



И. В. Корогодова

ПРОИЗВОДСТВО, ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ САМОЛЁТА

Часть 1

Основные технологические
процессы производства

учебное пособие



УДК 629.735(075.8)

ББК 39.53я73

К681

*Печатается по решению кафедры летательных аппаратов
Института радиотехнических систем и управления
Южного федерального университета (протокол № 10 от 27 мая 2022 г.)*

Рецензенты:

профессор кафедры космического машиностроения
Самарского государственного аэрокосмического университета
имени академика С. П. Королева, доктор технических наук, профессор

В. А. Кирпичев

доцент кафедры летательных аппаратов Южного федерального университета,
кандидат технических наук, доцент *И. В. Борисов*

Корогорова, И. В.

К681 Производство, техническая диагностика и ремонт самолёта : учебное пособие : в 2 ч. / И. В. Корогорова ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2023.

ISBN 978-5-9275-4310-6

Часть 1 : Основные технологические процессы производства. – 119 с.

ISBN 978-5-9275-4311-3 (Ч. 1)

Учебное пособие по дисциплине «Производство, техническая диагностика и ремонт самолёта». Часть 1 «Основные технологические процессы производства», предназначено для самостоятельного освоения студентами третьего, четвертого курсов обучения одной из основных тем дисциплины.

Данное пособие соответствует рабочей программе по направлению подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», профиль «Техническое обслуживание летательных аппаратов и авиационных двигателей».

В пособии рассмотрены технологические процессы, являющиеся общими для серийного производства, выпускающего авиационную технику, и для ремонтно-восстановительного предприятия.

УДК 629.735(075.8)

ББК 39.53я73

ISBN 978-5-9275-4311-3 (Ч. 1)

ISBN 978-5-9275-4310-6

© Южный федеральный университет, 2023

© Корогорова И. В., 2023

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРЕДПРИЯТИЯ	8
1.1. Понятие о производственном процессе	8
1.2. Классификация технологических процессов	9
2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	15
2.1. Основные понятия и определения	15
2.2. Методы увязки размеров	19
3. ТЕХПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	25
3.1. Виды соединений в конструкциях летательных аппаратов ...	25
3.1.1. Болтовые соединения	26
3.1.2. Заклепочные соединения	30
3.1.3. Клеевые соединения	36
3.1.4. Сварные соединения	45
3.1.5. Паяные соединения	52
3.2. Упрочнение деталей методами пластического деформирова- ния поверхности	55
3.3. Герметизация конструкции самолёта	63
3.4. Металлические и неметаллические неорганические покрытия	69
3.4.1. Виды гальванических покрытий	71
3.4.2. Способы нанесения покрытий	74
3.5. Лакокрасочные покрытия	77
3.6. Изготовление резиновых уплотнительных деталей при ремон- те авиационной техники	83
4. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ	90

5. ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ И САМОЛЁТА В ЦЕЛОМ	96
5.1. Контроль и испытание гидравлической системы	98
5.2. Проверка трубопроводов систем на герметичность	102
5.3. Испытание системы управления самолётом	103
5.4. Испытание системы управления двигателями	104
5.5. Нивелировка, балансировка самолета	104
5.6. Взвешивание самолёта	106
5.7. Испытания самолёта на лётно-испытательной станции	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	117

1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1. Понятие о производственном процессе

Современное производство представляет собой сложный процесс превращения сырья, материалов, полуфабрикатов и других предметов труда в готовую продукцию, удовлетворяющую потребностям общества.

Совокупность всех действий людей и орудий труда, осуществляемых на предприятии для изготовления конкретных видов продукции, называется *производственным процессом*.

После завершения проектирования воздушного судна и детальной проработки чертежей, перед запуском в серийное производство, чертежи проходят технологическую проработку. Технологическая проработка предусматривает распределение перечня всех входящих деталей и покупных изделий (оборудование, приборы, агрегаты не изготавливаемых на данном предприятии) между производственными подразделениями для изготовления и сборки самолета [1. С. 29].

Все подразделения предприятия делятся:

- на основное производство – перерабатывающие исходные материалы в продукцию предприятия, цехи ориентируются на выпуск конкретных элементов конструкции (заготовительно-штамповочные, механической обработки, сборочные);

- вспомогательное производство изготавливает изделия, необходимые для производства продукции предприятия (изготовление сборочной оснастки, инструментальный цех);

- обслуживающее производство – службы, обеспечивающие ритмичное и бесперебойное функционирование основного и вспомогательного производства (транспортный цех и др.).

Основное производство состоит из трех стадий: заготовительной, обрабатывающей и сборочной. *Стадией* производственного процесса называется комплекс процессов и работ, выполнение которых характеризует завершение определенной части производственного процесса и связано с переходом предмета труда из одного качественного состояния в другое.

К *заготовительной* стадии относятся процессы получения заготовок – резка материалов, литье, штамповка. *Обрабатывающая* стадия включает процессы превращения заготовок в готовые детали: механическую обработку, термообработку, покраску и гальванические покрытия и т.д. *Сборочная* стадия – заключительная часть производственного процесса. В нее входят сборка узлов и готовых изделий, регулировка и отладка машин и приборов, их испытания.

1.2. Классификация технологических процессов

Основной частью производственного процесса предприятия являются технологические процессы, которые содержат целенаправленные действия по изменению и определению состояния предметов труда (объекта производства). В ходе реализации технологических процессов происходит изменение геометрических форм, размеров и физико-химических свойств предметов труда.

Наряду с технологическими процессами производственный процесс включает также и нетехнологические процессы, которые не имеют своей целью изменение геометрических форм, размеров или физико-химических свойств предметов труда или проверку их качества. К таким процессам относятся транспортные, складские, погрузочно-разгрузочные, комплекточные и некоторые другие операции и процессы.

В производственном процессе трудовые процессы сочетаются с естественными, в которых изменение предметов труда происходит под влиянием сил природы без участия человека (например, сушка окрашенных деталей на воздухе, охлаждение отливок, старение литых деталей и т.д.) [2. С.11].

Технология самолётостроения – это область технологии машиностроения как науки о сущности процессов производства самолётов, о взаимной связи этих процессов и закономерности их развития.

Технологический процесс изготовления самолёта – это сложный комплекс взаимодействия оборудования и исполнителя по преобразованию исходных материалов в самолёт, т.е. это совокупность технологических операций, посредством которых поступающее сырьё, полуфабрикаты перерабатываются в готовую продукцию.

Технологическим процессом ремонта называют часть производственного процесса, содержащую действия по изменению и последующему определению состояния предмета ремонта.

В целях увязки технологических процессов между собой на производстве проектирование общего технологического процесса проводится в два этапа. На первом этапе проектирования разрабатываются директивные технологические материалы, включающие основные требования к изготавливаемым частям. На втором этапе разрабатывают подробные технологические процессы изготовления частей самолёта в целом.

Согласно ЕСТД (ГОСТ 3.1109-82) различают три вида технологических процессов (ТП): единичный, типовой и групповой. Каждый ТП разрабатывают при подготовке производства изделий, конструкции которых отработаны на технологичность. Технологические процессы разрабатывают для изготовления нового изделия или совершенствования выпускаемого.

Единичный ТП – это ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства. Единичные ТП разрабатывают для изготовления оригинальных изделий (деталей, сборочных единиц), не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

Типовой ТП – это ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками, характеризующийся общностью содержания и последовательности выполнения операций и переходов. Типовой ТП используют как информационную основу при создании рабочих ТП и как рабочий ТП при наличии всей необходимой информации для производства изделий. На базе этих ТП разрабатывают стандарты предприятий (СТП) для типовых технологических процессов.

Групповой ТП – это ТП изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками; это процесс обработки заготовок различной конфигурации, состоящий из комплекса групповых технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута изготовления определенной группы изделий. Групповые ТП разрабатывают для всех типов производств только на уровне предприятия.

Типовые и групповые ТП являются унифицированными ТП, относящимися к группе изделий с общими конструктивными и (или) технологическими признаками. Эти ТП широко применяют в мелкосерийном, серийном и реже в крупносерийных производствах.

Специальные технологические процессы (ГОСТ Р 54293-2010) – процессы, результаты которых нельзя в полной мере проверить последующим контролем и испытаниями продукции и недостатки которого могут быть выявлены только в ходе использования продукции. К таким процессам относятся: литье, клепка, сварка, пайка, термическая обработка, гальваника, нанесение лакокрасочных покрытий и др. Процессы относятся или не относятся к специальным процессам по признаку того, что возможно или невозможно проверить результат процесса. Например, пайку и ее результат проверить невозможно, из-за того, что при проверке произойдет усилие отрыва провода от клеммы (в месте соединения произойдет отрыв).

Проверка специальных процессов влечет за собой анализ всех составляющих элементов данного процесса (материалов, квалификации рабочих, оборудования, технологических процессов и пр.) для установления соответствия этих элементов определенному набору требований.

По классификации ЕСТД каждый из рассмотренных ТП может быть перспективным или рабочим.

Перспективным называют технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии.

Рабочий ТП – это ТП, выполняемый по рабочей технологической и (или) конструкторской документации. Их разрабатывают на предприятиях для изготовления различных изделий. Рабочие ТП могут быть проектными, стандартными и временными.

Проектный ТП – это ТП, выполняемый по предварительному проекту технологической документации.

Стандартный ТП – это установленный стандартом ТП, который выполняют по рабочей технологической и (или) конструкторской документации, оформленной стандартом (ОСТ, СТП) и относящейся к конкретному оборудованию, режимам обработки и технологической оснастке.

Временный ТП – это ТП, применяемый на предприятии в течение ограниченного периода времени из-за отсутствия необходимого оборудования или в связи с аварией до замены на более современный и экономичный.

Разрабатываемый ТП должен обеспечивать повышение производительности труда и качества изделия, снижение трудовых и материальных затрат, сокращение вредных воздействий на окружающую среду. ТП должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии, установленным системой стандартов безопасности труда (ССБТ), инструкциями и другими нормативными документами. Основой для разработки ТП обычно служат имеющиеся типовой или групповой ТП, а при их отсутствии – действующие единичные ТП изготовления аналогичных изделий.

Все технологические процессы делятся на следующие группы.

1. *Директивный* – технологический процесс разрабатывается ведущим НИИ отрасли (для авиапрома – НИАТ) и служит основанием для предприятий отрасли в разработке собственных технологических процессов (т.е. является руководящим техническим материалом РТМ).

2. *Маршрутный технологический процесс* сборки сложного финишного изделия по характеру применения является основным в опытном производстве и при запуске в серийное производство новых изделий для предварительного определения трудоемкости будущего технологического оснащения производства. В нём определяется последовательность выполнения технологических операций, разряды исполнителей, необходимая трудоёмкость, что позволяет производить организационно-экономические расчёты и планировать участки производства.

3. *Операционный (рабочий)* процесс является основным типом технологических процессов в серийном производстве. Оформляется на бланках установленного образца; в карты технологического процесса вносятся: номер перехода (3-значное число), содержание переходов, информация об участвующих в переходе деталях, указывается количество объектов работ, норма времени на один объект, суммарная норма времени на переход, таблица нормирования, разряд исполнителей и перечень оборудования, оснастки и инструмента.

4. *Временный* процесс оформляется производственными цехами в тех случаях, когда в изготавливаемых изделиях появляются какие-либо отступления от действующей документации (изменение материала, установка модифицированного оборудования, выполняется требование заказчика).

5. *Единый* процесс разрабатывается в случае однократного выполнения работ. Наиболее крупной составляющей технологического процесса является технологическая операция.

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполненная на одном рабочем месте, и состоит из одного или нескольких переходов.

Технологический переход – это законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента, объекта изготовления при неизменном режиме работы оборудования. Изменение одного из условий означает новый переход.

При механической обработке материалов и заготовок технологические переходы делятся на позиции, установки, рабочий ход и рабочее движение.

Как дополнение к директивным технологическим материалам в случае необходимости разрабатываются материалы по совершенствованию организации участков и цехов.

В Единой системе технологической документации (ЕСТД) предусмотрены следующие документы: маршрутная карта (МК); карта эскизов (КЭ); технологическая инструкция (ТИ); комплектовочная карта (КК); ведомость расцеховки (ВР); ведомость материалов (ВМ); ведомость деталей к типовому техпроцессу; карта технологического процесса (КТП); карта типового технологического процесса (КТТП); операционная карта (ОК); операционная карта типовая (ОКТ); ведомость операций (ВО).

Исходной информацией для разработки технологического процесса является: базовая, руководящая и справочная документация.

Базовая документация – программа выпуска изделия, конструкторская документация.

Руководящая документация – отраслевые стандарты, документация на технологический процесс, технико-экономическая информация, производственные инструкции (ПИ), технические нормативы и документация по технике безопасности и промышленной санитарии.

Справочная документация – описание перспективных методов изготовления, справочники, альбомы, каталоги, методические материалы.

К основным этапам разработки технологического процесса относят:

- анализ исходных данных;
- выбор действующего технологического процесса;

1. Производственные и технологические процессы предприятия

- выбор заготовки и методов её изготовления;
- выбор технологических баз (под *базированием* понимают передачу заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат);
- составление технологического маршрута обработки (*технологический маршрут* обработки – последовательность прохождения заготовки, детали или сборочной единицы по цехам и производственным участкам);
- разработка технологических операций;
- нормирование технологического процесса;
- определение требований техники безопасности;
- расчет экономической эффективности процесса;
- оформление технологического процесса и расцеховка (*расцеховка* – разработка межцеховых технологических маршрутов для всех составных частей изделия).

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

2.1. Основные понятия и определения

Под *качеством* летательного аппарата понимается совокупность свойств и показателей, определяющих его пригодность для удовлетворения потребностей в соответствии с назначением. Качество летательного аппарата характеризуется совокупностью показателей, к которым относятся: *показатели надежности*, характеризующие безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохранность машины; *показатели технологичности*, включающие технико-экономические показатели трудоемкости и себестоимости изготовления летательного аппарата, технические показатели расхода материала, точности и чистоты обработки, состава конструкции; *показатели точности и взаимозаменяемости*; *эргонометрические показатели*, включающие гигиенические, физиологические и психофизиологические показатели машины; *показатели технической эстетики*, *показатели унификации и стандартизации*, *показатели патентной чистоты*.

Показатели качества могут быть *частными* (единичными), *комплексными*, или *интегральными*. Частными показателями надежности могут быть наработка на отказ, средний ресурс, средний срок службы, а комплексными – коэффициент готовности, коэффициент технического использования. Частными показателями по технологичности являются удельная трудоемкость, удельная себестоимость и др., а комплексными – уровень технологичности конструкции, коэффициент сложности.

Оптимальный уровень качества летательных аппаратов может характеризоваться комплексным показателем, равным отношению суммарного полезного эффекта от его эксплуатации к суммарным затратам на его изготовление и эксплуатацию. Чем выше этот показатель, тем больше экономическая эффективность созданного летательного аппарата [2].

Для выпуска качественного изделия также первостепенное значение имеет стандартизация (которая включает в себе методы: унификации, типизации, взаимозаменяемости).