

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Кафедра АТО и ремонта ЛА и АД  
А.Н.Ерошкин.

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛА И АД

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению практических работ по дисциплине  
"Основы производства ЛА и АД"  
для студентов специальности 160901

Москва – 2009

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.Задание. Произвести расчет коэффициентов технологичности, дать сравнительную (качественную) характеристику проектируемого изделия относительно базового варианта. Вначале осуществляется расчет параметров для базового варианта, который выбирается по предпоследней цифре шифра, а затем для проектируемого варианта по последней цифре шифра. Исходные данные представлены в таблице 1.

2.Протокол выполнения практической работы.

2.1 Вычисляются соответствующие относительные коэффициенты технологичности.

2.2 Определяются комплексные показатели технологичности.

2.3 Анализируются полученные значения и делаются выводы.

2.4.Дается качественная оценка технологичности заданным объектам.

3. Краткие сведения .

Основные и дополнительные показатели технологичности конструкции

В соответствии с действующими ГОСТами количественные показатели технологичности разделяются на две группы: основные и дополнительные. К основным показателям относятся абсолютные значения трудоемкости  $T_p$  и технологической себестоимости  $C_{tp}$  изготовления изделия и показатели уровней технологичности:

- по трудоемкости

$$K_T = T_p / T_{пб}; \quad (1)$$

- по технологической себестоимости

$$K_{ст} = C_{tp} / C_{тб}, \quad (2)$$

где  $T_{пб}$  - ожидаемая трудоемкость изготовления базового изделия;

$Стб$  - ожидаемая технологическая себестоимость базового изделия.

К дополнительным показателям технологичности относится целый ряд частных и комплексных, абсолютных и относительных показателей, оценивающих конструкцию как с экономической, так и технической стороны.

Дополнительные производственные показатели по трудоемкости:

1. Удельная трудоемкость изготовления изделия

$$t_{п} = T_{п}/P \quad (3)$$

где  $P$  - параметр изделия.

Для самолетостроения наиболее употребительным для данного случая параметром является масса самолета, планера, агрегата (в зависимости от того, к чему относится  $T_{п}$  и  $t_{п}$ ). Тогда  $t_{п}$  будет выражать трудовые затраты на единицу массы конструкции (чел.ч[кг]).

2. Относительная трудоемкость заготовительных работ

$$t_{зр} = T_{зр}/T_{п} \quad (4)$$

где  $T_{зр}$  - сумма трудоемкостей процессов изготовления всех заготовок.

3. Относительная трудоемкость вида технологических процессов  $t_{вт}$  (механической обработки, штамповки, сварки и др.)

$$t_{вт} = T_{вт}/T_{п} \quad (5)$$

Таблица 1

## Расчет коэффициентов технологичности

Показатели	В а р и а н т ы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N <sub>yc</sub>	35	40	35	70	10	35	40	45	15	65
N <sub>cc</sub>	40	50	45	60	60	60	45	55	50	30
N <sub>c</sub>	100	150	120	160	170	120	150	140	160	130
N <sub>д</sub>	80000	300000	110000	500000	290000	130000	90000	200000	300000	600000
N <sub>уд</sub>	48000	120000	44000	200000	130000	240000	64000	140000	140000	250000
N <sub>сд</sub>	32000	180000	60000	300000	240000	290000	50000	160000	250000	400000
F <sub>п, м<sup>2</sup></sub>	186	50	24	45	100	24	150	60	90	80
F, м <sup>2</sup>	260	110	45	51	119	51	210	120	120	100
A <sub>ср</sub>	10	9	12	8	11	13	9	10	8	11
N <sub>пк</sub>	807000	880000	35000	478000	100000	478000	700000	800000	120000	120000
N <sub>о</sub>	1420000	1000000	74000	781000	190000	1000000	1200000	1200000	180000	200000
K <sub>тоб<sup>1)</sup></sub>	0,95	0,94	0,97	0,92	0,91	0,94	0,93	0,9	0,96	0,9
K <sub>тк<sup>2)</sup></sub>	0,98	0,93	0,96	0,94	0,92	0,96	0,97	0,95	0,92	0,98
K <sub>тбс<sup>3)</sup></sub>	0,8	0,87	0,81	0,83	0,86	0,8	0,79	0,87	0,82	0,87
Коэффициенты экономической эквивалентности (соответственно)										
K <sub>тоб</sub>	0,2	0,23	0,25	0,21	0,24	0,25	0,25	0,22	0,2	0,21
K <sub>тк</sub>	0,65	0,64	0,67	0,62	0,63	0,62	0,6	0,66	0,68	0,67
K <sub>тбс</sub>	Выбираются самостоятельно ( с учетом требований фор 20)									

Примечания: <sup>1)</sup> – технологичность обшивки; <sup>2)</sup> - технологичность каркаса; <sup>3)</sup> - технологичность бортовых систем;  
<sup>4)</sup> - форма таблицы для качественного анализа (при выполнении заданий №1 и №3):

Показатели Варианты	.....	.....	.....
	Базовая конструкция (ТП)		
	Проектируемая конструкция (ТП)		

где  $T_{вт}$  - трудоемкость данного вида технологических процессов изготовления деталей или сборки. Этот показатель характеризует доленое участие различных видов работ в изготовлении самолета.

Дополнительные производственные показатели по себестоимости:

1. Удельная себестоимость

$$C_{п} = C_{п}/P \quad (6)$$

где  $C_{п}$  - полная себестоимость изготовления изделия;

$P$  - параметр изделия. В частности, им может быть масса изделия, и тогда  $C_{п}$  будет выражать стоимость изготовления единицы массы изделия.

2. Удельная техническая себестоимость

$$C_{тпн} = C_{тпн}/P \quad (7)$$

Дополнительные показатели по унификации, применяемым материалам и другим признакам:

1. Коэффициенты унификации и стандартизации сборочных единиц изделия

$$R_{уc} = N_{уc}/N_c, \quad R_{сc} = N_{сc}/N_c \quad (8)$$

где  $N_{уc}$ ,  $N_{сc}$  - количество унифицированных и стандартных сборочных единиц;  
 $N_c$  - общее число сборочных единиц.

2. Коэффициент унификации и стандартизации деталей изделий

$$K_{уд} = N_{уд}/N_d, \quad R_{сд} = N_{сд}/N_d, \quad (9)$$

где  $N_{уд}$ ,  $N_{сд}$  - число унифицированных и стандартных деталей;  
 $N_d$  - общее число деталей.

3. Коэффициенты унификации (стандартизации) конструкции:

$$K_y = \frac{N_{уc} + N_{уд}}{N_c + N_d}, \quad R = \frac{N_{сc} + N_{сд}}{N_c + N_d} \quad (10)$$

4. Коэффициенты применения типовых технологических процессов

$$K_{тп} = N_{тп}/N_{п}, \quad (11)$$

где  $N_{тп}$  - число типовых технологических процессов;

$N_{п}$  - общее число технологических процессов.

5. Коэффициент использования материалов

$$K_{им} = M_{п}/M_{з} \quad (12)$$

где  $M_{п}$  - масса изделия;

$M_{з}$  - сумма масс заготовок.

6. Коэффициент точности обработки

$$K_{точ} = 1 - 1/A_{ср} \quad (13)$$

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

7. Коэффициент повторяемости элементов конструкции

$$K_{пов} = N_n/N_k \quad (14)$$

где  $N_n$  - общее количество наименований составных частей конструкции;

$N_k$  - общее количество составных частей конструкции.

### Специфические показатели технологичности.

Перечисленные дополнительные показатели являются общемашиностроительными. Кроме них в самолетостроительной промышленности применяются специфические показатели технологичности:

1. Коэффициент панелирования

$$K_{пн} = F_{п}/F_{пл} \quad (15)$$

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

$F_{пл}$  - площадь поверхности планера.

2. Коэффициент прессовой клепки

$$K_{пк} = N_{пк}/N_{о} , \quad (16)$$

где  $N_{пк}$  - количество заклепок, раклепывание которых возможно на специальных клепальных прессах;

$N_{о}$  - общее количество заклепок на планере.

Важная роль отводится отработке технологичности бортовых систем. Здесь применяются следующие показатели:

1. Коэффициент панелирования бортовых систем

$$K_{пс} = N_{пс}/N_{с} , \quad (17)$$

где  $N_{пс}$  - число блоков и агрегатов монтируемых предварительно на панелях;

$N_{с}$  - общее число блоков и агрегатов бортовых систем.

2. Коэффициент монтажа коммуникаций в агрегатах

$$K_{м} = N_{мк}/N_{к} , \quad (18)$$

где  $N_{мк}$  - число коммуникаций, проходящих через агрегат и имеющих конструктивные разъемы по стыкам агрегата;

$N_{к}$  - общее число коммуникаций, проходящих через агрегат.

Коэффициент  $K_{пс}$  характеризует возможность монтажа основных элементов бортовых систем на панелях вне агрегатов планера, что способствует расширению фронта работ и сокращению цикла монтажных работ. Коэффициент  $K_{м}$  показывает возможность монтажа коммуникаций в агрегатах планера до их стыковки и соединения.

Отдельные показатели технологичности могут быть сведены в комплексные показатели, которые характеризуют не отдельные признаки технологичности, а определенную группу признаков. При расчете комплексных показателей учитывается различие экономической эффективности частных показателей:

$$K = \frac{K_1K_{1э} + K_2K_{2э} + \dots + K_nK_{нэ}}{K_{1э} + K_{2э} + \dots + K_{нэ}} \quad (19)$$

где  $K$  - комплексный показатель технологичности;

$K_i$  - частный показатель технологичности;

$K_{iэ}$  - коэффициент экономической эквивалентности (весомости) частного  $i$ -го показателя.

Коэффициенты экономической эквивалентности принимаются из условия:

$$\sum_1^n K_{iЭ} = 1, \text{ т.е. } K_{1Э} = 1 - \sum_1^{n-1} K_{iЭ} \quad (20)$$

#### 4. Вопросы

##### ТЕМА . ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Дайте определение технологичности АТ
2. Виды технологичности АТ
3. Факторы, влияющие на технологичность АТ
4. Какие существуют оценки технологичности?
5. Приведите пример качественной оценки технологичности
6. На каких стадиях изготовления АТ реализуются наиболее весомые решения по обеспечению технологичности?
7. Виды количественной оценки технологичности
8. Приведите пример абсолютной оценки технологичности
9. Приведите пример относительной оценки технологичности
10. На какие группы разделяются количественные показатели технологичности
11. Приведите пример основного показателя технологичности
12. Приведите пример дополнительного показателя технологичности
13. Напишите формулу определения коэффициента точности обработки
14. Приведите пример специфического показателя технологичности
15. Напишите формулу комплексного показателя технологичности
16. Исходя из каких условий выбираются коэффициенты экономической эквивалентности?
17. Каковы оптимальные значения коэффициента панелирования и чем это вызвано?
18. Требования технологичности для обеспечения сборки производительными способами
19. Требования технологичности для облегчения монтажных работ
20. Взаимосвязь технологичности, надежности, ресурса и т.д.

## РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

### 1. Задание. Расчет ожидаемой точности сборки

Схема размерной цепи представлена на рис.1. Значения соответствующих звеньев (P) размерной цепи выбираются по таблицам 2 и 3. Из таблицы 2 выбираются номинальные значения звеньев по предпоследней цифре шифра, из таблицы 3 – отклонение значений звеньев по последней цифре шифра. Заданный конструктором зазор 3...5 мм. Необходимо произвести расчет зазора по предельным отклонениям и вероятностным методами. Сделать соответствующие выводы по обоснованности выбора величины зазора. Если полученные значения величины зазора не соответствуют заданным, то необходимо решить задачу по правильному выбору размеров соответствующих звеньев.

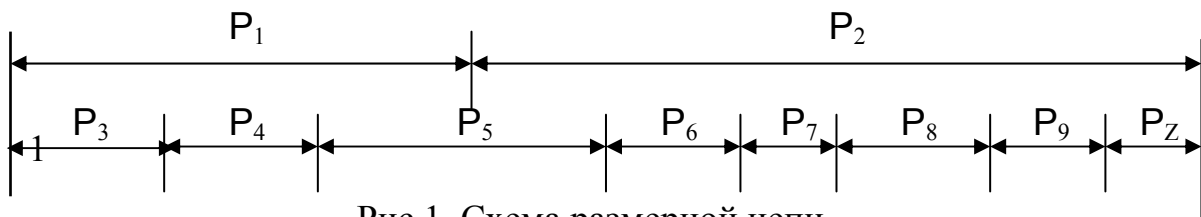


Рис.1 Схема размерной цепи.

### 2. Краткие сведения

Различают два основных метода расчета допуска замыкающего звена: по предельным отклонениям звеньев цепи и теоретико-вероятностный.

Расчет по предельным отклонениям.

Номинальный размер зазора (рис. 1) определяется по формуле

$$P_{\text{НОМ}} = \sum^B P_{i\text{НОМ}} - \sum^H P_{i\text{НОМ}} = (P_{1\text{НОМ}} + P_{2\text{НОМ}}) -$$

$$- (P_{3\text{НОМ}} + P_{4\text{НОМ}} + P_{5\text{НОМ}} + P_{6\text{НОМ}} + P_{7\text{НОМ}} + P_{8\text{НОМ}} + P_{9\text{НОМ}})$$

При пользовании методом предполагается, что верхние и нижние звенья выполнены с наименее выгодными предельными значениями.

Тогда замыкающее звено получает также предельные значения. Так, для рассматриваемой цепи они равны

$$P_{z\text{max}} = (P_{1\text{max}} + P_{2\text{max}}) - (P_{3\text{min}} + P_{4\text{min}} + P_{5\text{min}} + P_{6\text{min}} +$$

$$+ P_{7\text{min}} + P_{8\text{min}} + P_{9\text{min}})$$

$$P_{z\text{min}} = (P_{1\text{min}} + P_{2\text{min}}) - (P_{3\text{max}} + P_{4\text{max}} + P_{5\text{max}} + P_{6\text{max}} +$$

$$+ P_{7\text{max}} + P_{8\text{max}} + P_{9\text{max}})$$

Так как разность предельных значений представляет собой допуск, то, вычитая, получим



$$\sigma_z = P_{zmax} - P_{zmin}$$

Расчет на основе теории вероятностей учитывает, что процессы обработки и комплектования деталей при сборке по природе своей - вероятностные, а значения получающихся при этом размеров - случайные.

В отличие от расчета по предельным отклонениям при вероятностном методе оперируют не номинальными значениями размеров и их отклонениями (допусками), а средними значениями размеров и рассеянием их отклонений.

В основу вероятностного метода расчета замыкающих звеньев положены теоремы о правилах суммирования случайных величин:

- а) алгебраическое суммирование величин, характеризующих центры группирования отклонений (или координат средин полей допусков);
- б) квадратичное суммирование величин, характеризующих рассеяние отклонений (или половин размеров полей допусков).

Таблица 2

## Номинальные значения звеньев размерной цепи, мм

Номер варианта (по предпоследней цифре)	Номер звена размерной цепи								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	120	128	60	122	10,5	23,5	10	30,3	0,1
2	100	148	23	152	30	10	40	10,3	0,5
3	80	168	48	127	15,5	18,2	10	25,3	0,3
4	140	108	28	147	10	30	35	5,3	0,4
5	160	88	43	323	20,5	13,2	15	20,3	0,2
6	90	158	33	142	25,5	3,2	35	5,3	0,1
7	170	78	38	137,5	25	10	20,2	15	0,9
8	110	138	23,5	147,5	42,5	8	40	2	0,8
9	130	118	33	142	30,2	3,2	25	10,3	0,7
0	150	98	51	124	15,5	28,2	5	30,3	0,6

Таблица 3

## Отклонение значений звеньев

Номер варианта (по последней цифре)	Номер звена размерной цепи								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\pm 0,2$	+0,09	-0,04	+0,1	-0,048	$\pm 0,1$	-0,28	+0,15	0,1...0,3
2	$\pm 0,3$	+0,08	-0,06	+0,3	-0,024	$\pm 0,2$	-0,24	$\pm 0,2$	0,2...0,4
3	$\pm 0,06$	$\pm 0,04$	+0,2	-0,038	$\pm 0,15$	-0,3	$\pm 0,17$	-0,06	0,15...0,2
4	$\pm 0,4$	-0,07	+0,028	$\pm 0,20$	-0,26	$\pm 0,18$	$\pm 0,15$	+0,08	0,5...0,7
5	-0,08	$\pm 0,5$	-0,05	+0,15	-0,068	$\pm 0,25$	-0,34	$\pm 0,24$	0,1...0,2
6	+0,09	$\pm 0,2$	$\pm 0,15$	-0,28	$\pm 0,1$	-0,048	+0,1	-0,04	0,3...0,6
7	+0,08	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$	-0,24	$\pm 0,2$	-0,024	+0,3	-0,06	0,4...0,5
8	$\pm 0,4$	+0,06	$\pm 0,17$	-0,3	-0,06	$\pm 0,15$	-0,038	+0,2	0,7...0,9
9	-0,07	$\pm 0,4$	-0,26	$\pm 0,20$	$\pm 0,18$	$\pm 0,15$	+0,08	+0,028	0,15...0,3
0	$\pm 0,05$	-0,08	$\pm 0,24$	-0,34	$\pm 0,25$	-0,068	+0,15	-0,05	0,2...0,3

Принимая во внимание теоремы о суммировании, для распределения по закону Гаусса координата середины поля допуска замыкающего звена  $D_z$  равна алгебраической сумме середины полей допусков составляющих звеньев:

$$D_z = (D_1 + D_2) - (D_3 + D_4 + D_5 + D_6 + D_7 + D_8 + D_9),$$

а половина поля допуска  $\delta_z$  - квадратичной сумме половин полей допусков составляющих звеньев:

$$\delta_z = \sqrt{\sum_1^{n-1} (\delta_i/2)^2}$$

Тогда:  $P'_{z\max} = P_{z\text{ном}} + D_z + \delta_z$ ;  $P'_{z\min} = P_{z\text{ном}} + D_z - \delta_z$ ;

$$\sigma'_z = P'_{z\max} - P'_{z\min}$$