

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»

morozova319@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 производительного 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.

Продолжительность и трудоемкость сборочных работ в зависимости от типа самолета составляет от 30–56 % всех производственных трудозатрат. Сборочные и монтажные работы охватывают сборку планера, монтаж оборудования и силовых установок, монтаж систем управления полетом и взлетно-посадочных средств, аэродромные работы по подготовке самолета к летным испытаниям и сдача его заказчику. Сборочно-монтажные работы характеризуются сложностью выполняемых работ, сравнительно невысоким уровнем механизации технологических операций сборки и монтажа, что влечет за собой большую трудоемкость изготовления продукции, невысокий уровень производительности труда.

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.

В статье посвящена разработке технологии сборки подкилевой жёсткости. Он включает:

- схему членения отсека;
- способ базирования для данного агрегата; последовательность сборки;
- схему увязки подкилевой жесткости;
- условия поставки деталей на сборку;

– расчет на жесткость сборочного приспособления.

Ключевые слова: авиационная техника, технологические процессы, конструкция планера, сборочные работы, технологическая оснастка, сборочное производство, конструкционные материалы, производственные трудозатраты.

1. Технологический раздел

1.1. Основные сведения о самолете

Военно – транспортный самолет предназначен для перевозки различных грузов и техники. Экипаж самолета состоит из семи человек: командира воздушного судна, второго пилота, штурмана, бортинженера, бортрадиста, старшего бортоператора и бортоператора [1].



Рис. 1.1. Общий вид самолета

Самолет представляет собой свободнонесущий планер с высокорасположенным стреловидным крылом и стреловидным оперением. Крыло снабжено закрылками [2], предкрылками и спойлерами. Фюзеляж разделен на кабину экипажа и грузовую кабину [3]. Под крылом на пилонах установлено четыре турбореактивных двигателя. В обтекателе левых основных опор размещена вспомогательная силовая установка. Шасси самолета состоит из четырех основных и передней опор [4].

Основные геометрические данные:

Длина самолёта – 46,6 м

Размах крыла – 50,5 м

Стреловидность крыла (по линии $\frac{1}{4}$ хорд) – 25 градусов

Высота самолёта – 14,76 м

Колея шасси – 8,16 м

База шасси – 14,17 м

Диаметр фюзеляжа – 4,8 м

Длина грузовой кабины – 24,5 м

Основные ограничения по весу:

Максимальный взлётный вес – 190000 кг

Максимальный посадочный вес – 151500 кг

Максимальное количество топлива – 90000 кг

Максимальная коммерческая нагрузка – 50000 кг

Примечания: В исключительных случаях разрешается выполнять посадку с любым весом до максимального взлетного включительно, а также с весом топлива, превышающим максимально допустимый, при повышенном внимании экипажа [5].

1.2. Служебное назначение подкилевой жёсткости

Подкилевая жесткость является одной из составных частей планера самолета и служит для крепления киля к отсеку Ф3 [6]. В ней имеются вырезы для обслуживания киля. Также служит для соединения шпангоутов отсека Ф3 путём соединения фитингов и шпангоутов с подкилевой жёсткостью [7].

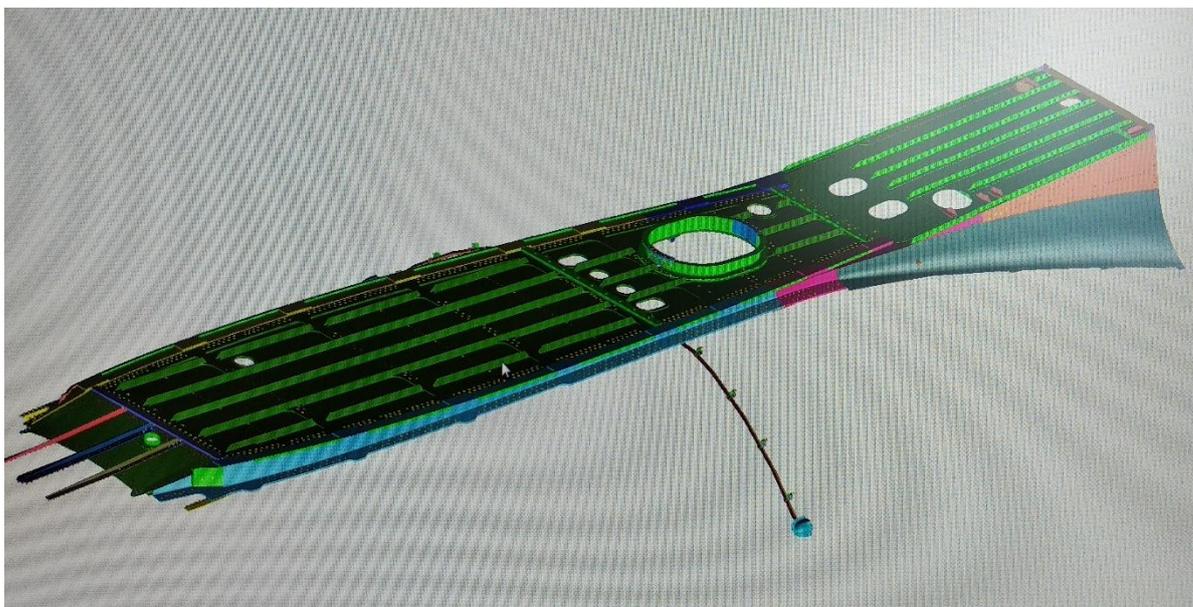


Рис. 1.2. Подкилевая жесткость

Подкилевая жёсткость состоит из Т – образных фитингов для крепления к шпангоутам отсека ФЗ, силовых профилей и панелей для придания всей конструкции требуемой прочности, дренажных трубок для поддержания требуемого давления в отсеке, окантовок [8].

Фитинги – детали, служащие для стыковки концов стрингеров, лонжеронов и других силовых элементов каркаса фюзеляжа самолета [9].

Профили – длинномерные изделия различного поперечного сечения (уголки, швеллеры, листы, трубы, рельсы и т. д.), полученные прокаткой (прокатные профили), прессованием (прессованные профили), гибкой (гнутые профили) [10].

1.3. Условий поставки узлов и деталей на сборку

Требования, представляемые к поступающим на сборку деталям и сборочным единицам, состоят из требований по общей взаимозаменяемости и требований, связанных с примененным методом базирования и процессом сборки. Требования общей взаимозаменяемости к деталям и сборочным единицам предусматривают: соответствия их размеров, наличие предусмотренных припусков для последующей обработки в ходе или после процесса сборки, использование материалов требующихся марок, обеспечения требуемого качества поверхностей и заданной массы. Все это

обеспечивает процесс сборки без подгонок, деформаций и значительных внутренних напряжений [11]. Требования, связанные с методом базирования и сборки, предусматривают наличие специальных базовых элементов в деталях и сборочных единицах. При базировании по технологическим отверстиям в деталях и сборочных единицах, поступающих на сборку, должны быть предварительно просверлены отверстия СО, КФО или БО.

При сборке отсеков и агрегатов из узлов и панелей указывают, в каком виде поступают на сборку узлы и панели. В окончательно собранном виде или при сборке отсека ставят дополнительные детали, даются их припуски на обработку кромок и отверстий, указывается наличие направляющих отверстий (НО) [12].

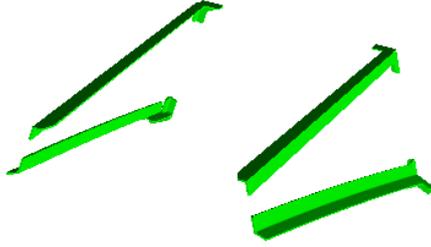
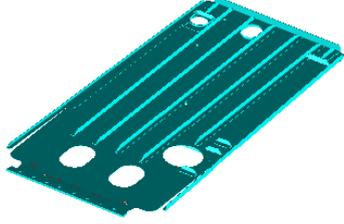
Условия поставки деталей и сборочных единиц входят в описание компоновки. Условия на поставку деталей и узлов разрабатываются технологами агрегатных цехов и определяют ту степень законченности, с какой должны поступать отдельные детали и узлы в данный агрегатный цех на сборку конкретной сборочной единицы. В условиях поставки узла указывают укомплектованность узла, перечисляют детали, входящие в его конструкцию [13]. В условиях на поставку деталей определяется степень их готовности, т. е. указывается наличие припусков, технологических отверстий, наличие и диаметр стыковочных отверстий, оговариваются места, где их не должно быть [14].

Карта поставки деталей на сборку подкилевой жёсткости представлена в таблице 1.1 [1].

Таблица 1.1.

Карта поставки деталей на сборку подкилевой жёсткости [1].

№ п/п	Наименование	Эскиз	Условия поставки
1	2	3	4

1	Верхние и нижние пояса, фитинги		Поставка по ЭМД с Н.О.
2	Дренажные трубки у шп. № 86, 82		Подаются окончательно собранными по ЭМД.
3	Панель и накладка		Поставка по ЭМД.
4	Желоб дренажный		Подаётся окончательно собранным.
5	Фитинги		Поставка по ЭМД с Н.О.
6	Окантовки		Поставка по ЭМД с С.О. и Н.О.
7	Стенка со стойками		Поставка по ЭМД с С.О.

8	Часть жесткости подкилевой передней		Подаётся окончательно собранной по ЭМД.
9	Профили стыковые передние и задние		Поставка по ЭМД с Н.О. под стыковку с килем.
10	Обшивки со стойками		Поставка по ЭМД с С.О. и Н.О.
11	Зализы киля на хвостовой части фюзеляжа		Поставка по ЭМД с Н.О.

1.4. Разработка схемы членения подкилевой жёсткости

Опыт производства летательных аппаратов показывает, что правильное расчленение агрегата на секции, панели и узлы обеспечивает [15]:

- высокую степень механизации сборочных работ, что ведет к повышению производительности труда;
- применение параллельных схем сборки, что снижает цикл изготовления узла или агрегата;
- разделения и специализацию труда, что способствует сокращению сроков изготовления узла или агрегата и повышает его качество.

Схема членения подкилевой жесткости (см. рис. 1.3) определяется конструктивно-технологическими особенностями, которые были заложены при проектировании изделия [6]. Конструктором определены основные элементы, под сборку узлов, габариты и протяженность которых, назначены с учетом не только конструктивных разъемов, но и с учетом имеющихся на данный момент производителей, работающих в кооперации с заводом – сборщиком [7].

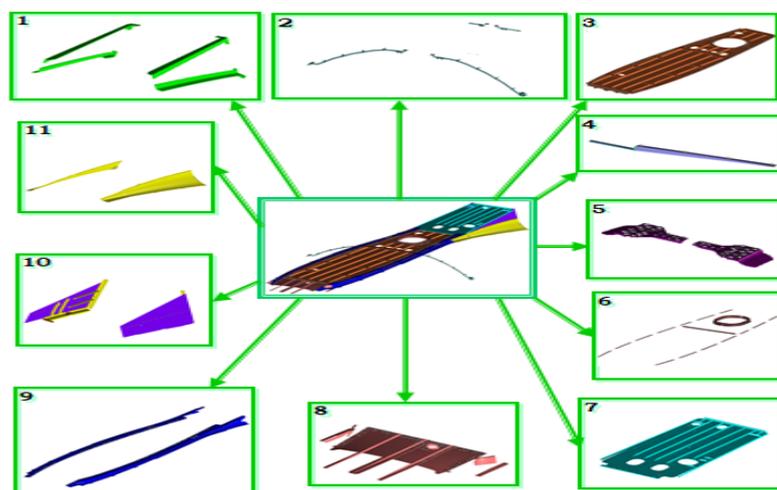


Рис. 1.3. Схема членения подкилевой жёсткости

Конструктором увязана схема членения с силовой схемой конструкции – разъемы произведены в соответствии с конструктивно – эксплуатационными характеристиками сборочной единицы. Продольные швы позволяют выделить отдельные профили, характеризующиеся спецификой сборки [8]. Таким образом, основные узлы и сборочные единицы определены конструктором при проектировании. Однако в процессе разработки технологического процесса выявилась необходимость дополнительного технологического членения, создания дополнительных сборочных единиц – подборок [14].

В соответствии с принятыми выше положениями разработана схема членения эскизно в аксонометрической проекции с нумерацией подборок согласно чертежу.

Схема членения подкилевой жесткости представлена на чертеже формата А1 КП.

1.5. Разработка схемы сборки подкилевой жёсткости

Много детальность конструкции планера значительно усложняет процесс сборки. Порядок поступления на сборку сборочных единиц, входящих в нее элементарных деталей и сборочных единиц младшего порядка определяется так называемой схемой сборки. Схема сборки подчинена основному правилу: подавать на сборку сборочной единицы

меньше элементарных деталей и больше максимально укомплектованных младших сборочных единиц [20]. Это правило позволяет упростить общесборочные приспособления и способствует сокращению производственного цикла за счет возможного расширения фронта работы.

Принципиально, схема сборки показывает последовательность соединения деталей в сборочные единицы. А также, кроме деталей и узлов, идущих на сборку, указывает рабочие места и оснастку, на которых осуществляется сборочные и вспомогательные операции (стапели, верстаки, клепальные прессы и т. д.) [13].

Наиболее распространенными в данном случае являются следующие группы методов сборки [3]:

– сборка по сборочным отверстиям (СО). В этом случае детали устанавливаются во взаимно правильное положение путем совмещения отверстий базовой и входящих деталей с последующей фиксацией цилиндрическими штырями фиксатора (технологическим крепежом). Точность установки деталей обеспечивается точностью переноса отверстия на детали и размерами фиксаторов. Базирование по СО широко применяется при сборке плоских листов обшивок с профилями, компенсаторами и другими деталями. Основным средством переноса являются шаблоны ШОК и кондукторы в заготовительных цехах. В данном случае при сборке отсека, сборка по СО производится в поддерживающих приспособлениях с последующими установкой и закреплением панелей на рабочих местах – рам клепального автомата. Невысокая требуемая точность установки деталей этих панелей позволяет собирать их по СО, что обеспечивает значительное снижение трудоемкости и затрат на оснащение агрегатно-сборочного цеха, получение стабильных размеров;

– сборка по разметке (по чертежу) производится установкой деталей по линиям разметки, нанесенными на одну из деталей. Таким неточным методом собираются неответственные детали, либо детали с низкими требованиями по точности. К данной группе относятся некоторые детали

ЭРАНО и монтажей, выполняемых на данном этапе сборки;

– сборка в приспособлениях, в которых положение деталей и узлов определяется базами, расположенными на сборочном приспособлении (СП), поэтому приспособление можно рассматривать как форму, размеры и конфигурация которой копируются в процессе сборки. Кроме того, оно придает определенную форму нежестким деталям и узлам, задает определенное положения инструмента относительно собираемого изделия. В данном случае в СП собираются узлы типа силовых шпангоутов, панели с обводами шпангоутов, детали ЭРАНО, их монтаж, балки пола и т. п. Основную группу приспособлений образуют СП с базированием по внешнему или внутреннему контуру (по обводам) деталей. Вторая немаловажная группа с базированием по отверстиям КФО, позволяющим выставить и зафиксировать узел (деталь) в номинальном положении. К этой группе СП собираемого отсека относятся стапели сборки передней и задней части отсека, т. е. последние СП являются комбинированными с применением нескольких методов.

– сочетание сборки по координатно-фиксирующим отверстиям с базированием деталей на систему опорных лазерных лучей в 2–5 раз повышает точность сборочного процесса. Для этого в качестве вспомогательной оснастки используются подвижные ложементы приспособления. Их перемещение может реализовываться вручную или с использованием управляющих программ.

Таким образом, следуя всему вышесказанному, произведена разработка схемы сборки подкилевой жесткости, была учтена специфика нынешней сборки жёсткости и проведена попытка оптимизации базирования. Схема сборки представлена на рисунке 1.4 [5].



Рис. 1.4. Схема сборки подкилевой жёсткости

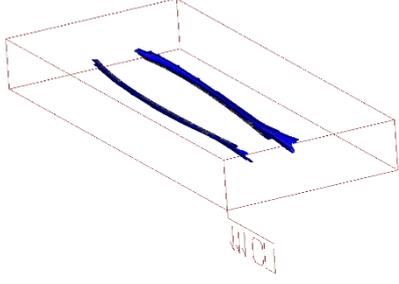
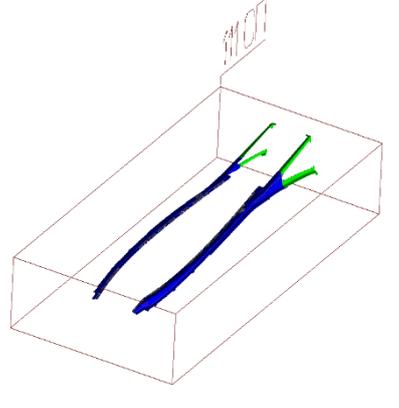
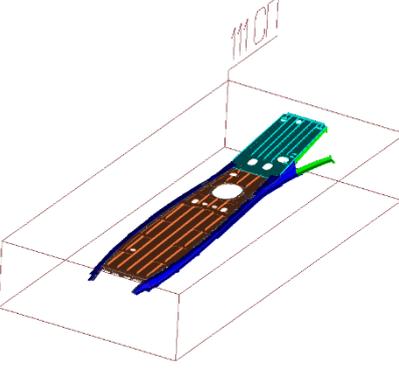
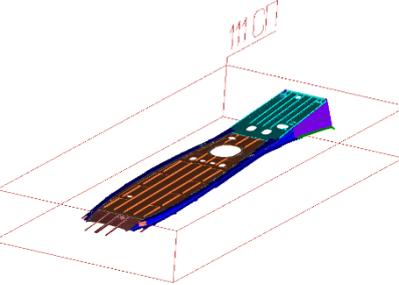
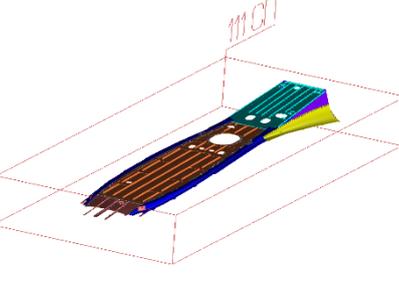
1.6. Разработка технологического процесса

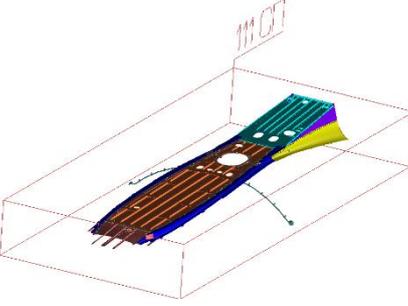
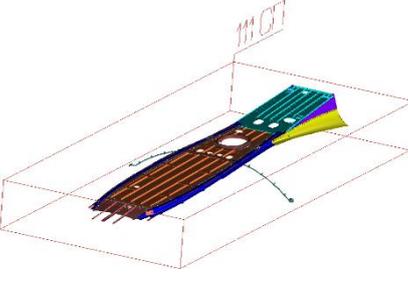
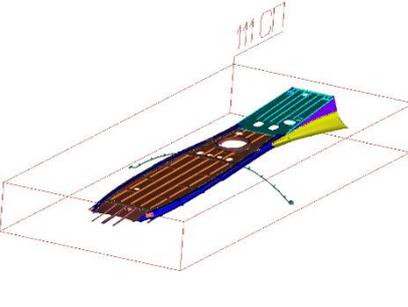
Технологический процесс изготовления детали является основным документом, регламентирующим порядок производства изделия. В нем прописывается последовательность обработки, применяемые материалы, инструменты, оборудование и режимы, которые позволяют достичь желаемого результата [1]. Здесь же содержится и информация об основном и вспомогательном времени, затрачиваемом на производство одной единицы продукции. В результате анализа нескольких вариантов технологических процессов выбираем оптимальный вариант, который приведен ниже в таблице 1.2 [4].

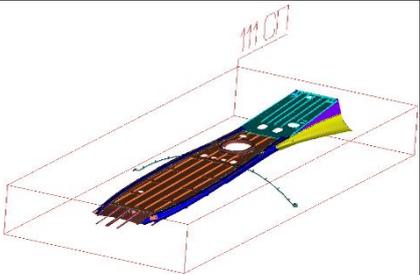
Таблица 1.2.

Результат анализа нескольких вариантов технологических процессов выбираем оптимальный вариант [4].

№ операции	Содержание операции	Эскиз операции
1	2	3

05	Установить профили стыковые передние и задние по упорам приспособления. Закрепить фиксаторами приспособления.	
10	Установить верхние и нижние пояса, фитинги по упорам приспособления. Закрепить фиксаторами приспособления.	
15	Установить панель и накладка, стенка со стойками на профили стыковые передние и задние по сборочным отверстиям. Закрепить панель и накладка, стенка со стойками с помощью фиксаторов приспособления.	
20	Установить часть жесткости подкилевой передней и обшивки со стойками по контуру профили стыковые передние и задние. Закрепить часть жесткости подкилевой передней и обшивки со стойками с помощью фиксаторов приспособления.	
25	Установить зализы кия на хвост. части фюзеляжа на обшивки со стойками по сборочным отверстиям. Закрепить зализы кия на хвост. части фюзеляжа с помощью фиксаторов приспособления.	

30	<p>Установить фитинги, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82 на панель с накладкой по разметке. Закрепить фитинги, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82 с помощью фиксаторов приспособления.</p>	
35	<p>Установить окантовка по контуру профили стыковые передние и задние, панель и накладка. Закрепить окантовка с помощью фиксаторов приспособления.</p>	
40	<p>Сверлить отверстия в профили стыковые передние и задние, верхние и нижние пояса, фитинги, зализы киля на хвост. части фюзеляжа и фитинги, панель и накладка, часть жесткости подкилевой передней, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82, обшивки со стойками, стенка со стойками, окантовка под болты.</p>	

45	<p>Подготовить отверстия в профили стыковые передние и задние, верхние и нижние пояса, фитинги, фитинги, зализы киля на хвост. части фюзеляжа, фитинги, панель и накладка, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82, обшивки со стойками, стенка со стойками, окантовка, панель и накладка, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82, обшивки со стойками, стенка со стойками, окантовка под установку болта Установить в отверстия пакета деталей профили стыковые передние и задние, верхние и нижние пояса, фитинги, фитинги, зализы киля на хвост. части фюзеляжа и фитинги, панель и накладка, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82, обшивки со стойками, стенка со стойками, окантовка, панель и накладка, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82, обшивки со стойками, стенка со стойками, окантовка на герметик У30МЭС-5МТУ38–105–1436–81 болты. Снять тех крепеж с профили стыковые передние и задние, верхние и нижние пояса, фитинги, фитинги, зализы киля на хвост. части фюзеляжа и фитинги, панель и накладка, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82, обшивки со стойками, стенка со стойками, окантовка, панель и накладка, желоб дренажный, дренажные трубки у шп. № 86, 82, обшивки со стойками, стенка со стойками, окантовка.</p>	
----	---	---

В целях усовершенствования технологического процесса считаю необходимым [10]:

1. Ввести дополнительные фиксаторы по шпангоуту 74 для более надёжного крепления сборки в приспособлении.

2. Ввести дополнительные уголки по шпангоуту 90 для совмещения отверстий и дальнейшей стыковки с отсеком Ф4.

2. Конструкторский раздел

2.1. Разработка технического задания на проектирование сборочного приспособления (СП)

При проектировании стапелей, стендов, средств механизации и автоматизации, разрабатывают техническое задание (ТЗ), которое определяется более широким объемом предъявляемых к проектируемому оснащению требований [11]. ТЗ является документом, определяющим основные требования, которыми обязан руководствоваться разработчик оснастки. В ТЗ также отражаются: перечень НИОКР и прочих работ, обосновывающих необходимость проведения разработки заказываемого образца, перечень экспериментальных образцов (макетов), условия эксплуатации, экономические и специальные требования [12]. Указываются: вид образца, предприятие-заказчик, предприятие-изготовитель, источник финансирования, комплектность конструкторской документации и т. п.

Для данного курсового проекта представляет интерес техническая часть ТЗ, в которой излагаются технические условия (ТУ), согласно которым будет спроектирован стапель [13].

Сформулированы следующие технические условия для проектирования технологического оснащения сборки подкилевой жёсткости [5]:

- стапель предназначен для сборки подкилевой жесткости;
- собираемая единица должна располагаться в сборочном приспособлении горизонтально и должна быть выставлена в линию полета;
- сборочными базами технологического оснащения должны являться внутренние поверхности ложементов и базовых отверстий (БО) на обшивках;
- в стапеле изделие должно быть зафиксировано «флажками» через отверстия под заклепки;
- сборочное приспособление должно обеспечивать требуемую степень точности по обводу подкилевой жесткости;
- заливку производить с помощью монтажной рамы;
- контроль сборки стапеля производить с помощью лазерного трекара;

- закладку узлов и выемку изделия производить краном «DEAG».
- Направление выемки изделия – вверх;
- фиксация ложементов на фермах, прижимов должны производиться вручную;
 - стапель должен обеспечивать удобный подход к собираемому изделию и его выем;
 - технологическое оснащение должно отвечать требованиям техники безопасности;
 - стапель эксплуатировать и обслуживать в соответствии с СТП 687.07.0036 и ОСТ 1.51732–81;
 - на элементах стапеля дать необходимую информацию (обозначения шп., стр. и др.).

2.2. Описание конструкции сборочного приспособления

Стапель сборки подкилевой жёсткости (см. рис. 2.1) выполнен по объемной силовой схеме. Силовая конструкция стапеля состоит из колонн, соединенных рамой по периметру [14].

К раме с помощью крепёжных стаканов крепится мастер-плита, а также ложементы и сварная ферма из труб круглого сечения.

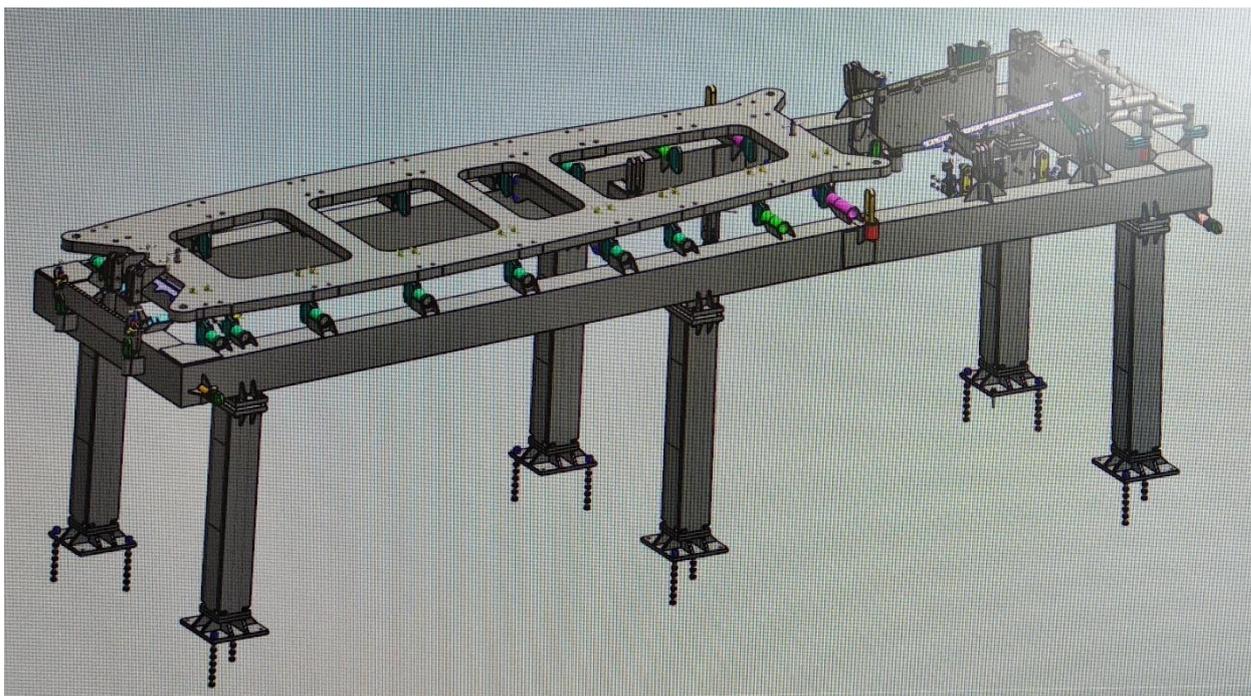


Рис. 2.1. Стапель сборки подкилевой жёсткости.

Далее подробно рассмотрим элементы и методы фиксации основных узлов подкилевой жёсткости.

Панель и накладка закладывается в стапель на мастер-плиту посредством мостового крана. Для позиционирования и фиксации панели с накладкой по продольной оси и поперечной угловой координате, на краях мастер-плиты предусмотрены фиксаторы. В мастер-плите предусмотрено 4 технологических выреза для подходов к сборке панели снизу.

Стенка со стойками, обшивки со стойками и зализы киля базируются на два продольных и один поперечный ложемент, соединенный с фермой. Ферма установлена на крепёжных стаканах, установленных попарно на раме [15].

Верхние и нижние пояса устанавливаются с помощью дополнительных прижимов, расположенных на ложементах.

Ложементы устанавливаются на раму с помощью крепёжных стаканов и упоров. Стаканы приварены к раме на верхней её части.

Закладка жёсткости в стапель производится в следующем порядке. Вначале профили стыковые опускаются мостовым краном в стапель и крепятся прижимами. Затем устанавливаются верхние и нижние пояса, фитинги по упорам приспособления. Затем устанавливаются панель и накладка, стенка со стойками на профили стыковые передние и задние по сборочным отверстиям и крепятся прижимами к мастер-плите. После сборки подкилевой жёсткости ложементы расфиксируются, прижимы вращением рукояток ослабляются [1]. Для операций установки и демонтажа ложементов предусмотрено ручное исполнение, поэтому последние изготовлены в облегченном варианте.

Также в стапеле предусмотрены фиксирующие элементы для мелких узлов и деталей: фитингов, профилей, и т. д.

В конструкции стапеля заложена высокая степень унификации и нормализации узлов (колонн, балок, вилок, проушин, прижимов и т. д.) – до 75 %.

Окраска стапеля производится в соответствии с цветовой схемой, принятой на базовом предприятии для изделия [2].

2.3. Расчет элементов конструкции СП на жёсткость

Стапель общей сборки под воздействием внешних нагрузок деформируется, чем вызывается искажение передаваемых агрегату размеров. Силовой каркас стапеля должен быть спроектирован таким образом, чтобы его деформации не выходили за предельно допустимое значение, принимаемое равным 0,1 мм. Методика нижеприведенного расчета построена, исходя из данного условия [3].

Начинать расчет следует с определения наиболее нагруженного элемента. В данном случае, таким элементом является балка рамы на участке от начала и до конца мастер-плиты сборочного приспособления.

Балка нагружена двумя сосредоточенными нагрузками, которые включают в себя массовые нагрузки от мастер-плиты и панели.

При расчете на жесткость учитываются только переменные нагрузки. Таким образом, каждая сосредоточенная нагрузка

$$P_p = P_m + P_n \quad ; (2.1)$$

где P_m – масса мастер-плиты, Н;

P_n масса панели, Н.

Масса мастер-плиты составляет 92 кг. Рассчитываем нагрузку действующую от мастер-плиты на каждое из 8 креплений балки $P_m = 1/8 \cdot 92 \cdot 9,8 = 112$ Н. Масса панели составляет 45 кг. Длина упомянутого участка панели составляет 4,3 м.

Полагаем, что на каждое из восьми креплений падает равная доля нагрузки.

Тогда, учитывая условие симметричности:

$$P_n = \frac{1}{8} \cdot 45 \cdot 9,8 \quad (2.2)$$

$$P_n = \frac{1}{8} \cdot 45 \cdot 9,8 = 55$$

Н

Номинальное значение сосредоточенной нагрузки на балку равно:

$$P_p = 112 + 55 = 167 \text{ Н}$$

Далее выбираем расчетную схему. Поскольку на колоннах края балки заварены, (двухточечное крепление), то их можно считать заземленными. При числе сил $m = 2$ коэффициент приведения $A = 0,19$. Приведенная нагрузка $P_{пр}$ равна:

$$P_{пр} = 0,19 \cdot 2 \cdot 167 = 63 \text{ Н}$$

Затем, по графикам равной жесткости подбираем необходимую жесткость балки, исходя из значения $P_{пр}$ и длины балки $L = 4,3$ м. Находим $EJ_x = 2 \cdot 89 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$.

Швеллер № 8 с жесткостью $EJ_x = 2 \cdot 89 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$, размер сечения $H \times B = 80 \times 40$ мм.

2.4. Расчет элемента приспособления на прочность

Определим нагрузку на один упор. Масса мастер-плиты присоединенной с панелью составляет около 137 кг. Полагаем, что на каждый упор падает одинаковая доля нагрузки. Однако, учитывая, что положение твердого тела однозначно задается через положение трех его точек, считаем, что один упор всегда ненагружен. Тогда осевая нагрузка на упор составит [5]:

$$P_{ос} = (137 / 3) \cdot 9,8 = 447 \text{ Н}$$

Потребный момент инерции сечения стержня определяется по формуле:

$$J = (1,5 \cdot P_{ос} \cdot l^2) / \pi^2 \cdot E, \quad (2.3)$$

где 1,5 – коэффициент запаса прочности;

l – длина стержня, м;

E – модуль упругости материала стержня, $\text{Н}/\text{см}^2$ МПа.

Материал стержня – сталь ($E = 2 \cdot 10^{11}$ Па), максимальный вылет

стержня $l = 0,6$ м, следовательно:

$$J = (1,5 \cdot 447 \cdot 0,6^2) / (3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}) = 1,22 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4$$

Для стержня круглого сечения момент инерции равен:

$$J = \pi \cdot d^4 / 64 \quad (2.4)$$

следовательно, диаметр $d_{\text{ст}}$ равен:

$$d_{\text{ст}} = 64 \cdot J / \pi \quad (2.5)$$

$$d_{\text{ст}} = (64 \cdot 1,22 \cdot 10^{-10}) / \pi = 0,007 \text{ м}$$

Мы установили, что минимальный диаметр стержня (диаметр впадин резьбы ходового винта) $d_{\text{ст}} = d_3 = 7$ мм. Конструктивно задаем стержень с трапецеидальной резьбой по СТ СЭВ 838–78 с наружным диаметром $d = 9$ мм, внутренним $d_3 = 7$ мм, шагом $P = 1,5$ мм.

2.5. Разработка схемы увязки

Применяемый бесплазовый метод увязки позволяет повысить точность собираемого агрегата уже на стадии проектирования. Схема увязки представлена на рисунке 2.2.

В основе данного метода лежит электронная модель собираемой подкилевой жёсткости, построенная с применением средств автоматизированного проектирования. Применение средств автоматизации сводит к нулю погрешность при последующей передаче размеров [6].

Электронная модель включает в себя все детали и сборочные единицы проектируемой подкилевой жёсткости. По данной модели, разрабатывается электронная модель сборочного приспособления. Также по электронным моделям изготавливают и проводят сборку подкилевой жёсткости.

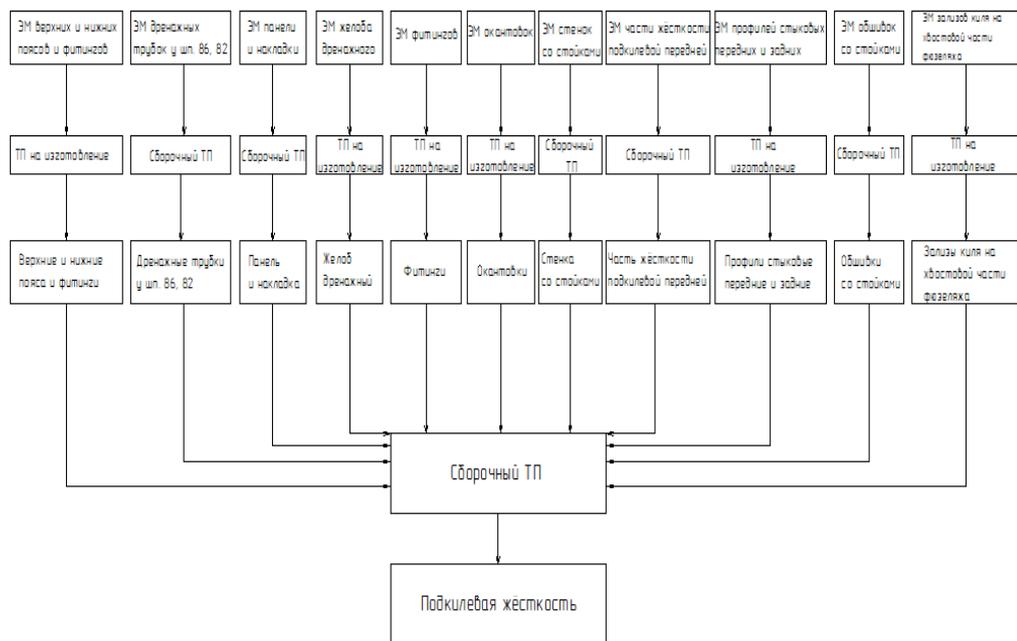


Рис. 2.2. Схема увязки.

3. Требования безопасности при выполнении сборочных работ

3.1. Требования безопасности при выполнении сборочных работ

При организации сборочно-клепальных работ необходимо предусматривать комплекс мероприятий, обеспечивающих высокую производительность и полную безопасность работы. Основные из этих мероприятий следующие:

1. К выполнению клепальных работ ручным клепальным инструментом и подержками допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медосмотр, курсовое обучение по клепальным работам и имеющие соответствующую квалификацию.

2. Замеры шума на агрегатно-сборочных работах проводить не реже одного раза в год и случае внедрения новых технологических процессов. Если данные замеры превышают допустимые нормы, то необходимо принять меры по снижению шума.

3. Температуру воздуха в агрегатно-сборочных цехах следует поддерживать в течение рабочего времени не менее $+16^{\circ}\text{C}$.

4. Для выполнения клепальных работ рекомендуются клепальные молотки, по своим вибрационным и техническим параметрам отвечающие

санитарным нормам и требованиям ГОСТа 15996–70.

5. При выполнении клепальных работ масса поддержки должна соответствовать массе клепального молотка.

6. Перед началом работы рабочий должен убедиться в исправности инструмента. При обнаружении неисправности заменить инструмент исправным.

7. Рабочие места сборщиков-клепальщиков должны удовлетворять следующим требованиям: иметь свободный проход к месту работы, приспособление для внестапельной клепки должно обеспечивать жесткое крепление и удобную позу клепальщика при работе.

8. При работе должны применяться клепальные пневматические молотки и поддержки с виброгашением, покрытые в местах прикосновения рук теплоизолирующим материалом.

9. Перед включением пневмомолотка в воздушную сеть проверить наличие предохранительной пружины на бойке. Запрещается замена пружины на самодельные устройства.

10. При работе с пневмомолотком включать воздух после плотного прижатия обжимки или бойка к заклепке.

11. При работе на стапелях запрещается использование перил для устройства подмостков. Запрещается прислоняться к перилам рубильники, шаблоны или детали, а также становиться на них ногами.

12. Перед тем как встать на откидную площадку, необходимо проверить надежность ее закрепления на кронштейнах или рубильниках.

13. При подключении шланга в сеть нельзя оставлять концы шланга свободными, необходимо предварительно подключить пневмоинструмент.

14. Запрещается сдувать стружку струей сжатого воздуха.

15. Запрещается поправлять положение деталей и инструмента, зажато в тисках, нанося по ним удары молотком или другим предметом.

3.2. Опасные и вредные производственные факторы и мероприятия по их устранению

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоемкости.

После анализа технологических процессов в цехе сборки подкилевой жёсткости были выявлены опасные и вредные факторы. Рассмотрим эти факторы и их действие на организм человека.

Таблица 3.1.

Опасные и вредные производственные факторы [2].

№ п/п	Опасные и вредные факторы	Действия фактора на организм человека	Мероприятия по устранению фактора
1	2	3	4
1	Отлетающая стружка	Механическое травмирование (удары, травмирование органов зрения)	Работы, связанные со сверлением, фрезерованием, выполнять в специальной одежде, перчатках, защитных очках
2	Вибрация	Длительное воздействие на организм человека приводит к виброболезни (лечится только в начальной стадии)	Замена ручной клепки на прессовую и автоматическую. Применение виброперчаток, применение виброинструмента с виброгасителями, организация в цехе процедурных кабинетов

3	Шум	Угнетает центральную нервную систему, способствует нарушению обмена веществ в организме, может привести к профессиональным заболеваниям – тугоухости или глухоте	Рабочие клепальщики – сборщики работают в специальных звукогасящих наушниках называемых “Беруши”, стенды цеха выполнены из звукопоглощающих панелей
4	Поражение электрическим током	Ожоги, электрошок, разложение крови, сокращение мышц	Применение защитного заземления, применение источника света с напряжением не более 36В, изоляция электрокоммуникаций и безопасное их размещение
5	Наличие агрессивных жидкостей	Временное ухудшение зрения при попадании на слизистую оболочку глаза. Поры жидкостей приводят к головокружению	К работе с агрессивными жидкостями допускаются лица, достигшие 18-ти лет и прошедшие ТБ, противопожарный инструктаж. Применяемые жидкости – ацетон, бензин. Для размещения жидкостей в проектируемом цехе отводится специальное тара для их хранения. Рабочие места, на которых применяются ЛВЖ, оборудованы вентиляционными установками

6	Утомление	Снижение трудоемкости в результате привычной, но длительной работы. Утомляемость возникает до приобретения трудовых навыков	Оптимальная организация режима труда, рациональность организации производственного процесса, эффективное обучение с целью быстрого овладения трудовыми навыками
---	-----------	--	--

4. Заключение

В данной статье представлена характеристика объекта сборки подкилевой жёсткости военно-транспортного самолета, которая даёт наглядное представление о её конструкции.

В технологической и конструкторской части проекта решены следующие вопросы:

1. Разработана схема членения подкилевой жёсткости;
2. На основании известных схем сборок и способов базирования, применяемых при сборке, выбрана схема сборки и способ базирования для предложенной заданием подкилевой жёсткости;
3. Составлена схема увязки подкилевой жёсткости;
4. Проведен конструктивно-технологический анализ деталей, поступающих на сборку;
5. Разработан технологический процесс сборки заданной сборочной единицы;
6. Рассчитана балка стапеля на жесткость.
7. Рассмотрены основные вопросы по охране труда на рабочем месте, приведен анализ опасных и вредных производственных факторов, указаны основные требования по технике безопасности при выполнении сборочно-клепальных работ.

Список литературы

1. Миллер В.В. Роль искусственного интеллекта в роботехнике. // В сборнике: Биотехнические, медицинские и экологические системы,

измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2019 Сборник трудов XXXII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией В.И. Жулева. 2019. С. 638–641.

2. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Проблемы программного обеспечения в авиационных системах. // В сборнике: Проблемы технического сервиса в АПК Сборник научных трудов II студенческой всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 7–15.

3. Аль Д.А.М.Ф., Маркова Е.В., Вольсков Д.Г. Подрыв конфиденциальности в системе адресации отчетности авиационной связи. // В сборнике: Миллионщиков-2019 Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ. 2019. С. 123–129.

4. Аль Д.А.М.Ф., Маркова Е.В. Система мониторинга работоспособности авиационных газотурбинных двигателей по реальным данным. // В сборнике: Миллионщиков-2019 Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ. 2019. С. 137–143.

5. Аль Д.А.М.Ф., Маркова Е.В. Особенности снабжения аэрокосмической промышленности. // В сборнике: В мире научных открытий Материалы III Международной студенческой научной конференции. 2019. С. 137–140.

6. Черненькая Е.В. Форсайт-аудит систем управления в аэрокосмической технологии. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2019. № 1 (85). С. 71–73.

7. Маркова Е.В., Аль-Дарабсе А.М.Ф. Влияние инноваций на экономический рост. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2019. № 2 (86). С. 72–74.

8. Маркова Е.В. Исследование требований летной годности составных воздушных судов для воздушных судов транспортной категории в FAA. //

Российский электронный научный журнал. 2019. № 1 (31). С. 8–21.

9. Маркова Е.В., Денисова Т.В. Моделирование турбовинтовой гибридной электрической двигательной установки. // Российский электронный научный журнал. 2019. № 2 (32). С. 16–33.

10. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Исследование экономических систем в авиастроении на основе методологии функционально-стоимостной инженерии. // В сборнике: Молодежь и наука XXI века Материалы Международной научной конференции. 2018. С. 470–472.

11. Вольсков Д.Г. Исследование экономических систем в авиастроении на основе методологии функционально-стоимостной инженерии. // В сборнике: Молодежь и наука XXI века Материалы Международной научной конференции. 2018. С. 470–472.

12. Вольсков Д.Г. Криминализация экономики как финансовой безопасности. // В сборнике: Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера III Всероссийская научная конференция. Ульяновск, 2019. С. 101–104.

13. Вольсков Д.Г. Способы снижения дебиторской задолженности с целью укрепления финансовой безопасности предприятия. // В сборнике: Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера III Всероссийская научная конференция. Ульяновск, 2019. С. 105–109.

14. Вольсков Д.Г. Кадровая безопасность предприятия в современной экономике. // В сборнике: Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера III Всероссийская научная конференция. Ульяновск, 2019. С. 109–113.

15. Вольсков Д.Г. Улучшение отслеживания багажа, безопасности и обслуживания клиентов с помощью RFID в авиационной отрасли. // В сборнике: Проблемы технического сервиса в АПК Сборник научных трудов II студенческой всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 15–20.

ELEMENTS OF THE PRODUCTION PROCESS OF ASSEMBLING A MILITARY TRANSPORT PLANE

Al Darabseh Amer Mohammad Farhan,

5th year student,

Specialty Aircraft and Helicopter Construction

amersamarah4@gmail.com

Markova Elena Vladimirovna,

Ph. D., associate professor

Department of "Economics,

Management and Computer Science"

morozova319@yandex.ru

Institute of Aviation Technologies and Management,

Ulyanovsk State Technical University,

Ulyanovsk, Russian

Abstract. The manufacture of an airplane glider begins with the manufacture of parts and ends with the assembly work of units, assemblies, docking and installation work on the finished product.

Currently, one of the main elements of the manufacturing process for manufacturing aircraft is considered assembly production. The main factors determining the specifics of assembly work in aircraft construction are:

– many-component airframe, as well as a wide variety of structural materials used. This leads to a variety of technological processes and their equipment, complicates the planning, control and accounting of assembly work;

– the complexity of production forms and low rigidity of most structural elements of the airframe, due to which it becomes necessary to use numerous and complex technological equipment;

- high demands on the quality of the aircraft as a whole and its individual elements, to ensure which the latest control methods, including special equipment, are necessary;

- wide cooperation in production significantly complicates the solution of issues ensuring the accuracy and interchangeability of airframe structural elements;

- Frequent change of production facilities due to the rapid moral aging of aircraft.

The duration and complexity of the assembly work, depending on the type of aircraft, ranges from 30–56 % of all production labor costs. Assembly and installation work covers the assembly of the airframe, installation of equipment and power plants, installation of flight control systems and take-off and landing facilities, airfield work on preparing the aircraft for flight tests and handing it over to the customer. Assembly and installation work is characterized by the complexity of the work performed, the relatively low level of mechanization of the technological operations of assembly and installation, which entails a greater laboriousness of manufacturing products, a low level of labor productivity.

Assembly work, depending on the type, can be divided into nodal assembly – assembly of nodes (spars, ribs, frames, hatch flaps); modular – assembly of compartments, units, sections of the airframe; general assembly of aircraft – assembly-docking of individual units into the whole product and leveling.

The article is devoted to the development of technology for assembling stiffness stiffness. It includes:

- scheme of division of the compartment;
- a basing method for this unit; assembly sequence;
- scheme linking stiffness stiff;
- terms of delivery of parts for assembly;
- calculation of the rigidity of the assembly device.

Keywords:: aviation equipment, technological processes, airframe construction, assembly work, technological equipment, assembly production, construction materials, production labor costs.

