

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика С.П. КОРОЛЕВА

КОНСТРУКТИВНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
НЕСУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

С а м а р а 1 9 9 4

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика С.П.КОРОЛЕВА

КОНСТРУКТИВНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
НЕСУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Методические указания  
к лабораторной работе

С а м а р а 1 9 9 4

Составитель Г.А. Резниченко

УДК 629.7.02 (075)

Конструктивно-технологический анализ несущей поверхности: Метод. указания к лабораторной работе /ИИЦ "Ариатор"; Сост. Г.А. Резниченко. Самара, 1994. 16 с.

Излагается методика изучения конструкторско-технологических решений, применяемых при создании несущих поверхностей самолетов, предусматривающая эскизирование отдельных узлов и агрегатов планера самолета.

Методические указания предназначены для студентов четвертого курса специальности 13.01. Подготовлены на кафедре конструкций и проектирования летательных аппаратов.

Рецензент Б. В. Щербатых

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При выполнении предыдущей лабораторной работы Вы ознакомились с конструкциями всех крыльев и оперений, представленных в кабинете конструкций самолетов кафедры.

В настоящей работе предлагается подробно изучить конструкцию одной из несущих поверхностей (крыла, стабилизатора или киля). При этом рассматриваются только регулярные участки несущей поверхности, конструкция которых определяется действующими на крыло распределенными аэродинамическими и массовыми силами.

Участки крыла, конструкция которых определяется действием сосредоточенных сил (нерегулярные аэроны), будут рассмотрены в следующей работе.

Наиболее эффективным способом изучения конструкции является эскизирование отдельных деталей, узлов, всего агрегата в целом. Работа над эскизом требует внимательного, пристального рассмотрения каждого элемента конструкции. При этом в полной мере проявляются все достоинства и недостатки принятого проектного решения. Аккуратное исполнение эскиза совершенствует навыки выполнения конструкторской документации, приучает точно и грамотно пользоваться языком конструктора-чертежника.

Изучение принятых ранее конструкторских и технологических решений позволит Вам в дальнейшем быстро приобрести опыт конструирования узлов несущих поверхностей самолета.

Содержание работы предусматривает выполнение графической и текстовой документации.

В графической части Вы выполняете эскиз одной из несущих поверхностей, содержащий общий вид и необходимое количество видов, разрезов, сечений и дающий полное представление о конструкции регулярного участка крыла или оперения.

В пояснительной записке Вы приводите техническое описание крыла, рассчитываете его несущую способность, даете оценку технологичности конструкции.

Цель работы - изучение конструкторско-технологических решений, применяемых при создании несущей поверхности.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 1. Задание на лабораторную работу

Группе студентов (2-3 человека) дается для изучения одна несущая поверхность. Каждый выполняет свою работу самостоятельно. Несущая поверхность разделена по размаху на участки шириной, равной шагу нервюры (выделены на образцах белой краской). Все участки пронумерованы.

Подробно в лабораторной работе следует рассмотреть тот участок крыла, номер которого соответствует номеру заданного задания.

### 2. Изучение внешней формы и силовой схемы крыла

#### 2.1. Выполнение эскиза несущей поверхности (НП)

Изучение крыла или оперения ведется путем выполнения эскиза всей НП, который включает в себя форму в плане и ряд сечений в местах сопряжения НП с агрегатами, крепящимися к ней.

Эскиз выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД [1]. Масштаб изображения и соответственно формат чертежа выбирает конструктор. Мы рекомендуем выполнить эскиз на листе формата А8 (297 x 420).

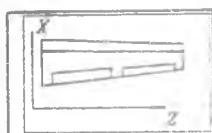
Масштаб изображения в этом случае для крыла самолета Ту-154 - 1:50, Ил-28 - 1:25, остальных несущих поверхностей 1:20.

Как сказано в [1], эскизные конструкторские документы допускается выполнять без точного соблюдения масштаба, если это не искажает наглядности изображения и не затрудняет чтения чертежа. Эскиз может быть выполнен от руки. Если у Вас твердая рука, смело беритесь за работу. Для остальных мы рекомендуем пользоваться чертежными инструментами.

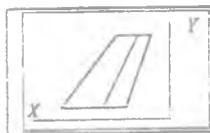
В самолетостроительных чертежах принято изображать самолеты, "летающие" снизу вверх и справа налево. При этом, как правило, выполняются чертежи правых половин крыла и стабилизатора (рис. 1).

При изображении стреловидных несущих поверхностей, с целью экономии поля чертежа, допускается изображать крыло и стабилизатор с передней кромкой, параллельной горизонтальной стороне чертежа.

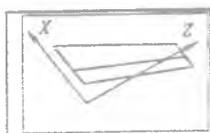
Разместив общий вид на поле чертежа, проставьте основные



Крыло, стабилизатор



Киль



Стабилизатор

Рис. 1

размеры, характеризующие форму НП в плане (рис.2). В техническом описании отразите внешнюю форму и определите безразмерные геометрические параметры ( $\lambda$ ,  $\eta$ ,  $\sigma$ ).

#### 2.1.1. Механизация, рули, элероны НП

Выделите на общем виде НП механизацию крыла, рули и элероны. Выполняя эту работу, обратите внимание на относительные размеры механизации и рулевых поверхностей ( $S_{руля}$ ,  $\bar{v}$  руля) к размерам всей НП. Покажите на чертеже и обозначьте положение оси вращения, углов навески, кабанчика управления. Выполните разрез в месте стыка механизации и рулевой поверхности с неподвижной частью НП (АА, ББ на рис.2). Обратите внимание на обводы хвостика крыла и оперения и носика рулей, механизации; зазоры, профиль щели, конфигурацию в отклоненных положениях.

#### 2.1.2. Силовая схема

Силовую схему несущей поверхности определяют количество, расположение и соотношение жесткостей продольного набора. Определите положение донжеронов, стрингеров и нервюр на вашем агрегате и нанесите их на вид в плане. Рекомендуем часть НП изобразить со снятой обшивкой. Проставьте на чертеже размеры, характеризующие силовую схему - относительное положение донжеронов, шаг стрингеров и нервюр (рис.2). Характеристику силовой схемы приведите в техническом описании. Дайте ей критическую оценку.

#### 2.1.3. Углы стыка

Покажите на чертеже вид на нервюру разъема (В, рис.2). Покажите стыковые углы. В технической записке опишите их конструкцию и силовую работу. Покажите связь силовой схемы НП с устройством и количеством стыковых углов.

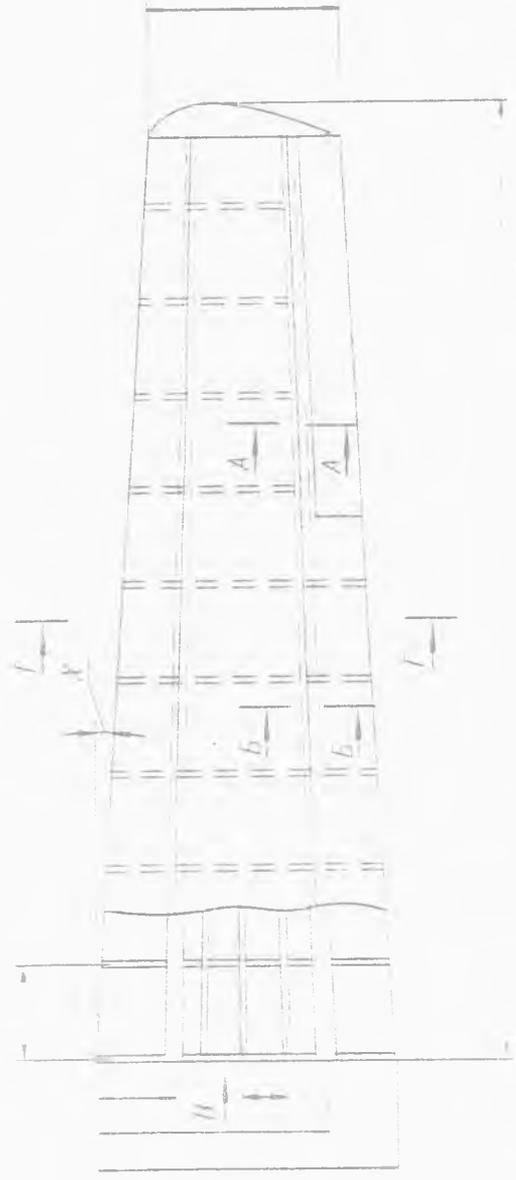


Fig. 12

### 3. Конструктивно-технологический анализ отдельных элементов крыла

В соответствии с заданием выполните эскиз поперечного разреза крыла (ГТ, рис.2) (рекомендуем выбрать формат чертежа А3, масштаб изображения 1:5).

Выполняя внешний контур НП, обратите внимание на форму профиля, форму и радиус носика. Опишите профиль в технической записке. Определите относительное положение линии максимальной строительной высоты профиля. Объясните положение продольного набора относительно этой линии.

Выполняя этот эскиз (рис.3), можно изучить устройство отдельных элементов крыла (нервюр, панелей обшивки, донжеронов) и конструктивное исполнение их соединения между собой. Рассматривая каждую деталь, постарайтесь установить вид и размеры заготовки, из которой она получена, размеры припусков на обработку и зоны, в которых они необходимы, способ изготовления, технологическое оборудование и оснащение, обеспечивающее его реализацию.

Анализируя соединение деталей конструкции в узел, оцените возможности использования для этого стационарного и переносного сверлильно-клепального оборудования, механизированного оборудования для постановки болтов, навинчивания и затяжки гаек или выполнения других видов крепления.

Рекомендуется следующий порядок выполнения эскиза :

- показать обшивку, подкрепленную стрингерами; на виде в плане (рис.2) и на разрезе (рис.3) показать раскрой (стыки) обшивки;

- вычертить нервюру (носик, средняя часть и хвостик);
- показать в разрезе стенку (переднюю, заднюю);
- выполнить разрез донжерона (ов) крыла.

Вычертив деталь, приведите в записке:

- описание устройства детали;
- описание ее силовой работы и расчетную схему;
- описание способа изготовления и оценку технологичности детали.

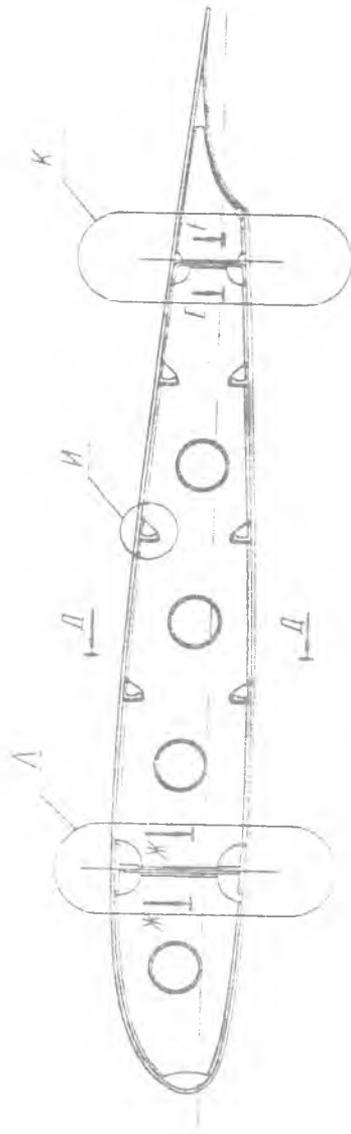


Рис. 3

Оценивая технологичность детали, следует иметь в виду такие количественные показатели как:

коэффициент использования материала (КИМ), определяемый на выражения  $k = m_d / m_a$ ,

где  $m_d$  - масса детали,

$m_a$  - масса заготовки;

коэффициент точности обработки  $K_{\text{точ}} = 1 - 1 / A_{\text{ср}}$ ,

где  $A_{\text{ср}}$  - средний класс точности обработки.

Сравнивая возможные варианты получения деталей из заготовок, целесообразно учесть их сравнительную трудоемкость. Она является одной из важнейших характеристик технологичности и может иметь как качественное (более трудоемкое изготовление или менее трудоемкое), так и количественное выражение.

Количественная оценка осуществляется через коэффициент удельной трудоемкости

$$t = T / m_d,$$

где  $T$  - трудоемкость изготовления детали данным способом;

$m_d$  - масса детали.

Далее приступайте к конструктивно-технологическому анализу мест соединения элементов крыла между собой:

- соединение нервюры с обшивкой и стрингерами по верху и низу крыла (И и ДД, рис.3) (если применяются различные способы соединения, каждый показывается отдельно);

- соединение нервюры с продольными стенками (передней и задней) и лонжероном (ами) (Л, К, ЕЕ, ЖЖ на рис.3).

При выполнении дополнительных видов, разрезов обратите внимание на применяемый крепеж (тип заклепки, болта, гайки). Оцените целесообразность применения именно этого вида крепежа: удобство подхода для клепки, постановки и затяжки гаек и т.п. Обмерьте крепежные швы: шаг заклепок, болтов, размеры перемычек.

Все попавшие в дополнительные виды и разрезы крепежные элементы должны быть показаны на чертеже.

Для сборочных единиц, наряду с ранее рассмотренными критериями количественной оценки технологичности, большое ана-

смет:

коэффициент прессовой клепки  $K_{п.к} = N_{п.к} / N_0$ ,

$N_{п.к}$  - количество заклепок, расклепывание которых возможно на клепальных прессах;

$N_0$  - общее количество заклепок в данной сборочной единице:

коэффициент повторяемости элементов конструкции

$$K_{пов} = N_n / N_k,$$

где  $N_n$  - количество наименований составных частей конструкции;

$N_k$  - общее количество составных частей конструкции;

коэффициент панелирования  $K_{пан} = F_{п} / F$ ,

где  $F_{п}$  - площадь панелей, выделенных в отдельные сборочные единицы;

$F$  - общая площадь анализируемой конструкции.

Выполнив эскизы, приступайте к анализу силовой работы мест соединений. Определите характер возможных разрушений в местах соединений самих деталей и крепежных элементов.

Предложите схему сборки крыла, помня о том, что большинство типов соединений требует подхода с двух сторон.

#### 4. Анализ несущей поверхности лонжерона

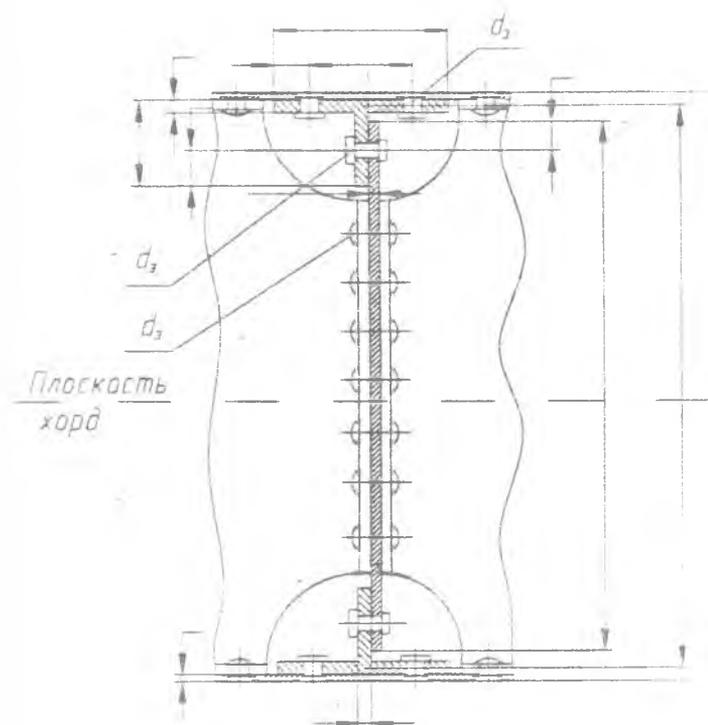
Лонжероны - продольные балки, состоящие из поясов и стенок. Пояса уравнивают изгибающий момент крыла, работая на растяжение-сжатие, стенки, подкрепленные стойками, воспринимают поперечную силу и могут участвовать в уравнивании крутящего момента, замыкая контур крыла и работая в обих этих случаях на сдвиг.

В этой части работы Вам предстоит определить несущую способность лонжерона, т.е. максимальное значение изгибающего момента и перерезывающей силы, которые может уравновесить лонжерон в заданном сечении не разрушаясь.

Особенности силовой работы лонжерона разобраны в лабораторной работе "Конструирование лонжерона" [2], которую вы выполняли в 6 семестре по курсу "Основы устройства самолета". Там же приведены необходимые расчетные формулы.

4.1. Исходные данные для расчета Вам поможет получить выполненный строго в масштабе чертеж вида Л (рис.3). Рекомен-

дугам выполнить его в масштабе 1:2 на листе формата А4. На нем же необходимо проставить все размеры, определяющие профиль поперечных сечений пояса и стенки, тип, размеры и схему размещения крепежа, влияющего на несущую способность донной (рис.4).



• Рис. 4

Кроме геометрических параметров необходимо определить механические характеристики материала пояса, стенки и крепежа.

Разрушающее напряжение для пояса и стенки назначается с учетом характера нагрузок, принятого для планера самолета ресурса, рабочих температур и других внешних условий в зоне рассматриваемого сечения, наличия концентраторов напряжений в рассматриваемых деталях. Марки материалов и принятые значения разрушающих напряжений согласуйте с преподавателем.

Все исходные данные целесообразно свести в таблицу.

Деталь	Материал			Геометрич. характер-ки сечения	
	Марка	$\sigma^P$	E		
Пояс лонж.				$F_{п}^B$	$b_{лалки}^{верт}$
				$F_{п}^A$	$b_{лалки}^{гор}$
Стенка				$H_{ст}$	$\delta_{ст}$
Крепеж				$d_2$	

#### 4.2. Расчет разрушающего изгибающего момента

Изгибающий момент в сечении лонжерона уравновешивается растяжением-сжатием поясов. В основных случаях нагружения верхний пояс сжат, нижний растянут.

Возникновение в сечении лонжерона разрушающего изгибающего момента приведет к разрыву растянутого пояса при достижении разрушающих напряжений  $\sigma^P$  либо к местной потере устойчивости сжатого поясом (общая, как известно, невозможна) при достижении  $\sigma_{кр.местн}$ .

Значение  $\sigma_{кр.местн}$  определяется по формуле 3 [2].

После сравнения принятого ранее разрушающего напряжения  $\sigma^P$  с критическим напряжением местной потери устойчивости  $\sigma_{кр.местн}$  сжатого пояса определяем  $\sigma$  как наименьшее из двух.

Для данного сечения донжерона

$$M_{\text{нат}}^{\text{max}} \leq F_{\text{п}} N_{\text{ср}} b.$$

Здесь  $F_{\text{п}}$  - площадь пояса донжерона, подсчитанная с учетом отверстий под крепеж;

$N_{\text{ср}}$  - расстояние между центрами тяжести поясов;

$b$  - максимально допустимое напряжение в поясах.

#### 4.3. Расчет разрушающей перереазывающей силы

Перереазывающая сила воспринимается в сечении стенкой донжерона. Стенка может разрушиться от сдвига, если

$$\tau > \tau^P = 0,65 \sigma^P$$

и потерять устойчивость, если  $\tau > \tau_{\text{кр}}$ , где  $\tau_{\text{кр}}$

определяется по формуле 5 [2].

Выбрав меньшее из значений  $\tau_{\text{кр}}$  и  $\tau^P$ , определим предельное значение  $Q$  по условию прочности стенки

$$Q' \leq \delta_{\text{ст}} N_{\text{ст}} \tau.$$

Здесь  $\delta_{\text{ст}}$  - толщина стенки;

$N_{\text{ст}}$  - высота стенки с учетом отверстий под крепеж;

$\tau$  - максимально допустимое касательное напряжение в стенке.

Перереазывающая сила  $Q$  уравнивается потоком касательных сил в стенке  $I_{\text{п}}$ .

По закону парности касательных напряжений в стенке возникнет поток  $I_{\text{г}} = I_{\text{п}} = Q / N_{\text{ст}}$  (рис. 5.3 [2]), который уравнивается заклепочным швом пояс-стенка.

Отсюда следует, что предельное значение  $Q$  определяется не только прочностью стенки, но и прочностью шва пояс-стенка.

Из анализа работы шва известно, что под действием  $I_{\text{г}}$  может произойти смятие стенки под заклепкой или среза самой заклепки. Исходя из известных параметров шва  $\delta_{\text{ст}}$ ,  $d_2$ , по нормали ЗАР [3] определим разрушающее усилие для шва  $F_{\text{разр}}$  как наименьшее из усилий сминающих стенку  $F_{\text{см}}$  и срезающих заклепку  $F_{\text{закл}}$  и по формуле 6 [2] найдем предельное значение  $Q$  по условию прочности шва пояс-стенка.

$$Q'' \ll \frac{\text{Рраар Нст } i \cdot n}{t}$$

Здесь Нст - высота стенки лонжерона;  
 i - число рядов заклепок;  
 n - число плоскостей среза в соединении;  
 t - шаг заклепок.

Разрушающая перерезывающая сила для лонжерона определится как наименьшая из  $Q'$  и  $Q''$  .

Отчет по лабораторной работе проводится в форме беседы с преподавателем по подготовленным текстовым и графическим документам. Пояснительную записку оформите в соответствии с требованиями к учебным текстовым документам. Чертежи снабдите основной надписью и присвойте номер [4].

## Библиографический список

1. ГОСТ 2.125-88. Правила выполнения эскизных конструкторских документов. Введ. 22.07.88 г.
2. Майнсков В.Н. Основы конструирования в авиастроении: Метод. указания. Самара: САИ, 1992. - 56 с.
3. Крепежные нормалы: Сб. стандартов. М.: Минавиапром СССР, 1970.
4. Резниченко Г.А. Система обозначения чертежей в самолетостроении. Кубышев, Кубышев. авиац. ин-т. 1981.

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
НЕСУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Составитель Р е з н и ч е н к о Геннадий Алексеевич

Редактор Н.С. К у п р и я н о в а

Техн. редактор Н.М. К а л е н ю к

Лицензия ПР № 062080 от 22.01.93.

Подписано в печать 8.02.94. Формат 60x84 1/16. Бумага

офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93. Усл. кр.-отт. 1,05.

и.-изд.л. 1,0. Тираж 200 экз. Заказ 1/37. Арт. С - 41/94.

Мушино-производственный центр "Авиатор". 443001 Самара,  
Ульяновская, 18.

---

Центр оперативной полиграфии НИИ "Авиатор". 443001 Самара,  
Ульяновская, 18.