетным механизмом совершенствования деятельности предприятия в области качества является измерение результативности и эффективности действующей системы менеджмента качества. По нашему мнению, любое мероприятие, направленное на улучшение качества должно быть экономически обосновано еще на стадии его планирования. В статье предлагается механизм оценки экономической эффективности применения одного из инструментов управления качеством – анализа видов, последствий и причин потенциальных последствий процесса промышленного производства. Цель данного анализа заключается в обеспечении выполнения всех требований по качеству технологического процесса с повышенным риском за счет разработки корректирующих мероприятий, позволяющих устранить появление вероятных отказов. В статье приводится пример проведения данного анализа по конкретному технологическому процессу. Представленный механизм оценки экономической эффективности СМК основывается на реальных финансовых показателях работы предприятия и может быть использован на отечественных промышленных предприятиях для соизмерения затрат и результатов вложений в управление качеством продукции (работ, услуг).

[Читать](#)

Мушкаленко, С.В. Автоматизация а производстве самолетов: инновационные решения для сборки панелей и узлов / С.В.Мушкаленко // Стратегическое развитие инновационного понециала отраслей,комплексов и организаций.Сборник статей XI Международной научно-практической конференции (Пенза,10-11 октября 2023 года). – Пенза,2023.- С.300-303.

В контексте современных требований промышленности, автоматизация сборки является ключевым аспектом для повышения производительности, качества и снижения затрат. В работе рассматриваются основные аспекты процесса сборки, предлагаются новые подходы и технологии, а также анализируются преимущества и ограничения предложенного метода.

[Читать](#)

2. Козлов В.В., Козлова А.А. Конфликт: участвовать или создавать./ В.В. Козлов. – 2011. – С. 16-18.

3. Коробейник Е.В. Ценностный конфликт и психологическая жизнеспособность персонала российских предприятий – 2017. – С. 322 - 325.

4. Позитивные и негативные последствия конфликтов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elitarium.ru/konflikt-prichina-posledstviya-problema-cel-reshenie-upravlenie-personal-gruppa-vlast-razvitie/>

VALUE CONFLICT AND PSYCHOLOGICAL VITALITY OF STAFF

D.R. Mudarisova, Yu.E. Zheleznyakova

*Kazan state power engineering university,
Kazan, Russia*

This article examines the types, levels and form of value conflicts, their impact on the psychological vitality of personnel.

Key words: conflicts, values, value conflicts, psychological vitality of personnel, team, conflicts between personnel.

УДК 61

АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ САМОЛЕТОВ: ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СБОРКИ ПАНЕЛЕЙ И УЗЛОВ

С.В. Мушкаленко

*Тюменский индустриальный университет,
г. Тюмень, Россия*

В контексте современных требований промышленности, автоматизация сборки является ключевым аспектом для повышения производительности, качества и снижения затрат. В работе рассматриваются основные аспекты процесса сборки, предлагаются новые подходы и технологии, а также анализируются преимущества и ограничения предложенного метода.

Ключевые слова: автоматизация, сборка, панели, узлы, самолетостроительное предприятие.

Современное производство в авиационной отрасли стало невозможно представить без высокоэффективных методов и технологий, обеспечивающих автоматизацию и оптимизацию процессов. Одним из ключевых этапов в производстве самолетов является сборка панелей и узлов.

Веселова, А.В. Особенности размещения такелажных узлов отсека ФЗ пассажирского самолета для сборки фюзеляжа /А.В.Веселова, Д.А.Потянихин, А.А. Синельщиков //Молодежь и наука:актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых (Комсомольск – на- Амуре, 11-15 апреля 2022 г.) .Комсомольск-на – Амуре. -2022.- Т.1.- Часть 2.- С.180-181.

Статья посвящена описанию некоторых особенностей технологического процесса бесстапельной сборки фюзеляжа пассажирского самолета с использованием такелажных узлов. Рассматривается назначение такелажных узлов и их размещение на отсеке фюзеляжа.

[Читать](#)

УДК 658.515

Веселова Алина Вячеславовна, студент; Veselova Alina Viacheslavovna
Потянихин Дмитрий Андреевич, кандидат физико-математических наук;
Potyankhin Dmitry Andreevich
Синельщиков Александр Андреевич, аспирант; Sineshchikov Alexander Andreevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТАКЕЛАЖНЫХ УЗЛОВ ОТСЕКА ФЗ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА ДЛЯ СБОРКИ ФЮЗЕЛЯЖА

PECULIARITIES OF RIGGING UNITS PLACEMENT ON F3 FUSELAGE COMPARTMENT OF PASSENGER AIRCRAFT FOR FUSELAGE ASSEMBLY

Аннотация. Статья посвящена описанию некоторых особенностей технологического процесса бесстапельной сборки фюзеляжа пассажирского самолета с использованием такелажных узлов. Рассматривается назначение такелажных узлов и их размещение на отсеке фюзеляжа.

Abstract. The paper is devoted to the description of some features of the technological process of slipless assembly of the fuselage of a passenger aircraft using rigging units. The purpose of rigging units and their placement on the fuselage compartment is considered.

Ключевые слова: такелажные узлы, бесстапельная сборка, фюзеляж, отсек фюзеляжа.

Keywords: rigging units, slipless assembly, fuselage, fuselage compartment.

Особенностью самолетостроения как отрасли машиностроения является специализация на производстве крупногабаритных каркасных конструкций сложной формы, состоящих в основном из тонкостенных элементов малой жесткости. В то время, как окончательно собранный планер самолета представляет собой полностью замкнутый контур, обеспечивающий достаточную жесткость при любых эксплуатационных нагрузках, его отдельные узлы и агрегаты легко деформируются под собственным весом. При этом к точности изготовления внешних обводов планера самолета предъявляются строгие требования: зазоры, уступы, ступеньки, волнистость листов обшивки, панелей, дверей, технологических люков должны находиться в узком диапазоне для обеспечения заявленного аэродинамического качества самолета [1].

Перечисленные выше факторы обуславливают необходимость использования при сборке планера самолета специализированных сборочных приспособлений. В современных условиях производства при сборке крупногабаритных агрегатов вместо классического стапеля используются упрощенные приспособления [2, 3].

Принципиальная схема такого упрощенного стапеля, используемого при сборке пассажирского самолета SSJ-100, приведена на рисунке 1. Конструкция представляет собой отдельные вертикальные колонны поз. 1 на рис. 1, установленные на специальных направляющих, которые обеспечивают колоннам перемещения в плоскости пола. Высота колонн может регулироваться. Взаимное перемещение колонн обеспечивает не только перемещение отсеков фюзеляжа во всех направлениях, но и вращение относительно каждой из осей. Управление колоннами осуществляется с пульта оператора поз. 2. В верхней части колонн располагаются такелажные узлы поз.3 – ложементы, повторяющие внешние обводы планера. Такелажные узлы крепятся болтами к отсеку – крепёжные точки располагаются по стрингерам и шпангоутам, см. рисунок 2.



АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА AVIATION, ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY
Гусева Р. И. R. I. Guseva
К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ СБОРКИ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА ON THE ISSUE OF THE CALCULATION OF ASSEMBLING ACCURACY FOR UNITS AND COMPONENTS OF THE FRAME OF AN AIRCRAFT
Гусева Роза Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология самолетостроения», зам. декана самолетостроительного факультета Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: r_guseva@knastu.ru. Ms. Roza I. Guseva – PhD in Engineering, Professor, Department of Aircraft Engineering, Deputy Dean of the Aircraft Engineering Faculty, Komsomolsk-on-Amur State Technical University E-mail: r_guseva@knastu.ru
Аннотация. Рассмотрены современные методы обеспечения точности и взаимозаменяемости узлов и агрегатов планера самолета, способы базирования элементов при сборке применительно к расчету ожидаемой точности сборки изделия. Summary. The paper considers state-of-the-art methods for ensuring accuracy and interchangeability of parts and components of an aircraft's frame; ways of referencing components during assembly subject to the calculation of the expected assembling accuracy.
Ключевые слова: точность, взаимозаменяемость, способы базирования, узел, агрегат, плазово-шаблонный, электронный, сборка самолета. Key words: accuracy, interchangeability, referencing methods, unit, plant, slot&template, electronic, aircraft assembling.
УДК 629.735
В самолетостроении сборку узлов, секций, отсеков, агрегатов планера самолета ведут с использованием специальных методов обеспечения взаимозаменяемости и точности сборочных контуров. Для сборки узлов, отсеков и агрегатов из жестких деталей и самолетостроении используют <u>зависимый (связанный) и независимый (электронный)</u> методы увязки размеров деталей и оснастки. Принцип <u>связанного метода</u> обеспечения взаимозаменяемости основан на использовании <u>жестких носителей форм и размеров</u> в виде плазов и шаблонов и специальной контрольной оснастки в виде контрольных и эталонных, слепков и макетов поверхностей планера. Принцип связанного метода в самолетостроении реализуется как плазово-шаблонный метод обеспечения взаимозаменяемости и его модификации (макетно-инструментальный; эталонный). Например, для обеспечения точности и взаимозаменяемости крыла самолета на рис. 1 представлен основной состав контрольно-эталонной оснастки, применяемый при изготовлении крыла самолета плазово-шаблонным методом. Более усовершенствованным связанным методом обеспечения взаимозаменяемости отсеков и агрегатов планера является <u>эталонно-шаблонный метод</u> , в котором используются большее количество контрольной оснастки в виде эталонов, а также контрольные и рабочие шаблоны. Структурная схема увязки размеров и форм обшивки и элементов оснастки при использовании эталонно-шаблонного метода может быть составлена в таком виде:

Гусева,Р.И. К вопросу расчета точности сборки узлов и агрегатов планера самолета / Р.И.Гусева // Ученые записки Комсомольского-на- Амуре госуд. техн.ун-та .- 2011.- Том 1.- № 5.- С.16-22.

Рассмотрены современные методы обеспечения точности и взаимозаменяемости узлов и агрегатов планера самолета, способы базирования элементов при сборке применительно к расчету ожидаемой точности сборки изделия.

[Читать](#)

of marketing. As well as aspects such as the basic technologies of artificial intelligence in marketing, the individualization of marketing systems, ethics in the marketing field, which affects customer service and economic performance, have been studied.

Keywords: artificial intelligence, marketing, advertising, artificial intelligence technologies, marketing activities.

УДК 338.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Цапулина Ольга Васильевна¹ студент,

Ермолаева Елена Николаевна², к.э.н., доцент МАИ

Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет),

Цапулина О.В., e-mail olgatsapulina@yandex.ru

Ермолаева Е.Н., e-mail 21071666@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Цапулина Ольга Васильевна, Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет), 125993, Россия, Москва, Волоколамское ш., д. 4, тел. 8(967)038-76-08

Аннотация. Создание современных самолетов - это выдающийся инженерный подвиг, сложное сочетание инноваций, точности и строгих стандартов безопасности. От самого маленького беспилотника до самого большого пассажирского реактивного самолета - эти машины представляют собой вершину технологических достижений человечества. Однако путь от чертежа до конечного продукта сопряжен с уникальными и зачастую сложными задачами. Эти задачи охватывают все - от материаловедения и сложных процессов сборки до управления цепочкой поставок и строгого контроля со стороны регулирующих органов. В этой статье рассматриваются некоторые из основных проблем, стоящих сегодня перед авиастроительной промышленностью, с акцентом на материаловедение, технологии производства, экологические проблемы и давление рынка.

Ключевые слова: Летательный аппарат, аэрокосмическая отрасль, проблема.

Проектирование самолетов - это междисциплинарная деятельность, требующая интеграции знаний в области аэродинамики, структурного анализа, материаловедения, электроники, информатики и многих других областях. Ключевыми проблемами на данном этапе являются:

- Сложность моделирования: точное моделирование аэродинамических характеристик, конструктивных свойств планера, поведения систем управления и взаимодействия различных компонентов самолета остается сложной задачей. Неточности в моделировании могут привести к дорогостоящим ошибкам в процессе производства и эксплуатации. Современные методы вычислительной гидродинамики (CFD) и конечно-элементного анализа (FEA) постоянно совершенствуются, но они остаются ресурсоемкими и требуют высококвалифицированных специалистов.

- Выбор материалов: Выбор оптимальных материалов для изготовления самолетов - это компромисс между прочностью, легкостью, коррозионной стойкостью, термостойкостью (для сверхзвуковых самолетов) и стоимостью. Разработка новых композиционных материалов и сплавов является важнейшей задачей, но внедрение этих материалов часто связано со сложностями в технологии производства и контроле качества.

- Системная интеграция: Современные самолеты представляют собой сложные системы, которые включают в себя множество взаимодействующих компонентов: двигатели, системы управления, навигацию, связь, энергоснабжение и т.д. Обеспечение совместимости и надежной работы всех этих систем - сложная инженерная задача, требующая тщательной интеграции на всех этапах проектирования.

- Обеспечение безопасности полетов: Безопасность является абсолютным приоритетом при проектировании воздушных судов. Необходимо учитывать все возможные сценарии

Цапулина,О.В. Основные проблемы производства летательных аппаратов / О.В.Цапулина,Е.Н.Ермолаева //Современные проблемы экономики и качества в аэрокосмической промышленности.Труды Международной научно-практической конференции.- 2024.- С.244-246.

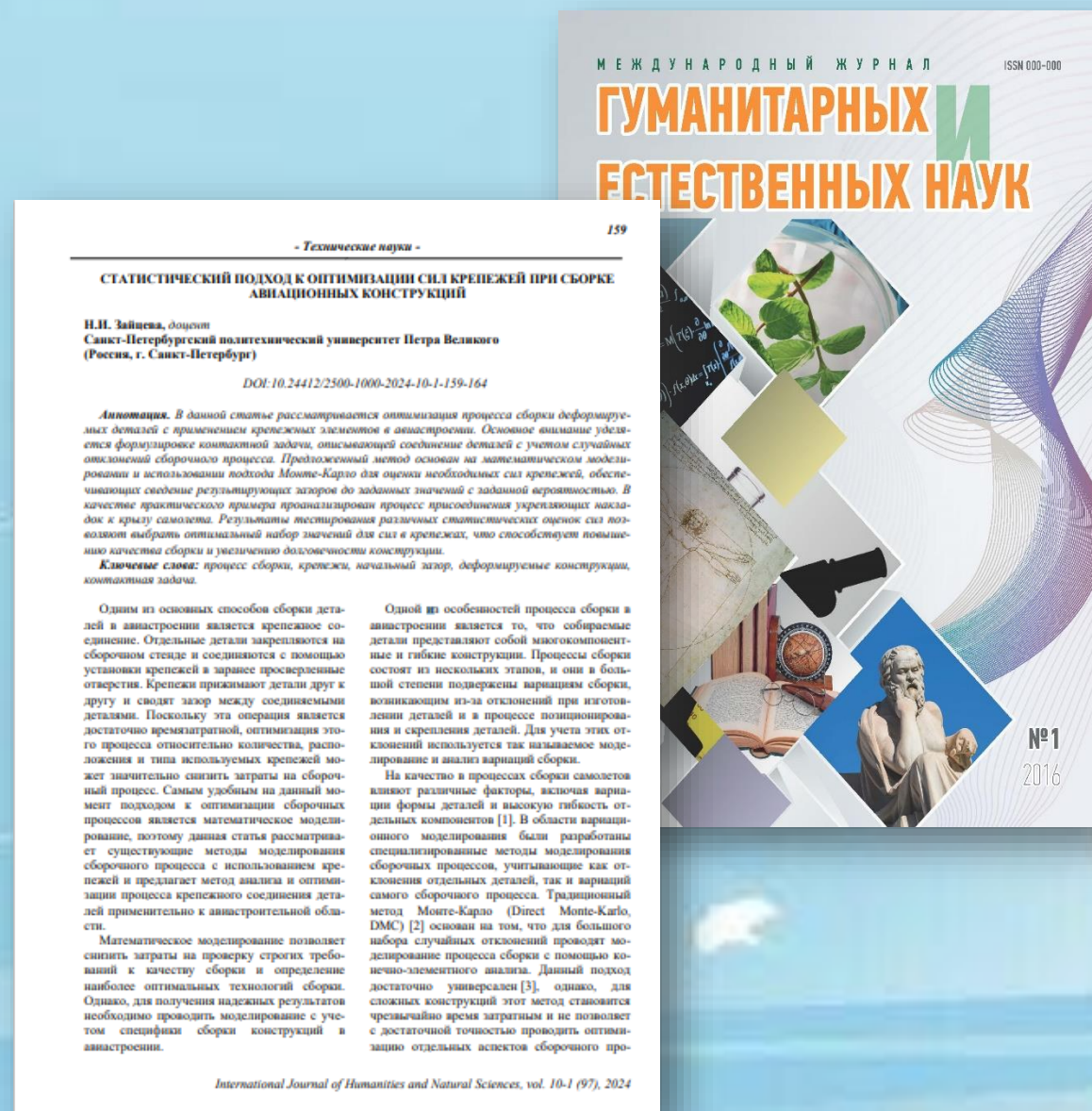
Создание современных самолетов - это выдающийся инженерный подвиг, сложное сочетание инноваций, точности и строгих стандартов безопасности. От самого маленького беспилотника до самого большого пассажирского реактивного самолета - эти машины представляют собой вершину технологических достижений человечества. Однако путь от чертежа до конечного продукта сопряжен с уникальными и зачастую сложными задачами. Эти задачи охватывают все - от материаловедения и сложных процессов сборки до управления цепочкой поставок и строгого контроля со стороны регулирующих органов. В этой статье рассматриваются некоторые из основных проблем, стоящих сегодня перед авиастроительной промышленностью, с акцентом на материаловедение, технологии производства, экологические проблемы и давление рынка.

[Читать](#)

Зайцева, Н.И. Статистический подход к оптимизации сил крепежей при сборке авиационных конструкций / Н.М.Зайцева // Международный журнал гуманитарных и естественных наук.- 2024.- № 10-1 (97).- С. 159-164.

В данной статье рассматривается оптимизация процесса сборки деформируемых деталей с применением крепежных элементов в авиастроении. Основное внимание уделяется формулировке контактной задачи, описывающей соединение деталей с учетом случайных отклонений сборочного процесса. Предложенный метод основан на математическом моделировании и использовании подхода Монте-Карло для оценки необходимых сил крепежей, обеспечивающих сведение результирующих зазоров до заданных значений с заданной вероятностью. В качестве практического примера проанализирован процесс присоединения укрепляющих накладок к крылу самолета. Результаты тестирования различных статистических оценок сил позволяют выбрать оптимальный набор значений для сил в крепежах, что способствует повышению качества сборки и увеличению долговечности конструкции.

[Читать](#)



Чебитько, Д.А. Специфика сборки самолетов. Развитие самолетостроения в советское время / Д.А.Чебитько, А.И.Озерский // Будущее науки-2025. Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции (Курск, 17-18 апреля 2025 г.). Курск.-2025. – С.73-76.

В данной статье рассматривается специфика сборки самолетов, факторы, которые прямолинейно и косвенно влияют на качество сборочных работ, а также выделяется развитие сборки самолетов в советское время.

[Читать](#)

6. Ageev, E. V. X-ray spectral analysis of sintered articles made of electroerosive lead bronze obtained in lighting kerosene / E. V. Ageev, A. S. Pereverzev, B. N. Sabelnikov // MATEC Web of Conferences. – 2020. – Vol. 329. – P. 02007. – DOI 10.1051/mateconf/202032902007. – EDN JHADOO.

7. Ageev, E. V. Фракционный состав электроэрозионных порошков, полученных из отходов сплава ВВЖ в керосине / Е. В. Агеев, В. Л. Селютин, Б. Н. Сабельников [и др.] // Будущее науки-2020 : Сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции. В 5-ти томах, Курск, 21–22 апреля 2020 года. Том 5. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 51-53. – EDN NYQJXL.

8. Сабельников, Б. Н. Методологические основы порошковой металлургии / Б. Н. Сабельников // Исторические, философские, методологические проблемы современной науки : сборник статей 2-й Международной научной конференции молодых ученых, Курск, 20 мая 2019 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. – С. 286-290. – EDN SZCLNP.

9. Агеев, Е. В. Гранулометрический состав порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеев, В. О. Поданов, Н. М. Хорькова [и др.] // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 марта 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – С. 25-29. – EDN SEFKCC.

10. Агеев, Е. В. Исследование фазового состава частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава ЖС6У в воде / Е. В. Агеев, В. О. Поданов, Н. М. Хорькова [и др.] // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : Сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции, Курск, 17–18 марта 2022 года / Редакция: Разумов М.С. (отв. ред.). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 50-54. – EDN MODTIZ.

ЧЕБИТЬКО ДЕНИС АЛЕКСАНДРОВИЧ, студент

Научный руководитель -

ОЗЕРСКИЙ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ, д.т.н., доцент

chebitkoden4@gmail.com

Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия

СПЕЦИФИКА СБОРКИ САМОЛЕТОВ. РАЗВИТИЕ САМОЛЕТОСТРОЕНИЯ В СОВЕТСКОЕ ВРЕМЯ

В данной статье рассматривается специфика сборки самолетов, факторы, которые прямолинейно и косвенно влияют на качество сборочных работ, а также выделяется развитие сборки самолетов в советское время.

Ключевые слова: сборка, требования, фактор, работа, страны, авиадвигатели, реактивность, планер.

В этой статье описывается технология самолетостроения, кроме того, приводятся этапы, которые необходимо пройти во время сборки самолета, чтобы добиться минимизации времени и затрат. Также, визуально приводится схема деления самолета.



The 3rd International Conference on Industrial Engineering, 2017

Обеспечение точности позиционирования при сборке крупногабаритных конструкций

Однокурцев К.А., Зыкова Е.В.¹
ИРНИТУ
г. Ижевск, Российская Федерация
kado82@gmail.com

Аннотация. Предложен способ выполнения адаптивного координатного позиционирования частей крупногабаритных конструкций. В статье рассмотрен ряд проблем, возникающих при сборке крупногабаритных конструкций и влияющих на точность сборки. Рассмотрены способы обеспечения точности при прямом и обратном методе позиционирования. Рассмотрены проблемы координатного позиционирования при выполнении сборки крупногабаритных конструкций. Предложен способ адаптивного позиционирования за две итерации, позволяющий компенсировать некоторые виды погрешностей при позиционировании. При экспериментальной отработке предложенного способа позиционирования было доказано, что автоматизированное позиционирование за две итерации позволяет существенно повысить точность позиционирования. Экспериментальные исследования выполнены с применением промышленного робота KUKA KR 10 R1100 sixx и комплекса из трех декартовых позиционеров с линейными приводами FESTO EGSK-46-300-10P с шаговыми двигателями EMMS-ST-57-M-SEB-G2. Координатные измерения выполнялись лазерным трекером API Tracker3. Способ предлагается для использования в самолетостроении, судостроении и др.

Ключевые слова: координатное позиционирование; сборка; координатные измерения; позиционер; лазерный трекер.

ВВЕДЕНИЕ

При сборке крупногабаритных конструкций обеспечение точности является сложной задачей. Чтобы обеспечить заданную точность сборки, необходимо изготовить собираемые части конструкций с очень высокой точностью, что является сложной задачей с учетом их значительных габаритных размеров (от нескольких метров до десятков метров). Дополнительную сложность создает малая жесткость частей конструкции, которые нередко способны деформироваться даже под собственным весом на величину, превышающую допустимые отклонения при сборке [1, 2, 3, 4]. Вследствие этого, при сборке таких конструкций (например, в авиастроении или судостроении) широко применяются различные сборочные приспособления [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Они обеспечивают заданное взаимное расположение частей собираемой конструкции и придают дополнительную жесткость в процессе сборки. В современных условиях, когда изделия изготавливают по данным CAD-моделей, всё большее распространение получают различные способы координатного позиционирования, позволяющие автоматизировать процесс сборки крупногабаритных конструкций [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Так, координатное позиционирование применяется в авиастроении при монтаже сборочной

оснастки и в агрегатной сборке самолетов [8, 21]. В результате точность сборки фактически определяется точностью координатного позиционирования [22, 23].

МЕТОДЫ КООРДИНАТНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Под координатным позиционированием понимается обеспечение положения объекта в пространстве по координатам, определенным для заданного положения объекта относительно базовой системы координат. Существует три основных метода координатного позиционирования изделий: прямой, обратный и по установочной плоскости, а также различные виды комбинированных методов [21]. В данной статье рассмотрены способы обеспечения точности прямого и обратного методов позиционирования.

В процессе прямого позиционирования объект, установленный на позиционере, перемещается в пространстве из произвольного исходного положения в заданное конечное положение. Начальные координаты измеряются на реальном объекте в его исходном положении с помощью автоматизированных средств координатных измерений. Конечные координаты объекта берут из его CAD-модели. Особенности метода прямого координатного позиционирования являются достаточно высокая сложность системы управления позиционированием и сложные алгоритмы расчета перемещений позиционера, основанные на аффинных преобразованиях (при этом решается обратная задача кинематики).

При обратном позиционировании сначала один или несколько позиционеров обеспечивают заданное пространственное положение посадочных мест для установки объекта позиционирования, а затем объект устанавливается на указанные посадочные места. В этом случае управление перемещениями происходит по начальным и конечным координатам инструмента позиционера. Координаты самого объекта из его CAD-модели необходимы даже для контроля результатов позиционирования. Особенностями обратного позиционирования являются относительно простой алгоритм перемещений и простая система управления, а также удобство применения для установки крупногабаритных объектов несколькими позиционерами. В промышленности применяются также методы комбинированного позиционирования, представляющие собой сочетание прямого и обратного позиционирования. Такие методы требуют более сложную конструкцию позиционеров со свободным ходом отдельных осей и сложную систему управления с согласованием перемещений нескольких приводов одновременно.

Однокурцев, К.А. Обеспечение точности позиционирования при сборке крупногабаритных конструкций /К.А.Однокурцев, Е.В.Зыкова //Труды III международной научно-технической конференции (Челябинск, 19 мая 2017 г.) - Челябинск, 2017. - С.58-62.

Предложен способ выполнения адаптивного координатного позиционирования частей крупногабаритных конструкций. В статье рассмотрен ряд проблем, возникающих при сборке крупногабаритных конструкций и влияющих на точность сборки. Рассмотрены способы обеспечения точности при прямом и обратном методе позиционирования. Рассмотрены проблемы координатного позиционирования при выполнении сборки крупногабаритных конструкций. Предложен способ адаптивного позиционирования за две итерации, позволяющий компенсировать некоторые виды погрешностей при позиционировании. При экспериментальной отработке предложенного способа позиционирования было доказано, что автоматизированное позиционирование за две итерации позволяет существенно повысить точность позиционирования. Экспериментальные исследования выполнены с применением промышленного робота KUKA KR 10 R1100 sixx и комплекса из трех декартовых позиционеров с линейными приводами FESTO EGSK-46-300-10P с шаговыми двигателями EMMS-ST-57-M-SEB-G2. Координатные измерения выполнялись лазерным трекером API Tracker3. Способ предлагается для использования в самолетостроении, судостроении и др.

[Читать](#)



Благодарим за внимание !