

Министерство Высшего и Среднего Специального Образования  
Республики Узбекистан

Ташкентский Государственный Технический Университет

Кафедра: “Конструкция и проектирование летательных аппаратов”

Утверждаю  
Зав. Кафедрой \_\_\_\_\_  
(дата, подпись)

Расчетно-пояснительная записка к выпускной работе на тему:  
*"Специальный сельскохозяйственный самолет"*

Руководитель: Султанов А.Х.

Выпускник: Юсупов Л.Н.

Консультанты по разделам:

Расчет на прочность: Якубов А. Х.

Охрана труда и экология: Азимов А.А.

Экономическая часть: Лутфуллаев Х.С.

Рецензент: \_\_\_\_\_

Зав. Кафедрой КиПЛА: Султанов Азиз Хаджиевич

Ташкент 2009г

# ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет: Авиация Кафедра: Конструкция и проектирование ЛА

Специальность: Бакалавр по направлению 5520800 "Авиационное и ракетно-космическая техника".

**“УТВЕРЖДАЮ”**

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

## З А Д А Н И Е

*на выпускную квалификационную работу*

*студенту:* Юсупов Лочин Норбаевич.

(фамилия, имя, отчество)

- 1. Тема работы: "Специальный сельскохозяйственный самолет "*  
*утверждена приказом университета от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2009г. №\_\_*
- 2. Дата сдачи выполненной работы: \_\_\_\_\_*
- 3. Исходные данные: Коммерческая нагрузка 1000 кг длительность полета 2ч ,  
сборочная единица -крыло.*
- 4. Содержание расчётно-пояснительной записки: титульный лист, задание на  
выпускную работу, оглавление, введение, Обзор КМ и выбор типа (марки) КМ  
для крыла СХС, Расчет на прочность крыла СХС и определение геометрических  
параметров силовых элементов, Расчет узлы навески крыла на прочность,  
Расчет массы крыла (Поэлементный расчет: силовой части, носка, хвостика,  
предкрылка, закрылка и элерона). Деталей узлов навески (предкрылка, закрылка,  
элерон) и стыковых узлов Описание технологии изготовления крыла, Расчет  
себестоимости крыла. (ОЧК), Охрана труда, выводы, список использованной  
литературы, спецификация.*
- 5. Перечень графической части: Теоретический чертеж крыла, Теоретический  
чертеж крыла.(3D модель средней части, предкрылка, закрылка, элерона),  
Сборочный чертеж крыла. (3D модель средней части), Детали узлов навески;*

6. *Консультанты:*

Раздел	Консультант	Подпись и дата	
		Сдал	Принял
1.Конструкторский	Султанов А.Х.		
3. Расчет на прочность	Якубов А. Х.		
4. Охрана труда	Азимов А.А.		
5.Экономика	Лутфуллаев Х.С.		

7. \_\_\_\_\_ 8. \_\_\_\_\_ 9. \_\_\_\_\_ задание принял.  
 Дата выдачи задания      Подпись руководителя.      Подпись.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

№ П/П	Наименование разделов	Срок выполнения	Примечание
1	Обзор КМ и выбор типа (марки) КМ для крыла СХС.		
2	Расчет на прочность крыла СХС	20.04.09	
3	Расчет узлы навески крыла на прочность	01.05.09	
4	Охрана труда	01.06.09	
5	Расчет себестоимости крыла. (ОЧК)	04.05.09	
	Предварительная защита	19.06.09	
	Основная защита	25.06.09	

Студент: Юсупов Л.Н.

Руководитель: Султанов А.Х.

## *Оглавление*

<i>1. Введение.....</i>	<i>4</i>
<i>2. Примеры и применения КМ в авиастроении.....</i>	<i>8</i>
<i>3. Обзор КМ и выбор марки материала для крыла СХС.....</i>	<i>11</i>
<i>4. Расчет крыла самолета СХС на прочность из композиционного материала ..</i>	<i>13</i>
<i>5. Технология изготовления панелей крыла .....</i>	<i>24</i>
<i>6. Определение массы крыла .....</i>	<i>31</i>
<i>7. Организационно-экономическая часть.....</i>	<i>37</i>
<i>8. Охрана труда.....</i>	<i>41</i>
<i>9. Выводы .....</i>	<i>45</i>
<i>10. Список использованной литературы. ....</i>	<i>46</i>

# *I. Введение*

## **1.1. Введение**

Сегодня развитие науки и техники позволяют нам применять новые материалы и технологии при создании авиационной техники. Создания новых авиационных материалов, применяемые в авиатехнике, позволяет уменьшить вес самолета на 20-30%. Выбор материала конструкции имеет особую роль при создании самолета. Есть несколько способы уменьшения веса конструкции. Одним из них является применения композиционных материалов.

## **1.2. Общие понятия**

Композиционные материалы (КМ) — это искусственные материалы, получаемые сочетанием компонентов с различными свойствами. Одним из компонентов является матрица (основа), другим - упрочнители (волокна, частицы). В качестве матриц используют полимерные, металлические, керамические и углеродные материалы. Упрочнителями служат волокна - стеклянные, борные, углеродные, органические, нитевидные кристаллы (карбидов, бериллов, нитридов и др.) и металлические проволоки, обладающие высокой прочностью и жесткостью. Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, количественного соотношения и прочности связи между ними. Комбинируя объемное содержание компонентов, можно, в зависимости от назначения, получать материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости или получать композиции с необходимыми специальными свойствами, например магнитными и т. п.

Содержание упрочнителя в композиционных материалах составляет 20-80 % по объему. Свойства матрицы определяют прочность композиционного материала при сжатии и сдвиге. Свойства упрочнителя определяют прочность.

Композиционные материалы имеют высокую прочность, жесткость, жаропрочность и термическую стабильность. Так, для карбоволокнитов  $\sigma_{\text{в}} = 650-1700$  МПа, а для борволокнитов  $\sigma_{\text{в}} = 900-1750$  МПа. Плотность композиционных материалов 1,35- 1,8 г/см<sup>3</sup> Композиционные материалы являются весьма перспективными конструкционными материалами для многих отраслей машиностроения.

Карбоволокниты (углепласты) - это композиции из полимерной матрицы и упрочнителей в виде углеродных волокон. Для полимерной матрицы используются полиимиды, эпоксидные и фенол формальдегидные смолы. Карбоволокниты КМУ-2 и КМУ-2л на основе полиимидов можно применять при температуре до 300 °С Они водо- и химостойки. Карбоволокниты содержат, наряду с угольными, стеклянные волокна, что удешевляет материал. Карбоволокниты используют в химической, судостроительной и авиационной промышленности.

Карбоволокниты (углепласты)												
	$\rho$	$\sigma_b$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{и}$	$\tau$	E	$E_{и}$	G	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{-1}$	$\delta$	$\mu$
	т/м <sup>3</sup>	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	%	-
КМУ-1л	1,4	0,65	0,35	0,8	0,02	120	100	2,8	0,47	0,3	0,5	0,22
КМУ-1у	1,47	1,02	0,4	1,1	0,03	180	145	3,5	0,88	0,5	0,6	0,27
КМУ-1е	1,55	1	0,54	1,2	0,04	180	160	5,35	0,9	0,35	0,6	0,22

*Бороволокниты — это композиции из полимерного связующего и упрочнителя - борных волокон. Для получения бороволокнитов применяют модифицированные эпоксидные и полиимидные связующие. Бороволокниты имеют высокую прочность при сжатии, сдвиге, высокую твердость, тепло- и электропроводность. Бороволокниты водо- и химостойки. Изделия из бороволокнитов применяют в космической и авиационной технике (лопатки и роторы компрессоров, лопасти винтов вертолетов и т. д.).*

Карбоволокниты (углепласты)												
	$\rho$	$\sigma_b$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{и}$	$\tau$	E	$E_{и}$	G	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{-1}$	$\delta$	$\mu$
	т/м <sup>3</sup>	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	ГПа	%	-
КМБ-1м	2,1	1,3	1,16	1,75	0,06	270	250	9,8	1,37	0,4	0,5	0,22
КМБ-1к	2	0,9	0,92	1,25	0,04	214	223	7	1,22	0,35	0,3	0,22
КМБ-2к	2	1	1,25	1,55	0,06	260	215	6,8	1,2	0,4	0,4	0,18
КМБ-3к	2	1,3	1,5	1,45	0,07	260	238	7,2	1,3	0,42	0,4	0,2

*Органоволокниты - это композиции из полимерного связующего и упрочнителей из синтетических волокон. Упрочнителями служат эластичные волокна, лавсан, капрон, нитрон и др. Связующими служат полиимиды, эпоксидные и фенолформальдегидные смолы. Органоволокниты имеют малую плотность, сравнительно высокую ударную вязкость. Органоволокниты применяют в авиационной технике, химическом машиностроении и др.*

*Металлы, армированные волокнами - композиционные материалы с металлической матрицей и упрочнителями в виде волокон. Упрочнителями служат волокна бора, углеродные волокна, нитевидные кристаллы тугоплавких соединений, вольфрамовая или стальная проволока. Матричный материал выбирают из учета назначения композиционного материала (коррозионная стойкость, сопротивление окислению и др.). В качестве матриц используют легкие и пластичные металлы, алюминий, магний и их сплавы. Количество упрочнителя составляет по объему 30-50%. Металлы, армированные волокнами, применяются в авиационной и ракетной технике.*

Композиционные материалы с металлической матрицей								
Механические свойства одноосно-армированных композиционных материалов с алюминиевой матрицей								
	Наполнитель		$\rho$	$\sigma_b/\rho g$	E	$E/\rho g \cdot 10^{-3}$	$\sigma_b$	$\sigma_{-1}$
	материал	кол(%)	т/м <sup>3</sup>	кМ	ГПа	кМ	МПа	МПа
ВКА-1	бор	50	2,65	45	240	9	1200	600
ВКУ-1	углеод	30-40	2,2-2,3	42	270	12	900-1000	200
КАС-1	сталь	40	4,8	33	120	2	1600	350

*Использование композиционных материалов требует в ряде случаев создания новых методов изготовления деталей и изменения принципов конструирования деталей и узлов машин.*

## *II. Примеры и применения КМ в авиастроении*

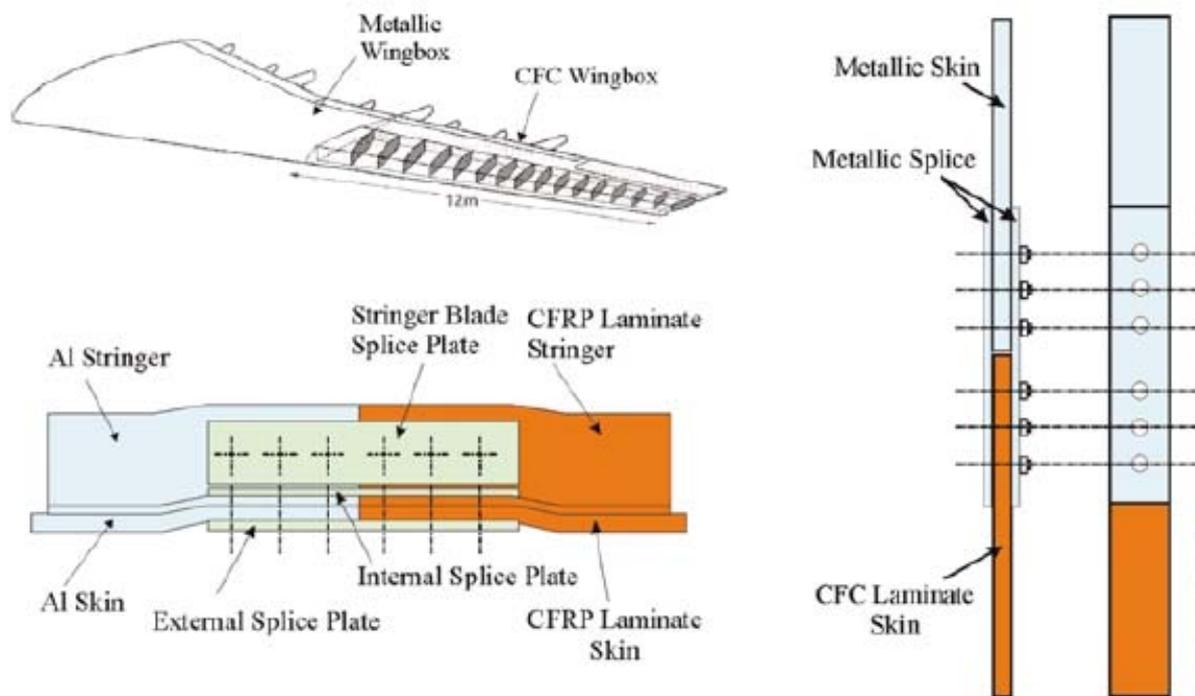
## 2.1. Примеры и применения КМ в авиастроении

Типичная компоновка современного транспортного самолета состоит из усиленного монококового фюзеляжа с двухлонжеронными крыльями и двухлонжеронными элементами хвостового оперения. В конструкциях самолетов используются в основном алюминиевые сплавы, однако для отдельных элементов конструкции применяются и другие материалы. Так, сильно нагруженные корневые части крыла могут быть изготовлены из титанового сплава, а рулевые поверхности – из композиционного материала с полиамидными или стеклянными нитями. В хвостовом оперении некоторых самолетов применяют графито-эпоксидные материалы.

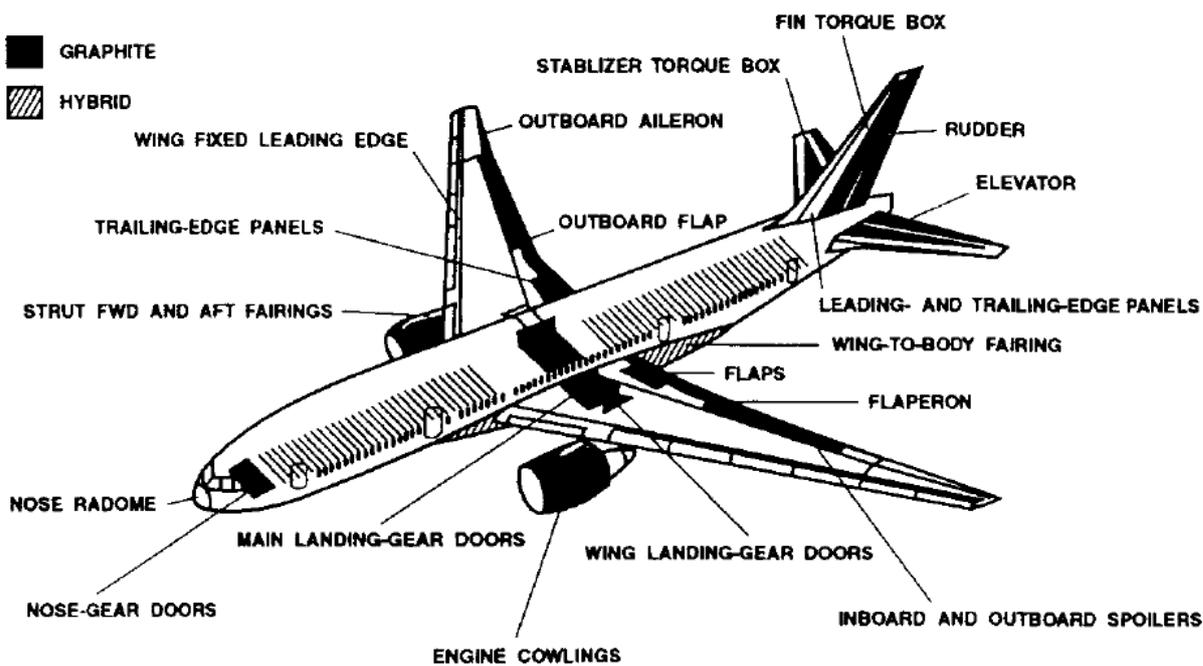
Композиционные материалы сегодня широко применяются на гражданской авиации тоже. И применяется не только второстепенных, но и силовых частях тоже. А380 и BOEING-787 Dreamliner сегодня может быть примером к эффективности применения КМ на гражданских судах.



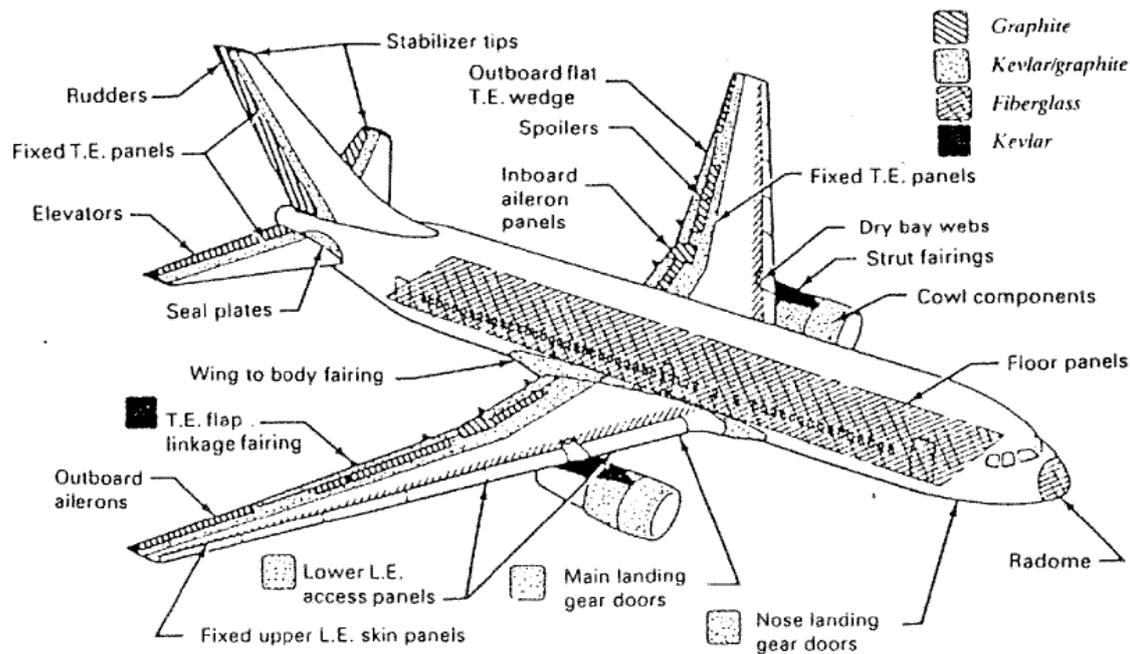
*Все самолеты сертифицируются по нормам FAR-25*



Пример к композитным конструкциям



Боинг-777



(a) Boeing B767

## 2.2. Преимущество использования композиционных материалов

1. Сравнительно высокое отношение предела прочности к массе.
2. Маленький трудоемкость.
3. Высокая коррозионная устойчивость.
4. Долговечность.
5. Возможность изготовления деталей любого вида и формы.
6. Уменьшает количество деталей.
7. Возможность получить материалы с заранее определенными свойствами.
8. Высокая устойчивость к вибрации.
9. Стабильность геометрических размеров.
10. Уменьшая количество детали на конструкции, соответственно уменьшает цену конструкции.
11. Меньшие затраты на обслуживание.

## 2.3. Недостатки композиционных материалов

1. Плохо соединяется металлами.
2. Требуют новую технологию изготовления.
3. Высокая цена материала.

### ***III. Обзор КМ и выбор марки материала для крыла СХС***

### 3.1. Обзор КМ и выбор марки материала для крыла СХС

Существует много видов композиционных материалов, для того чтобы выбрать наилучшего материала составим данную таблицу:

	Стеклопластик	Боропластик	Углепластик	Кевлар-эпоксид	
$E_x$	22,73684211	20,78909613	6,81395202	6,040296166	ГПа
$E_1$	54	207	207	76	ГПа
$E_2$	18	21	5	5,5	ГПа
$\nu_{12}$	0,25	0,3	0,25	0,34	
$G_{12}$	9	7	2,6	2,1	ГПа
$X_t$	1035	1380	1035	1380	МПа
$Y_t$	28	83	41	28	МПа
$S$	41	124	69	44	МПа
$X_c$	1035	2760	689	276	МПа
$Y_c$	138	276	117	138	МПа
$\varepsilon_x$	3,606481481	11,92933057	20,2525641	14,56882206	
$\varepsilon_1$	0,484393434	0,338800297	0,21266053	0,293905509	
$\varepsilon_2$	1,963486365	4,927063739	11,895854	6,498760236	
$\tau_{12}$	-41	-124	-69	-44	МПа
$\theta$	45	45	45	45	
$\sigma_x$	82	248	138	88	МПа
$\sigma_1$	41	124	69	44	МПа
$\sigma_2$	41	124	69	44	МПа

На данном таблице приведен композиционные материалы который применяется в авиационии.

Здесь, анализ этих данных показывает, что самый оптимальный выбор углепластик так как его механические показатели удовлетворяет наше требование обеспечивая экономические требования. Считая технологию изготовления, стеклопластик и углепластик более подходящий материал к СХС. Для крыла СХС выбираем углепластик.

***IV. Расчет на прочность крыла СХС  
из композиционного материала***

#### 4.1. Расчет крыла самолета СХС на прочность из композиционного материала

##### 4.2. Исходные данные:

$m_0 = 2092 \text{ кг}$  - взлетная масса

$S_{кр} = 23,24 \text{ м}^2$  - площадь крыла

$\lambda_{кр} = 7,5$  - удлинение крыла

$\eta_{кр} = 2,2$  - сужения крыла

$\bar{c} = 0,15 GA(W)$  - 1 относительная толщина крыла

$b_0 = 2420 \text{ мм}$  - корневая хорда крыла

$b_{конц} = 1100 \text{ мм}$  - концевая хорда крыла

Материал:

Для лонжерона В95

Механические характеристики:

$\sigma_e = 6000 \text{ кг/см}^2$ ,  $\tau_e = 1800 \text{ кг/см}^2$ ,  $\sigma_{кр} = 3600 \text{ кг/см}^2$ ,  $E = 7200 \text{ МПа}$ ,  $\rho = 2800 \text{ кг/м}^3$

Для панелей углепластик

Механические характеристики:

$\sigma_e = 9000 \text{ кг/см}^2$ ,  $\tau_e = 400 \text{ кг/см}^2$ ,  $\sigma_{кр} = 5500 \text{ кг/см}^2$ ,  $E = 180 \text{ ГПа}$ ,  $\rho = 1550 \text{ кг/м}^3$

Для заполнителя:  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$

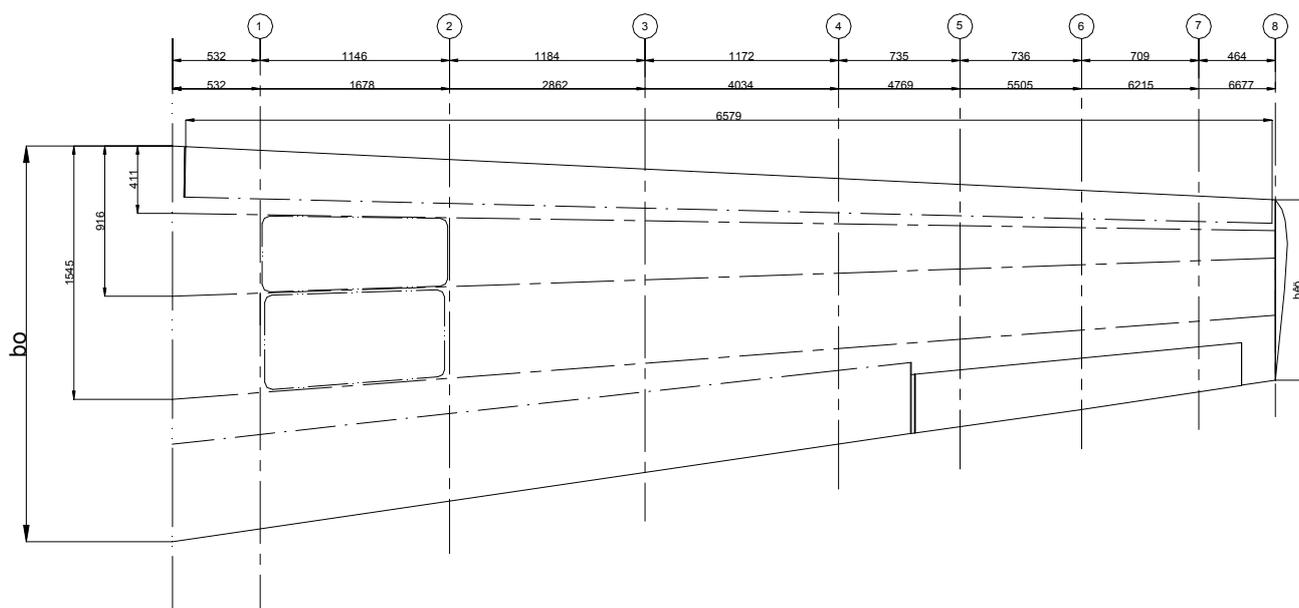


Рис 1. Расчетная схема крыла

#### 4.3. Расчет нагрузок, действующих на крыло.

При расчете на прочность принимаем:

4.4. Интенсивность эксплуатационной распределенной аэродинамической нагрузки  $q^3$ , отнесенную к единице длины крыла по линии центра давления (ц.д.) принимаем равной:

$$q^3 = \frac{n^3 \cdot m_0}{S} \cdot b$$

Интенсивность массовых сил.

$$q_j^3 = \frac{n^3 \cdot m_{кр}}{S} \cdot b$$

4.5. Из площади крыла исключена подфюзеляжная площадь.

4.6. Изгиб и его моменты вычислены относительно оси X самолета, а крутящий момент  $M_{кр}$  относительно оси жесткости крыла. Расчетная нагрузка на крыло:

$$Y^p = n^p \cdot m_0 = 6 \cdot 2032 = 13802 \text{ кг}$$

Площадь консоли:

$$F_{кон} = \frac{2,287 + 1,1}{2} \cdot 5,95 = 10,9 \text{ м}^2$$

Суммарная площадь:

$$F_{кон}^{\Sigma} = 10,07 \cdot 2 = 21,8 \text{ м}^2$$

Тогда:

$$q_{борт} = \frac{6278}{10,07} \cdot 2,287 = 1392 \text{ кг/м}; \quad q_{конц} = \frac{6278}{10,07} \cdot 1,1 = 633 \text{ кг/м}.$$

где хорда  $b_{борт} = 2,287 \text{ м}$  по ботовой нервюре крыла (стык фюзеляжа с крылом).

Хорды в промежуточных сечениях определяем с чертежа расчетной схемы.

Таблица №1-Расчетные значения  $Q$ ,  $M_x$ ,  $M_{кр}$

$\bar{z} = \frac{2z}{l}$	$b(\text{мм})$	$q^p, \text{кг/м}$	$\frac{b+b_k}{2}, \text{м}$	$(\frac{l}{2}-z), \text{м}$	$Q, \text{кг}$	$a, \text{м}$	$M_x, \text{кг} \cdot \text{м}$	$M_{кр}, \text{кг} \cdot \text{м}$
0	2,287	1362	1,69	5,95	6278	2,627	15762	887,4
0,2	2,04	1215	1,55	4,76	4393	2,14	9400	605
0,4	1,8	1072	1,45	3,57	3082	1,64	5054	382
0,6	1,56	929	1,33	2,38	1855	1,1	2073	208
0,8	1,32	721	1,21	1,19	857	0,58	497	86
1,0	1,1	655	1,1	0	0	0	0	0

Пояснения:

$$\bar{z} = \frac{2z}{l}; \quad 2z = \bar{z} \cdot l; \quad z = \frac{\bar{z} \cdot l}{2}$$

При

$$\bar{z} = 0,2; \quad z = \frac{0,2 \cdot 11,9}{2} = 1,19 \text{ м}$$

$$\bar{z} = 0,4; \quad z = 2,38 \text{ м}$$

$$\bar{z} = 0,6; \quad z = 3,57 \text{ м}$$

$$\bar{z} = 0,8; \quad z = 4,76 \text{ м}$$

Координату  $a$  определяем по формуле:

$$a = \frac{b_i + 2b_k}{3/b + b_k} \cdot (l/2 - z)$$

Подсчитываем поперечные силы  $Q^p$ , действующие на консоли:

$$Q^p = \int_z^{l/2} q^p dz = \frac{n^p \cdot G^{l/2}}{S_k} \int_z^{l/2} b \cdot dz = \frac{n^p \cdot G}{S} \cdot \frac{b + b_k}{2} (l/2 - z)$$

(см. таблицу 1.2.).

Находим изгибающие моменты  $M_{изг}^p$ :

$$M^P = Q \cdot a$$

(см. табл. 1.2.).

Находим  $M_{кр}^P$ :

$$M_{кр}^P = Q^P (\bar{x}_{ц.жс.} - \bar{x}_{ц.д.}) b_A$$

$$\bar{x}_{ц.жс.} = 0,385 \cdot b_i$$

$$\bar{x}_{ц.д.} = 0,3 \cdot b_i$$

Хорда  $b_A$  (см. расч. схему, лист ).

Определение поперечной силы  $Q^P$  в расчетных сечениях:

$$Q_{корн} = 595,5 \cdot 1,69 \cdot 5,95 = 6278 \text{ кг}$$

$$Q_{z=0,2} = 595,5 \cdot 1,55 \cdot 4,76 = 4393 \text{ кг}$$

$$Q_{z=0,4} = 595,5 \cdot 1,45 \cdot 3,57 = 3082 \text{ кг}$$

$$Q_{z=0,6} = 595,5 \cdot 1,33 \cdot 2,38 = 1885 \text{ кг}$$

$$Q_{z=0,8} = 595,5 \cdot 1,21 \cdot 1,19 = 857 \text{ кг}$$

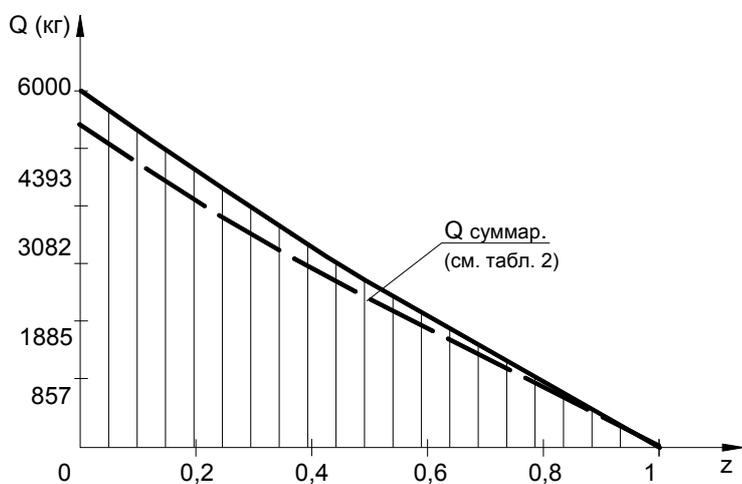


Рис. 1.1. Построение эпюры  $Q_{aэр}^P$

Определение  $M_{изг}$  в расчетных сечениях:

$$M_{корн} = 6278 \cdot 2,627 = 15763 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,2} = 4393 \cdot 2,14 = 9400 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,4} = 3082 \cdot 1,64 = 5054 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,6} = 1885 \cdot 1,1 = 2073 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,8} = 857 \cdot 0,58 = 497 \text{ кгм}$$

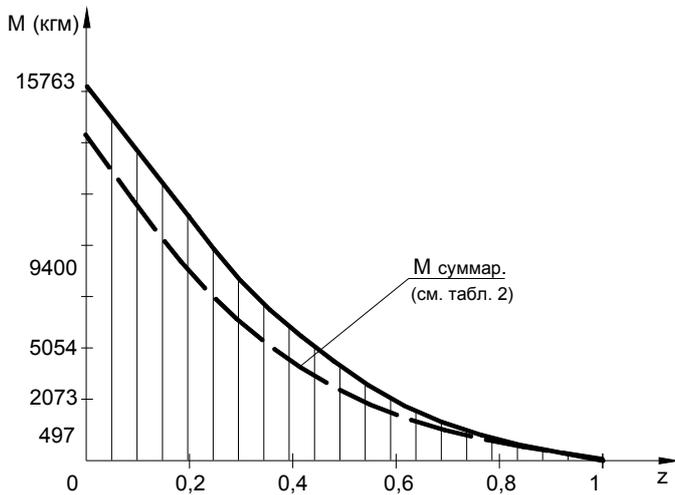


Рис. 1.2. Эюры  $M^P_{изг. аэр}$

$$M_{кр}^P = Q^p (\bar{x}_{ц.ж.} - \bar{x}_{ц.д.}) b_A = 6278(0,385 - 0,3) \cdot 1,74 = 887,4 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,2} = 4393 \cdot 0,085 \cdot 1,62 = 605 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,4} = 3082 \cdot 0,085 \cdot 1,46 = 382 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,6} = 1885 \cdot 0,085 \cdot 1,3 = 208 \text{ кгм}$$

$$M_{z=0,8} = 857 \cdot 0,085 \cdot 1,18 = 86 \text{ кгм}$$

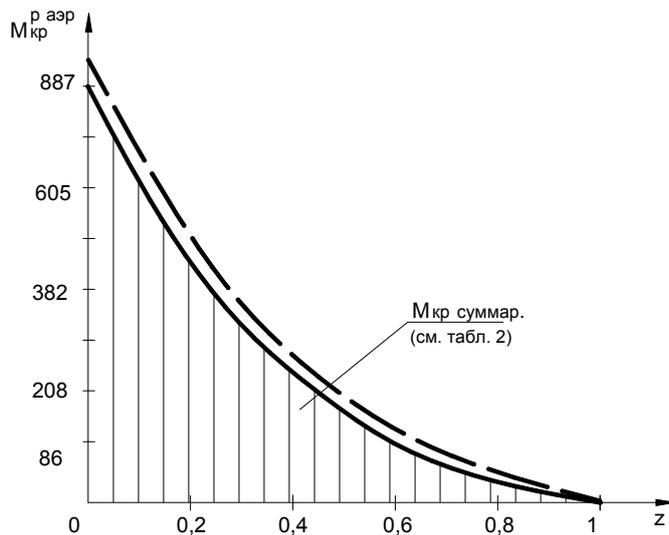


Рис. 1.3. Эюры  $M^P_{кр}$

#### 4.7. Учет разгрузки от массовых сил крыла

В силу подобия законов распределения массовых и аэродинамических сил по размаху крыла поперечная сила от массовых сил может быть найдена из соотношения:

$$Q_j^p = \frac{G_{кр}}{G} \cdot Q^p = \frac{260}{2000} \cdot Q^p = 0,13 \cdot Q_p^{аэр}$$

$$M_j^p = Q_j \cdot a$$

$$M_{кр}^p = Q_j (\bar{x}_{ц.ж.} - \bar{x}_{ц.д.}) b_A = Q_j (0,45 - 0,385) b_A = Q_j \cdot 0,065 b_A$$

где

$$\bar{x}_{ц.т.} = 0,45 \cdot b_i$$

Все вычисления сводим в таблицу № 1.2.

**Таблица № 2**

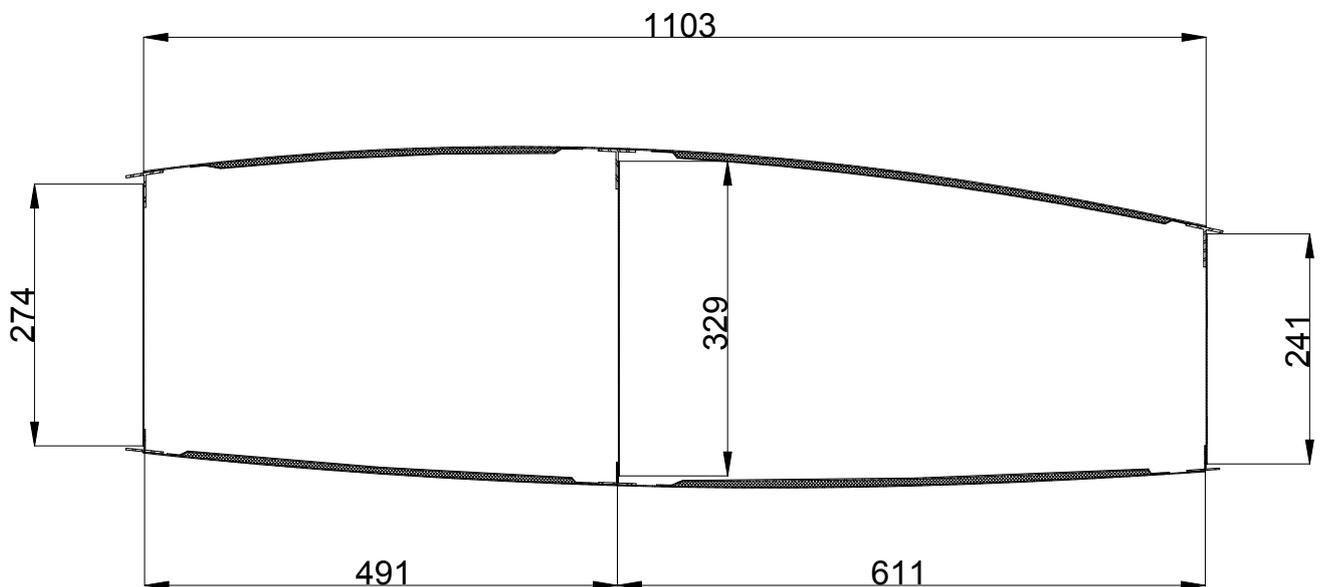
$\frac{z}{l} = \frac{2z}{l}$	$Q_j^p$ (кГ)	$M_j^p$ , кГм	$M_{j\text{кр}}^p$ (кГм)	$Q_c$ (кГ)	$M_c$ (кГ)	$M_{кр\ c}$ (кГ)	$b_A$ (м)
0	780	2049	87,2	5220	13713	974	1,72
0,2	571	1222	59,3	3822	8178	664	1,6
0,4	400	656	37	2682	4398	419	1,42
0,6	245	269	21	1640	1804	229	1,3
0,8	111	64	8,5	746	433	94	1,18
1,0	0	0	0	0	0	0	0

**Примечание:** здесь же приведено суммирование нагрузок.

#### 4.8. Проектировочный расчет крыла на прочность

##### 1. Подбор площадей лонжеронов

Считаем, что в трехлонжеронном крыле приблизительно  $M_{изг}$  воспринимается поясами лонжеронов и панелями.



**Рис.2** Сечение силовой схемы крыла

Принимаем, что 40% нагрузку от  $M_{изг}$  воспринимается поясами лонжеронов, а 60% нагрузка воспринимается обшивками. Перерезывающая сила  $Q$  воспринимается стенками лонжеронов. Стенки воспринимает нагрузку пропорционально квадратным их высотам.

##### 4.9. Изгибающий момент распределяется по высотам лонжеронов

$$M_I = \frac{H^2_I}{H^2_I + H^2_{II} + H^2_{III}} \cdot 0.4 \cdot M_{\max}; M_{II} = \frac{H^2_{II}}{H^2_I + H^2_{II} + H^2_{III}} \cdot 0.4 \cdot M_{\max};$$

$$M_{III} = \frac{H^2_{III}}{H^2_I + H^2_{II} + H^2_{III}} \cdot 0.4 \cdot M_{\max}$$

Где  $H_I, H_{II}, H_{III}$  - высоты лонжеронов, снимается из чертежа.

##### 4.10. Усилие в поясе:

$$P_I = \frac{M_I}{kH_I}; P_{II} = \frac{M_{II}}{kH_{II}}; P_{III} = \frac{M_{III}}{kH_{III}};$$

$$k = 0,9; H_I \text{ (мм)}$$

В первом приближении  $\sigma = 0,9 \cdot \sigma_6$

Площади сечения нижних поясов лонжеронов:

$$F_{nI} = \frac{P_I}{\sigma_6}; F_{nII} = \frac{P_{II}}{\sigma_6}; F_{nIII} = \frac{P_{III}}{\sigma_6}$$

Площади сечения верхних поясов лонжеронов:

$$F_{nI} = \frac{P_I}{\sigma_{кр}}; F_{nII} = \frac{P_{II}}{\sigma_{кр}}; F_{nIII} = \frac{P_{III}}{\sigma_{кр}}$$

#### 4.11. Усилие в панели:

$$P_{\text{панель}} = \frac{0,6 \cdot M_{\text{max}}}{9H_c}$$

Площадь сечения нижней панели:

$$F_n^H = \frac{P_{\text{панель}}}{\sigma_6};$$

Площадь сечения верхней панели:

$$F_n^6 = \frac{P_{\text{панель}}}{\sigma_{кр}};$$

#### 4.12. Определение толщины стенки лонжеронов:

Распределяем перерезывающую силу  $Q$  на лонжероны пропорционально их высотам.

$$Q_I = \frac{H^2_I}{H^2_I + H^2_{II} + H^2_{III}} \cdot Q_{\text{max}}; Q_{II} = \frac{H^2_{II}}{H^2_I + H^2_{II} + H^2_{III}} \cdot Q_{\text{max}}; Q_{III} = \frac{H^2_{III}}{H^2_I + H^2_{II} + H^2_{III}} \cdot Q_{\text{max}}$$

Поток по стенке лонжерона:

$$q_I = \frac{Q_I}{H_{cmI}}; q_{II} = \frac{Q_{II}}{H_{cmII}}; q_{III} = \frac{Q_{III}}{H_{cmIII}}$$

$$q = \tau \cdot \delta$$

$$\delta_{cmI} = \frac{q_I}{\tau}; \delta_{cmII} = \frac{q_{II}}{\tau}; \delta_{cmIII} = \frac{q_{III}}{\tau}$$

где:

$$\tau = \tau_{кр} = 0,3 \cdot \sigma_6$$

Результаты расчетов приведены в таблицах № 3, №4, №5

Таблица №3 Результаты проектировочного расчета на прочность

№ сеч	0	1	2	3	4	5	6	7
$z$	0	0,30975	0,6195	0,92925	1,239	1,54875	1,8585	2,16825
$Q_I$	1313,86	1233,477	1154,644	1077,358	1001,617	927,4221	854,7731	783,6699
$Q_{II}$	1896,12	1780,117	1666,348	1554,811	1445,504	1338,428	1233,583	1130,969
$Q_{III}$	1004,97	943,4904	883,1912	824,0745	766,1401	709,3882	653,8187	599,4316
$M_I$	4066,09	3595,602	3161,284	2761,689	2395,397	2061,013	1757,167	1482,51
$M_{II}$	5868,06	5189,065	4562,27	3985,586	3456,965	2974,393	2535,89	2139,514
$M_{III}$	3110,16	2750,287	2418,076	2112,425	1832,247	1576,476	1344,062	1133,977
$H_I$	0,303	0,29475	0,2865	0,27825	0,27	0,26175	0,2535	0,24525
$H_{II}$	0,364	0,35405	0,3441	0,33415	0,3242	0,31425	0,3043	0,29435
$H_{III}$	0,265	0,25775	0,2505	0,24325	0,236	0,22875	0,2215	0,21425
$P_I$	5964,19	5421,697	4904,066	4411,203	3943,041	3499,545	3080,722	2686,619
$P_{II}$	7164,9	6513,914	5892,692	5301,127	4739,14	4206,69	3703,787	3230,491
$P_{III}$	5216,21	4742,386	4290,221	3859,631	3450,559	3062,977	2696,89	2352,343
$F_{nI}^H$	1,10448	1,004018	0,90816	0,816889	0,730193	0,648064	0,570504	0,497522
$F_{nII}^H$	1,32683	1,20628	1,091239	0,98169	0,877618	0,779017	0,685886	0,598239
$F_{nIII}^H$	0,96596	0,87822	0,794485	0,714747	0,638992	0,567218	0,499424	0,435619
$F_{nI}^6$	1,65672	1,506027	1,362241	1,225334	1,095289	0,972096	0,855756	0,746283
$F_{nII}^6$	1,99025	1,80942	1,636859	1,472535	1,316428	1,168525	1,02883	0,897359
$F_{nIII}^6$	1,44895	1,317329	1,191728	1,07212	0,958489	0,850827	0,749136	0,653429
$H_{cm}^I$	0,2424	0,2358	0,2292	0,2226	0,216	0,2094	0,2028	0,1962
$H_{cm}^{II}$	0,2912	0,28324	0,27528	0,26732	0,25936	0,2514	0,24344	0,23548
$H_{cm}^{III}$	0,212	0,2062	0,2004	0,1946	0,1888	0,183	0,1772	0,1714
$q_I$	54,2019	52,3103	50,37716	48,39882	46,37116	44,2895	42,14857	39,9424
$q_{II}$	65,1139	62,84836	60,53285	58,1629	55,73349	53,23898	50,67298	48,02823
$q_{III}$	47,4043	45,75608	44,07142	42,34709	40,57946	38,76438	36,89722	34,97267
$\delta_{cm}^I$	0,03011	0,029061	0,027987	0,026888	0,025762	0,024605	0,023416	0,02219
$\delta_{cm}^{II}$	0,03617	0,034916	0,033629	0,032313	0,030963	0,029577	0,028152	0,026682
$\delta_{cm}^{III}$	0,02634	0,02542	0,024484	0,023526	0,022544	0,021536	0,020498	0,019429
$F_{cm}^I$	0,72992	0,685265	0,641469	0,598532	0,556454	0,515235	0,474874	0,435372
$F_{cm}^{II}$	1,0534	0,988954	0,925749	0,863784	0,803058	0,743571	0,685324	0,628316
$F_{cm}^{III}$	0,55832	0,524161	0,490662	0,457819	0,425633	0,394105	0,363233	0,333018
$S_{об-ка}(60\%)$	32773,5	29792,5	26948,09	24239,79	21667,21	19230,18	16928,72	14763,11
$F_n^H$	3,6415	3,31028	2,99423	2,69331	2,40747	2,13669	1,88097	3,6415
$F_n^6$	5,95883	5,41682	4,89965	4,40723	3,93949	3,4964	3,07795	5,95883

Продолжения таблицы №3

8	9	10	11	12	13	14	15	16
2,478	2,78775	3,0975	3,40725	3,717	4,02675	4,3365	4,64625	4,956
714,1125	646,101	579,6353	514,7154	451,341	389,5133	329,231	270,4946	213,304
1030,586	932,434	836,5123	742,8219	651,362	562,1339	475,136	390,3696	307,8339
546,2269	494,205	443,3649	393,7075	345,233	297,94	251,83	206,9022	163,1569
1235,721	1015,5	820,5799	649,7054	501,654	375,226	269,245	182,5609	114,046
1783,355	1465,54	1184,236	937,6354	723,972	541,515	388,567	263,4665	164,5877
945,2069	776,761	627,6642	496,9618	383,717	287,0116	205,947	139,6414	87,23412
0,237	0,22875	0,2205	0,21225	0,204	0,19575	0,1875	0,17925	0,171
0,2844	0,27445	0,2645	0,25455	0,2446	0,23465	0,2247	0,21475	0,2048
0,207	0,19975	0,1925	0,18525	0,178	0,17075	0,1635	0,15625	0,149
2317,339	1973,05	1653,978	1360,462	1092,93	851,9393	638,211	452,6538	296,4157
2786,928	2373,3	1989,895	1637,112	1315,48	1025,669	768,564	545,2675	357,1782
2029,43	1728,3	1449,153	1192,291	958,095	747,0612	559,828	397,2023	260,2062
0,429137	0,36538	0,306292	0,251937	0,20239	0,157767	0,11819	0,083825	0,054892
0,516098	0,4395	0,368499	0,303169	0,24361	0,189939	0,14233	0,100975	0,066144
0,37582	0,32005	0,268362	0,220795	0,17742	0,138345	0,10367	0,073556	0,048186
0,643705	0,54807	0,459438	0,377906	0,30359	0,23665	0,17728	0,125737	0,082338
0,774147	0,65925	0,552749	0,454753	0,36541	0,284908	0,21349	0,151463	0,099216
0,563731	0,48008	0,402542	0,331192	0,26614	0,207517	0,15551	0,110334	0,072279
0,1896	0,183	0,1764	0,1698	0,1632	0,1566	0,15	0,1434	0,1368
0,22752	0,21956	0,2116	0,20364	0,19568	0,18772	0,17976	0,1718	0,16384
0,1656	0,1598	0,154	0,1482	0,1424	0,1366	0,1308	0,125	0,1192
37,66416	35,3061	32,85914	30,31304	27,6557	24,87314	21,9487	18,86294	15,59239
45,29649	42,4683	39,53272	36,47721	33,2871	29,94534	26,4317	22,72233	18,78869
32,98472	30,9265	28,78993	26,56596	24,2439	21,81113	19,253	16,55217	13,68766
0,020925	0,01961	0,018255	0,016841	0,01536	0,013818	0,01219	0,010479	0,008662
0,025165	0,02359	0,021963	0,020265	0,01849	0,016636	0,01468	0,012624	0,010438
0,018325	0,01718	0,015994	0,014759	0,01347	0,012117	0,0107	0,009196	0,007604
0,396729	0,35894	0,32202	0,285953	0,25075	0,216396	0,18291	0,150275	0,118502
0,572548	0,51802	0,464729	0,412679	0,36187	0,312297	0,26396	0,216872	0,171019
0,303459	0,27456	0,246314	0,218726	0,1918	0,165522	0,13991	0,114946	0,090643
12733,9	10842	9088,695	7475,806	6005,7	4681,45	3507	2487,356	1628,82
1,64035	1,41488	1,20467	1,00985	0,83065	0,6673	0,52016	0,38967	0,27637
2,6842	2,31525	1,97127	1,65249	1,35924	1,09195	0,85117	0,63764	0,45225

Продолжения таблицы №3

17	18	19	20	Измер
5,26575	5,5755	5,88525	6,195	м
157,6592	103,5603	51,00722	0	кг
227,529	149,4551	73,61209	0	кг
120,594	79,21359	39,01559	0	кг
62,59809	27,1394	6,616394	0	кг*м
90,33969	39,16678	9,548582	0	кг*м
47,88148	20,75902	5,060901	0	кг*м
0,16275	0,1545	0,14625	0,138	м
0,19485	0,1849	0,17495	0,165	м
0,14175	0,1345	0,12725	0,12	м
170,9455	78,07092	20,1068	0	кг
206,0609	94,14525	24,2573	0	кг
150,1281	68,59651	17,67615	0	кг
0,031657	0,014458	0,003723	0	см <sup>2</sup>
0,038159	0,017434	0,004492	0	см <sup>2</sup>
0,027802	0,012703	0,003273	0	см <sup>2</sup>
0,047485	0,021686	0,005585	0	см <sup>2</sup>
0,057239	0,026151	0,006738	0	см <sup>2</sup>
0,041702	0,019055	0,00491	0	см <sup>2</sup>
0,1302	0,1236	0,117	0,1104	м
0,15588	0,14792	0,13996	0,132	м
0,1134	0,1076	0,1018	0,096	м
12,109	8,378664	4,359591	0	кг/см
14,59642	10,10378	5,259509	0	кг/см
10,63439	7,361858	3,832572	0	кг/см
0,006727	0,004655	0,002422	0	см
0,008109	0,005613	0,002922	0	см
0,005908	0,00409	0,002129	0	см
0,087588	0,057533	0,028337	0	см <sup>2</sup>
0,126405	0,083031	0,040896	0	см <sup>2</sup>
0,066997	0,044008	0,021675	0	см <sup>2</sup>
939,3541	429,0037	110,4879	0	кг
0,18098	0,10437	0,04767	0,01228	см <sup>2</sup>
0,29615	0,17079	0,078	0,02009	см <sup>2</sup>

***VI. Технология изготовления панелей  
крыла***

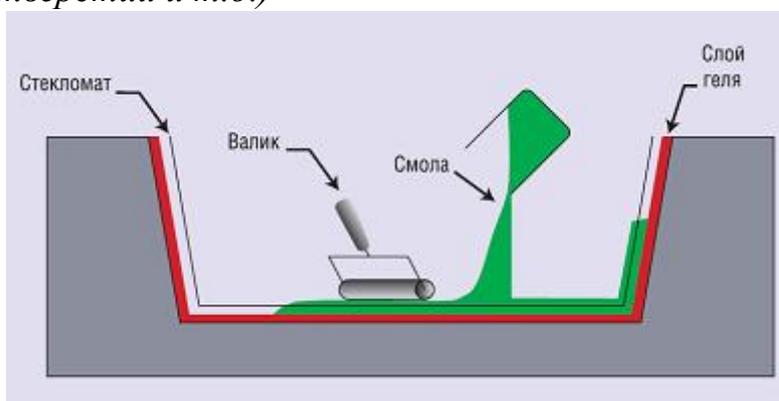
## 5. Технология изготовления панелей крыла

### Основные методы изготовления

#### 6.1. Ручное (контактное) формование

##### Описание

При этом методе стеклоармирующий материал вручную пропитывается смолой при помощи кисти или валиков. Затем пропитанный стекломат укладывается в форму, где он прикатывается прикаточными валиками. Прикатка осуществляется с целью удаления из ламината воздушных включений и равномерного распределения смолы по всему объему. Отверждение ламината происходит при обычной комнатной температуре, после чего изделие извлекается из формы и подвергается мехобработке (обрезка обля, высверливание отверстий и т.д.)



##### Применяемые материалы:

Смолы: Любые, например эпоксидные, полиэфирные, винилэфирные.

Волокна: Любые.

Наполнители: Любые, стойкие к используемым смолам.

##### Основные преимущества:

- Широко используется в течении многих лет.
- Простота процесса.
- Недорогие используемые инструменты, если используются смолы, отверждаемые при комнатной температуре.
- Широкий выбор поставщиков и материалов.
- Более высокое содержание стеклянного наполнителя и более длинные волокна по сравнению с методом напыления рубленного роввинга.

##### Основные недостатки:

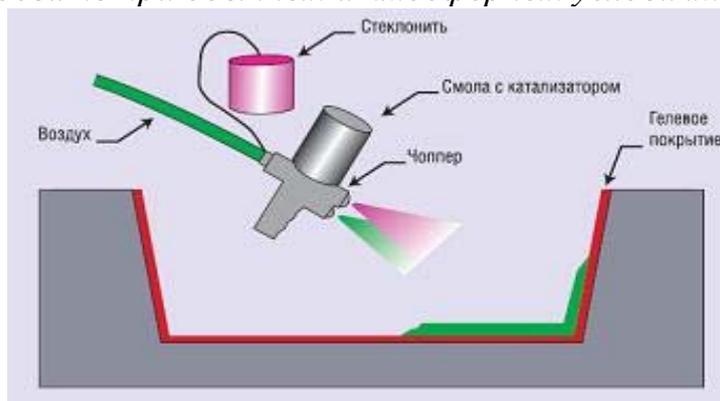
- Качество смеси смолы и катализатора, качество ламината, содержание стеклообразующего в ламинате очень зависят от квалификации рабочих.
- Высокая вероятность воздушных включений в ламинате.
- Малая производительность метода.
- Вредные условия труда.

#### 6.2. Метод напыления рубленного роввинга.

##### Описание

Стеклонить подается в ножки пистолета, где она рубится на короткие волокна. Затем они в воздухе смешиваются с струей смолы и катализатора и наносятся

на форму. После нанесения рубленного ровинга, его необходимо прикатать с целью удаления из ламината воздушных включений. Прикатанный материал оставляют отвердевать при обычных атмосферных условиях.



### **Применяемые материалы:**

*Смолы: Прежде всего полиэфирные.*

*Волокна: Только стеклонить в виде ровинга (ровницы).*

*Наполнители: Любые, стойкие к стиролу. Укладываются вручную.*

### **Основные преимущества:**

- Широко используется много лет.
- Быстрый путь нанесения волокна и смолы.
- Дешевые формы.

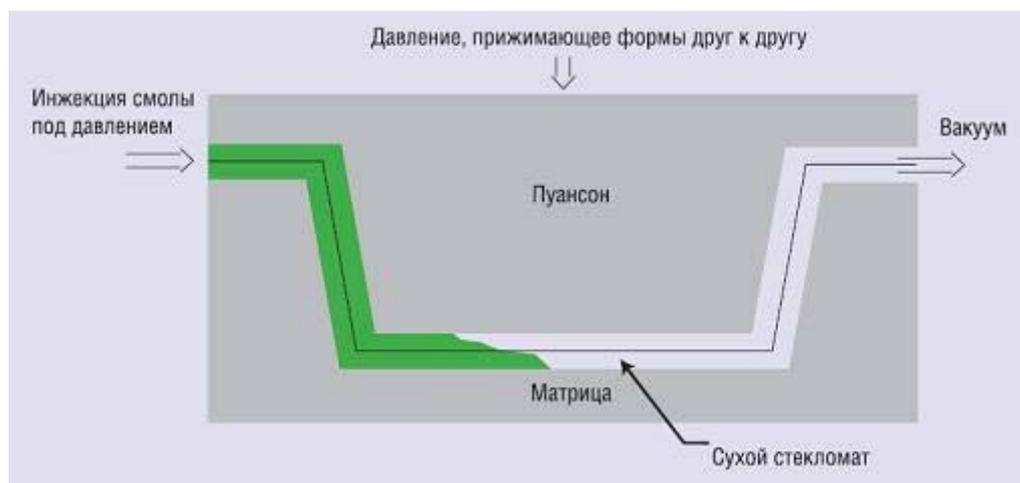
### **Основные недостатки**

- Ламинаты имеют тенденцию быть очень богатыми смолой и поэтому чрезмерно тяжелыми.
- Присутствуют только короткие волокна, которые ограничивают механические свойства ламината.
- Смолы должны быть с низкой вязкостью для возможности их напыления. Это приводит к уменьшению их механических свойств и теплостойкости.
- Вредные условия труда, большое содержание в воздухе мелких частиц стекла.
- Качество конечного продукта в основном зависит от мастерства оператора установки.

## **6.3. Метод RTM**

### **Описание**

Стеклоармирующий материал укладывается на матрицу в виде заранее заготовленных выкроек. Затем укладывается пуансон, который прижимается к матрице при помощи прижимов. Смола подается в полость формы под рассчитанным давлением. Иногда, для облегчения прохода смолы через материал используется вакуум, который создается внутри формы. Как только смола пропитала весь стекломатериал, инъекцию останавливают и ламинат оставляют в форме до полного отверждения. Отверждение может проходить при обычной или повышенной температуре.



### **Применяемые материалы.**

*Смолы: эпоксидные, полиэфирные, винилэфирные.*

*Волокна: Любые. Желательно использовать специально предназначенные для этого стекломатериалы с проводящим слоем и механически связанными волокнами.*

*Наполнители: Любые стойкие к стиролу, кроме материалов в виде сот.*

### **Основные преимущества.**

- *Могут быть получены ламинаты с высоким содержанием стекла и с минимальным содержанием пустот.*
- *Хорошие условия труда и окружающей среды. Нет большого выброса вредных веществ.*
- *Возможно сокращение трудовых затрат и времени на изготовление изделия. Один рабочий может обслуживать одновременно несколько аппаратов, производящих инжекцию.*
- *Вся форма изделия имеет глянцевую поверхность.*
- *Минимизированы отходы материалов.*

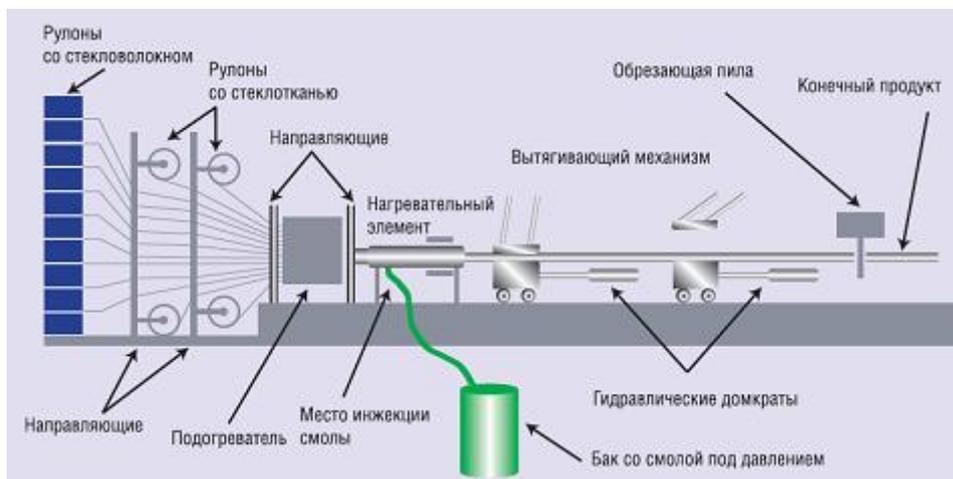
### **Основные недостатки.**

- *Дорогие и сложные формы.*
- *Сложность процесса.*
- *Необходимость иметь инжекционное оборудование.*

## **6.4. Метод пультрузии**

### **Описание**

*Волокна подаются от катушечной рамы до ванны со смолой и затем проходят через нагретую фильеру. В фильере убираются излишки смолы, происходит профилирование ламината и отверждение материала. После этого отвержденный профиль автоматически обрезается на необходимые длины.*



### **Применяемые материалы.**

*Смолы: Эпоксидная смола, полиэфирная смола, винилэфирная смола.*

*Волокна: Любые.*

*Наполнители: Не используются.*

### **Основные преимущества:**

- *Это может быть очень быстрый процесс пропитки и отверждения материала.*
- *Автоматизированное управление содержанием смолы в ламинате.*
- *Недорогие материалы.*
- *Хорошие структурные свойства ламинатов, так как профили имеют направленные волокна и высокое содержание стекломатериала.*
- *Закрытый процесс пропитки волокна.*

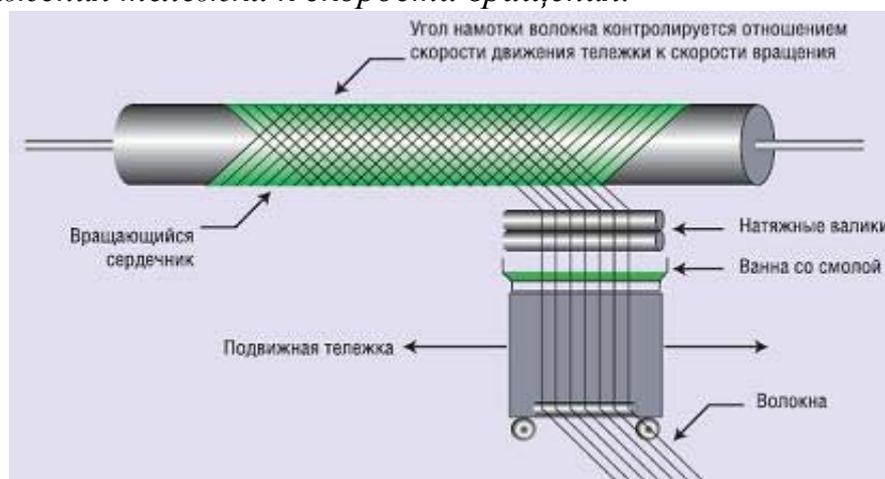
### **Основные недостатки**

- *Ограниченная номенклатура изделий.*
- *Дорогое оборудование.*

## **6.5. Метод намотки**

### **Описание.**

*Этот процесс прежде всего используется для изготовления пустотелых круглых или овальных секционных компонентов, типа труб или резервуаров. Волокна пропускаются через ванну со смолой, затем через натяжные валики, служащие для натяжения волокна и удаления излишков смолы. Волокна наматываются на сердечник с необходимым сечением, угол намотки контролируется отношением скорости движения тележки к скорости вращения.*



### **Применяемые материалы:**

*Смолы: Любые.*

*Волокна: Любые, волокна подаются напрямую от рамы для катушек без дополнительного сшивания в ткань.*

*Наполнители: Любые*

#### **Основные преимущества:**

- *Это может быть очень быстрый и поэтому экономически выгодный метод укладки материала.*
- *Регулируемое соотношение смола/стекло.*
- *Высокая прочность при малом собственном весе.*
- *Неподверженность коррозии и гниению*
- *Недорогие материалы*
- *Хорошие структурные свойства ламинатов, так как профили имеют направленные волокна и высокое содержание стекломатериала.*

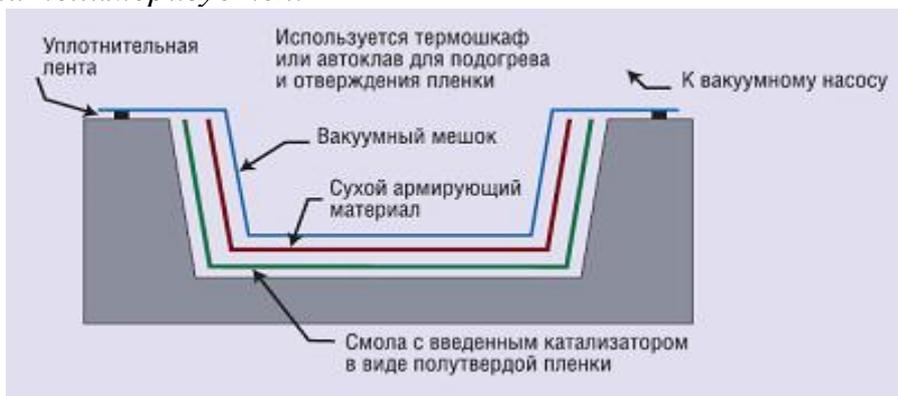
#### **Основные недостатки**

- *Ограниченная номенклатура изделий.*
- *Дорогое оборудование.*
- *Волокно трудно точно положить по длине сердечника.*
- *Высокие затраты на сердечник для больших изделий.*
- *Рельефная лицевая поверхность.*

### **6.6. Метод RFI (Resin Film Infusion)**

#### **Описание.**

*Сухие ткани выкладываются вместе со слоями полутвердой пленки из смолы. Весь полученный пакет закрывается специальной пленкой. Сначала между пленкой и формой создается вакуум, после чего форму помещают в термошкаф или автоклав. Под воздействием температуры смола переходит в текучее состояние и благодаря вакууму пропитывает материал. После некоторого времени смола полимеризуется.*



#### **Применяемые материалы:**

*Смолы: Только эпоксидная смола.*

*Волокна: Любые.*

*Наполнители: Почти все, хотя ПВХ пена нуждается в специальной обработке из-за высоких температур процесса.*

#### **Основные преимущества:**

- *Могут быть получены ламинаты с высоким содержанием стекла и с минимальным содержанием пустот.*
- *Высокие физико-механические характеристики из-за твердого начального состояния полимера и высоких температур отверждения.*

- Более низкая стоимость процесса по сравнению с методом препрегов.
- Хорошие условия труда и окружающей среды. Нет большого выброса вредных веществ.

#### **Основные недостатки**

- Мало применяется вне аэрокосмической промышленности.
- Для процесса необходима система вакуумного мешка, термошкаф или автоклав.
- Требования к оборудованию и инструменту по температуростойкости.

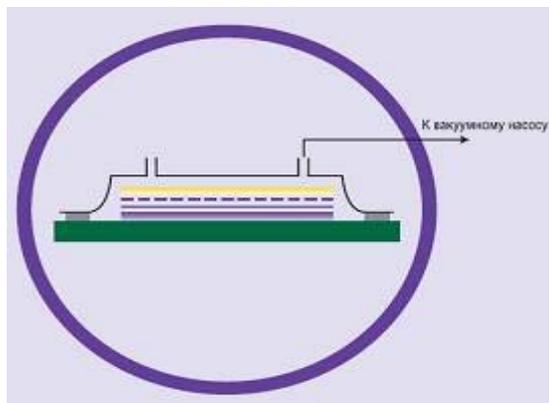
*Для изготовления крыла самолета СХС выбираем метод препрегов.*

## **7. Метод препрегов**

### **Описание**

*Препрег предварительно пропитан смолами углеткань.*

*Ткани и волокна предварительно пропитаны пред-катализирующей смолой под высокой температурой и давлением. В таком виде препреги могут храниться до нескольких недель, однако для увеличения срока хранения, их хранят при пониженных температурах. Смола в препрегах находится в полутвердом состоянии. При формовании препреги укладываются на поверхность формы и закрываются вакуумным мешком. Затем происходит их нагревание до температуры примерно 120 - 180 град.С при этой температуре смола переходит в текучие состояние и препрег принимает размеры формы. Далее при дальнейшем повышении температуры происходит отверждение смолы. Дополнительное давление (до 5 атмосфер) для формования обычно обеспечивается автоклавом.*



#### **Применяемые материалы:**

*Смолы: Эпоксидные, полиэфирные, фенольные и высокотемпературные смолы типа полиимидных др.*

*Волокна: Любые.*

*Наполнители: Любые стойкие к температурам процесса.*

#### **Основные преимущества:**

- Могут быть получены ламинаты с высоким содержанием стекла и с минимальным содержанием пустот.
- Хорошие условия труда и окружающая среда. Нет большого выброса вредных веществ.
- Возможность автоматизировать процесс и снизить трудовые затраты

## ***VII. Определение массы крыла***

## 6. Определение массы крыла

1. Расчет массы крыла производится с помощью 3D модели созданный на программе CATIA5.

2. Полученные размеры переносим в таблицу №6

Таблица №6

№	Наименование	Геометрические параметры	Количество	Масса (кг)
<b>I Лонжерон №1</b>				
1	Стенка лонжерона	$\delta=0,5\text{мм};$ $F=0,964\text{см}^2$	2	1,453
2	Верхний пояс лонжерона	$H=30\text{мм};$ $B=40\text{мм};$ $S=2,5\text{мм};$ $S_l=2\text{мм};$ $F=1,7\text{см}^2$	2	1,787
3	Нижний пояс лонжерона	$H=22\text{мм};$ $B=40\text{мм};$ $S=2\text{мм};$ $S_l=1,5\text{мм};$ $F=1,13\text{см}^2$	2	1,225
<b>II Лонжерон №2</b>				
1	Стенка лонжерона	$\delta=0,6\text{мм};$ $F=1,335\text{ см}^2$	2	2,035
2	Верхний пояс лонжерона	$H=40\text{мм};$ $B=40\text{мм};$ $S=2,5\text{мм};$ $S_l=2,5\text{мм};$ $F=2\text{см}^2$	2	2,107
3	Нижний пояс лонжерона	$H=25\text{мм};$ $B=40\text{мм};$ $S=2\text{мм};$ $S_l=2\text{мм};$ $F=1,3\text{см}^2$	2	1,306
<b>III Лонжерон №3</b>				
1	Стенка лонжерона	$\delta=0,5\text{мм};$ $F=0,764\text{см}^2$	2	1,127
2	Верхний пояс лонжерона	$H=35\text{мм};$ $B=40\text{мм};$ $S=2\text{мм};$ $S_l=2\text{мм};$ $F=1,5\text{см}^2$	2	2,113
3	Нижний пояс лонжерона	$H=25\text{мм};$ $B=35\text{мм};$	2	0,947

		$S=1,5\text{мм};$ $S_l=1,5\text{мм};$ $F=0,9\text{см}^2$		
<i>IV</i>	<b>Верхняя панель</b>			
1	Обшивка (углепластик)	$\delta=0,5\text{мм}; \rho=1500\text{кг/м}^3$ $F=11,21\text{см}^2$	2	5,8
2	Заполнитель (пенопласт)	$\delta=5\text{мм};$ $\rho=400\text{кг/м}^3$	2	2,3+2,7
<i>V</i>	<b>Нижняя панель</b>			
1	Обшивка (углепластик)	$\delta=0,5\text{мм}; \rho=1500\text{кг/м}^3$ $F=9,11\text{см}^2$	2	7
2	Заполнитель (пенопласт)	$\delta=5\text{мм};$ $\rho=400\text{кг/м}^3$	2	2,3+2,7
	Суммарная масса			34,6

1-Вариант. На основе проектировочного расчета крыла на прочность были определены геометрические параметры основных силовых элементов в соответствии с силовой схемой крыла. Сечения поясов лонжеронов – переменное, стрингеров – постоянное. Все основные элементы конструкции крыла выполняются из материала В95 с удельной плотностью  $2,8 \text{ г/см}^3$ .

2-Вариант (Композиционное крыло). На основе проектировочного расчета крыла на прочность были определены геометрические параметры основных силовых элементов в соответствии с силовой схемой крыла. Сечения поясов лонжеронов – переменное, стрингеров – переменное. Обшивки панели и нервюры выполнены из углепластика КМУ-1с плотностью  $1,4 \text{ г/см}^3$ , Заполнитель панели изготовлен из пенопласта с плотностью  $0,4 \text{ г/см}^3$ , лонжероны выполнены из материала В95, с плотностью  $2,8 \text{ г/см}^3$

Прочностной расчет показал, что наиболее рациональной по критерию минимальной массы для крыла оказалась кессонная КСС с 3-мя лонжеронами. В таблице № 7. представлены массы составляющих элементов КСС.

Таблица 7

Крыло СХС выполненное из алюминиевых сплавов

	Кес. с 3 л-нами	Кес. с 2 л-нами	Лон. с 3 л-нами	Лон. с 2 л-нами
Пояса л-нов	6,936	7,56	23,457	24,424
Стенки л-нов	2,975	5,212	4,907	5,096
Стрингеры	11,754	13,068	8,216	8,838
Нервюры	8,314	7,467	9,508	7,467
Обшивка	21,110	20,277	16,157	16,277
Итого	51,089	53,584	62,245	62,102

Крыло СХС с панелями и нервюрами из углепластика.

	Кес. с 3 л-нами
Пояса л-нов	6,936
Стенки л-нов	2,975
Заполнитель	10
Нервюры	2
Обшивка	12,8
Итого	34,6

***VIII. Организационно-экономический  
часть***

## 7. Расчет себестоимости крыла

Задача экономической части данной выпускной работы заключается в вычислении себестоимости проектируемой сборочной единицы - крыло.

Себестоимость - это выраженная в денежной форме часть стоимости продукции, которая включает затраты на потребленные средства производства и на оплату труда. Она показывает, во что конкретно предприятию созданию продукции.

Искомая себестоимость делится на три категории :

- прямые затраты на материалы
- прямые затраты на рабочую силу (основная заработная плата)
- заводские накладные расходы

Стоимость прямых материалов вместе со стоимостью прямого труда образуют основную себестоимость .

Прямые затраты труда (заработная плата) плюс заводские накладные расходы образуют конверсионные затраты труда.

Прямыми затратами на материалы называют расходы связанные с приобретением материалов , необходимых для изготовления деталей сборочной единицы, а также ГИЗов.

Заработная плата представляет собой доход трудящихся, получаемый в соответствии с количеством и качеством затраченного труда.

Существует две системы оплаты труда:

### 1. Тарифная

Заработная плата работников авиационных предприятий регулируется тарифной системой, включающей в себя тарифно-квалификационные справочники, тарифные ставки, сетки, доплаты к тарифному фонду и районные коэффициенты.

Тарифно-квалификационные справочники служат для тарификации работ и определения квалификации рабочих.

Тарифные ставки - определяют размер оплаты труда за единицу времени (час) с учетом разряда рабочего, условий труда и формы оплаты.

Районные коэффициенты - показатели увеличения размера заработной платы в зависимости и от месторасположения предприятия.

### 2. Система должностных окладов для ИТР и служащих

Форма оплаты труда рабочих:

Сдельная оплата труда

Применяется при следующих условиях:

- возможность нормирования и учета работы
- необходимость увеличения объема работ на данном рабочем месте
- возможность активного воздействия рабочих на увеличение объема выпуска

На авиационном производстве существуют следующие виды сдельной оплаты труда:

Прямая сдельная - каждая единица изделия оплачивается по одинаковой расценке и величина заработной платы зависит от количества выпускаемой продукции;

Косвенно-сдельная - применяется для вспомогательных рабочих от

качества работы которых зависит выработка основных рабочих. Определяется по установленным коэффициентам;

Сдельно-премиальная - при этой форме оплаты рабочий получают заработную плату за выработанную продукцию по сдельной расценке и премию за основные результаты работы;

Прогрессивно-премиальная - при этой форме оплаты премия увеличивается в зависимости от количества выработанной продукции;

Сдельная оплата труда может быть индивидуальной и бригадной (коллективной).

*Повременная оплата труда*

Данная форма оплаты труда применяется для следующих видов работ :

- на работах которые не подлежат нормированию;
- экономически нецелесообразно оплачивать по сдельной форме (например работа контролера);
- нецелесообразно нормировать из-за чрезмерной трудоемкости нормирования и учета работы;
- характеризующиеся высокой степенью регламентации затрат рабочего времени самой техникой производства (автоматические линии и т.д.).

Заводские накладные расходы включают в себя:

- аренду помещений;
- страхование;
- оплату коммунальных услуг.

**Расходы на основные материалы подсчитываются следующим образом:**

$$M_o = \sum_{i=1}^m [m_{дет} \cdot Ц_m \cdot КИМ]$$

где:  $m_{дет}$  - масса изготавливаемой детали

$КИМ$  - коэффициент использования материала (зависит от способа изготовления детали). При этом произведение  $КИМ$  на вес детали составляет вес заготовки.

$Ц_m$  - цена материала изготовления детали

При изготовлении деталей сборочной единицы применяются следующие материалы:

- Д16АТ;
- сталь 30ХГСА;
- сталь45;
- а также ГИЗы;
- заклепки;
- болты;
- гайки;

Расчеты затрат на основные материалы сводим в таблицу №1

*Перечень деталей силовой части и их цен.*

<i>N</i>	<i>Наименование деталей</i>	<i>Марка матери-ала</i>	<i>Вес дет(кг)</i>	<i>КИМ</i>	<i>Вес загот</i>	<i>Цена мат(сум)</i>	<i>Стоимость мат(сум)</i>
<i>I</i>	<i>Лонжерон№1</i>						
	<i>Стенка</i>	<i>B95</i>	<i>1,3</i>	<i>0,8</i>	<i>1,625</i>	<i>4000</i>	<i>6500</i>
	<i>Пояс верхний</i>	<i>B95</i>	<i>1,78</i>	<i>0,9</i>	<i>1,977777778</i>	<i>4000</i>	<i>7911</i>
	<i>Пояс нижний</i>	<i>B95</i>	<i>1,22</i>	<i>0,9</i>	<i>1,355555556</i>	<i>4000</i>	<i>5422</i>
<i>II</i>	<i>Лонжерон№2</i>						
	<i>Стенка</i>	<i>B95</i>	<i>1,87</i>	<i>0,8</i>	<i>2,3375</i>	<i>4000</i>	<i>9350</i>
	<i>Пояс верхний</i>	<i>B95</i>	<i>2,1</i>	<i>0,9</i>	<i>2,333333333</i>	<i>4000</i>	<i>9333</i>
	<i>Пояс нижний</i>	<i>B95</i>	<i>1,3</i>	<i>0,9</i>	<i>1,444444444</i>	<i>4000</i>	<i>5778</i>
<i>III</i>	<i>Лонжерон№3</i>						
	<i>Стенка</i>	<i>B95</i>	<i>2</i>	<i>0,8</i>	<i>2,5</i>	<i>4000</i>	<i>10000</i>
	<i>Пояс верхний</i>	<i>B95</i>	<i>2,1</i>	<i>0,9</i>	<i>2,333333333</i>	<i>4000</i>	<i>9333</i>
	<i>Пояс нижний</i>	<i>B95</i>	<i>0,93</i>	<i>0,9</i>	<i>1,033333333</i>	<i>4000</i>	<i>4133</i>
<i>IV</i>	<i>Панель верхний</i>						
	<i>Заполнитель</i>	<i>Пенопласт</i>	<i>4,9</i>	<i>1</i>	<i>4,9</i>	<i>2000</i>	<i>9800</i>
	<i>Обшивка</i>	<i>Углепласт</i>	<i>13</i>	<i>0,95</i>	<i>13,68421053</i>	<i>30000</i>	<i>410526</i>
<i>V</i>	<i>Панель нижний</i>						
	<i>Заполнитель</i>	<i>Пенопласт</i>	<i>4,9</i>	<i>1</i>	<i>4,9</i>	<i>2000</i>	<i>9800</i>
	<i>Обшивка</i>	<i>Углепласт</i>	<i>12</i>	<i>0,95</i>	<i>12,63157895</i>	<i>30000</i>	<i>378947</i>
<i>VI</i>	<i>Нервюра</i>						
	<i>нервюра(16шт)</i>	<i>Углепласт</i>	<i>2,2</i>	<i>1</i>	<i>2,2</i>	<i>30000</i>	<i>66000</i>
<i>VII</i>	<i>Стойка</i>						
	<i>стойки(64шт)</i>	<i>Углепласт</i>	<i>1,34</i>	<i>0,85</i>	<i>1,576470588</i>	<i>30000</i>	<i>47294</i>
<i>VIII</i>	<i>Узлы навески закрывки</i>						
	<i>Кронштейн</i>	<i>30ХГСА</i>	<i>1</i>	<i>0,7</i>	<i>1,428571429</i>	<i>30000</i>	<i>42857</i>
<i>IX</i>	<i>Узлы навески элеронов</i>						
	<i>Кронштейн</i>	<i>30ХГСА</i>	<i>1</i>	<i>0,7</i>	<i>1,428571429</i>	<i>30000</i>	<i>42857</i>
<i>X</i>	<i>Узлы навески предкрылок</i>						
	<i>Кронштейн</i>	<i>30ХГСА</i>	<i>1</i>	<i>0,7</i>	<i>1,428571429</i>	<i>30000</i>	<i>42857</i>
<i>XI</i>	<i>Соединители</i>						
	<i>Заклепка</i>	<i>Д16 АТ</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>		<i>0</i>
	<i>Болт</i>	<i>30ХГСА</i>	<i>0,5</i>	<i>1</i>	<i>0,5</i>	<i>30000</i>	<i>15000</i>
	<i>Гайка</i>	<i>30ХГСА</i>	<i>0,5</i>	<i>1</i>	<i>0,5</i>	<i>30000</i>	<i>15000</i>
	<i>Всего</i>		<i>57,94</i>		<i>63,11825213</i>		<i>1148700</i>

*Расходы на основные материалы:*

$M_o = 193495$  сум

***Расчет основной заработной платы производим следующим образом:***

$$Z_o = T * l_{mc} * K_{np}$$

*T* - трудоемкость изготовления данной детали;

*l<sub>mc</sub>* - часовая тарифная ставка .

Стоимость одного часа работ следующая

Разряд работ	1	2	3	4	5	6
Стоимость часа (сум)	380	400	450	500	550	600

$K_{пр}$  - премия, которая составляет 40% от заработной платы

N	Наименование деталей	Труд- сть	Раз- ряд	Час.тар.ставка	Прям. З/П	Премия	Основная З/П
I	Лонжерон №1						
	Стенка	80	4	500	40000	16000	56000
	Пояс верхний	90	5	550	49500	19800	69300
	Пояс нижний	90	5	550	49500	19800	69300
II	Лонжерон №2	0		0			
	Стенка	80	4	500	40000	16000	56000
	Пояс верхний	90	5	550	49500	19800	69300
	Пояс нижний	90	5	550	49500	19800	69300
III	Лонжерон №3	0		0			
	Стенка	80	4	500	40000	16000	56000
	Пояс верхний	90	5	550	49500	19800	69300
	Пояс нижний	90	5	550	49500	19800	69300
IV	Панель верхний	0		0			
	Заполнитель	70	3	450	31500	12600	44100
	Обшивка	90	5	550	49500	19800	69300
V	Панель нижний	0		0			
	Заполнитель	70	3	450	31500	12600	44100
	Обшивка	90	5	550	49500	19800	69300
VI	Нервюра	0		0			
	нервюра(16шт)	70	3	450	31500	12600	44100
VII	Стойка	0		0			
	стойки(64шт)	50	1	380	19000	7600	26600
VIII	Узлы навески закрылки	0		0			
	Кронштейн	90	5	550	49500	19800	69300
IX	Узлы навески элеронов	0		0			
	Кронштейн	90	5	550	49500	19800	69300
X	Узлы навески предкрылок	0		0			
	Кронштейн	90	5	550	49500	19800	69300
XI	Соединители	0		0			
	Заклепка	70	3	450	31500	12600	44100
	Болт	70	3	450	31500	12600	44100
	Гайка	70	3	450	31500	12600	44100
	Всего	0			872500	349000	1221500

## ***VII. Охрана труда***

## **Охрана труда**

Тема выпускной работы «Изготовления крыла самолета СХС из композиционного материала». Для проектирования самолета сначала ознакомился с законами охраны труда.

Охрана труда представляет собой действующую на основании соответствующих законодательных и иных нормативных актов, систему социально экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно – профилактических мероприятий и средств, направленных на обеспечение безопасности, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе производства и труда.

Закон устанавливает единый порядок организации охраны труда независимо от способов производства, форм собственности и направлен на обеспечение охраны здоровья и труда граждан. Методологической основой курса охраны труда является научный анализ условий труда, технологию процессов, аппаратов и оборудования с точки зрения возможности возникновения аварийных ситуаций, появление опасных факторов, выделение производственной вредности.

На основе такого анализа определяется опасные участки производства, возможные аварийные ситуации и разрабатываются мероприятия по их предупреждению или ограничению последствий. Закон об охране труда в Республики Узбекистан принят 6 мая 1993 года Кабинетом министров Республики.

Статья. №4—Государственная политика в области охраны труда основывается на принципах:

1. Приоритета жизни и здоровья.
2. Координации деятельности в области охраны труда всех предприятий, независимо от форм собственности.
3. Обеспечение экологически безопасных условий труда и систематического контроля за состоянием окружающей среды на рабочем месте.
4. Осуществление надзора и контроля.
5. Подготовка специалистов по охране труда в ВУЗ ах
6. Обязательности расследования и учета каждого несчастного случая на производстве и каждого профессионального заболевания.
7. Международное сотрудничество при решении проблем охраны труда.

### **Трудовой процесс конструкторского бюро.**

Труд конструкторского бюро – это система мероприятий, обеспечивающих рациональное использование рабочей силы. Она включает соответственно расстановку людей в процессе производства, разделение кооперацию, методы труда, нормирование и стимулирование труда, организацию рабочих мест, их обслуживание и необходимые условия труда. Разделение труда - разграничение людей в процессе совместного труда.

Кооперация труда – совместное участие людей в одном или разных , но связанных между собой процессах труда.

Рациональное использование рабочей силы способствует росту производительности труда . Под производительностью труда понимается

степень плодотворности труда, определяемая его способностью создавать в единицу времени то или иное количество продукции .

Деятельность специалистов, занятых разработкой конструкторской документации, регламентируется должностными инструкциями, составленными в соответствии с квалифицированными характеристиками должностей служащих и спецификой производства.

Для создания благоприятных условий труда в конструкторских бюро опытно конструкторских организаций рекомендуется большие помещения прямоугольной формы, которые позволяют экономичнее использовать площадь.

Наиболее удобным для планировки рабочих мест являются служебные помещения с соотношением сторон 1:1,5 и более, но не свыше 1:2. Ширина помещения рекомендуется не менее 2,5 м, а высота 3,25 м. Минимальная площадь рабочей зоны рекомендуется не менее 4 м<sup>2</sup> на одного служащего (для конструктора соответственно бм<sup>2</sup>).

Наиболее рационально размещать в помещении 10-15 конструкторов. При планировке служебного помещения место конструктора следует располагать так, чтобы источник освещения рабочей зоны находился слева. При одностороннем освещении рекомендуемая ширина помещения не должна превышать 7 м, при двустороннем 15 м.

При расположении мебели и средств технического оснащения рекомендуется оставлять проходы следующих размеров (минимальные) из расчёта на 1 человека.

— между перегородками 65 см.

— между столами 55 см.

Пример планировки служебного помещения конструкторского бюро приводится на рисунке 1.

Рабочие места рекомендуется располагать вдоль окон помещения в зависимости от ширины комнаты в два и более ряда. При многорядной планировке рабочих мест необходимо устанавливать дополнительное освещение.

Стеллажи, шкафы для хранения документации и канцелярских товаров и шкафы для одежды устанавливают в таких местах помещения, чтобы они не мешали свободному проходу к рабочим местам, средствам оргтехники и не закрывали источники освещения.

Общее освещение обеспечивает равномерную освещённость служебного помещения, местное позволяет получить необходимый уровень освещённости на рабочем месте. Применение одного местного освещения не допустимо, так как оно может привести к адаптации зрения. Желательно получить освещённость помещения по спектральному составу близкую к дневному свету. Наименьшая освещённость на рабочем месте должна быть при люминесцентном освещении 400 лк, при лампах накаливания 200 лк. При этом необходимо иметь дополнительное местное освещение. Из индивидуальных светильников следует рекомендовать светильники с отражательными щитками, создающими рассеянный свет. В помещениях рекомендуется установка бесшумной вентиляции. Рекомендуется также установки для кондиционирования воздуха. Температура воздуха 18<sup>0</sup>-20<sup>0</sup> С, относительная влажность 30-60%.

Для снижения наружного и внутреннего шума рекомендуется помещение конструкторского бюро изолировать от производственных цехов: стены и

потолки облицовывать звукопоглощающими материалами, полы покрывать мягким пластиком, а проходы между столами ковровыми дорожками.

Немалую роль в создании благоприятных условий труда конструкторов играет озеленение служебных помещений. Цветы улучшают состав воздуха, снижают его температуру, повышают влажность.

Большое значение имеет эстетическое оформление рабочих мест. Цвет окружающих объектов. В зоне зрения работающего должны быть цвета средневолновой части спектра. Они наиболее благоприятно действуют на нервную систему человека, улучшают освещённость рабочих мест.

Рациональная организация рабочего места исполнителя предусматривает создание максимальных удобств - конструктору должна быть предоставлена возможность выбора удобной позы для работы.

Рабочее место конструктора оснащается столом конструктора, чертёжной доской, механизмом подъёма и поворота чертёжной доски, стулом конструктора подъёмно-поворотным, чертёжным прибором.

Количество рабочих документов должно быть минимально необходимым, обеспечивающим работу в течение всего дня. Документы, справочники, каталоги и т. п., а также средства оргтехники нужно располагать так, чтобы каждый предмет труда имел определённое место.

Для хранения технической и справочной литературы, а также папок с документами рекомендуется шкаф общего пользования.

Рабочее место конструктора должно быть оснащено современными техническими средствами, набором различных приборов и оборудования, облегчающих работу конструктора и способствующих повышению производительности труда.

Для ускорения процесса черчения целесообразно применение шаблонов, трафаретов, аппликатирование. Это значительно уменьшает утомляемость конструкторов, повышает качество графических работ. Для проведения расчётов рекомендуется применение электронных клавишных вычислительных машин. Сложные расчёты рекомендуется проводить на ЭВМ. Рабочее место конструктора должно своевременно обеспечиваться чертежами, инструментами, бланками, канцелярскими принадлежностями и т. д.

### **Производственная санитария в конструкторском бюро.**

#### **Здание конструкторского бюро.**

Выбор типа здания определяется технологическим процессом, возможностью борьбы с шумом, вибрациями и загрязнением воздуха. Наличие больших оконных проемов и фонарей должно обеспечить хорошую естественную освещённость. Обязательное устройство вентиляция.

Стены и потолки необходимо сооружать из малых теплопроводных материалов, не задерживающих осаждеение пыли. Полы должны быть теплыми, эластичными, ровными и не скользкими. Если работы связаны с применением ядовитых веществ, то к внутренней обделке предъявляют специальные требования.

Помещения с избытками тепла, а также со значительными выделениями

вредных веществ, паров, пыли следует размещать у наружных стен зданий. В многоэтажных зданиях эти производства следует размещать в верхних этажах.

Помещения, в которых размещены производства с выделением агрессивных веществ (ртуть, бензол, кислоты, свинец) должны иметь стены, потолки, конструкции окрашенные таким образом чтобы предотвращалось сорбция (осаждение), этих веществ.

В помещениях с большим выделением пыли следует предусматривать уборку помещений при помощи пылесоса, или гидросмыва.

Полы не должны пропускать в помещения грунтовые воды, газы. Для отведения пролитых на пол вредных жидкостей предусматривается стоки в канализацию.

К вспомогательным зданиям и помещениям промышленных предприятий относятся административно-конструкторские и бытовые помещения, здрав пункты, пункты питания, помещения общественных организаций.

Вспомогательные помещения следует размещать в пристройках к производственным помещениям или в отдельно стоящих зданиях.

Бытовые помещения гардеробные, души, уборные, в отдельных зданиях должны соединяться с общественными зданиями отопливаемыми переходами.

Высота этажей вспомогательных зданий должна быть 3,3 м. Высота бытовых зданий не менее 2,5 м.

### **Вентиляция конструкторского бюро.**

Вентиляция является важнейшим средством обеспечивающим нормальные санитарно-гигиенические условия в производственных помещениях.

В процессе производства воздух в помещениях выделяется различные вредные вещества (пыль, пары, и газы).

По своему назначению вентиляция подразделяется на обще обменную и местную, а по способу подачи в помещение свежего воздуха - естественную и механическую.

Количество воздуха, необходимого для обеспечения требуемых параметров воздушной среды определяется расчетом. При этом учитывается:

А) Избытки выделяемого тепла.

Б) Избытки явного и скрытого тепла и влаги

В) Количество вредных выделяемых газов, исходя из условия обеспечения предельно допустимых их концентраций.

Для эффективной трудовой деятельности необходимо обеспечение нормальных метеорологических условий и требуемой чистоты воздуха. В помещениях необходима установка бесшумной вентиляции. Вентиляция – это организованный воздухообмен, заключающийся в удалении из помещения воздуха и подаче вместо него свежего воздуха. В зависимости от назначения вентиляция может быть приточной и вытяжной. Вытяжная вентиляция служит для удаления воздуха за пределы помещения, а приточная для подачи в помещение чистого воздуха взамен удаленного.

В зависимости от способа перемещения воздуха вентиляция может быть естественной или механической. Отличительной особенностью естественной

вентиляции является то, что перемещение воздуха происходит под влиянием естественных причин (факторов) без применения каких-либо механизмов.

Температура воздуха 18-20<sup>0</sup>, относительная влажность 30-60 %.

### **Обеспечение пожарной безопасности конструкторского бюро.**

#### **Категории пожарной опасности конструкторского бюро.**

На рабочих местах конструкторов необходимо учитывать категорию пожарной опасности производства согласно правилам зависимости от характеристики веществ используемых в производстве подразделяется на категории:

А,Б,В,Г,Д,Е.

А) Взрывоопасные и пожароопасные категории характеризуются применением горючих и газов с нижним пределом взрываемости и менее, жидкостей с температурой вспышки до 28<sup>0</sup>.

Б) Характеризуется наличием горючих газов нижний предел взрываемости которых близок к 10% к объему воздуха, жидкости с температурой вспышки 28<sup>0</sup> – 61<sup>0</sup>.

В) Характеризуется наличием горючих газов нижний предел взрываемости которых близок к 5% к объему воздуха, жидкости с температурой вспышки выше 61<sup>0</sup>, веществ способных только гореть во взаимодействии с водой, кислородом или друг с другом.

Г) Характеризуется наличием веществ и материалов в раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением тепла, искр, пламени.

Д) Характеризуется наличием только не сгорающих веществ в холодном состоянии.

Е) Взрывоопасные наличие газов и взрывоопасной пыли, в таком количестве, что могут образовывать, взрывоопасные смеси в объеме более 5%, а также вещества способные взрываться при взаимодействии с водой, кислородом, воздухом.

Пожарная профилактика предприятий представляет собой важную народнохозяйственную проблему. Любой пожар независимо от размеров приносит материальный ущерб, а иногда приводит к несчастным случаям. Учитывая последствия от возникновения пожаров на производстве, важную и ответственную роль несёт инженерно-технический персонал.

## *Выводы*

### *Список использованной литературы.*

1. *Егер С.М., Мишин В.Ф. и др. "Проектирование самолётов". М.: Машиностроение, 1983, 616 с.*
2. *Бадягин А.А. "Проектирование легких самолётов". М.: Машиностроение, 1978, 208 с.*
3. *Житомирский Г.И. "Конструкция самолётов". М.: Машиностроение, 1991, 396 с.*
4. *Кваша А.Н., Медведев Д.Н. "Технология производства летательных аппаратов". М.: Машиностроение, 1981, 232 с.*
5. *Остославский И.В. "Аэродинамика самолёта". М.: Оборонгиз, 1957, 425 с.*
6. *Кан С.Н., Свердлов А.И. "Расчёт самолёта на прочность". М.: Оборонгиз, 1966, 519 с.*
7. *Астаханов М.Ф. и др. "Справочная книга по расчёту самолётов на прочность". М.: Оборонгиз, 1955, 710 с.*
8. *Колотилов Н. Н., "Охрана труда в авиационной промышленности" М.: Машиностроение, 1973, 296 с.*
9. *Белик Ю. А. И др. "Экономический словарь". М.: Политиздат, 1989, 599 с.*