

Министерство образования Иркутской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Иркутской области  
«Иркутский авиационный техникум»  
(ГБПОУИО «ИАТ»)

РАССМОТРЕНО  
На заседании ВЦК С  
Протокол № 10  
от «23» мая 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ  
директор ГБПОУИО «ИАТ»  
\_\_\_\_\_ А.Н. Якубовский

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

**ПМ.03 Техническая поддержка процесса проектирования  
механических конструкций, узлов и агрегатов систем  
летательных аппаратов**

**МДК 03.02 Проектирование узлов, агрегатов и систем  
летательных аппаратов, разработка конструкторской  
документации**

**24.02.01 Производство летательных аппаратов**

**Иркутск 2024**

**Разработчик:**

преподаватель ГБПОУИО «Иркутский авиационный техникум»

Захаров Роман Николаевич

преподаватель ГБПОУИО «Иркутский авиационный техникум»

Гольдварг Евгений Сергеевич

## Содержание

Введение.....	4
1. Общие положения .....	5
1.1 Цель курсового проекта.....	5
1.2 Задание на курсовой проект .....	5
1.3 Содержание и объем курсового проекта .....	5
1.4 Порядок выполнения и защиты курсового проекта .....	7
2 Рекомендации по выполнению разделов проекта .....	8
2.1 Титульный лист .....	8
2.2 Задание на проект.....	8
2.3 Содержание.....	8
2.4 Введение курсового проекта .....	8
2.5 Разработка конструкции и конструкторской документации .....	8
2.6 Разработка технологического процесса сборки узла .....	14
2.7 Разработка технологического процесса изготовления детали из листового материала .....	22
2.8 Выбор и обоснование метода увязки и обеспечения взаимозаменяемости .....	13
2.9 Заключение .....	32
Перечень используемых сокращений .....	33
Список используемых источников.....	36
Приложение А .....	37
Приложение Б.....	38

## Введение

Современный специалист авиастроения должен быть широкопрофильным специалистом, который разбирается в разных аспектах производственных работ. Понимание устройства самолета, принципа его работы и взаимной работы всех компонентов ложатся в основу любой должности на самолетостроительном производстве. Самолёт насчитывает большое количество различных деталей сложной геометрической формы и больших габаритных размеров. Изготовление таких деталей весьма трудоёмкий процесс. Новые методы увязки с применением независимых методов проектирования, разработки документации и изготовления всех элементов самолета, позволяет снизить трудоёмкость производства. Современные средства 3D моделирования открывают новые возможности как для конструкторских подразделений производства, так и технологических.

В качестве задания на курсовую работу каждому студенту предлагается тема: «Разработка и проектирование конструкции авиационного узла». Объектами сборки являются сборочные узлы, определяемые преподавателем индивидуально для каждого студента.

При разработке курсового проекта ставятся такие задачи, как:

- дать описание конструкции сборочного узла;
- провести анализ конструктивно-технологических характеристик узла;
- произвести проектировочный расчет конструкции;
- определить виды соединений и их параметры;
- обеспечить геометрическую и конструктивную увязку компонентов конструкции;
- разработать чертежно-графическую документацию на узел.

В ходе выполнения курсового проекта применяются навыки работы в современных САПР, на примере узла в дальнейшем будут изучаются процессы проектирования сборочного приспособления и технологического процесса сборки для сборочной единицы.

## **1. Общие положения**

### **1.1 Цель курсового проекта**

Целью курсового проекта является формирование общих и профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС специальности, формирование практического опыта, знаний, и умений обучающихся, приобретение студентами навыков разработки конструкций авиационных узлов и агрегатов, производства элементов конструкции планера летательного аппарата.

### **1.2 Задание на курсовой проект**

В качестве задания на курсовой проект каждому студенту предлагается узел конструкции летательного аппарата. Узлы студенты могут подбирать из предложенных преподавателем вариантов.

При выборе задания необходимо учитывать следующие требования:

- узел должен содержать не менее 5 и не более 10 деталей различного наименования (без учета повторяемости деталей и крепежных элементов);
- узел должен содержать детали, выходящие на аэродинамический обвод или иметь контуры ему эквидистантные;
- одна деталь, из листового материала, обязательно должна иметь конструктивные элементы, такие как: борт, отбортовки (тип 1,2,3), подсечки, рифты жесткости, вырезы под стрингеры и т.д. (количество и тип конструктивных элементов не регламентируется);
- как минимум одна деталь, из пресованного профиля, должна выходить на теоретический контур и иметь кривизну;
- остальные детали, должны обеспечивать жесткость и прочность узла и выполняются в общей конструктивно-силовой схеме узла.

В курсовом проекте для заданного узла необходимо:

- выполнить конструктивно-технологический анализ узла;
- разработать схему нагружения конструкции;
- рассчитать основные элементы конструкции узла на прочность;
- выполнить расчет и подбор крепежных элементов конструкции узла;
- обеспечить геометрическую увязку компонентов узла
- разработать сборочный чертеж узла (формат А0 или А1) и спецификацию к нему;
- разработать чертеж детали из листового материала (формат А3 или А2).

### **1.3 Содержание и объем курсового проекта**

Содержание курсового проекта выполняется в соответствии с локально-нормативным актом «Об организации выполнения и защиты курсовой работы (проекта)».

Курсовой проект состоит из пояснительной записки в бумажном виде и чертежно-графической части, выполненной в электронном виде. Также все материалы проекта предоставляются руководителю в электронном виде для переноса на электронный сетевой ресурс техникума.

Пояснительная записка объемом 35-45 страниц формата А4 должна содержать:

Титульный лист

Задание на курсовое проектирование

Лист «Содержание»

Введение

1 Описание конструкции и конструкторской документации

1.1 Описание конструктивно-технологической характеристики сборочного узла

1.2 Технические требования на сборку узла

2 Расчет силовых элементов конструкции сборочного узла на статические нагрузки

2.1 Составление схемы нагружения конструкции

2.2 Расчет сечений силовых элементов конструкции узла

2.3 Подбор параметров крепёжных элементов конструкции узла

3 Геометрическая увязка конструкции узла

3.1 Определение конструктивных параметров деталей узла

3.2 Составление схемы увязки и обеспечения взаимозаменяемости конструкции узла на производстве

Заключение

Перечень используемых сокращений

Список используемых источников

Приложения

Пояснительная записка должна содержать необходимые обоснования, пояснения и иллюстрации. В конце каждого раздела необходимо сформулировать выводы. Не следует приводить длинные выписки из учебников и технической литературы. Наиболее ценным являются собственные мысли, решения и выводы. Они повышают качество проекта и влияют на итоговую оценку.

Записка должна оформляться в соответствии с требованиями ГБПОУИО «ИАТ» согласно методическим указаниям по оформлению курсового и дипломного проектов для специальности 24.02.01 Производство летательных аппаратов, а также ГОСТ 7.32-2017 и ГОСТ 2.105-95. Страницы текста и включенные в ПЗ иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327-60.

Графическая часть курсового проекта включает:

- сборочный чертеж узла (формат А0 или А1) с оформленной к нему спецификацией (формата А4);
- чертеж детали из листового материала (формат А3 или А2).

Схема членения узла (в изометрической проекции), общие виды деталей оформляются в виде технических рисунков и включаются в пояснительную записку.

Все графические материалы должны оформляться в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД.

Рекомендуется дополнительно выполнять узел планера в виде компьютерной трехмерной твердотельной модели с помощью САПР.

Пример оформления курсовой работы, находится у руководителя курсового проекта.

#### 1.4 Порядок выполнения и защиты курсового проекта

Проект считается законченным, если выполнены все разделы в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Готовый проект защищается перед аудиторией (студентами группы и преподавателем). На защите проекта обучающийся выступает с кратким сообщением по проекту. При этом в докладе обучающийся кратко излагает содержание работы, используя заранее подготовленный текст или план-конспект, а также наглядные пособия (чертежи). Выступление должно содержать общую характеристику работы, цели, задачи, объект, методы исследования, полученные результаты, обоснованные выводы, теоретическую и практическую значимость работы.

Курсовые проекты в электронном виде вместе с чертежами и ПЗ сдаются руководителю. Руководитель помещает данные файлы на диск R через председателя ВЦК. Структура содержания папки для передачи руководителю изображена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Структура содержания папки

## **2 Рекомендации по выполнению разделов проекта**

### **2.1 Титульный лист**

Титульный лист оформляется по образцу из приложения А. Должен содержать шифр, наименование темы по приказу, фамилии и инициалы руководителя и студента, разработавшего проект. Пример титульного листа – Приложение А.

### **2.2 Задание на проект**

Преподаватель (руководитель курсового проекта), на основании исходных материалов, разрабатывает и выдает обучающемуся индивидуальное задание на курсовой проект, которое содержит следующие данные:

- исходные данные (теоретический электронный макет, конструктивно-силовая схема);
- общие требования при выполнении курсовой работы;
- перечень материалов, представляемых к защите;
- график выполнения курсового проекта.

Пример листа задания – Приложение Б

### **2.3 Содержание**

Лист содержания оформляется в соответствии с ГОСТ 2.104 форма 2. Содержит в себе структуру курсового проекта с наименованиями разделов и подразделов с номерами страниц.

### **2.4 Введение курсового проекта**

Раскрывается актуальность и значение темы, формулируются цели и задачи работы. Качественное введение на курсовой проект должно занимать не менее одной страницы. Введение рекомендуется писать поэтапно в процессе выполнения работы, описывая проблемы и решения, выявленные в ходе работы. Лист введения, как и последующие листы пояснительной записки, оформляются в соответствии с ГОСТ 2.104 форма 2а.

### **2.5 Описание конструкции и конструкторской документации**

В данном разделе будет описана конструкция разрабатываемого узла, этапы проектирования конструкции (каждой детали, конструктивных элементов и всей конструкции в целом), количество и состав конструктивных элементов, виды соединений деталей и анализ технологичности.

Также в начале раздела должны быть указаны исходные данные. К ним относятся:

- исходные данные из листа задания;



- расположение проектируемого узла на летательном аппарате, как показано в примере.

**Пример:**

Разработка конструкции выполняется с помощью систем автоматизированного проектирования Siemens «NX». Конструктивная и геометрическая увязка деталей узла «Элерон самолёта S-21A (правый борт)» выполняется на основе расположения узла в общей ТЭМ летательного аппарата и КСС агрегата. В данной конструкции КСС определяется системой базовых плоскостей крыла.

Положение узла выделено на рисунке X.X.

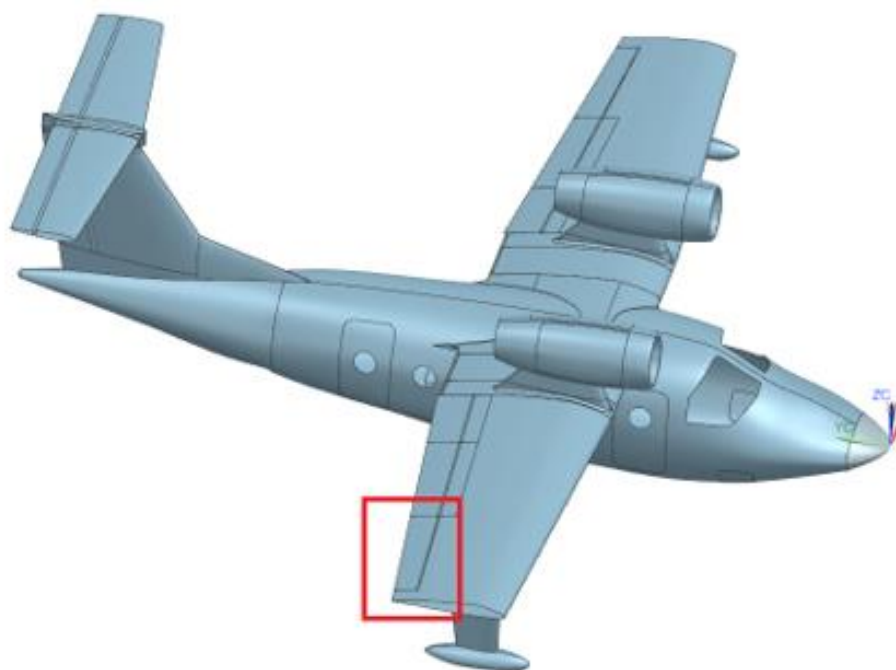


Рисунок X.X – Положение узла в системе самолета

- описание ТЭМ и КСС с наглядными изображениями, как показано в примере.

**Пример:**

Для разработки конструкции элерона самолета S-21A с общей ТЭМ самолета будут выделены отдельно ТЭМ узла и КСС отклоняемого носка. ТЭМ будет являться основой для получения теоретического обвода узла, от которого будут разрабатываться все элементы конструкции и производится геометрическая увязка контуров деталей. КСС содержит в себе конструктивные базы всех элементов конструкции в виде их плоскостей, которые расположены в пространстве ТЭМ и определяют точное положение детали или деталей.

На рисунке X.x приведен ТЭМ элерона самолета S-21A.

На рисунке X.xx показан ТЭМ с КСС элерона самолета S-21A.

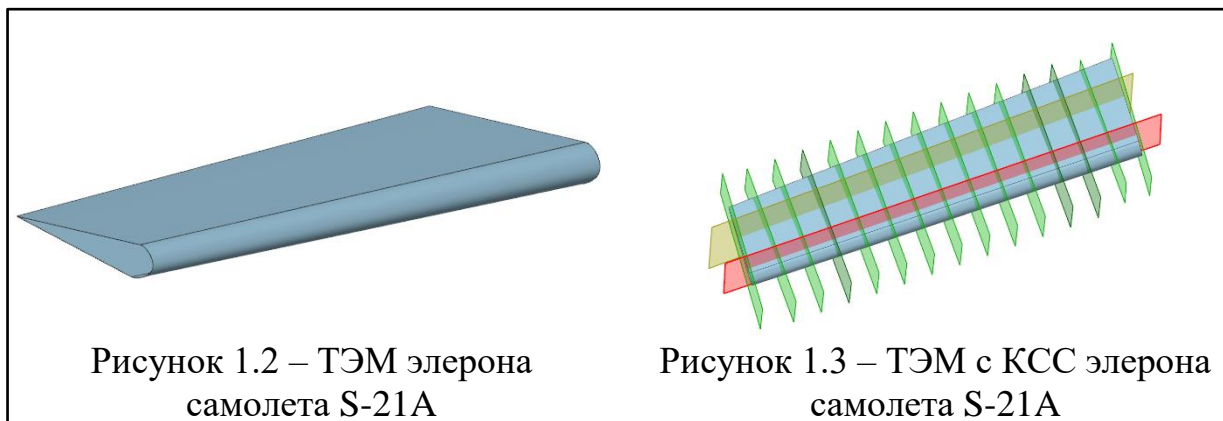


Рисунок 1.2 – ТЭМ элерона самолета S-21A

Рисунок 1.3 – ТЭМ с КСС элерона самолета S-21A

## 2.5.2 Описание конструктивно-технологической характеристики сборочного узла

Данный этап содержит описание конструкции проектируемой части планера летательного аппарата и рекомендуется выполнять по следующему плану:

а) Общие сведения об узле:

- наименование и обозначение сборочной единицы;
- расположение и назначение данной конструкции;
- габаритные размеры узла и масса;
- принцип работы;
- общая форма узла;
- состав конструктивных элементов;
- наличие и количество узлов стыка, навески и т.д.;
- состав и количество деталей конструкции.

### Пример:

Узел «Элерон самолёта S-21A (правый борт)», с номером сборочной единицы КП.24.02.01.XX.XXX.XX.100.СБ, располагается в концевой части крыла самолета между нервюрами 18 и 26. Относится к органам управления самолёта. Предназначен для управления углом крена самолёта, при этом элероны отклоняются дифференциально, то есть в противоположные стороны: для крена самолёта вправо правый элерон поворачивается вверх, а левый – вниз и наоборот. Принцип действия элеронов состоит в том, что у части крыла, расположенной перед элероном, поднятым вверх, подъёмная сила уменьшается, а у части крыла перед опущенным элероном подъёмная сила увеличивается; создаётся момент силы, изменяющий скорость вращения самолёта вокруг оси, близкой к продольной оси самолёта. В нейтральном положении является продолжением крыла с его обычным профилем. Данная конструкция имеет 1 фиксированный кронштейн крепления к крылу, 1 шарнирно-плавающий кронштейн для компенсаций разницы изгиба крыла и элерона под нагрузками и 1 кронштейн крепления тяги от крыла.

Габаритные размеры элерона:

- длина xxx мм;
- ширина xxx мм;
- толщина (высота) xxx мм.

Масса узла: xx,х кг.

Общая форма узла – объемная, конического обвода с криволинейным контуром по обводообразующим поперечным элементам. Расположение деталей узла задается относительно конструктивных баз, которыми являются: теоретический обвод элерона, плоскость строительной горизонтали фюзеляжа, плоскость симметрии самолета, плоскости лонжерона, нервюры, стенки, ось вращения и ось крепления элерона.

б) схему членения узла на детали, выполненное графически изображение (в изометрической проекции) с разнесением всех элементов конструкции узла для наглядности, как в примере.



### 2.5.3 Технические требования на сборку узла

Сборка узла должна обеспечивать взаимную стыковку с другими узлами и должна удовлетворять требованиям чертежа, инструкций и технических условий.

В технических условиях необходимо указать:

- допуски на отклонение от аэродинамического контура теоретического (под каждый разрабатываемый самолет будут разрабатываться отдельно);

- допуски на отклонение от элементов каркаса планера (под каждый разрабатываемый самолет будут разрабатываться отдельно);
- допуски на отклонение стыков деталей (ОСТ 1 02507-92 для дозвуковых самолетов, ОСТ 1 02581-86 для сверхзвуковых самолетов - при невозможности использования брать данные с дозвуковых самолётов в 2 раза меньше);
- шаги заклепок в заклепочных швах по ОСТ 1 00016-71;
- неуказанные предельные отклонения размеров на чертеже по ОСТ 1 00022-80;
- и т.д.

Для определения величин допускаемых отклонений по аэродинамическому контуру пользоваться таблицей 2.1

Таблица 2.1 – Допускаемые отклонения по элементам самолета

Агрегат	Отклонения, мм
Носовая часть фюзеляжа до начала хорды крыла	±1,0
Остальная часть фюзеляжа для крупногабаритных самолетов	±3,0
Остальная часть фюзеляжа для средних и небольших самолетов	±2,0
Носовая часть крыла до линии фокуса, носовая механизация	±1,0
Остальная часть крыла, задняя механизация	±2,0
Элероны, руль высоты, руль направления	±1,5
Носовая часть стабилизатора	±1,0
Остальная часть стабилизатора	±2,0
Носовая часть киля	±1,0
Остальная часть киля	±2,0
Обечайка и входное устройство гондол и мотогондол двигателей	±1,0
Носовая часть гондол шасси	±1,0
Остальные части гондол и мотогондол	±2,0
Канал воздухозаборника	±0,8
Носовая часть пилона	±1,0
Остальная часть пилона	±2,0

Для определения величин допускаемых отклонений по элементам каркаса пользоваться таблицей 2.2

Таблица 2.2 – Допускаемые отклонения по элементам каркаса

Элемент/деталь каркаса	Отклонения по осям/плоскостям, мм
1	2
Шпангоуты по цилиндрическому обводу	±1,0
Шпангоуты по коническому или двойной кривизны обводам	±0,5
Нервюры по цилиндрическому обводу	±0,8
Нервюры по коническому или двойной кривизны обводам	±0,5
Прямолинейные стрингеры	±2,0
Криволинейные стрингеры	±1,0
Составные лонжероны	±1,5
Цельно фрезерованные лонжероны	±1,0

Продолжение таблицы 2.2 – Допускаемые отклонения по элементам каркаса

1	2
Стенки, балки и прочее	$\pm 2,0$
Оси вращения элементов	$\pm 0,1$
Оси стыков узлов и агрегатов	$\pm 0,2$

Технические условия на сборку узла оформить, как указано в примере.

**Пример:**

**1.3 Технические требования на сборку узла**

Сборка элерона самолёта S-21A (правый борт) должна обеспечивать взаимную стыковку с другими узлами и должна удовлетворять требованиям чертежа, инструкций и технических условий.

Технические условия на сборку элерона самолёта S-21A имеют следующий вид:

1. Допускаемое отклонение от теоретического контура  $\pm 1,5$  мм.
2. Допускаемое отклонение по оси лонжерона  $\pm 1,5$  мм.
3. Допускаемое отклонение по осям нервюр  $\pm 0,5$  мм.
4. Допускаемое отклонение по оси стенки  $\pm 2,0$  мм.
5. Допускаемое отклонение по оси вращения  $\pm 0,1$  мм.
6. Допускаемое отклонение по оси крепления тяги  $\pm 0,2$  мм.
7. Выступание головок заклепок  $\pm 0,1$  мм (ОСТ 1 02507-92).
8. Выступание или западание головок болтов для обшивок толщиной 2,0 мм  $\pm 0,2$  мм (ОСТ 1 02507-92).
9. ...
10. Неуказанные предельные отклонения размеров, допуски формы и расположения поверхностей – по ОСТ 1 00022-80.
11. Клепку выполнять по ПИ 249-2009.
12. Болтовые соединения по РТМ 1.4.1941-89.
13. Отверстия под болты по ОСТ 1 10569-72 выполнять Н7 с шероховатостью  $\sqrt{Ra0,8}$ .
14. Крепеж нервюр со стенкой, стойки с нервюрами и стенкой ставить на грунтовке ЭП-0215.
15. Крепеж по поз. 1-6, 20 ставить на герметик УЗ0МЭС-5НТ ТУ 38 1051436-88 по ПИ 1.2.290-85 и ОСТ 1 42315-86.
16. После сборки заклепочные швы, головки болтов, выступающие резьбовые части вместе с гайками покрыть грунтовкой ЭП-0215.470 ОСТ 1 90055-85.

В конце каждого раздела формируется вывод, который полностью отражает достигнутый этап выполнения курсового проекта.

**Пример:**

**Вывод:** Для разрабатываемой конструкции составлено описание входящих элементов. На конструкцию заданы технические требования, которые обеспечат изделие требуемым эксплуатационным качествам совместно с технологическими возможностями.

## 2.6 Расчет силовых элементов конструкции сборочного узла на статические нагрузки

Данный раздел содержит описание и расчеты на прочность для элементов конструкции. Все расчеты имеют упрощенную форму и выполняются без жесткой связи с другими узлами, отсеками и агрегатами самолета. Многие схемы и формулы для расчета будут иметь упрощенный вид. Это позволит независимо проводить расчеты и получать результат, близкий к действительному.

Для разработки раздела необходимо выполнить описание элементов конструкции в общем приближении, определить работу элементов на нагрузки и их конструктивную форму.

### Пример:

Узел состоит из продольных и поперечных силовых элементов конструкции, образующих каркас, а внешний обвод задаёт не замкнутая по носовой части обшивка. Соединение узла с крылом обеспечивают узлы навески, крепясь болтами к ответным узлам в крыле. С помощью узла тяги обеспечивается соединение с элементами проводки управления, приводящими элерон в движение. Соединяются детали узла между собой заклепками и болтами.

Нервюры элерона правого борта самолёта S-21A являются поперечными элементами конструкции и предназначены для сохранения формы профиля элерона, а также восприятия и передачи воздушных нагрузок на лонжерон. В своём сечении нервюры относительно центра жёсткости работают на кручение, преобразуя нагрузку в пары касательных сил, которые также будут передаваться на лонжерон. Основным видом нагружения нервюры является изгиб и кручение. Силовые нервюры догружаются сосредоточенной нагрузкой от узлов навески.

Лонжерон элерона самолета S-21A имеет составную конструкцию швеллерного сечения и является основным продольным силовым элементом конструкции. Предназначен для восприятия основного изгибающего момента элерона, компенсации нагрузки с нервюр, и передачи их на силовую нервюру крыла самолета при помощи силовых узлов навески. Состоит из полки лонжерона, выполненного из пресованного профиля, и гнутой стенки лонжерона. Основными рабочими элементами являются пояса, работающие на изгиб как в растянутой, так и сжатой зонах. Стенка работает на перерезающие нагрузки.

Стенка элерона самолета S-21A является продольным элементом конструкции. Стенка разделена нервюрами на отдельные диафрагмы. Служит для придания жесткости конструкции и совместно с лонжероном и обшивкой образует замкнутый контур, работающий на кручение. Также, как и лонжерон стенка работает на изгиб и воспринимает часть перерезающей силы. Кроме того, стенка укрепляет обшивку в работе на сжатие и растяжение.

*Прочие элементы....*

### 2.6.1 Составление схемы нагружения конструкции

Схема нагружения выстраивается в зависимости от части конструкции и демонстрирует общее распределение нагрузок. Как правило существуют отдельные схемы нагружения агрегатов (крыла, фюзеляжа, оперения и т.д.). С

каждой схеме нагружения отдельно берется схема нагружения той части конструкции, которая рассчитывается, например часть крыла между нервюрами, элерон, панель фюзеляжа. На неё будут действовать только те нагрузки, которые входят в расчет конкретного изделия.

Основными нагрузками на элементы являются статические нагрузки. Эти нагрузки определены для каждого самолета отдельно и приведены в отдельных справочниках по расчету самолета на статические нагрузки. На основе общих схем необходимо выделить схему нагружения и установить действующие нагрузки.

Расчет всех действующих нагрузок рекомендуется выполнить в виде файла таблицы Excel или иной, после расчеты показать руководителю. Все действующие силы  $Q$ , моменты  $M_{кр}$  и  $M_{из}$  вносятся в таблицу по выбранным сечениям с определенным шагом. Сечения брать согласно КСС изделия.

В качестве примера будет рассмотрена схема нагружения крыла самолета Як-54. Нагружение правой половины крыла показано на рисунке 2.1.

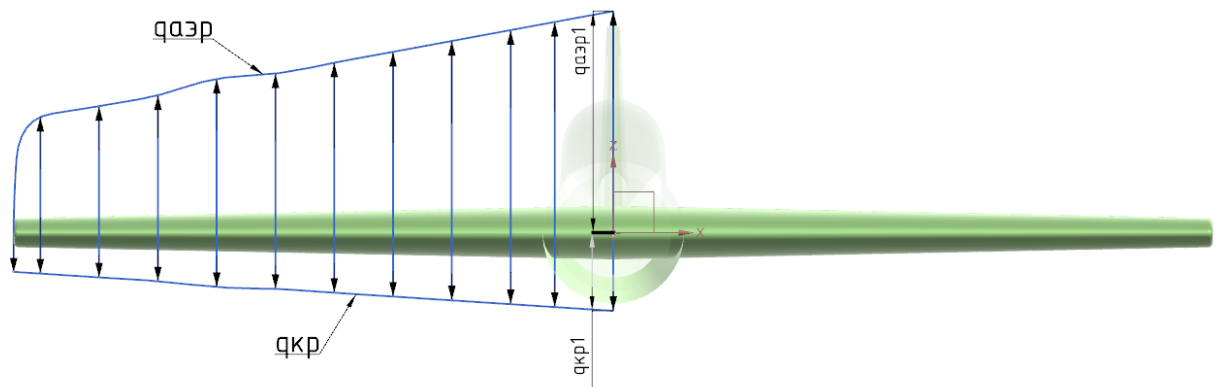


Рисунок 2.1 – Схема нагружения правой полуплоскости крыла самолета Як-54

Значения погонных сил  $q_{аэр}$  и  $q_{кр}$ , а также  $q_p$  берутся из справочника по расчету самолета. На основе этих сил вычисляется значения сил  $Q_y$ ,  $M_{из}$  и  $M_{кр}$  по формулам 2.1, 2.2 и 2.3 соответственно.

$$Q_y = \int_{l/2}^z q^p \times dz - \sum G_{гр}^p, \quad (2.1)$$

где:

$Q_y$  – действующая поперечная перерезающая сила в сечении, Н;

$q^p$  – расчетная погонная нагрузка на крыле, определяется по справочнику по расчету самолета, Н/м

$z$  – расстояние от законцовки до сечения, м;

$G_{гр}^p$  – расчетная сосредоточенная сила от груза на крыле или в крыле (двигатель, шасси и т.д.).

$$M_{из} = \int_{l/2}^z Q_y \times dz, \quad (2.2)$$

где:

$M_{из}$  – изгибающий момент в сечении, Нм.

$$M_{кр} = \int_{l/2}^z m_i \times dz + \sum \Delta M_{соср}, \quad (2.3)$$

где:

$m_i$  – погонный скручивающий момент в сечении, определяется по справочнику по расчету самолета, Н;

$\Delta M_{соср}$  – скручивающий момент от сосредоточенных сил, определяется по справочнику по расчету самолета, Нм.

Значение расчета по одному сечению записывается в ПЗ, остальные в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 – Значения расчета сил, нагружающих крыло

№ сечения	Значение $Q_y$ , Н	Значение $M_{из}$ , Нм	Значение $M_{кр}$ , Нм
1	68283,3	251282,7	23354,8
2	60293,5	203792,2	19999,4
3	50309,6	149922,7	15962,4
4	41087,9	106006,8	12433,0
5	32633,8	71141,7	9424,3
6	24942,7	44398,0	6838,8
7	18691,5	25794,3	5275,9
8	11858,9	11621,8	2908,7
9	6463,6	3748,9	1494,8
10	1833,9	330,1	395,7

По найденным значениям сил с помощью графических программ, САПР или вручную строятся схема нагружения и эпюры в соответствии с найденными значениями в масштабе.

Схема нагружения крыла самолета Як-54 приведена на рисунке 2.2



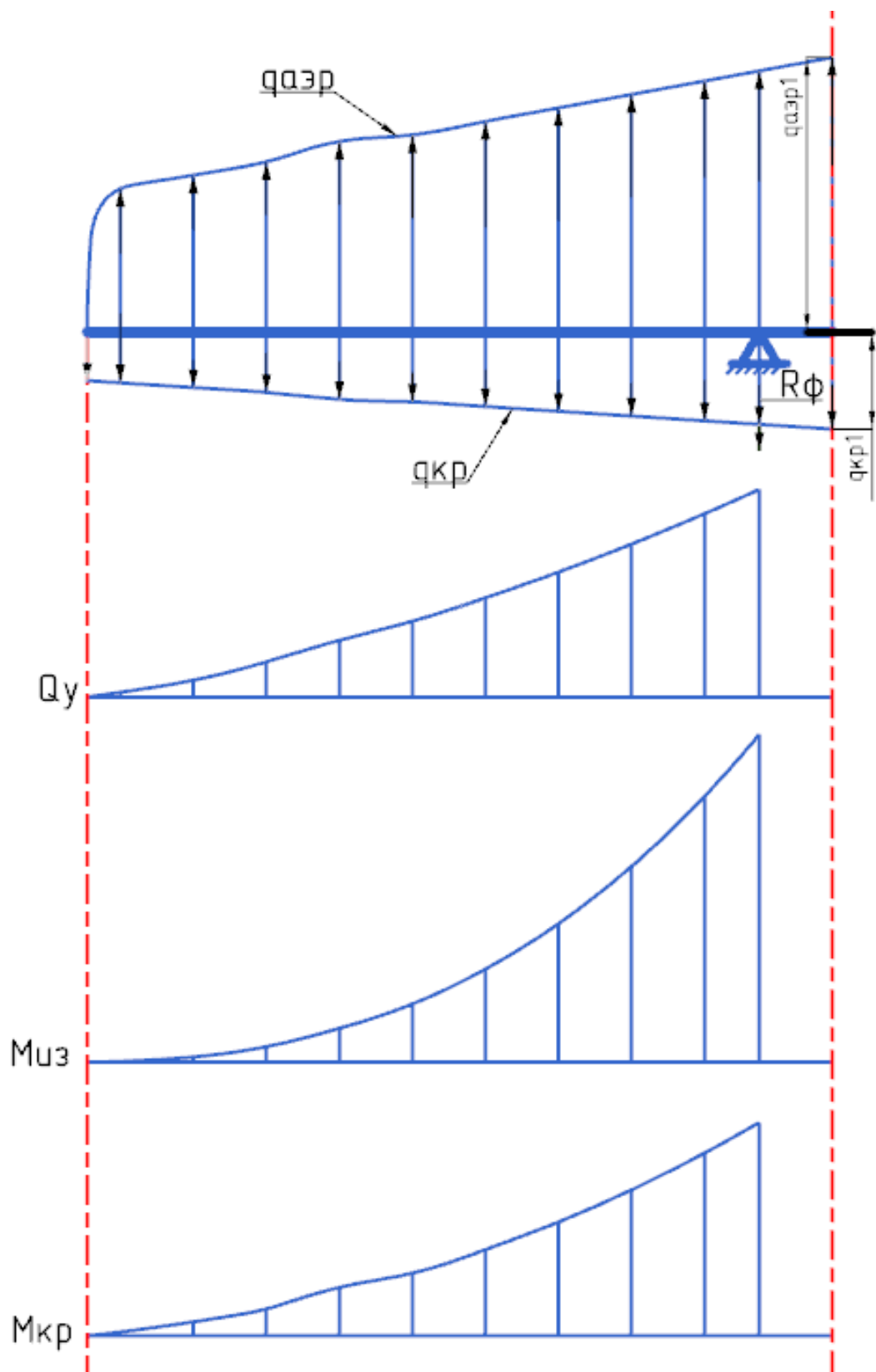


Рисунок 2.2 – Схема нагружения крыла самолета Як-54

Иные схемы нагружения на другие агрегаты выполняются аналогичным способом в соответствии с расчетными случаями из справочника формул по расчетам самолета по отдельным элементам. Каждая конкретная конструкция требует своего отдельного расчета по отдельным параметрам. Для расчета панелей по частям шпангоута достаточно будет изобразить лишь

часть нагружения конкретного отсека. Для управляющих поверхностей и механизации необходимо учитывать дополнительно шарнирный момент.

## 2.6.2 Расчет сечений силовых элементов конструкции узла

Расчет силовых элементов конструкции будет проводиться только на основе проектировочного расчета. Проверочный расчет не будет проходить, а все значения, полученные в процессе проектировочного расчета, будут усиливаться на небольшой запас. В основу расчетов берется уже имеющаяся КСС конструкции. Все расчеты силовых элементов будут выполняться на основе известных значений нагрузок, действующих на конструкцию и в соответствии с расчетной схемой.

Общий расчет сводится к обязательному расчету потребной толщины обшивки, работающей на крутящий момент, сечению основного силового элемента на изгиб, а также расчет отдельно всех остальных не силовых элементов на действующие напряжения и нагрузки. Каждый расчет удобно разделить на дополнительные разделы 2.2.1, 2.2.2 и т.д...

Первым делом, необходимо указать, какие элементы работают на какие нагрузки и в каких сечениях. Для этого необходимо воспользоваться справочником с формулами для расчета разных расчетных случаев. В случае для крыла выбранной схемы эти параметры, следующие: конструкция крыла однолонжеронная с задней стенкой. Основной изгибающий момент воспринимается лонжероном. Крутящий момент воспринимается контуром, образованным носком и лонжероном. Обшивка усиливается стрингерным набором, а крутящий момент с обшивки воспринимают нервюры, образуя перерезающую силу на лонжерон и заднюю стенку. Исходя из обозначенных нагрузок рассчитываются все элементы крыла.

### 2.6.2.1 Расчет толщины обшивки

В качестве примера будет взят расчет толщины обшивки всё того же крыла самолета Як-54. Для расчета берутся 3-4 сечения конструкции для проверки динамики изменения толщины или сечения. Первым как правило выбирается наиболее нагруженное согласно расчетной схеме.

Обшивка является листовой деталью, выполненной из листа сплава 1163АМ методом прокатки детали на трехвалковом станке. После изготовления деталь подвергается закалке с естественным старением.

Толщина обшивки рассчитывается по формуле 2.4.

$$S_{\text{обш. пр.}} = \frac{M_{\text{кр}}^{\text{р}}}{\Omega \times \tau^{\text{р}}} \times 1000, \quad (2.4)$$

где:

$S_{\text{обш. пр.}}$  – проектировочная толщина обшивки, мм;

$M_{\text{кр}}^{\text{р}}$  – максимальный расчетный крутящий момент в сечении, Нм;

$\Omega$  - удвоенная площадь контура, работающего на кручение, мм;

$\tau^p$  – расчетное напряжение в обшивке при сдвиге, равное  $(0,25 \dots 0,33) \times \sigma_b$ , Па.

В свою очередь  $\sigma_b$  предел прочности материала, выбранного для обшивки. Берется из справочников по материалу в том состоянии, в котором деталь ставится на самолет. В данном случае это 1163АТ.

Расчет удвоенной площади контуры выполняется по формуле 2.5.

$$\Omega = 2 \times B \times H_{cp}, \quad (2.5)$$

где:

$B$  – ширина контура, работающего на кручение;

$H_{cp}$  – средняя высота сечения контура, работающего на кручение.

### **2.6.2.2 Расчет остальной конструкции**

Аналогичным образом рассчитываются все элементы конструкции с выбором необходимых формул.

### **2.6.3 Подбор параметров крепёжных элементов конструкции узла**

Расчет параметров заклепочных соединений также будет упрощенный. Как правило рассчитан будет только один самый нагруженный однотипный конструктивный элемент сечения, а остальные будут использовать тот же крепеж. Условно конструкция будет разделена на 3-4 сечения. Где будут просчитаны заклепки, болты или иные соединения. Это позволит упростить чертежно-графическую документацию и в общем сократить количество крепежных элементов.

Как правило расчет стержневого крепежа выполняется в первую очередь на срез, так как касательные напряжения в большей степени воздействуют на крепеж. Условно будет принят расчет заклепок и болтов по одному методу. В случае же использования сварки и клея действуют другие методы расчета, где в первую очередь расчет ведется на разрыв.

Основными параметрами работы заклепки в конструкции являются диаметр заклепки и шаг заклепок. Как правило эти два параметра подгоняются друг под друга из условия равномерного распределения нагрузки по шву и герметичности, которую необходимо обеспечить (чем плотнее шаг, тем выше герметичность).

При выборе диаметра крепежа пользуются известными значениями из соответствующих ГОСТ и ОСТ (ОСТ 1 34076-85, ОСТ 1 34087-80, ОСТ 1 34098-80 и т.д.). Желательно выбирать заклепки диаметром 3, 3,5, 4 и 5 (мм). Диаметр заклепки 6 можно использовать в малонагруженных элементах при большой толщине пакета и в небольшом количестве, так как такую заклепку ощутимо труднее устанавливать в холодном состоянии. В общем же случае, когда диаметр крепежа превышает 5 мм или элемент конструкции воспринимает большие нагрузки, лучше использовать болтовое соединение. Также болтовые соединения желательно использовать в тройных пакетах большой толщины (суммарная толщина пакета больше 10 мм).

При выборе шага заклепок действует общее требование, что  $t$  – шаг заклепок составляет  $3...5d_3$ . Для уменьшения трудоемкости следует брать большие значения шага. Кроме того, при выборе шага заклепок необходимо брать значения из ОСТ 1 00016-71. То есть если расчетное значение получается 23, то шаг из ОСТ можно взять 22.

Расчет диаметра заклепки проводится на основе действующих касательных усилий в соединении (от обшивки, пояса или иного элемента). Данные значения определяются при расчете силовых элементов в подразделе 2.2 пояснительной записки.

Расчет диаметра заклепки проводится по формуле 2.6.

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4F_s}{i\pi\tau_3}}, \quad (2.6)$$

где:

$F_s$  – действующее касательное напряжение на одну заклепку;

$i$  – количество срезающих плоскостей (при соединении двух листов образуется одна поверхность среза);

$\tau_3$  – допускаемое касательное напряжение при сдвиге заклепки. Рассчитывается как  $0,2\sigma_B$  материала заклепки.

Смятие участка склепываемого пакета учитываться не будет.

Шаг заклепок определяется из условия работы пластинки элемента на срез от касательных потоков. Как правило учитывается именно самый нагруженный участок, который замкнут со всех сторон силовыми элементами, например нервюрами и стрингерами. Все параметры для определения касательных усилий также определены в подразделе 2.2.

В первую очередь необходимо рассчитать количество заклепок, работающих на срез от касательных нагрузок по формуле 2.7.

$$n = \frac{N}{P_{\text{зак}}}, \quad (2.7)$$

где:

$n$  – количество заклепок, необходимых для работы соединения;

$N$  – усилие касательного сдвига пластины при работе на кручение;

$P_{\text{зак}}$  – усилие смятия заклепки.

После того как получено необходимое число заклепок для работы шва расчет шага выполняется по формуле 2.8

$$t_{\text{зак}} = \frac{H}{n}, \quad (2.8)$$

где:

$t_{\text{зак}}$  – шаг заклепок в шве, округляется до ближайшего меньшего значения по ОСТ 1 00016-71;

$H$  – расстояние между крайними заклепками шва пластинки элемента.

Расчетные значения вносятся в таблицу, а сам расчет проходит только для одного элемента.

Пример оформления представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетные значения заклепочных швов

Соединяемый участок	Длина шва $H$ , м	Действующая нагрузка $F_s$ , Н/м	Усилие сдвига шва $N$ , Н/м	Диаметр заклепки, $d_z$ , мм	Количество заклепок $n$	Шаг заклепок $t_{зак}$ , мм
Нервюра с обшивкой	0,18	5500	12500	4	9	22

После выполнения расчета заклепок проводится анализ соединений в конструкции по всем пакетам.

Анализ соединений элементов узла (конструктивно-технологическое описание каждого соединения), оформляется в таблице, как показано в примере ниже.

Анализ соединения элементов узла с конструктивно-технологической характеристикой соединений выполняется в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Конструктивно-технологическая характеристика соединений

Крепёжный элемент	Пакет	Толщина пакета	Характеристика шва	Доступ к шву
1	3	4	5	6
Соединения с обшивкой поз. 1 на заклепки				
Заклепка 3,5-7- Ан.Окс-ОСТ 1 34098-80	Хвостовая часть нервюры поз. 6	2,7	Прямолинейный	Свободный
Заклепка 4-12 ОСТ 1 34098-80	Полка лонжерона поз. 6 и нервюры поз. 9, 11-15, 17	6,5	Прямолинейный	Свободный
	Нервюра 10, 16	6,2	Прямолинейный	Свободный
			Круговой	Односторонний
			Криволинейный	Ограниченный
Болтовые соединения конструкции				
Болт 4 – 12 ОСТ 1 31137-80, Гайка 4 ОСТ 1 33055-80, Шайба 5–10–1,5 ОСТ 1 34509-80	Стенка лонжерона поз. 5 с узлами навески поз. 19, 25	5	Точечный	Свободный

В столбце «Крепёжный элемент» указывается конкретный крепёжный элемент из ГОСТ, ОСТ или иного документа, соответствующий расчетам.

Длина заклепки определяется по ОСТ 1 34102-80 под конкретную толщину пакета

В столбце «Пакет» указывается наименование и позиция по спецификации соединяемых деталей в одном пакете. Для деталей, характеризующихся одной и той же деталью в пакете удобнее именно эту деталь вынести в отдельную графу.

В столбце «Толщина пакета» указывается толщина пакета соединяемых деталей одним крепежным элементом.

В столбце «Характеристика шва» указывается характеристика шва исходя из следующих вариантов:

- круговой – это по периметру люков, окантовок, иллюминаторов, то есть по кругу.
- прямолинейный – это по прямой линии в плоскости, либо почти плоской поверхности (по стрингеру, лонжерону).
- точечный – по отдельным точкам (не по шву).
- криволинейный – все остальные.

В столбце «Доступ к шву» указывается доступ к данному виду крепежа во время его установки. В доступе к шву указывает один из следующих вариантов:

- свободный или двухсторонний доступ – позволяет устанавливать крепежные элементы без каких-либо ограничений;
- ограниченный доступ – подразумевает ограничения для подвода инструмента;
- односторонний доступ – подразумевает полное отсутствие доступа, с одной стороны.

В случае, если одни и те же детали имеют разные толщины пакетов из-за сменной толщины, следует разделить их в одной графе на несколько крепежей и толщин пакетов.

## **2.7 Геометрическая увязка конструкции узла**

Данный раздел содержит сведения по увязке компонентов конструкции между собой и с технологической оснасткой. Конструктивная увязка предназначена для наложения совместных связей на компоненты конструкции между собой, возможности проводки различных систем самолета и обеспечения доступа к выполнению технологических операций.

Основная задача состоит в проработке всех элементов конструкции для соединения между собой. Исходя из расчетов, выполненных в разделе 2, выполняется проработка связей. Например, расчётная ширина борта нервюры получается 16 мм, а расчетная заклепка диаметром 4 мм. По требованиям обеспечения минимальной перемычки данная длина борта не подходит под заклепку, её придется увеличить.

## 2.7.1 Определение конструктивных параметров деталей узла

Расчет параметров для соединения включает в себя проработку всех элементов детали между собой. Кроме того, для гнутых деталей выполняется расчет радиусов скругления, для профильных деталей определяется сам по себе профиль.

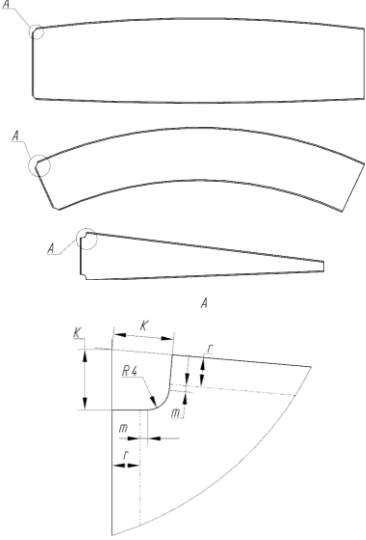
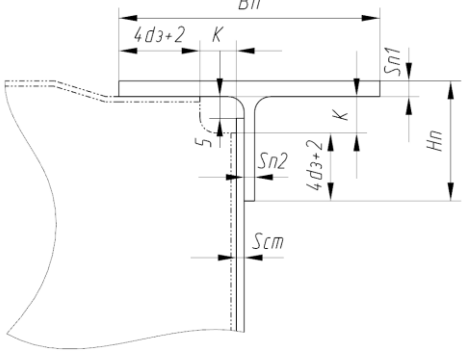
При проработке деталей выполняются эскизы этих деталей. Разрешается выполнить эскизы на основе 3D моделей деталей.

Основные данные для проведения расчетов представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Данные для конструктивной увязки деталей узла

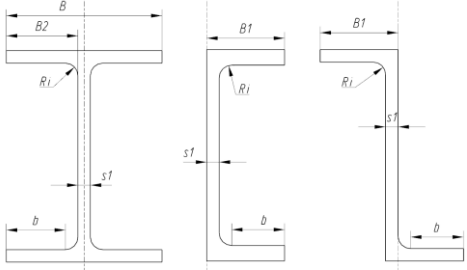
№ п/п	Эскиз	Элемент	Расчет
1	2	3	4
1.		Радиус листовой нервюры/шпангоута/стенки	<p>Рассчитывать по ГОСТ 17040-80</p> $R = i \times C \times s$ <p>где:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>i</math> – коэффициент сгиба (табл. 1 ГОСТ) кромки брать незачищенные</li> <li><math>C</math> – поправочный коэффициент (берем равным 1)</li> <li><math>S</math> – толщина листа</li> </ul> $r = R + s$
		Высота борта листовой нервюры/шпангоута/стенки	<p>Высота борта определяется под применяемый крепеж, а именно его диаметр – <math>d_3</math></p> <p>Перемычка по прямолинейному участку борта в каждую сторону от оси составляет – <math>2d_3 + 1</math></p> $H = 4d_3 + 2 + R + s = 4d_3 + 2 + r$

Продолжение таблицы 2.3 – Данные для конструктивной увязки деталей узла

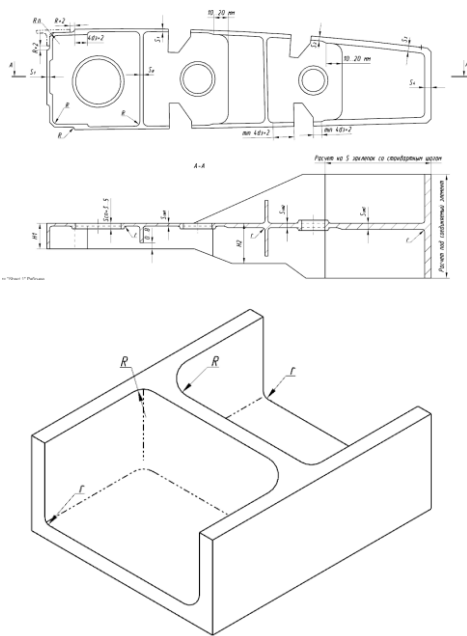
1	2	3	4
2.		<p>Угловой вырез в листовых деталях</p>	<p>Угловые вырезы необходимы, когда гибка бортов выполняется с резкой сменой траектории.  <math>K=r+m+4</math>  <math>m</math> – прямолинейный участок между скруглений: для толщины до 1,5 мм – 1 мм, толщины от 1,5 мм и больше – 2 мм.                      Радиус 4 обусловлен применяемой фрезой. Иногда могут применять фрезу с большим или меньшим диаметром</p>
3.		<p>Составные лонжероны</p>	<p><math>B_n = S_{n2} + 2(4d_3 + 2 + K + S_{cm})</math>  <math>H_n = S_{n1} + 4d_3 + 2 + K</math>                      Полка подбирается по:                      Тавр – ГОСТ 13622-91                      Уголки – ГОСТ 13737-90 и ГОСТ 13738-91                      Данные значения указывают на минимальные размеры полки. При подборе профиля можно взять размеры больше. Если профиль в каждую сторону на 5 мм больше – ставят профиль больших размеров. Если больше 5 – обрезка профиля до расчётного значения.                      Пример: Размер <math>B_n = 56</math> мм. По ГОСТ подобран профиль 65 мм. Можно взять размер 65. Если 70 мм, то с двух сторон отрезают по 7 мм.</p>



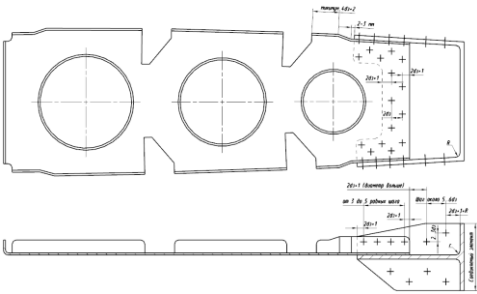
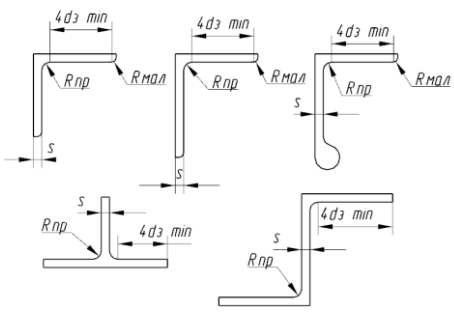
Продолжение таблицы 2.3 – Данные для конструктивной увязки деталей узла

1	2	3	4
4.		Фрезерованный лонжерон, стенка	<p> <math>B = s_1 + 2 \times B_2</math>  <math>B_2 = 4d_3 + 2 + K</math>  <math>B_1 = 4d_3 + 2 + K + s_1</math> </p> <p>В случае если к лонжерону ставится деталь без выреза или не ставится вообще расчет <math>B_1</math> имеет следующий вид:</p> <p> <math>B_1 = b + R_i + s_1</math> </p> <p>Аналогично можно рассчитать одну из сторон <math>B</math>. Данный расчет может подходить в случаях ступенчатого борта. Большая ступень используется под соединение с другими деталями, меньшая в целях экономии массы – между элементами</p>

Продолжение таблицы 2.3 – Данные для конструктивной увязки деталей узла

1	2	3	4
5.		<p>Силовые детали поперечного набора (фрезерованные)</p>	<p>Как правило фрезерованные силовые детали выполняют с переменной толщиной. Толщину увеличивают ближе к источнику дополнительного нагружения. Само по себе утолщение проходит в три этапа. Толщина меняется как на стенке, так и на бортах. В случае малого расстояния один из переходов толщин можно пропустить (в два этапа)</p> <p>Расчет:</p> <p><math>S1</math> = берется в зависимости от нагрузок от 2 до 4. Кроме нагрузок можно ориентироваться на толщину не силовых элементов и брать в 1,5...2 раза больше.</p> <p><math>S2(3) = S1(2)+1...3</math> – аналогично для <math>Sct1, 2, 3</math></p> <p><math>N1</math> рассчитывается под один ряд заклепок. <math>N2</math> и <math>N3</math> под шахматный двухрядный или трехрядный</p> <p>Следовательно: <math>N1 = Sct1+r+4dз+2</math>  <math>N2 = N1+2dз</math></p> <p>На <math>N3</math> будет шов от краев, остальное пространство пустое или иногда третий шов.</p> <p><math>R</math> относится к вертикальным ребрам и равен 6...12 мм  <math>r</math> относится к горизонтальным ребрам и равен 3...4 мм</p> <p><b>В общем на все размеры кроме радиусов не может существовать единых требований, и они могут меняться. В самой конструкции могут быть дополнительные вырезы, отверстия или ребра жесткости</b></p>

Продолжение таблицы 2.3 – Данные для конструктивной увязки деталей узла

1	2	3	4
6.		<p>Силовые детали поперечного набора (с фитингом)</p>	<p>В частях самолета с небольшой общей нагрузкой не имеет смысла ставить фрезерованные целиком силовые детали. Как правило это приводит только к излишнему удорожанию производства. При таких обстоятельствах листовый элемент делают чуть толще, а в области приложения нагрузки ставят усиленные фитинг.</p>
7.		<p>Силовые детали поперечного набора (составные)</p>	<p>При условии больших нагрузок, но также в целях экономии силовые нервюры могут быть усилены соединительными поясами по контуру. В месте большего приложения нагрузки ставится фрезерованный фитинг</p>
8.		<p>Подбор стрингеров</p>	<p>Параметры <math>R_{np}</math> <math>R_{mal}</math> и <math>s</math> подбираются по ГОСТ соответствующего профиля и учитываются в итоговую ширину полки.</p> <p>Значения размеров под заклепку указаны при минимальном расчете. Эти значения могут быть превышены не более чем на 3 мм.</p> <p>Профиль стрингера выбирается по:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ГОСТ 13737-90 – уголок равнополочный;</li> <li>ГОСТ 13738-91 – уголок неравнополочный;</li> <li>ГОСТ 13617-97 – уголок с бульбой;</li> <li>ГОСТ 13622-91 – тавр;</li> <li>ГОСТ 13620-90 – Z-образный профиль</li> </ul>

Продолжение таблицы 2.3 – Данные для конструктивной увязки деталей узла

1	2	3	4
9.		<p>Расчёт параметров стенок на которых образован стык и под которые заходит деталь</p>	<p>Расчет в первом случае подразумевает наличие выреза, во втором стойки.                      Первый случай:  <math>H_{ст} = K + 8dз + 4 + 2 + S_{ст}</math>                      Второй случай:  <math>H_{ст} = 8dз + 4 + 2 + S_{ст} + R + 2 \dots 3</math>                      Значение 2...3 мм зависит от длины подставляемой детали. На длину больше 600 мм нужно брать 3. Меньше 2</p>
10.		<p>Компенсатор</p>	<p>Высоты компенсатора определяется примерно из тех же соображений, что и стрингерный вырез. Под разные стрингеры отличия будут минимальны.  <math>H_{к} = H_{стр} + 4dз + 2 + r + 5 \dots 6</math>  <math>B_{к} = 4dз + 2 + R + S_{к}</math></p>
11.		<p>Нож</p>	<p>Все данные значения под нож имеют свою сила для разных сечений без особых изменений. Фаска на обшивке к ножу выполняется в соотношении 1:3.                      В случае отсутствия заклепки к нервюре убирают шаг 20.                      В случае добавление заклепки шаг также составит 20. По обшивке можно поставить два ряда заклепок. Расстояние между рядами равно <math>2dз</math></p>

Продолжение таблицы 2.3 – Данные для конструктивной увязки деталей узла

1	2	3	4
12.		Фитинги к продольному набору	Такие фитинги используют в местах, где продольные элементы (стрингеры) имеют разрыв. Такие места необходимо усиливать в целях лучшей передачи нагрузок. Такой фитинг похож на кницу, но несколько толще и имеет дополнительную поверхность соединения к обшивке. Часто их фрезеруют
13.		Кница	<p>Кница как правило представлена уголком, передающим нагрузки. Может быть штампованным из листа или отрезанным от профиля уголком. Кница должна идти в высоту к поперечному элементу. Минимум на две заклепки. При больших нагрузках 3 или 4. К стрингеру в зависимости от нагрузок можно одну или две заклепки.</p> <p>Перемычка имеет стандартный вид <b>2dз</b>. Шаг между заклепками 20 мм</p>
14.		Стойка	<p>Как правило для компенсации расстояния по поперечному элементу, один из бортов заменяют на отдельно клепаемую стойку. Стойка подбирается по ГОСТ профилей. Толщина стойки должна соответствовать толщине листовой детали или не на много превышать. Крепеж ставится того же диаметра, что и по другим бортам. Расчёт проводится соответственно.</p>

## **2.7.2 Составление схемы увязки и обеспечения взаимозаменяемости конструкции узла на производстве**

Метод обеспечения взаимозаменяемости определяет характер технологической подготовки производства. При этом выявляются методы изготовления деталей, контроль их контуров и размеров, методы изготовления элементов сборочных приспособлений и их монтаж. Все этапы переноса форм и размеров с первоисточника на заготовительную, механосборочную, сборочную, контрольную оснастку и детали отражаются в схеме увязки.

Существуют три принципиальные разновидности схем процессов увязки:

- плазово-шаблонный метод (ПШМ), где в качестве основных средств используются шаблоны, полученные по теоретическим и конструкторским плазам;
- макетно-эталонный метод (МЭМ), построенный на использовании специальных объемных носителей форм и размеров – эталонов и контрэталонов, макетов и контрмакетов;
- бесплазовый метод, построенный на том, что с помощью системы исходных числовых данных о геометрических формах и размерах обводов изделия, рассчитанных на ЭВМ, выдерживаются заданные допуски при расчетах, вычерчивании плазовых линий, изготовлении контуров оснастки механообрабатываемых изделий и создании математической модели (ММ) объекта производства и использовании оборудования с ЧПУ для изготовления как оснастки, так и деталей самолета.

В чистом виде в современном самолётостроении ни один из трёх названных методов увязки не применяется. Как правило, применяются все три метода с преобладанием того или другого в зависимости от:

- типа производства (единичное, серийное, крупносерийное);
- требований к точности аэродинамических обводов;
- конструкции изделия (наличия конструктивных и технологических стыков);
- габаритов изделия.

Определить, какой метод увязки использовался в Вашем случае. Разъяснить, почему выбрали именно этот метод по сравнению с остальными методами увязки.

Схему увязки и обеспечения взаимозаменяемости необходимо представить на рисунке, как показано в примере.

**Пример:**

Схема увязки и обеспечения взаимозаменяемости представлена на рисунке 2.

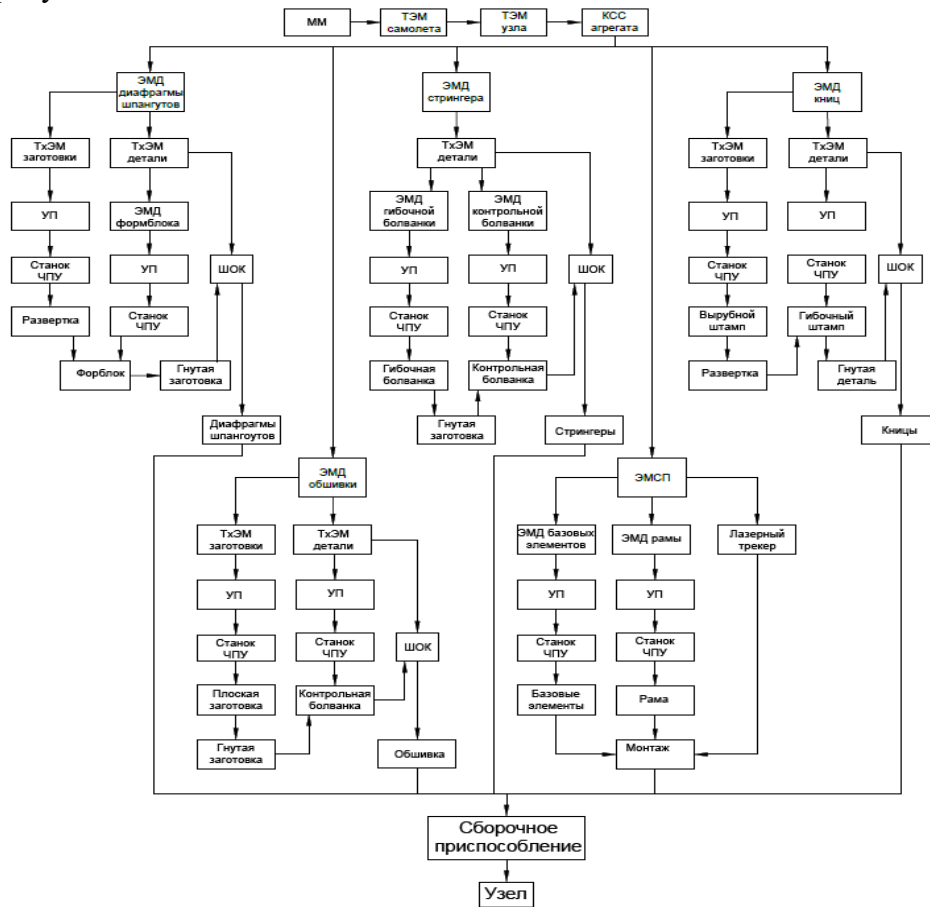


Рисунок 2 – Схема увязки и обеспечения взаимозаменяемости (наименование узла)

Перечень технологической и контрольной оснастки для изготовления деталей сборочного узла в цехах ЗШП представить в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Перечень технологической и контрольной оснастки для изготовления деталей в ЗШП

Деталь	Метод обработки	Источник информации о геометрии элемента	Оснастка для образования элемента	Средства контроля геометрии и отверстий
Нервюры	Гибка эластичной средой	ЭМД ТхЭМ детали, ТхЭМ заготовки	Формблок	ШК, ШР
Стойки	Обрезка	ЭМД ТхЭМ детали	Отрезной станок	ШОК
Стрингер	Обрезка, подсекание	ЭМД ТхЭМ детали	Отрезной станок, подсеочной штамп	ШКС подсеочки, ШОК

## **2.8 Заключение**

В конце работы над курсовым проектом, все сделанные выводы объединяют в один общий подробный вывод о проделанной работе – заключение.



## Перечень используемых сокращений

БО	– базовое отверстие
БТК	– бюро технического контроля
БЧ	– без чертежа
ВСГ	– верхняя строительная горизонталь
ВЗ	– воздухозаборник
ВО	– вертикальное оперение
ГО	– горизонтальное оперение
Дет.	– деталь
Дист.	– дистанция
Докум.	– документ
Закр.	– закрылок
Зенк.	– зенковка, зенковать
ЗШП	– заготовительно-штамповочное производство
Изв.	– извещение
Изм.	– изменение
ИО	– инструментальное отверстие
КИМ	– контрольно-измерительная машина
КИМ	– коэффициент использования материала
КМ	– клепальный молоток
Кол.	– количество
КП	– клепальный пресс
Кр-н	– кронштейн
КСС	– конструктивно-силовая схема
КФО	– координатно-фиксирующее отверстие
КЭМ	– конструктивный электронный макет
Лев.	– левый
ЛБ	– левый борт
Л-н	– лонжерон
МГ	– мотогондола
ММ	– математическая модель
НО	– направляющее отверстие
НП	– направление полета
←	
Н-ра	– нервюра
НСГ	– нижняя строительная горизонталь
НЧК	– носовая часть крыла
ОП	– оперение
Ось л-на	– ось лонжерона
Ось н-ры	– ось нервюры
Ось стр.	– ось стрингера
ОСС	– ось симметрии самолета
Ось С	– ось симметрии

Ось шп.	– ось шпангоута
ОСБ	– отверстия под стыковые болты
Отв. Ø	– отверстие (значок Ø ставится от 8 мм)
ПГО	– переднее горизонтальное оперение
ПД	– пневматическая дрель
ПКП	– переносной клепальный пресс
Плоск.	– плоскость
ПСС	– плоскость симметрии самолета
Поверхн.	– поверхность
Поз.	– позиция
Прав.	– правый
Пр. Б	– правый борт
ПУ	– программное управление.
ПШО	– плазово-шаблонная оснастка
РВ	– руль высоты
РЖ	– ребро жесткости
РП	– руль поворота
СГФ	– строительная горизонталь фюзеляжа
Сеч.	– сечение
СО	– сборочное отверстие
СП	– сборочное приспособление
СПК	– строительная плоскость крыла
С-т	– самолет
Станд.	– стандарт, стандартный
Стр.	– стрингер
ТБ	– технологический болт
Теор.	– теоретический
ТЗ	– техническое задание
ТИ	– технологическая инструкция
ТК	– теоретической контур
ТО	– технологическое отверстие
ТСО	– технологические сборочные отверстия
ТТ	– технические требования
ТУ	– технические условия
ТхЭМ	– технологический электронный макет
ТЭМ	– теоретический электронный макет
УБО	– установочные базовые отверстия
УП	– управляющая программа.
Ф-ж	– фюзеляж
Ц-н	– центроплан
ШВК	– шаблон внутреннего контура
ШГ	– шаблон гибки
ШКС	– шаблон контура сечения

ШО	– шпилечное отверстие
ШОК	– шаблон обрезки кондуктор
ШР	– шаблон развертки
Шп.	– шпангоут
ЭМД	– электронный макет детали
ЭМосн	– электронный макет оснастки.
ЭМСП	– электронный макет сборочного приспособления.

## Список используемых источников

1. Технология самолетостроения. Учеб. пособие для авиац. вузов/ Под ред. А.Л. Абибова. - М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
2. Барвинок В.А. Основы технологии производства летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1994. – 300 с.
3. Крысин В.А. Технологическая подготовка авиационного производства. – М.: Машиностроение, 1984. – 200 с.
4. Бородкин А.А. Методы обеспечения взаимозаменяемости в самолетостроении. М.: Изд. МАИ, 1993.
5. Бойцов В.В. и др. Сборка агрегатов самолета: Учеб. Пособие для студентов, обучающихся по специальности «Самолетостроение»/ В.В. Бойцов, Ш.Ф. Ганиханов, В.Н. Крысин. – М.: Машиностроение, 1988.- 152 с.
6. Горбунов М.Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
7. Технология сборки самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов/ В.И Ершов, В.В. Павлов, М.Ф. Каширин, В.С. Хухорев. – М.: Машиностроение, 1986. - 456 с.
8. Григорьев В.П. Сборка клепаных агрегатов самолетов и вертолетов. Уч. пособие. – М.: Машиностроение, 1975. - 344 с.
9. Леньков С.С., Орлов С.Т. Шаблоны и объемная оснастка в самолетостроении. - М.: ГНТИ Оборонгиз, 1963. - 400 с.
10. Грошиков А. И., Малафеев В.А. Заготовительно-штамповочные работы в самолетостроении. - М.: Машиностроение. – 1976. – 440 с.
11. Современные технологии авиастроения / А.Б. Братухин, Ю.Л. Иванов, Б.Н. Марьин и др.; Под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 199. – 832.
12. Григорьев В.П., Ганиханов Ш.Ф. Приспособления для сборки узлов и агрегатов самолетов и вертолетов. М.: Машиностроение, 1977. 138 с.

## Пример оформления титульного листа курсового проекта

Министерство образования Иркутской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Иркутской области  
«Иркутский авиационный техникум»  
(ГБПОУИО «ИАТ»)

КП.24.02.01.ХХ.ХХХ.ХХ.ПЗ

↓ ↓ ↓  
1 2 3

1 – год выполнения работы

2 – номер группы

3 – порядковый номер по журналу

### ТЕМА ПО ПРИКАЗУ

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Руководитель:

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

Фамилия И.О.

Студент:

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

Фамилия И.О.

Выполнено с оценкой \_\_\_\_\_

**Пример оформления листа задания курсового проекта**

Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Иркутской области  
«Иркутский авиационный техникум»  
(ГБПОУИО «ИАТ»)

УТВЕРЖДАЮ:  
Председатель цикловой комиссии  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
(подпись)  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(дата)

**ЗАДАНИЕ  
на курсовой проект**

**по МДК.03.02 Проектирование узлов, агрегатов и систем летательных  
аппаратов, разработка конструкторской документации**

студенту III курса учебной группы С-\_\_\_\_\_

**Фамилия Имя Отчество**  
(ФИО)

**Тема:** По приказу

Начало проектирования: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Срок представления к защите: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель: \_\_\_\_\_  
(подпись, дата) (ФИО)

Фамилия И.О.

Студент: \_\_\_\_\_  
(подпись, дата) (ФИО)

Фамилия И.О.

Иркутск 20\_\_ г.

**Техническое задание на выполнение проекта**

Целью курсового проекта является приобретение студентами навыков в разработке конструкций авиационных узлов и агрегатов, производства элементов конструкции планера летательного аппарата.

**Исходные данные:**

- ТЭМ и КСС узла.
- Расчетные материалы самолетов на статические нагрузки.
- Перечень стандартных решений для элементов планера самолета.

**В результате выполнения курсового проекта необходимо:**

- разработать конструкцию сборочного узла;
- рассчитать конструкцию на действующие нагрузки;
- выполнить подбор и расчет крепежных элементов;
- обеспечить геометрическую увязку компонентов узла;
- разработать чертежно-графическую документацию на узел и его деталь.

**Общие требования:**

Практическая часть и текст пояснительной записки должны быть оформлены с соблюдением требований ГОСТ 7.32-2017.

Чертежно-графическая часть курсового проекта оформляется в соответствии с действующими требованиями ГОСТ ЕСКД.

**Материалы, представляемые к защите:**

- Пояснительная записка в текстовом формате (в электронном и распечатанном варианте);
- Сборочный чертеж узла (формат А1 или А0) файл .pdf;
- Чертеж детали из листового материала (формат А3) файл.pdf.

**График выполнения курсового проекта (в процентах)**

Наименование этапов курсового проекта	Срок выполнения	Объем, %
Разработка схемы нагружения узла	01.12.2024	5
Расчет силовых элементов планера	18.12.2024	20
Разработка и проектирование конструкции сборочного узла	27.01.2025	35
Выполнение 1 части курсового проекта «Разработка конструкции и конструкторской документации»	03.02.2025	45
Выполнение 2 части курсового проекта «Разработка технологического процесса сборки узла»	17.02.2025	55
Разработка и оформление сборочного чертежа	11.03.2025	70
Выполнение 3 части курсового проекта «Разработка технологического процесса изготовления детали из листового материала»	18.03.2025	80
Разработка и оформление чертежа детали из листа	28.03.2025	90
Введение, заключение, выводы и оформление КП	02.04.2025	100
Защита курсового проекта	02.04.2025 – 18.04.2025	