

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**А.А. Ицкович, В.А. Найда, И.А. Файнбург**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ДВИГАТЕЛЕЙ**

**ПОСОБИЕ**

по выполнению курсовой работы

«Проектирование системы технической  
эксплуатации летательных аппаратов и анализ ее эффективности»

для студентов направления 25.03.01  
всех форм обучения

**Москва - 2015**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

---

**Кафедра технической эксплуатации летательных аппаратов  
и авиадвигателей**

А.А. Ицкович, В.А. Найда, И.А. Файнбург

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ДВИГАТЕЛЕЙ**

**ПОСОБИЕ**

по выполнению курсовой работы

«Проектирование системы технической  
эксплуатации летательных аппаратов и анализ ее эффективности»

для студентов  
направления 25.03.01  
всех форм обучения

**Москва- 2015**

ББК 052-082

И 96

Рецензент д-р техн. наук, проф. Ю.М.Чинючин

Ицкович А.А., Найда В.А., Файнбург И.А.

И 96 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей. Пособие по выполнению курсовой работы «Проектирование системы технической эксплуатации летательных аппаратов и анализ ее эффективности» - М.: МГТУ ГА, 2015. – 56 с.

Данное пособие подготовлено в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» по Учебному плану направления 25.03.01 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры \_\_\_\_\_ 2015 г. и методического совета \_\_\_\_\_ 2015 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения.....	4
2. Структура курсовой работы .....	5
3. Методические указания по выполнению раздела 1 курсовой работы Анализ эффективности системы технической эксплуатации изделий ЛА комплексным методом.....	7
3. 1. Формирование корреляционной матрицы показателей эффективности системы технической эксплуатации для расчета общих факторов центроидным методом.....	9
3. 2. Расчет нагрузок первого общего фактора.....	15
3. 3. Процедура обращения алгебраических знаков и определение нагрузок второго фактора.....	19
3.4. Определение нагрузок остальных факторов.....	22
4. Проектирование системы обеспечения ТО ЛА .....	29
4.1. Исходные данные для проектирования объектов Организаций по ТОиР АТ.....	29
4.2. Определение годового объема работ Организаций по ТОиР АТ.....	29
4.3. Выбор группы Организаций по ТОиР АТ, состава зданий и сооружений...30	30
4.4. Распределение общей трудоемкости ТО между цехами (участками) Организаций по ТОиР АТ.....	30
4.5. Определение продолжительности ТО.....	30
4.6. Определение пропускной способности МС.....	31
4.7. Проектирование производственного оборудования и подъемно- транспортных средств.....	31
4.8. Расчет численности персонала.....	34
4.9. Расчет производственных площадей.....	34
4.10. Расчет расхода энергоносителей.....	36
4.11. Определение категорий помещений по пожаро- и взрывоопасности.....	36
4.12. Расчет уровня механизации.....	36
4.13. Расчет уровней специализации и кооперирования.....	37
4.14. Расчет технико-экономических показателей.....	37
Литература.....	38
Приложения.....	39

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выполнение курсовой работы (КР) является завершающим этапом изучения дисциплины «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» и предусматривает решения задач проектирования системы технической эксплуатации летательных аппаратов (ЛА).

Цель КР – приобретение студентами навыков проектирования системы технической эксплуатации (ТЭ) ЛА и анализа ее эффективности.

КР включает следующие разделы:

- 1) анализ эффективности системы технической эксплуатации ЛА;
- 2) проектирование системы обеспечения ТО ЛА.

Исходные данные для выполнения КР приведены для каждого раздела отдельно. Выбор варианта задания производится согласно шифру зачетной книжки по сумме двух последних цифр.

Объектами исследования являются ЛА.

При выполнении КР автор несет ответственность за правильность расчетов, принятые проектные решения.

Преподаватель обеспечивает руководство работой студента, уточняет объем и глубину проработки отдельных частей и вопросов, проводит консультации и осуществляет текущий контроль.

При оформлении КР необходимо соблюдать определенные требования. Изложение материалов КР должно быть конкретным и четким. Заимствованные цитаты, таблицы и другие материалы должны иметь ссылку на источник. В тексте необходимо соблюдать единую техническую терминологию, принятую в учебных пособиях и стандартах.

Оформление материала, изложенного в КР, производится в соответствии с ГОСТ 2.105-79 «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.106-68 «Текстовые документы», п.7, «Расчеты». Титульный лист КП должен быть выполнен по форме (Приложение 17). За ним следует «Содержание», на котором выполняется основная надпись.

Текст пояснительной записки должен быть написан разборчиво на одной стороне листа формата А4 (297x210 мм). Числовые значения в формулах объясняются. Окончательный результат приводится с указанием размерности. Таблицы, помещенные в тексте должны иметь номера и названия. При приведении результатов расчетов в табличной форме даются примеры расчетов с подстановкой исходных данных в расчетные формулы. Графики, схемы, рисунки следует выполнять на листах миллиметровой бумаги формата А4. Рисунки должны иметь номера и подрисуночные подписи. На графиках указывать масштаб и размерность изображаемых величин. На все таблицы и графики в тексте должны быть ссылки.

В тексте необходимо выделить заголовки отдельных частей ДП, их разделов и подразделов в соответствии с «Содержанием». В конце пояснительной записки приводится литература, используемая при выполнении КП.

## 2. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

При выполнении КР необходимо решить следующие задачи:

Раздел 1. Анализ эффективности системы технической эксплуатации изделий ЛА.

- 1.1. Формирование корреляционной матрицы показателей эффективности системы ТЭ ЛА для расчета общих факторов центроидным методом.
- 1.2. Расчет нагрузок первого общего фактора.
- 1.3. Процедура обращения алгебраических знаков и определение нагрузок второго фактора.
- 1.4. Определение нагрузок остальных факторов.

Раздел 2. Проектирование системы обеспечения ТО ЛА.

- 2.1. Исходные данные для проектирования объектов Организаций по ТОиР АТ.
- 2.2. Определение годового объема работ Организаций по ТОиР АТ.
- 2.3. Выбор группы Организаций по ТОиР АТ, состава зданий и сооружений.
- 2.4. Распределение общей трудоемкости ТО между цехами (участками) Организаций по ТОиР АТ.
- 2.5. Определение продолжительности ТО.
- 2.6. Определение пропускной способности МС.
- 2.7. Проектирование производственного оборудования и подъемно-транспортных средств.
- 2.8. Расчет численности персонала.
- 2.9. Расчет производственных площадей.
- 2.10. Расчет расхода энергоносителей.
- 2.11. Определение категорий помещений по пожаро- и взрывоопасности.
- 2.12. Расчет уровня механизации.
- 2.13. Расчет уровней специализации и кооперирования.
- 2.14. Расчет технико-экономических показателей.

### Содержание пояснительной записки КР:

Введение.

Раздел 1. Анализ показателей эффективности системы ТЭ ЛА комплексным методом.

- 1.1. Формирование корреляционной матрицы показателей эффективности системы ТЭ ЛА для расчета общих факторов центроидным методом.
- 1.2. Расчет нагрузок первого общего фактора.
- 1.3. Процедура обращения алгебраических знаков и определение нагрузок второго фактора.
- 1.4. Определение нагрузок остальных факторов.

Выводы по разделу 1.

Раздел 2. Проектирование системы обеспечения ТО ЛА.

2.1. Исходные данные для проектирования объектов Организаций по ТОиР АТ.

2.2. Определение годового объема работ Организаций по ТОиР АТ.

2.3. Выбор группы Организаций по ТОиР АТ, состава зданий и сооружений.

2.4. Распределение общей трудоемкости ТО между цехами (участками) Организаций по ТОиР АТ.

2.5. Определение продолжительности ТО.

2.6. Определение пропускной способности МС.

2.7. Проектирование производственного оборудования и подъемно-транспортных средств.

2.8. Расчет численности персонала.

2.9. Расчет производственных площадей.

2.10. Расчет расхода энергоносителей.

2.11. Определение категорий помещений по пожаро- и взрывоопасности.

2.12. Расчет уровня механизации.

2.13. Расчет уровней специализации и кооперирования.

2.14. Расчет технико-экономических показателей.

Заключение

Список литературы.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ РАЗДЕЛА 1 АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛА КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ

#### 3.1. Необходимые теоретические сведения [1]

Раздел 1 содержит решение следующих задач:

- Формирование корреляционной матрицы показателей эффективности ПТЭ ЛА для расчета общих факторов комплексным методом.
- Расчет нагрузок первого общего фактора.
- Определение нагрузок второго общего фактора.
- Определение нагрузок следующих общих факторов.

В качестве объектов анализа на практических занятиях выбираются результаты эксплуатационных наблюдений за показателями эффективности ПТЭ парка самолетов Ту-204, осуществляемых ежемесячно в течение одиннадцати лет.

При управлении ПТЭ ЛА возникает необходимость в анализе показателей эффективности с учетом взаимосвязей между ними. Появляется потребность в методах анализа показателей, которые позволили бы выделить некоррелированные факторы, оказывающие доминирующее влияние на показатели эффективности ПТЭ ЛА. Для решения этих задач следует применить к исходным показателям процедуру выделения общих факторов, основанную на методах многофакторного анализа.

Задача многофакторного анализа:

Известны значения  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – системы коррелированных случайных величин, представляющих собой оценку показателей эффективностей ПТЭ ЛА по данным эксплуатационных наблюдений.;

найти систему некоррелированных случайных величин (общих факторов)  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  ( $m < n$ ) и нагрузок-коэффициентов  $C_{ij}$ ,  $i=1, \dots, n$ ,  $j=1, \dots, m$ , таких, чтобы с большой вероятностью выполнялась система равенств

$$X_i = \sum_{j=1}^m C_{ij} Y_j, \quad i=1, \dots, n, \quad j=1, \dots, m.$$

Преимуществом системы случайных величин  $Y_1, \dots, Y_m$  является их некоррелированность и меньшее число  $m < n$ , недостатком - трудности их содержательной интерпретации.

Если случайные величины  $X_i$ ,  $i=1, \dots, n$  нормированы, т.е. математическое ожидание  $M_{x_i}=0$ , а дисперсия  $D_{x_i}=1$ , то дисперсия разлагается на сумму

$$1 = DX_i = h_i^2 + S_i^2 + b_i^2,$$



где:  $h_i^2$  - общности, т.е. части дисперсии, обусловленные факторами, общими для всех  $X_i$  ;

$s_i^2$  - специфическая дисперсия;

$b_i^2$  - часть дисперсии, обусловленная ошибкой.

Характеристикой взаимной зависимости случайных величин  $X_i, i=1, \dots, n$  является матрица корреляции  $R = \| \| R_{ij} \| \|$ . Влияние специфических факторов и ошибок отражено в  $R$ , так как на главной диагонали  $R$  стоят дисперсии

$$Dx_i = 1 = h_i^2 + s_i^2 + b_i^2.$$

Матрица корреляции, у которой элементы главной диагонали равны 1, называется полной матрицей корреляции

$$\begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{array} \left| \begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 \\ 1 & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} & r_{16} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & r_{24} & r_{25} & r_{26} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & r_{34} & r_{35} & r_{36} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & 1 & r_{45} & r_{46} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} & 1 & r_{56} \\ r_{61} & r_{62} & r_{63} & r_{64} & r_{65} & 1 \end{array} \right| = R^1.$$

Матрица корреляции, в которой элементы главной диагонали соответствуют общностям  $h_i$ , называется редуцированной матрицей

$$\begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{array} \left| \begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 \\ h_1^2 & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} & r_{16} \\ r_{21} & h_2^2 & r_{23} & r_{24} & r_{25} & r_{26} \\ r_{31} & r_{32} & h_3^2 & r_{34} & r_{35} & r_{36} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & h_4^2 & r_{45} & r_{46} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} & h_5^2 & r_{56} \\ r_{61} & r_{62} & r_{63} & r_{64} & r_{65} & h_6^2 \end{array} \right| = R.$$

Матрица, столбцы которой состоят из нагрузок данного фактора для всех случайных величин  $X_1, \dots, X_n$ , а строки из факторных нагрузок данной случайной величины, называется факторной матрицей

$$\begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{array} \left| \begin{array}{ccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} \end{array} \right| = F.$$

При этом факторная нагрузка  $C_{ij}$  имеет вид коэффициента корреляции между  $i$ -ой случайной величиной  $X_i$  и  $j$ -м фактором  $Y_j$ .

Целью факторного анализа является получение факторной матрицы  $F$  из исходной корреляционной матрицы  $R$ . Для решения этой задачи, т.е. определения факторной матрицы, применим центроидный метод, преимуществом которого является достаточно быстрая сходимость.

### **3.2. Формирование корреляционной матрицы показателей эффективности ПТЭ ЛА для расчета общих факторов центроидным методом**

#### 3.2.1. Последовательность решения задачи

Получение исходных данных .

В качестве исходных данных используются среднее значения показателей эффективности системы ТЭ самолетов Ту-204, полученные в результате эксплуатационных наблюдений, осуществляемых ежемесячно в течение 11 лет :

удельные трудовые затраты на техническое обслуживание  
 $\tau_{уд}$ , чел.-ч/ч налета (табл. 3.1);

удельные материальные затраты на техническое обслуживание;  
 $C_{уд}$ , руб./ч налета (табл. 3.2);

коэффициент использования парка  $K_{и}$  (табл. 3.3); .

коэффициент возможного использования  $K_{ви}$ , (табл. 3.4).

Варианты заданий формируются в соответствии с данными табл. 3.5.

Выбор варианта студент производит согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр. Для выбранного номера варианта по табл. 3.5 определяются показатели эффективности, месяцы года и номер таблицы для получения исходных данных.

Таблица 3.1

Удельные трудовые затраты на техническое обслуживание самолетов  $t_{уд}$  чел.ч/ч налета

Поряд. № года	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
11	9,37	11,65	12	10,4	8,81	8,29	7,79	6,73	7,46	8,83	8,88	10,6	9,234
10	11,66	11,2	13,08	12,61	10,17	8,29	8,69	7,25	7,72	9,2	8,88	10,63	9,948
9	12,46	12,36	13,89	12,02	9,74	7,49	7,7	6,74	8,23	10,4	9,5	10,6	10,094
8	11,57	12,21	14,17	12,45	9,34	8,25	7,56	7,11	7,32	8,75	9,93	11,15	9,984
7	12,85	10,43	14,43	10,69	8,05	9,82	8,36	7,51	7,63	8,97	9,21	12,74	10,057
6	12,1	13,47	15,07	13,18	11,07	10,19	9,87	9,81	7,98	9,92	10	12,69	11,279
5	12,68	12,57	13,98	12,73	10,11	9,23	8,74	7,56	8,11	9,23	9,75	12,15	10,57
4	12,81	13,11	14,17	12,81	10,69	9,18	8,51	7,63	8,5	9,63	10,4	11,72	10,763
3	12,93	13,43	14,05	13,26	11,41	9,84	8,91	7,75	8,21	9,87	10,93	12,84	11,119
2	12,76	13,41	14,18	13,61	11,54	10,24	9,73	8,45	8,67	9,94	10,48	12,21	11,268
1	12,88	13,12	14,26	13,73	11,82	10,11	9,56	8,21	8,88	9,75	10,57	12,61	11,292

Таблица 3.2

Удельные материальные затраты на техническое обслуживание  $C_{уд}$  руб/ч налета

Поряд. № года	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
11	51,02	53	55,29	37,5	31,03	24,49	22,5	21,36	23,83	29,48	38,01	59,74	37,271
10	53,12	54,25	45,85	46,76	32,21	23,9	21,45	19,4	27,91	33,87	39,99	35,99	36,225
9	42,3	53,74	45,85	39,2	27,9	20,17	20,21	19,89	23,61	34,1	37,94	43,18	34,007
8	48,41	49,33	46,79	38,21	29,61	24,87	21,68	19,65	24,13	32,16	37,18	37,64	34,136
7	48,9	48,26	52,72	45,21	29,59	36,11	32,12	30,61	31,74	29,68	37,61	42,16	38,751
6	47,31	51,11	52,09	48,88	23,38	36,91	32,11	30,26	32,66	36,28	33,18	46,63	40,9
5	48,3	49,26	50,38	48,91	43,71	37,21	32,89	31,74	33,16	35,94	37,64	45,63	40,9
4	48,56	49,12	51,71	49,12	42,65	37,68	33,26	30,1	31,98	34,18	36,97	44,72	40,837
3	47,26	49,88	51,74	49,68	43,21	38,16	33,44	31,17	32,94	33,67	36,58	44,29	41,002
2	48,39	50,26	52,11	50,35	44,28	38,51	32,85	31,72	33,19	34,67	37,94	46,13	41,616
1	48,65	49,24	51,91	50,11	45,16	39,27	33,68	32,96	33,2	33,97	36,16	44,66	41,664

Таблица 3.3

Коэффициент использования самолетов Ки

Поряд. № года	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
11	0.142	0.145	0.134	0.173	0.204	0.305	0.317	0.346	0.316	0.218	0.195	0.141	0.220
10	0.126	0.132	0.129	0.159	0.184	0.267	0.286	0.272	0.257	0.193	0.179	0.151	0.195
9	0.120	0.118	0.121	0.145	0.183	0.257	0.278	0.304	0.265	0.193	0.174	0.139	0.191
8	0.130	0.150	0.130	0.150	0.190	0.250	0.300	0.350	0.290	0.200	0.200	0.140	0.207
7	0.140	0.150	0.190	0.220	0.250	0.280	0.320	0.360	0.340	0.310	0.250	0.170	0.248
6	0.130	0.140	0.160	0.170	0.200	0.270	0.300	0.350	0.320	0.300	0.260	0.200	0.233
5	0.130	0.140	0.150	0.160	0.180	0.250	0.270	0.290	0.260	0.170	0.140	0.140	0.195
4	0.120	0.130	0.130	0.150	0.190	0.260	0.280	0.300	0.270	0.220	0.180	0.150	0.198
3	0.130	0.140	0.130	0.160	0.200	0.240	0.290	0.320	0.300	0.230	0.170	0.140	0.204
2	0.120	0.120	0.140	0.170	0.190	0.270	0.300	0.330	0.280	0.210	0.180	0.130	0.203
1	0.140	0.130	0.130	0.150	0.180	0.250	0.280	0.310	0.300	0.220	0.190	0.150	0.202

Таблица 3.4

Коэффициент возможного использования самолетов Кви

Поряд. № года	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
11	0.213	0.242	0.214	0.268	0.335	0.480	0.543	0.594	0.540	0.353	0.303	0.208	0.357
10	0.193	0.220	0.216	0.265	0.314	0.456	0.495	0.478	0.438	0.329	0.301	0.251	0.330
9	0.185	0.191	0.199	0.234	0.301	0.436	0.489	0.546	0.461	0.329	0.297	0.236	0.323
8	0.174	0.228	0.200	0.239	0.296	0.373	0.474	0.528	0.441	0.308	0.332	0.210	0.319
7	0.216	0.224	0.189	0.328	0.378	0.448	0.509	0.565	0.530	0.484	0.380	0.255	0.382
6	0.202	0.220	0.258	0.270	0.326	0.462	0.468	0.543	0.534	0.477	0.416	0.316	0.373
5	0.209	0.230	0.245	0.258	0.297	0.425	0.462	0.505	0.442	0.287	0.234	0.227	0.324
4	0.196	0.215	0.211	0.240	0.312	0.439	0.482	0.525	0.456	0.370	0.299	0.248	0.330
3	0.213	0.227	0.217	0.266	0.332	0.408	0.502	0.560	0.510	0.389	0.284	0.232	0.343
2	0.198	0.194	0.234	0.281	0.319	0.462	0.516	0.574	0.476	0.351	0.293	0.180	0.340
1	0.211	0.213	0.215	0.251	0.306	0.430	0.490	0.546	0.507	0.370	0.308	0.242	0.339

## Варианты заданий раздела 1

Показатели эффектив- ности ПТЭ	№ варианта по месяцам года							Табл. №
	I...VI	II...VII	III...VIII	IV...IX	V...X	VI...XI	VII...XII	
$\tau_{уд}$ чел-ч/ч налета	1	2	3	4	5	6	7	Табл. 4.1
$C_{уд}$ , руб./ч налета	8	9	10	11	12	13	14	Табл. 4.2
$K_{и}$	15	16	17	18	19	20	21	Табл. 4.3
$K_{ви}$	22	23	24	25	26	27	28	Табл. 4.4

## Порядок решения задач

При формировании корреляционной матрицы определяем характеристики случайных величин  $X_{i(j)}$  (показатели эффективности за  $i$ -й месяц  $i$ -го года):  
математическое ожидание

$$M_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{i(i)}, i = \overline{1, k}, j = 1, N, \quad (3.1)$$

дисперсия

$$D_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (X_i(j) - M_i)^2, \quad (3.2)$$

нормированная случайная величина

$$R_{i_1 j_2} = \frac{1}{N} \sum X_{i_1}^*(j) X_{i_2}(j), \quad (3.3)$$

коэффициент корреляции

$$X^{\circ}_{i(j)} = \frac{1}{\sqrt{D_i}} (X_{i(j)} - M_i). \quad (3.4)$$

Расчет коэффициентов по формулам 3.1-3.4 выполняется в таблицах вида табл. 3.6

Таблица 3.6

Определение коэффициента корреляции  $R_{i_1, i_2}$ 

$i$	$x_1(j)$	$x_1(j) - M_1$	$(x_1(j) - M_1)^2$	$x^{\circ}_1(j) = \frac{1}{D_1}(x_1(j) - M_1)$	$X^{\circ}_2(j)$	$X^{\circ}_1(j)X^{\circ}_2(j)$
1						
2						
...						
11						
	$\sum_{j=1}^{11} x_1(j)$		$\sum_{j=1}^{11} (x_1(j) - M_1)^2$			$\sum_{i=1}^{11} X_1(j)X_2(j)$

Для 6 случайных величин требуется оценить коэффициенты корреляции для 15 пар случайных величин:

$$\begin{array}{cccccc}
 x_1x_2 & x_1x_3 & x_1x_4 & x_1x_5 & x_1x_6 & \\
 & x_2x_3 & x_2x_4 & x_2x_5 & x_2x_6 & \\
 & & x_3x_4 & x_3x_5 & x_3x_6 & \\
 & & & x_4x_5 & x_4x_6 & \\
 & & & & x_5x_6 & 
 \end{array}$$

По результатам расчета коэффициентов корреляции сформируем корреляционную матрицу  $R_1$  (табл. 3.7).

Для удобства изложения дальнейшего решения задач рассмотрим на примере случайных величин  $x_1, \dots, x_6$ , являющихся значениями  $\tau_{y\partial}$  за 6 месяцев ( $i = \overline{1,6}$ ) за 11 лет ( $j = \overline{1,11}$ ). Корреляционная матрица в данном примере имеет вид (табл. 3.8).

На главной диагонали записываем наибольший коэффициент корреляции в данном столбце  $h^2$  (положительный независимо от знака) и получаем редуцированную матрицу (табл. 3.9).

Таблица 3.7

Корреляционная матрица  $R_1$  (редуцированная R)

$X_i(j)$	$X_1(j)$	$X_2(j)$	$X_3(j)$	$X_4(j)$	$X_5(j)$	$X_6(j)$
$X_1(j)$	$1(h_1^2)$	$R_{i_1 i_2}$	$R_{i_1 i_3}$	$R_{i_1 i_4}$	$R_{i_1 i_5}$	$R_{i_1 i_6}$
$X_2(j)$	$R_{i_2 i_1}$	$1(h_2^2)$	$R_{i_2 i_3}$	$R_{i_2 i_4}$	$R_{i_2 i_5}$	$R_{i_2 i_6}$
$X_3(j)$	$R_{i_3 i_1}$	$R_{i_3 i_2}$	$1(h_3^2)$	$R_{i_3 i_4}$	$R_{i_3 i_5}$	$R_{i_3 i_6}$
$X_4(j)$	$R_{i_4 i_1}$	$R_{i_4 i_2}$	$R_{i_4 i_3}$	$1(h_4^2)$	$R_{i_4 i_5}$	$R_{i_4 i_6}$
$X_5(j)$	$R_{i_5 i_1}$	$R_{i_5 i_2}$	$R_{i_5 i_3}$	$R_{i_5 i_4}$	$1(h_5^2)$	$R_{i_5 i_6}$
$X_6(j)$	$R_{i_6 i_1}$	$R_{i_6 i_2}$	$R_{i_6 i_3}$	$R_{i_6 i_4}$	$R_{i_6 i_5}$	$1(h_6^2)$

Таблица 3.8

Корреляционная матрица  $R_1$ 

$X_i(j)$	$X_1(j)$	$X_2(j)$	$X_3(j)$	$X_4(j)$	$X_5(j)$	$X_6(j)$
$X_1(j)$	1	0,359	0,620	0,597	0,466	0,514
$X_2(j)$	0,359	1	0,430	0,800	0,868	0,585
$X_3(j)$	0,620	0,430	1	0,543	0,374	0,438
$X_4(j)$	0,597	0,800	0,543	1	0,934	0,479
$X_5(j)$	0,466	0,868	0,374	0,934	1	0,529
$X_6(j)$	0,514	0,438	0,585	0,479	0,529	1

### 3.3. Расчет нагрузок первого общего фактора

#### 1. Получение исходных данных

В качестве исходных данных используется редуцированная корреляционная матрица, сформированная в п. 3.3 (табл.3.9).

#### 2. Порядок решения задачи

Расчет нагрузок первого общего фактора производится следующим образом (табл. 3.9):

1) суммируем элементы каждого столбца, включая элементы главной диагонали, с учетом алгебраических знаков. Суммы записываем под столбцами в строке  $\sum r$ , для контроля суммы строк записываем в последний столбец таблицы;

2) складываем все суммы столбцов и получаем  $T$ , вычисляем  $\sqrt{T}$ ;

3) суммы столбцов делим на  $\sqrt{T}$ , в результате определяем нагрузки первого фактора для  $b$  случайных величин или их корреляций с этим фактором.

Нагрузка  $C_{1a}$  для переменной  $a$

$$C_{1a} = \frac{\sum r_a}{\sqrt{T}};$$

4) значения  $C_{1a}$  записываем в последней строке табл. 3.9;

5) определяем критерий  $T \frac{1}{\sqrt{T}} = \sqrt{T}$  правильности расчета.

Другой критерий—сумма всех факторных нагрузок должна быть равна  $\sqrt{T}$

$$\sum C_{1a} = \sqrt{T}.$$

Расчет новых коэффициентов корреляции, выражающих ту часть остающейся общей дисперсии («остатков»), которая может быть отнесена на счет других факторов. Расчет этих «остатков» опирается на теорему о том, что корреляция двух случайных величин, вызванная каким либо общим фактором, равна произведению нагрузок этого фактора для обеих случайных величин, т.е. произведению корреляций с этими факторами.



Редуцированная корреляционная матрица R

$X_1(j)$	$X_1(j)$	$X_2(j)$	$X_3(j)$	$X_4(j)$	$X_5(j)$	$X_6(j)$	$\sum r$
$X_1(j)$	0,620	0,359	0,620	0,597	0,466	0,514	3,176
$X_2(j)$	0,359	0,868	0,430	0,800	0,868	0,585	3,763
$X_3(j)$	0,620	0,430	0,620	0,543	0,374	0,438	3,172
$X_4(j)$	0,597	0,800	0,543	0,934	0,934	0,479	4,287
$X_5(j)$	0,466	0,868	0,374	0,934	0,934	0,529	4,105
$X_6(j)$	0,514	0,438	0,585	0,479	0,529	0,585	3,130
$\sum r$	3,176	3,763	3,172	4,287	4,105	3,130	$T = 21,633$
$C_{1a}$	0,683	0,809	0,682	0,922	0,882	0,673	

$$\sqrt{T} = 4,651 \quad , \quad 1/\sqrt{T} = 0,215 \quad , \quad T/\sqrt{T} = 4,651$$

Поэтому корреляция  $r$  между  $x_1$  и  $x_2$ , обусловленная первым фактором, равна произведению его нагрузки по этим переменным

$$r_{x_1 x_2} = r_{x_1 c_1} r_{x_2 c_1} \quad (3.5)$$

Для определения остатка нужно от первоначальной величины  $r_{x_1 x_2}$  вычесть произведение  $r_{x_1 c_1} r_{x_2 c_1}$ .

$$r_{x_1 x_2}^{ост} = r_{x_1 x_2} - r_{x_1 c_1} r_{x_2 c_1} \quad (3.6)$$

Вычисление остатков корреляции первого фактора производится в табл. 3.10 по формулам (3.5), (3.6). Пример расчета остатков корреляции произведен в табл. 3.11.

Таблица 3.10

## Расчет остатков корреляции первого фактора

	C <sub>ij</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
		C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>
X <sub>1</sub>	C <sub>11</sub>	$\frac{r_{11}}{-C_{11} \cdot C_{11}}$ $r_{11}^{ocm}$	$\frac{r_{12}}{-C_{11} \cdot C_{12}}$ $r_{12}^{ocm}$	$\frac{r_{13}}{-C_{11} \cdot C_{13}}$ $r_{13}^{ocm}$	$\frac{r_{14}}{-C_{11} \cdot C_{14}}$ $r_{14}^{ocm}$	$\frac{r_{15}}{-C_{11} \cdot C_{15}}$ $r_{15}^{ocm}$	$\frac{r_{16}}{-C_{11} \cdot C_{16}}$ $r_{16}^{ocm}$
X <sub>2</sub>	C <sub>12</sub>	$\frac{r_{21}}{-C_{12} \cdot C_{11}}$ $r_{21}^{ocm}$	$\frac{r_{22}}{-C_{12} \cdot C_{12}}$ $r_{22}^{ocm}$	$\frac{r_{23}}{-C_{13} \cdot C_{13}}$ $r_{23}^{ocm}$	$\frac{r_{24}}{-C_{12} \cdot C_{14}}$ $r_{24}^{ocm}$	$\frac{r_{25}}{-C_{12} \cdot C_{15}}$ $r_{25}^{ocm}$	$\frac{r_{26}}{-C_{12} \cdot C_{16}}$ $r_{26}^{ocm}$
X <sub>3</sub>	C <sub>13</sub>	•	•	•	•	•	•
X <sub>4</sub>	C <sub>14</sub>	•	•	•	•	•	•
X <sub>5</sub>	C <sub>15</sub>	•	•	•	•	•	•
X <sub>6</sub>	C <sub>16</sub>	$\frac{r_{61}}{-C_{16} \cdot C_{11}}$ $r_{61}^{ocm}$	$\frac{R_{62}}{-C_{16} \cdot C_{12}}$ $r_{62}^{ocm}$	$\frac{r_{63}}{-C_{16} \cdot C_{13}}$ $r_{63}^{ocm}$	$\frac{r_{64}}{-C_{16} \cdot C_{14}}$ $r_{64}^{ocm}$	$\frac{r_{65}}{-C_{16} \cdot C_{15}}$ $r_{65}^{ocm}$	$\frac{r_{66}}{-C_{16} \cdot C_{16}}$ $r_{66}^{ocm}$

Таблица 3.11

## Пример расчета остатков корреляции первого фактора

	$C_{ij}$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
		0.683	0.809	0.682	0.922	0.882	0.673
$X_1$	0.683	0.620 $\frac{-0.683 \cdot 0.683}{0.154}$	0.359 $\frac{-0.683 \cdot 0.809}{-0.193}$	0.620 $\frac{-0.683 \cdot 0.682}{-0.154}$	0.597 $\frac{-0.683 \cdot 0.922}{-0.033}$	0.466 $\frac{-0.683 \cdot 0.882}{-0.136}$	0.514 $\frac{-0.683 \cdot 0.673}{-0.054}$
$X_2$	0.809		0.868 $\frac{-0.809 \cdot 0.809}{0.214}$	0.430 $\frac{-0.809 \cdot 0.682}{-0.122}$	0.800 $\frac{-0.809 \cdot 0.922}{0.054}$	0.868 $\frac{-0.809 \cdot 0.882}{0.155}$	0.438 $\frac{-0.809 \cdot 0.673}{-0.106}$
$X_3$	0.682			0.620 $\frac{-0.682 \cdot 0.686}{-0.086}$	0.543 $\frac{-0.682 \cdot 0.922}{0.601}$	0.374 $\frac{-0.682 \cdot 0.882}{0.126}$	0.585 $\frac{-0.682 \cdot 0.673}{0.850}$
$X_4$	0.922				0.934 $\frac{-0.922 \cdot 0.922}{0.813}$	0.934 $\frac{-0.922 \cdot 0.882}{-0.141}$	0.479 $\frac{-0.922 \cdot 0.673}{0.778}$
$X_5$	0.882					0.934 $\frac{-0.882 \cdot 0.882}{-0.064}$	0.529 $\frac{-0.882 \cdot 0.673}{-0.064}$
$X_6$	0.673						0.685 $\frac{-0.673 \cdot 0.673}{0.132}$

### 3.4. Процедура обращения алгебраических знаков и определение нагрузок второго фактора

#### I. Процедура обращения алгебраических знаков

1) Алгебраическую сумму элементов по столбцам, включая элемент главной диагонали, записываем в строке  $\sum_0$ . Результаты расчета алгебраических сумм элементов по столбцам, опуская элементы главной диагонали, записываем в следующей строке  $\sum r_0$ . Складываем суммы столбцов, и результат  $\sum \sum r_0$  записываем в последней клетке указанной строки (пример в табл. 3.12).

2) Берем столбец с наибольшей отрицательной суммой ( в рассматриваемом примере – столбец  $x_2$  ) и переписываем в следующей строке с положительным знаком. Эту строку обозначаем номером столбца, элемент которого меняет знак на противоположный. Одновременно отмечаем звездочкой номер столбца и строки, элементы которых меняют знаки на противоположный.

3) Рассчитав все элементы новой строки (столбец 2) , определяем их сумму, которая должна быть равна сумме предшествующей строки плюс 4-х кратная сумма столбца элементам которого изменили знак на противоположный . Для строки “столбец 2 “ получим

$$-0.888 + 4 \cdot 0.212 = -0.04 .$$

4) Все элементы новой строки, за исключением того, который уже определен как наибольшая отрицательная сумма по столбцу с обратным знаком ( $x_2$ ), описываем следующим образом : к сумме соответствующего столбца добавляется с противоположным знаком удвоенное значение элемента того же столбца, стоящего на пересечении с обращенной строкой. Окончательный результат записываем в строке “столбец 2” . Например, значение 1-го элемента в строке “столбец 2” получаем удваивая величину, стоящую на пересечении строки 2 и столбца 1 (0.193), изменяя ее знак и складывая с числом столбца 1 ( $-0.154 + 2 \cdot 0.193 = 0.232$ ).

5) Теперь определяем следующий столбец с наибольшей отрицательной суммой. В нашем примере столбец 5 . Повторим процедуру, описанную в пп.1...4, используя изменившиеся итоги столбцов, записанные в предшествующей строке. В столбцах, элементы которых уже поменяли знаки (отмечены звездочкой), перед добавлением удвоенной величины они не меняются (пункт 3).

Изменение знаков в матрице первых основных корреляций 6 переменных  
и выделение нагрузок 2-го фактора

	$x_1$	$x_2^*$	$x_3$	$x_4^{***}$	$x_5^{**}$	$x_6$	$\sum_0$
$x_1$	0.193 (0.154)	+ (-)0.193	0.154	+ (-)0.033	+ (-)0.136	0.054	
$x_2^*$	+ (-)0.193	0.193 (0.214)	+ (-)0.122	0.054	0.155	+ (-)0.106	
$x_3$	0.154	+ (-)0.122	0.227 (0.155)	+ (-)0.086	+ (-)0.227	0.126	
$x_4^{***}$	+ (-)0.033	0.054	+ (-)0.086	0.141 (0.084)	0.121	+ (-)0.141	
$x_5^{**}$	+ (-)0.136	0.155	+ (-)0.227	0.121	0.227 (0.156)	+ (-)0.064	
$x_6$	0.054	+ (-)0.106	0.126	+ (-)0.141	+ (-)0.064	0.141 (0.132)	
$\sum_0$	0	0.002	0	0.005	0.005	0.001	$\sum \sum r_0$
$\sum r_0$	-0.154 (0.193)*2	<u>-0.212</u>	-0.155 (0.122)*2	-0.085 (-0.054)*2	-0.151 (-0.155)*2	-0.131 (0.106)*2	-0.888 0.212*4
Столб. 2	0.232 (0.136)*2	0.212 (0.155)*2	0.089 (0.227)*2	-0.193 (-0.121)*2	<u>-0.461</u>	0.081 (0.064)*2	-0.04 0.461*4
Столб. 5	0.504 (0.033)*2	0.522 (0.054)*2	0.543 (0.086)*2	<u>-0.435</u>	0.461 (0.121)*2	0.209 (0.141)*2	1.804 0.435*4
Столб. 4	0.5	0.63	0.715	0.435	0.703	0.491	3.544
$\sum r_a$	0.763	0.823	0.942	0.576	0.930	0.632	T=4.666
$C_2$	0.353	-0.381	0.436	-0.267	-0.430	0.292	$\sqrt{T} =$ 2.160009

Если процедура обращения знаков требует изменения знаков элементов какого-либо столбца и соответствующей строки более чем один раз, то в этом случае при первом и всех дальнейших нечетных изменениях знаков знак удвоенного значения должен меняться (пункт 3). При втором и всех четных изменениях знаков знак удвоенного значения не изменяется. Чтобы легче ориентироваться в номерах столбцов, элементы которых меняют знаки, нужно подчеркивать последовательные суммы столбцов, элементы которых меняют знаки на противоположные.

б) Процесс изменения знаков повторяется до тех пор, пока все суммы не будут положительными (или нулевыми). В нашем примере для получения сумм

потребовалось изменить знаки элементов столбцов 2,5,4. Критериями правильности вычислений (пункт 4) являются для последующих строк равенство суммы соответствующей строки вычисленным величинам:

строка “5 столбец”  $-0.04 + 0.461 \cdot 4 = 1.804$ ,

строка “4 столбец”  $1.804 + 0.435 \cdot 4 = 3.544$ .

7) Меняем алгебраические знаки в матрице остатков:

а) меняются на противоположные знаки всех коэффициентов в обращенных строках за исключением тех элементов, которые лежат на пересечении с обращенными столбцами;

б) изменяются знаки всех коэффициентов в обращенных столбцах за исключением тех элементов, которые находятся на пересечении с обращенными строками.

Новые знаки указываем над первоначальными, заключенными в скобки.

## II. Определение нагрузок второго фактора

1) Общности на главной диагонали матрицы остатков корреляции, вычисленные как и все другие остаточные корреляции, заключить в скобки. Их нужно заменить на коэффициенты с максимальной для данного столбца абсолютной величиной, переписывая их с положительными знаками. Новые значения записываем чернилами другого цвета над величинами в скобках.

2) Чтобы приступить к определению нагрузок второго центроидного фактора, необходимо учесть общности, записанные на главной диагонали матрицы остатков (табл. 3.12). Эти величины, заключенные в скобках, были рассчитаны так же, как и все другие остаточные корреляции. Теперь их нужно заменить коэффициентами с максимальной для данного столбца абсолютной величиной, присваивая ей положительный знак. Новые значения записываем над величиной в скобках.

3) После этого новые значения общностей добавляем к итогам столбцов, полученным по окончании процесса изменения знаков и записанным в строке, обозначенной номером последнего обращенного столбца (столбец 4 в табл. 3.12). Результаты сложения записываем в строке  $\sum r_0$ .

4) Следующие действия аналогичны описанным при расчете первого фактора.

Складываем суммы столбцов. Результат, обозначенный буквой T, записываем справа. Затем определяем  $\sqrt{T}$ .

Итоги столбцов делим на  $\sqrt{T}$  для определения нагрузок 2-го фактора

$$C_{2a} = \sum r_a \left( \frac{1}{\sqrt{T}} \right) ,$$

где:  $C_{2a}$ - нагрузка второго фактора у переменной a ,

$\sum r_a$ - итог столбца переменной a ,

T – общая сумма всех коэффициентов матриц

( сумма итогов по столбцам ).

Рассчитанные нагрузки второго фактора записываем в строку  $C_2$  (табл. - 3.12). Для проверки вычисляется критерий  $T \frac{1}{\sqrt{T}}$ , который должен быть равен  $\sqrt{T}$ . Вторым критерием является сумма факторных нагрузок равная  $\sqrt{T}$ . Критерии записываются справа под таблицей.

5) Определение алгебраических знаков нагрузок второго фактора зависит от описанной процедуры и производится по следующим правилам:

а) переменная, которая обращалась нечетное количество раз, будет в данной матрице остатков корреляции иметь знак, противоположный ее знаку при предыдущем факторе;

б) знак переменной, которая не обращалась или обращается четное число раз, будет таким же, что и знак при предыдущем факторе.

В случае 4-х центроидных факторов переменная, знак которой менялся один раз в первой и один раз во второй матрице остатков, будет иметь такую систему знаков

Переменные	Фактор			
	1	2	3	4
Знаки	+	-	+	+

В нашем примере знаки нагрузок фактора  $C_2$  в столбцах 2, 4, 5 будут положительными, так как знаки этих переменных не менялись, а знаки нагрузок в столбцах 1, 3, 6 будут отрицательными, так как их знаки изменялись.

### 3.5. Определение нагрузок остальных факторов

Последовательность выполнения работы.

Вычисление корреляций, остающихся после выделения второго фактора (табл.3.13, 3.14).

Аналогичная процедура, но нужно обращать внимание на знаки.

Элементы матрицы остаточных корреляций сохраняют те знаки, которые они получили по окончании процедуры изменения знаков. При вычислении произведений факторных нагрузок знаки всех факторных нагрузок принимаются положительными, что дает положительные произведения (табл. 3.13). Эти положительные произведения вычитаются из остатков корреляции, получившихся после выделения первого фактора. Вычисленные величины записываются в новую матрицу вторых остатков корреляции, после чего можно приступить к расчету нагрузок третьего фактора (табл. 3.14).

Остаточные корреляции после расчета нагрузок третьего фактора приведены в табл. 3.15.

Остатки в строке этой таблицы снова близки к нулю (табл.3.16) . Это свидетельствует о правильности расчетов (не превышает 0,01).

Когда следует прекратить выделение очередных факторов, т.е. можно быть уверенным, что число их достаточно? Если все элементы корреляционной

матрицы очень малы, практически равны нулю, то видно, что все запасы корреляции исчерпаны.

Это можно проверить по методу Стоундерса:

1) Возводим в квадрат и складываем остатки, полученные после выделения К-го фактора, опуская элементы главной диагонали. Полученную величину умножаем на  $\frac{2n}{n-1}$  для приведения в соответствие с полной матрицей (n – число переменных). Вычисленную величину обозначим А.

2) Делим разницу между числом переменных и числом уже выделенных факторов на число переменных и результат возводим в квадрат. Обозначаем эту величину В.

3) Возводим в квадрат все факторные нагрузки, включая нагрузки К-го фактора, и суммируем их (число факторных нагрузок равно К\*n). Результат вычитаем из n и полученную величину возводим в квадрат. Результат делим на число единиц наблюдений N в исходной совокупности. Результат обозначаем С.

4) Если А меньше  $B \times C$ , выделение факторов прекращаем. Если  $A > B \times C$ , выделяем следующий фактор, после чего процедура повторяется.

Таблица 3.13

Матрица произведений факторных нагрузок вторых остатков корреляции 6 переменных

		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
		0.353	0.381	0.436	0.267	0.430	0.292
$x_1$	0.353	0.193	0.193	0.154	0.039	0.136	0.054
		0.125	0.134	0.154	0.094	0.152	0.104
		0.068	0.059	0	-0.061	-0.016	-0.049
$x_2$	0.381	0.193	0.193	0.122	0.054	0.155	0.106
		0.134	0.145	0.166	0.102	0.164	0.111
		0.059	0.048	-0.044	-0.048	-0.009	-0.005
$x_3$	0.436	0.154	0.122	0.227	0.086	0.227	0.126
		0.154	0.166	0.190	0.116	0.187	0.127
		0	-0.044	0.037	-0.03	0.04	-0.001
$x_4$	0.267	0.033	0.054	0.086	0.141	0.121	0.141
		0.094	0.102	0.116	0.071	0.115	0.078
		-0.061	-0.048	-0.03	0.070	0.006	0.063
$x_5$	0.430	0.136	0.155	0.227	0.121	0.227	0.064
		0.152	0.164	0.187	0.115	0.185	0.125
		-0.016	-0.009	0.04	0.006	0.042	-0.06
$x_6$	0.292	0.054	0.106	0.126	0.141	0.064	0.141
		0.103	0.111	0.127	0.078	0.125	0.085
		-0.49	-0.005	-0.001	0.063	-0.06	0.056



Определение максимального числа переменных  $n$ , необходимого для однозначного определения  $m$  факторов, выполняется по формуле Терстоуна:

$$n = \frac{2m + 1 + \sqrt{8m + 1}}{2}$$

Соотношение  $n$  и  $m$  может быть определено из таблицы

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	3	5	6	8	9	10	12	13	14	15

Таблица 3.14

Изменение знаков в матрице вторых остатков и вычисление нагрузок третьего фактора

	$x_1^*$	$x_2^{**}$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
$x_1^*$	0.061 (0.068)	0.059	0	+	+	+	
$x_2^{**}$	0.059	0.059 (0.048)	+	+	+	+	
$x_3$	0	+	0.044 (0.037)	-0.03	0.04	-0.001	
$x_4$	+	+	-0.03	0.061 (0.07)	0.006	0.063	
$x_5$	+	+	0.04	0.006	0.016 (0.042)	-0.06	
$x_6$	+	+	-0.001	0.063	-0.06	0.063 (0.056)	
$\Sigma_0$	0.001	0.001	0.002	0	0.003	0.004	$\Sigma \Sigma_r$
$\Sigma r_0$	-0.067	-0.047 (-0.059)*2	-0.035 0	-0.07 (0.061)*2	-0.039 (0.016)*2	-0.052 (0.049)*2	-0.31 0.067*4
Столб.1	0.067 0.059*2	-0.165	-0.035 0.044*2	0.052 0.048*2	-0.007 0.009*2	0.046 0.005*2	-0.042 0.165*4
Столб.2	0.185	0.165	0.053	0.148	0.011	0.056	0.618
$\Sigma r_0$	0.246	0.224	0.097	0.209	0.027	0.122	T=0.925
$C_3$	-0.256	0.233	0.101	-0.217	-0.028	0.127	$\sqrt{T} =$ 0.96177

Преобразуя приведенную формулу для получения числа факторов  $m$ , определяем максимальное число факторов, которые могут быть однозначно рассчитаны при  $n$  переменных.

$$m = \frac{2n + 1 - \sqrt{8n + 1}}{2}.$$

На практике необходимо оперирование числом переменных, превышающих линейное необходимое для определения данного числа факторов.

Таблица 3.15

Матрица произведений факторных нагрузок третьих остатков

		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
		0,256	0,233	0,101	0,317	0,028	0,127
$x_1$	0,256	0,061	0,059	0	0,061	0,016	0,049
		-0,065	-0,060	-0,026	-0,055	-0,007	-0,032
		-0,004	-0,001	-0,026	0,006	0,009	0,017
$x_2$	0,233	0,059	0,059	0,044	0,048	0,009	0,005
		-0,060	-0,054	-0,023	-0,050	-0,006	-0,029
		-0,001	0,005	0,021	0,002	0,003	-0,024
$x_3$	0,101	0	0,044	0,044	-0,023	0,040	-0,001
		-0,026	-0,023	-0,010	-0,022	-0,003	-0,013
		-0,026	0,021	0,034	-0,052	0,037	-0,014
$x_4$	0,217	0,061	0,048	-0,023	0,061	0,006	0,063
		-0,055	-0,050	-0,022	-0,047	-0,006	-0,027
		0,006	0,002	-0,052	0,014	0	0,036
$x_5$	0,028	0,016	0,009	0,040	0,006	0,016	-0,060
		-0,007	-0,006	-0,003	-0,006	-0,001	-0,004
		0,009	0,003	0,037	0	0,015	0,064
$x_6$	0,127	0,049	0,005	-0,001	0,063	-0,060	0,063
		-0,032	-0,029	-0,013	-0,027	-0,004	-0,016
		0,017	-0,024	-0,014	0,036	0,064	0,047
	$\sum_0$	0,001	0,002	0	0,002	0	-0,002
	$\sum_{r_0}$	0,005	-0,003	-0,034	-0,012	-0,015	-0,045

Таблица 3.16

## Матрица третьих остатков

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_1$	(-0.004) 0.000001	-0.001 0.000001	-0.026 0.00068	0.006 0.00004	0.009 0.00008	0.017 0.00029
$x_2$	-0.001 0.000001	(0.005)	0.021 0.00044	-0.002 0.000004	0.003 0.000009	-0.024 0.0058
$x_3$	-0.026 0.00068	0.021 0.00044	(0.034)	-0.052	0.037 0.00137	0.014 0.00020
$x_4$	0.006 0.00004	-0.002 0.000004	-0.052 0.00270	(0.014)	0.006 0.00004	0.036 0.00130
$x_5$	0.009 0.00008	0.003 0.000009	0.037 0.00137	0.006 0.00004	(0.015)	-0.064 0.00410
$x_6$	0.017 0.00029	-0.024 0.0058	0.014 0.00020	0.036 0.00130	-0.064 0.00410	(0.047)
$\sum_0$	0.001	0.002	0	0.002	0	-0.002
$\sum r_0$	0.001	0.006	0.005	0.001	0.006	0.012

Таблица 3.17

## Матрица центральных факторов

Переменные	Факторы		
	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.683	0.353	-0.256
$x_2$	0.809	-0.381	0.233
$x_3$	0.682	0.436	0.101
$x_4$	0.922	-0.267	-0.217
$x_5$	0.882	-0.430	-0.028
$x_6$	0.673	0.292	0.127

Таблица 3.18

## Расчет квадратов нагрузок факторов

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
$y_1$	0.683	0.809	0.682	0.922	0.882	0.673	3.882
	0.466	0.654	0.465	0.850	0.778	0.453	
$y_2$	0.353	-0.381	0.436	-0.267	-0.430	0.292	1.401
	0.125	0.145	0.190	0.071	0.185	0.685	
$y_3$	-0.256	0.233	0.101	-0.217	-0.028	0.127	0.193
	0.065	0.054	0.010	0.047	0.001	0.016	

Пример проверки по критерию Саундерса (табл.3.17).

$$1. A = 0.031 \cdot \frac{2.6}{6-1} = 0.074. \quad 3. C = (6 - 5.477)^2 / 11 = 0.025.$$

$$2. B = \left(\frac{6-3}{6}\right)^2 = 0.25. \quad A > B * C - \text{прекращаются.}$$

$$0.074 > 0.25 * 0.025 = 0.006.$$

Результаты расчетов нагрузок центроидных факторов в рассматриваемом примере приведены в табл. 3.18.

В выводах необходимо дать содержательную интерпретацию результатов факторного анализа

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Эффективность процессов эксплуатации летательных аппаратов: учебное пособие. –М.: МГТУ ГА, 2011.-120 с.
2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Эффективность процессов эксплуатации летательных аппаратов: Пособие по выполнению курсового проекта по теме «Анализ эффективности процессов эксплуатации летательных аппаратов». – М.: МГТУ ГА, 2005, - 64 с.
3. Окунь Д. Факторный анализ. М.: Статистика. 1974. - 180 с.
4. Харман Г. Современный факторный анализ. М.: Наука, 1971. -175 с.

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТО ЛА

### 4.1. Исходные данные для проектирования объектов Организаций по ТОиР АТ

#### 4.1.1. Приписной парк воздушных судов (табл. П1.1)

- типы воздушных судов (ВС);
- количество ВС по типам;
- годовой налет на среднесписочное ВС, ч. налета;
- частота пар движения ВС по типам (с выделением конечного и пролетного транзита).

#### 4.1.2. Режимы работы подразделений Организаций по ТОиР АТ (табл. П1.1)

- общее число смен;
- количество смен, работающих в течение суток;
- продолжительность смены, ч.

#### 4.1.3. Эффективные годовые фонды времени (табл. П1.1)

- инженерно-технический состав, ч/год;
- производственные рабочие в цехах, ч/год;
- оборудования технологического, ч/год;
- мест стоянки открытых, ч/год;
- мест стоянки ангара для ТО, ч/год;
- мест стоянки ангара для мойки, ч/год.

#### 4.1.4. Классификация самолетов (табл. П2.1), вертолетов (П2.2)

Основные данные самолетов (табл. П2.3), вертолетов (табл. П2.4).

### 4.2. Определение годового объема работ Организации по ТОиР АТ

#### 4.2.1. Расчет общего годового объема работ Организации по ТОиР АТ $Q_{\text{общ}}$ (чел.-ч)

$$Q_{\text{общ}} = 1,04 \cdot \sum_{i=1}^n (K_i \cdot G_{K_i} \cdot H_{C_i} \cdot B_{C_i}) + \sum_{i=1}^n T_{M_i} + \sum_{j=1}^m T_{TP_j}, \quad (1)$$

где 1,04 – коэффициент, учитывающий выполнение доработок,

$n$  – количество типов приписного парка ЛА,

$K_i$  – удельная трудоемкость  $i$ -го типа ВС (табл. П3.1),

$G_{K_i}$  – масса конструкции  $i$ -го типа ЛА (с учетом массы АД), т, (табл. П3.2),

$H_{C_i}$  – средний годовой налет на ВС  $i$ -го типа, ч.нал.,

$B_{C_i}$  – число приписных ЛА  $i$ -го типа,

$T_{M_i}$  – трудоемкость мойки ВС  $i$ -го типа, чел.-ч,

$m$  – количество типов транзитных ЛА,

$T_{TPj}$  – трудоемкость обслуживания транзитных ВС j-го типа.

#### 4.2.2. Трудоемкость мойки ЛА

$$T_M = \sum_{i=1}^n T_{M_i} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot t_{M_i} \cdot \frac{H_{C_i}}{300} \cdot B_{C_i}, \quad (2)$$

где  $S_i$  – площадь полной поверхности наружной обшивки ЛА i-го типа, м<sup>2</sup> (табл.ПЗ.3),

$t_{M_i}$  – удельная трудоемкость мойки 1 м<sup>2</sup> площади поверхности ЛА i-го типа чел.-ч/м<sup>2</sup> (табл. ПЗ.3)

#### 4.3.3. Трудоемкость обслуживания транзитных ЛА

$$T_{TP} = \sum_{j=1}^m T_{TP_j} = \sum_{j=1}^m (T_{TRP_j} + T_{TRK_j}), \quad (3)$$

где  $T_{TRP_j}$  – трудоемкость оперативного ТО ВС транзитного ЛА j-го типа (в промежуточном а/п табл.ПЗ.4),

$T_{TRK_j}$  – трудоемкость оперативного ВС j-го типа (в конечном аэропорту, табл.ПЗ.4)

$$T_{TRP_j} = \tau_{TRP_j} \cdot n_{TRP_j}, \quad (4)$$

$$T_{TRK_j} = \tau_{TRK_j} \cdot n_{TRK_j},$$

где  $\tau_{TRP_j}$ ,  $\tau_{TRK_j}$  - оперативная трудоемкость транзитного и конечного обслуживания ВС i-го типа,

$n_{TRP_j}$ ,  $n_{TRK_j}$  - количество полетов и прилетов транзитного ВС j-го типа за год.

### 4.3. Выбор группы Организации по ТОиР АТ, состава зданий и сооружений

4.3.1. Группа Организаций по ТОиР АТ зависит от годового объема работ в тыс. чел.-ч, трудоемкости ТО, суммарной трудоемкости работ по ТО, текущему ремонту, доработок конструкции, расшифровки полетной информации, ремонта технологического оборудования, работ по оперативному ТО транзитных ВС (табл. П4.1.)

4.3.2. Состав зданий и сооружений по группам Организаций по ТОиР АТ представлен в табл. П4.2.

### 4.4. Распределение общей трудоемкости ТО между цехами (участками) Организации по ТОиР АТ следует принимать по табл. П5.1.

### 4.5. Определение продолжительности ТО

4.5.1. Продолжительность периодического ТО ВС на одну тонну массы конструкции и 1ч налета  $t_{уд}$  следует принимать по табл. П6.1.(а)

Продолжительность периодического ТО ВС

$$t_{\text{пер}}^{\text{ТО}} = t_{\text{уд}} \cdot M_{\text{констр}} \cdot H_{\text{С}},$$

где  $t_{\text{уд}}$  – удельная продолжительность периодического ТО ВС,  
 $M_{\text{констр}}$  – масса конструкции ВС,  
 $H_{\text{С}}$  – средний годовой налет ВС.

4.5.2. Продолжительность выполнения оперативного ТО ВС на перроне следует принимать по табл. Пб.1.(б)

#### 4.6. Определение пропускной способности мест стоянок

4.6.1. Число мест стоянки (МС) ВС в ангаре следует рассчитывать как отношение количества приписных ВС  $i$ -го типа  $B_{\text{С}i}$  к пропускной способности одного МС ангара  $\Pi_{\text{С}i}$

$$M_a = \sum_{i=1}^n M_{a_i} = \sum_{i=1}^n \frac{B_{\text{С}i}}{\Pi_{\text{С}i}}.$$

4.6.2. Пропускная способность  $\Pi_{\text{С}}$  одного МС ВС в ангаре означает, сколько приписных (базовых) ВС можно обеспечить ТО на одном ангарном МС в течение года.

Пропускную способность одного ангарного МС ВС следует определять по табл. П7.1

4.6.3. Расчет количества МС ангара (ангарной секции) для мойки производится по формуле

$$M_{\text{AM}} = \sum_{i=1}^n M_{\text{AM}_i} = \sum_{i=1}^n \frac{B_{\text{С}i}}{\Pi_{\text{СМ}_i}},$$

где  $M_{\text{AM}_i}$  – расчетное количество МС ангара для мойки ВС  $i$ -го типа,

$\Pi_{\text{СМ}_i}$  – пропускная способность в год одного МС для мойки ВС  $i$ -го типа.

Пропускная способность одного МС ангара для мойки ВС

$$\Pi_{\text{СМ}_i} = (\Phi_{\text{Д}} \cdot 300) / (H_{\text{С}i} \cdot V_{\text{М}i} \cdot K_{\text{Н}}),$$

где  $V_{\text{М}i}$  – продолжительность мойки ВС  $i$ -го типа механическим способом,  
 $K_{\text{Н}}$  – коэффициент неравномерности поступления ВС на мойку,  $K_{\text{Н}}=1,4$ .

#### 4.7. Проектирование производственного оборудования и подъемно-транспортных средств

4.7.1. Классификация оборудования Организаций по ТОиР АТ

Оборудование Организации по ТОиР АТ в зависимости от его назначения подразделяется на технологическое (основное), вспомогательное, энергетическое и подъемно-транспортное.

К технологическому оборудованию относятся доковые платформы, контрольно-проверочные стенды и установки, станки и другое оборудование, на котором выполняются операции технического обслуживания и текущего ремонта авиатехники.

К вспомогательному оборудованию Организации по ТОиР АТ относится оборудование цеха главного механика, оборудование участка надежности и инструментальных проверок самолетов и двигателей, санитарно-техническое оборудование (вентиляторы, кондиционеры, отопительное оборудование, насосы), оборудование складских помещений, служебных и учебных помещений и другое, не участвующее непосредственно в процессе технического обслуживания, но используемое для обслуживания нужд основного производства.

Подъемно-транспортное оборудование Организации по ТОиР АТ включает: грузо-подъемные машины (кран-балки, краны, тали, лебедки, подъемники, лифты); транспортные машины и установки (конвейеры, самоходные и несамоходные тележки, электро- и автокары); погрузо-разгрузочные машины (автопогрузчики, автокраны, транспортеры и т.п.).

К энергетическому оборудованию относятся: электрические и газовые генераторы, различного рода двигатели, электрооборудование (трансформаторы, выпрямители тока и преобразователи частоты, распределительные устройства и т.п.).

В контрольной работе основное внимание должно быть уделено выбору и расчету средств механизации и автоматизации производственных процессов технической эксплуатации летательных аппаратов.

#### 4.7.2. Расчет и выбор средств механизации и автоматизации производственных процессов

При проектировании цехов и участков Организации по ТОиР АТ должен предусматриваться высокий уровень механизации и автоматизации производственных процессов, обеспечивающий высокую производительность труда и снижение себестоимости технического обслуживания и текущего ремонта авиационной техники. При этом следует руководствоваться «Сводным табелем средств механизации и автоматизации производственных процессов технической эксплуатации летательных аппаратов», «Методикой анализа и оценки состояния механизации и автоматизации процессов технического обслуживания летательных аппаратов», «Каталогом лабораторного цехового оборудования», «Альбомами типовых рабочих мест», «Требованиями к минимально необходимому уровню оснащения Организации по ТОиР АТ», «Отраслевыми стандартами лабораторно-цехового оборудования», «Каталогом оборудования аэропортов».

В цехах и участках Организации по ТОиР АТ должны предусматриваться средства механизации для подъема и транспортировки крупногабаритных и тяжелых узлов и агрегатов (тельферы, тележки и др.).



Особое внимание должно быть уделено механизации наиболее трудоемких и сложных процессов, таких как наружная мойка обшивки и удаление наземного обледенения, обслуживание высокорасположенных частей самолетов, консолей крыла, снятие и установка авиадвигателей, шасси и колес.

Для выполнения такого рода работ в ангарах должны предусматриваться подвесные платформы для обслуживания высокорасположенных частей самолетов, напольные передвижные доковые платформы, механизированные тележки для снятия и установки авиадвигателей, шасси и колес.

При разработке проекта механизации цехов и участков Организации по ТООР АТ определяется состав оборудования и его количество.

Состав и количество производственного оборудования, применяемого при техническом обслуживании летательных аппаратов, определяется в соответствии с нормативными сводными табелями Федеральной авиационной службой и перечнями наземного оборудования, составляемыми разработчиками для каждого летательного аппарата.

Количество единиц производственного оборудования определяется по формуле:

$$P_H = T / (\Phi_{д.об.} \cdot K_3 \cdot H),$$

где  $P_H$  – расчетное количество оборудования;

$T$  – трудоемкость выполнения работ на оборудовании данного наименования (в расчете на один год), чел.-ч;

$\Phi_{д.об.}$  – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$K_3$  – коэффициент загрузки оборудования (принимается по табл. П8.1);

$H$  – количество одновременно занятых рабочих на данном виде оборудования.

Состав и количество единиц вспомогательного оборудования, используемого для обеспечения производственных процессов, выполняемых вне самолета, определяется при необходимости в соответствии с «Требованиями к минимально необходимому уровню технической оснащенности и обеспеченности производственными площадями АТБ гражданской авиации».

При отсутствии данных о трудоемкости выполнения работ  $T$  и количестве одновременно занятых рабочих, разрешается в качестве оборудования выбрать сварочный агрегат в цехе текущего ремонта с трудоемкостью работ  $T=720$  чел.-ч и количеством одновременно занятых рабочих  $H = 1$  чел.

#### 4.7.3. Определение типа и количества подъемно-транспортного оборудования

Подъемно-транспортные средства, устанавливаемые в ангарах (кранбалки), должны обеспечивать проведение работ по всей длине фюзеляжа и размаху крыла с учетом транспортировки крупногабаритных деталей, узлов перед носовой и хвостовой частями самолетов.

Для обслуживания в ангаре самолетов I и II групп применяются многоопорные подвесные краны грузоподъемностью до 5 т, для обслуживания самолетов III и IV групп – трехопорные подвесные кран-балки грузоподъемностью 2 и 1 т соответственно.

Количество трехопорных кранов устанавливается в зависимости от пролета и глубины ангара:

при пролете 108м – 2-4 крана;

при пролете 72м – 2-3 крана;

при пролетах 36 и 48м – 1-2 крана.

При применении многоопорных кранов – 1 кран на ангарную секцию. В табл. П8.2 приводятся данные для выбора подъемно-транспортных средств для цехов и участков Организации по ТОиР АТ. Количество машин напольного транспорта принимается в соответствии с данными табл. П8.3. При расположении производственных помещений на верхних этажах в зданиях Организации по ТОиР АТ должны предусматриваться грузовые лифты грузоподъемностью не менее 300 кг.

#### 4.8. Расчет численности персонала

4.8.1. Количество производственного персонала определяется как отношение общей трудоемкости годовой программы работ (Организации по ТОиР АТ в целом) к эффективному годовому фонду времени работающего

$$P_{ПР} = Q_{ОБЩ} / \Phi_{ЭФ},$$

где  $Q_{ОБЩ}$  – трудоемкость годовой программы Организации по ТОиР АТ, чел.-ч;

$\Phi_{ЭФ}$  – эффективный годовой фонд времени производственного рабочего, чел.-ч/год (табл. П1.1).

4.8.2. Количество вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), конторского персонала (СКП) и младшего обслуживающего персонала (МОП) определяется в отношении от общего количества производственных рабочих (табл. П9.2).

#### 4.9. Расчет производственных площадей

4.9.1. Определение площади ангара для ТО ВС.

Площадь секции ангара определяется по формуле:

$$S_{анг} = R_a \cdot H_a,$$

где  $R_a$  – пролет ангара, м;

$H_a$  – глубина ангара, м;

$$R_a = n \cdot (R_i + 2 \cdot d) + B \cdot (n + 1),$$

где  $n$  – количество самолетов в ангарной секции (при однорядной расстановке);

$R_i$  – размах крыла  $i$ -го самолета, м;

$d$  – ширина, выступающей за консоль крыла подкрыльевой доковой платформы, м;

$B$  – ширина проезда между консолями крыла соседних ВС (или между консолями крыла и боковыми стенами ангара), м (табл. П10.1);

$$H_a = L_{BC} + A + B + b_1 + b_2,$$

где  $L_{BC}$  – длина расчетного ВС, м;

$A$  – ширина проезда между ВС и торцевой стеной ангара, м (табл. П10.1);

$B$  – ширина проезда между ВС и воротами ангара, м (табл. П10.1);

$b_1, b_2$  – ширина носовой и хвостовой доковых платформ, выступающих за габариты ВС, м.

4.9.2. Суммарная площадь производственного здания Организации по ТООР АТ при укрупненном расчете определяется по формуле:

$$\begin{aligned} S_{\text{ПР. I гр.}} &= 15000 + (Q_I - 1200) \cdot 3.75, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ПР. II гр.}} &= 13000 + (Q_{II} - 800) \cdot 5.00, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ПР. III гр.}} &= 7000 + (Q_{III} - 500) \cdot 20.0, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ПР. IV гр.}} &= 4000 + (Q_{IV} - 300) \cdot 10.0, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ПР. V гр.}} &= 2000 + (Q_V - 65) \cdot 4.00, \text{ м}^2. \end{aligned}$$

4.9.3. Площадь здания лабораторий авиационного и радиоэлектронного оборудования, ПЭССОПИ, неразрушающих и автоматизированных средств контроля определяется в зависимости от группы Организации по ТООР АТ и годового объема работ по формулам:

$$\begin{aligned} S_{\text{ЛI}} &= 4650 + (Q_I - 1200) \cdot 0.95, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ЛII}} &= 3900 + (Q_{II} - 800) \cdot 1.50, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ЛIII}} &= 2900 + (Q_{III} - 500) \cdot 2.85, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ЛIV}} &= 1950 + (Q_{IV} - 300) \cdot 2.00, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ЛV}} &= 600 + (Q_V - 65) \cdot 2.40, \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Примечание. Площадь здания лабораторий рассчитывается только при реконструкции Организации по ТООР АТ со строительством этого здания, а при проектировании новой Организации по ТООР АТ размещение лабораторий предусматривается в производственном здании Организации по ТООР АТ.

4.9.4. Площадь здания цеха главного механика горячих и вредных производств определяется в зависимости от группы Организации по ТООР АТ и годового объема работ по формулам:

$$\begin{aligned} S_{\text{ОГМИ}} &= 2600 + (Q_I - 1200) \cdot 0.25, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ОГМИI}} &= 2300 + (Q_{II} - 800) \cdot 0.50, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ОГМИII}} &= 1400 + (Q_{III} - 500) \cdot 3.50, \text{ м}^2; \\ S_{\text{ОГМИV}} &= 1100 + (Q_{IV} - 300) \cdot 1.00, \text{ м}^2. \end{aligned}$$

4.9.5. Площадь здания технических бригад, работающих на перроне, определяется по удельной площади на одного работающего по формуле:

$$S_{ТБ} = 6,5 \cdot n, \text{ м}^2,$$

где  $n$  – число работающих на ТО ВС на перроне; определяется по формуле

$$n = Q_{ПЕР} / \Phi,$$

где  $Q_{ПЕР}$  - трудоемкость участка обслуживания на перроне (табл. П5.1);

$\Phi$  – годовой фонд производственного рабочего времени (табл. П1.1).

#### 4.10. Расчет расхода энергоносителей

4.10.1. Расчет потребностей в тепловой энергии производится по группам Организаций по ТОиР АТ в зависимости от годового объема работ по формуле:

$$\begin{aligned} T_I &= 26.5 + (Q_I - 1200) \cdot 0.008, \text{ Гкал/ч;} \\ T_{II} &= 21.0 + (Q_{II} - 800) \cdot 0.014, \text{ Гкал/ч;} \\ T_{III} &= 13.0 + (Q_{III} - 500) \cdot 0.016, \text{ Гкал/ч;} \\ T_{IV} &= 4.5 + (Q_{IV} - 300) \cdot 0.023, \text{ Гкал/ч;} \\ T_V &= 2.0 + (Q_V - 65) \cdot 0.008, \text{ Гкал/ч.} \end{aligned}$$

4.10.2. Расчет потребностей в воде производится по группам Организаций по ТОиР АТ в зависимости от годового объема работ по формуле:

$$\begin{aligned} V_I &= 860 + (Q_I - 1200) \cdot 0.95, \text{ м}^3; \\ V_{II} &= 645 + (Q_{II} - 800) \cdot 1.50, \text{ м}^3; \\ V_{III} &= 310 + (Q_{III} - 500) \cdot 2.85, \text{ м}^3; \\ V_{IV} &= 130 + (Q_{IV} - 300) \cdot 2.00, \text{ м}^3; \\ V_V &= 50 + (Q_V - 65) \cdot 2.40, \text{ м}^3. \end{aligned}$$

4.10.3. Расчет потребностей в сжатом воздухе производится по группам Организаций по ТОиР АТ в зависимости от годового объема работ по формуле:

$$\begin{aligned} C_I &= 390 + (Q_I - 1200) \cdot 0.213, \text{ м}^3; \\ C_{II} &= 220 + (Q_{II} - 800) \cdot 0.175, \text{ м}^3; \\ C_{III} &= 150 + (Q_{III} - 500) \cdot 0.233, \text{ м}^3; \\ C_{IV} &= 70 + (Q_{IV} - 300) \cdot 0.300, \text{ м}^3; \\ C_V &= 30 + (Q_V - 65) \cdot 0.170, \text{ м}^3. \end{aligned}$$

4.10.4. Удельный расход электроэнергии по группам Организаций по ТОиР АТ на один нормо-час ТО следует принимать по табл. П11.1.

#### 4.11. Определение категорий помещений по пожаро- и взрывоопасности

4.11.1. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с табл. П12.1.

## 4.12. Расчет уровня механизации

4.12.1. Уровень механизации производственного процесса:

$$y_M^II = \frac{\sum_{i=1}^n T_{M_i}}{\sum_{i=1}^n T_{M_i} + \sum_{i=1}^n T_{P_i}} \cdot 100\% ,$$

где  $\sum_{i=1}^n T_{M_i}$  - сумма трудоемкостей механизированных элементов и операций производственного процесса, чел.-ч на единицу продукции;

$\sum_{i=1}^n T_{P_i}$  - сумма трудоемкостей элементов и операций производственного процесса, выполняемых ручным способом, по всему технологическому циклу, состоящему из n операций, чел.-ч на единицу продукции;  $i = 1 \dots n$  – порядковый номер операции.

4.12.2. Уровень механизации производственной операции:

$$y_M^O = \frac{T_{M_i}}{T_{M_i} + T_{P_i}} ,$$

где  $T_{M_i}$  ( $T_{P_i}$ ) - трудоемкость операции производственного процесса, выполняемой соответственно механизированным и ручным способом, чел.-ч на единицу продукции.

4.12.3. При проектировании Организаций по ТОиР АТ уровень механизации и автоматизации должен быть не менее значений, приведенных в табл. П13.1. При отсутствии данных уровень механизации производственного процесса может быть определен по данным из Приложения 16.

## 4.13. Расчет уровней специализации и кооперирования

4.13.1. Уровень технологической специализации рассчитывается по формуле:

$$y_T = Q_{\text{оп.то}} / Q_{\text{общ}} ,$$

где  $Q_{\text{оп.то}}$  – трудоемкость оперативного ТО ВС, норм.-ч.;

$Q_{\text{общ}}$  – общая трудоемкость ТО расчетного типа ВС (см. п.4.2.1).

4.13.3. Уровни предметной и технологической специализации при проектировании должны быть не менее значений, представленных в табл. П14.1.

#### 4.14. Расчет технико-экономических показателей

4.14.1. Техничко-экономические показатели (ТЭП) предназначены для оценки технического уровня и экономичности проектов на строительство новых, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение объектов АТБ, которые не могут быть ухудшены при конкретном проектировании в сопоставимых условиях.

4.14.2. Нормативные значения ТЭП представлены в табл. П15.1. ТЭП разработаны для пяти групп Организаций по ТООР АТ при минимальных и максимальных годовых объемах работ. Для промежуточных значений годовых объемов работ Организаций по ТООР АТ ТЭП в пределах одной классификационной группы следует принимать по интерполяции. Сравнить расчетные значения ТЭП с нормативными значениями и сделать выводы по результатам проектирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Эффективность процессов эксплуатации летательных аппаратов: учебное пособие. –М.: МГТУ ГА, 2011.-120 с.
2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Эффективность процессов эксплуатации летательных аппаратов: Пособие по выполнению курсового проекта по теме «Анализ эффективности процессов эксплуатации летательных аппаратов». – М.: МГТУ ГА, 2005, - 64 с.
3. Окунь Д. Факторный анализ. М.: Статистика. 1974. - 180 с.
4. Харман Г. Современный факторный анализ. М.: Наука, 1971. -175 с.
5. Ведомственные нормы технологического проектирования АТБ в аэропортах, ВНТП 11 – 85 М.: ГПИ и НИИГА «Аэропроект», 1986. – 59 с.
6. Пособие по проектированию АТБ (к ВНТП 11 – 85). – М.: ГПИ и НИИГА «Аэропроект», 1986. – 84 с.
7. Жорняк Г.Н., Лисицин В.С. Проектирование цехов и участков АТБ при техническом обслуживании ЛА. Методические указания по дипломному проектированию. – М.: МИИГА, 1984. – 56 с.

## Приложение 1

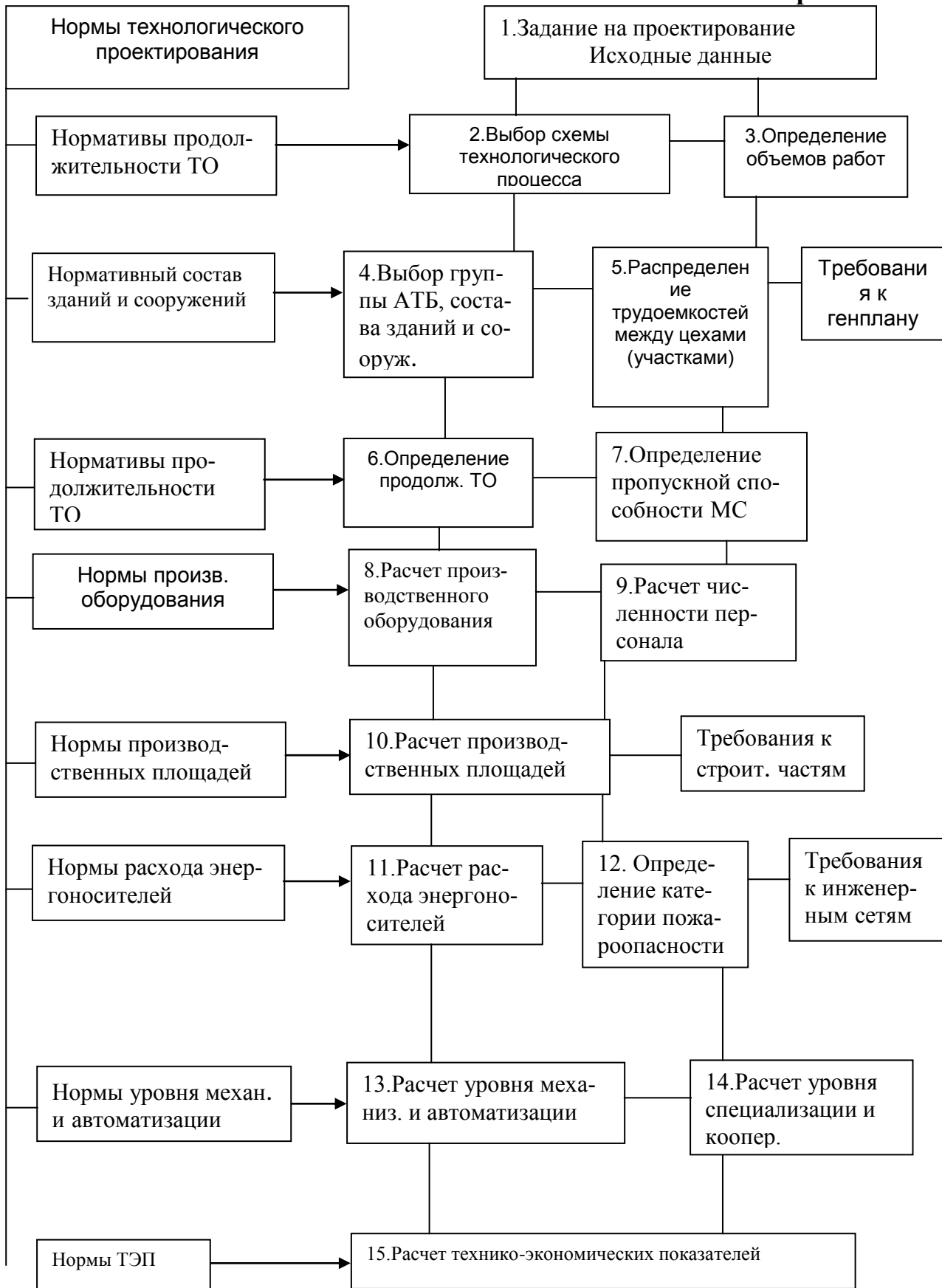


Рис. 1.1. Порядок технологического проектирования





Продолжение табл. П.1.1

Наименование	Исходные данные по вариантам									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Тип приписного расчетного ВС	Ил-114	Ан-28	Б-757	Б-737	Ил-96	А-310	Ан-30	Л-610	Ми-8	Ми-6
2. Годовой налет на одно среднесписочное ВС	2500	1500	4500	3500	3500	4000	1800	1500	1500	1500
3. Число приписных ВС	28	72	15	20	15	12	40	50	45	33
4. Количество обслуживаний транзит. ВС										
Як-40	15/5	6/3					10/4	15/5	12/4	
Ан-24	12/5	10/4					15/8	12/6	14/7	12/7
Ту-134	4/2						7/4	3/1	2/1	8/5
Як-42	3/1			8/4						4/2
Ту-154			12/4	10/5	8/3	6/4				
Ил-62			4/2		3/1					
Ил-76			3/1	3/1	4/2	3/1	3/1		3/2	6/4
Ил-86										
Ил-96			3/1		12/7	6/3				
А-310				4/2		12/8				
Б-757			10/5	5/3						
Б-767					2/1	2/1				
Ту-204			8/3			7/3				
5. Режимы работы АТБ										
- общее число смен:	2	2	4	4	4	4	2	2	4	4
- количество смен, работающих в течение суток:	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2
- продолжительность смены, ч:	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
6. Эффективные годовые фонды времени										
- ИТС	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745
- производ. рабочих	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815
- МС ангара	4078	4078	7646	7646	7646	7646	4078	4078	7646	7646
- МС мойки	4040	-	7429	7420	7420	7420	-	-	-	7420

Наименование	Исходные данные по вариантам									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Тип приписного расчетного ВС	Б-767	А-320	Ан-124	Ми-26	Ка-32	А-300	Ан-26	Ан-70	АТР-40	Ми-10
2. Годовой налет на одно среднесписочное ВС	4500	4500	4000	2000	2000	4500	2000	3000	2500	2000
3. Число приписных ВС	14	12	15	34	42	18	45	28	32	38
4. Количество обслуживаний транзит. ВС										
Як-40				10/4	8/3		12/4		14/7	12/5
Ан-24				12/5	14/4		18/9		12/5	10/4
Ту-134				7/4	3/1		4/2		6/2	8/3
Як-42										
Ту-154	12/5	10/4			2/1	10/4		10/5		
Ил-62						3/1				
Ил-76	3/1	4/2	12/8	10/8	3/1	2/1		12/7		
Ил-86	5/2	6/3	4/2							
Ил-96	2/1	2/1	2/1			3/1				
А-310		4/2								
Б-757										
Б-767	14/8		3/1							
Ту-204		8/3	10/5			8/4		4/2		
5. Режимы работы АТБ										
- общее число смен:	4	4	4	4	4	4	2	4	2	4
- количество смен, работающих в течение суток:	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2
- продолжительность смены, ч:	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
6. Эффективные годовые фонды времени										
- ИТС	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745	1745
- производ. рабочих	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1815
- МС ангара	7646	7646	7646	7646	7646	7646	4078	7646	4078	7646
- МС мойки	7420	7420	7420	7420	-	7420	-	7420	-	7420

Наименование	Исходные данные по вариантам									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1. Тип приписного расчетного ВС	Ми-2	Ан-2	Л-410 УВП							
2. Годовой налет на одно среднесписочное ВС	1500	1000	1500							
3. Число приписных ВС	72	110	60							
4. Количество обслуживаний транзит. ВС Як-40 Ан-24 Ту-134 Як-42 Ту-154 Ил-62 Ил-76 Ил-86 Ил-96 А-310 Б-757 Б-767 Ту-204	15/7 20/9	8/4 12/7	10/6 14/8 4/3							
5. Режимы работы АТБ - общее число смен: - количество смен, работающих в течение суток: - продолжительность смены, ч:	2 1 11,5	2 1 11,5	2 1 11,5							
6. Эффективные годовые фонды времени - ИТС - производ. рабочих - МС ангара - МС мойки	1745 1815 4078 - -	1745 1815 4078 - -	1745 1815 4078 - -							

## Приложение 2

Таблица П2.1

## Классификация самолетов

Группа самолетов	Тип самолета
I	Ил-62;Ил-76;Ил-96;Боинг-757;Боинг-767;А-300;А-310; А-340; ДС-10;МД-11;L-1011;Ан-124
II	Ту-154; Ту-204; Ту-134; Як-42; Ан-70; Ан-12; Боинг-737; А-320; МД-82; МД-83; МД-87
III	Ан-24;Ан-26;Ан-30;Як-40;Ил-114;Fokker-50;F-27-500; АTR-72; L-610
IV	Ан-2; Ан-28; Л-410; Caravan-1; ДО-228; Metro-111; Falcon-100

Таблица П2.2

## Классификация вертолетов

Класс вертолета	Тип вертолета
I	Ми-26; Ми-6; Ми-10; Ми-10К; Ми-8; Ка-32
II	Ми-2; Ка-126
III	Ка-18; Бо-105; Ас-355

Таблица П2.3

## Основные данные самолетов

Тип самолета	Основные размеры, м			Масса, т		Тип, кол-во, мощность (тяга) силовой установки
	длина	размах крыла	высота	взлетная	констр.	
Ил-62М	53,1	43,3	12,4	161,9	69,1	Д-30КУ,4х11000 кг
Ил-76	46,6	50,3	14,8	176,0	88,0	Д-30КП,4х12000 кг
Ил-86	60,1	48,1	15,8	210,0	113,0	НК-86,4х13000 кг
Ил-96	55,4	57,7	17,6	216,0	117,0	ПС-90А,4х16000 кг
Б-747	70,7	59,6	19,3	379,2	175,3	РВ-211-524,4х23600 кг
Б-757	47,3	38,1	13,6	109,3	58,2	РW-2037,2х17000 кг
Б-767	48,5	47,6	15,9	159,8	81,9	JT9D-7R4E,2х22200 кг
А-300	54,1	44,8	16,5	171,4	86,2	РW-4156,2х25700 кг
А-310	46,7	43,9	15,8	150,9	77,1	РW-4152,2х23100 кг
А-340	63,7	60,3	16,6	254,4	126,3	CFM56-5С,4х14500 кг
ДС-10	55,2	50,4	17,7	265,0	121,4	CF6-50С2,3х23400 кг
МД-11	61,2	51,6	17,6	274,6	125,8	РВ211-524L,3х28600 кг
Ан-124	69,1	73,3	22,5	405,0	190,0	Д-18Т,4х23400 кг

Продолжение табл. П2.3

Ту-154М	47,9	37,6	11,4	100,0	48,0	Д-30КУ,3х11000 кг
Ту-204	46,0	42,0	13,9	93,5	53,0	ПС-90А,2х16000 кг
Як-42	36,2	34,9	9,8	53,5	31,2	Д-36,3х6500 кг
Ан-70	39,7	45,2	14,7	93,1	50,0	Д-27
Б-727	46,7	32,9	10,4	95,2	46,1	JT8D-17,2х7100 кг
Б-737	33,4	28,9	11,1	56,7	31,6	CFM56-3-В1,2х8900 кг
А-320	37,6	33,9	11,8	72,4	39,3	CFM56-5,2х11100 кг
МД-87	39,8	32,9	9,3	63,9	33,3	JT8D-217В/С,2х9300 кг
Ан-24	25,5	28,2	8,3	21,8	13,9	АИ-24,2х2820 л.с.
Ан-32	23,8	29,2	8,6	27,0	13,9	АИ-20М,2х4250 л.с.
Як-40	20,4	25,0	6,5	16,1	9,3	АИ-25,3х1500 кг
Ил-114	26,6	30,0	9,3	22,7	14,4	ТВ7-117,2х2500 л.с.
Fokker-50	25,3	29,0	8,6	20,8	12,6	PW-124,2х2240 л.с.
F-27-500	25,1	29,0	8,7	20,8	12,7	МК552-7R,2х2210 л.с.
ATR-42	22,7	24,6	7,6	16,7	10,3	PW-120,2х1800 л.с.
ATR-72	27,2	27,1	7,7	20,0	12,2	PW-124,2х2400 л.с.
L-610	21,4	25,6	7,6	14,0	9,0	М-602,2х1822 л.с.
Ан-28	13,1	22,1	4,9	6,5	3,5	ТВД-10Б,2х1550 кг
L-410	14,5	20,0	5,8	6,4	4,1	М-601Е,2х750 л.с.
Caravan 1	11,5	15,9	4,5	3,7	1,9	РТ6А-114,1х600 л.с.
ДО-228	16,6	17,0	4,9	6,0	3,6	ТРЕ331-5,2х715 л.с.
Metro 111	18,1	17,4	5,1	7,3	4,1	ТРЕ331-11V,2х1000 л.с.
Falcon 100	13,86	13,1	4,6	8,8	5,0	ТЕЕ731-2,2х1466 л.с.

Таблица П2.4

## Основные данные вертолетов

Тип вертолета	Основные размеры, м			Масса, т		Тип, кол-во, мощность силовой установки
	длина	диаметр несущего винта	высота	взлетная	констр.	
Ми-26	40,0	32,0	8,2	56,0	28,2	Д-136,2х
Ми-6	41,73	35,0	9,2	42,5	28,6	Д-25В,5500 л.с.
Ми-10К	48,89	35,0	8,9	38,0	25,5	Д-25В,2х5500 л.с.
Ми-8	25,2	21,3	5,6	12,0	7,3	ТВ-2-117А,2х1500 л.с.
Ка-32	11,3	15,9	5,4	11,0	4,4	ТВ-3-117,2х2200 л.с.
Ми-2	11,86	14,5	3,8	3,6	2,4	ГТД-350,2х400 л.с.
Ка-18	10,0	10,0	3,4	1,5	1,0	АИ-14ВФ,1х280 л.с.
Бо-105	8,8	9,8	3,0	2,5	1,3	250С20В,2х420 л.с.
As-355	10,9	10,7	3,1	2,5	1,3	АГТ05 1А,2х520 л.с.

## Приложение 3

Таблица ПЗ.1

## Удельная трудоемкость ТО ВС

Группа самолета	Удельная трудоемкость ТО, чел.-ч/ч·т	Класс вертолета	Удельная трудоемкость ТО, чел.-ч/ч·т
I	0,13(0,19)	I	0,42(0,54)
II	0,19(0,25)	II	1,06(1,34)
III	0,27(0,45)	III	1,06(1,34)
IV	0,62(0,94)		

Примечание: в скобках даны значения для перспективных ЛА.

Таблица ПЗ.2

## Данные по использованию ВС

Тип ЛА	Масса конструкции, т	Межремонтный ресурс, ч	Годовая трудоемкость ТО, чел.-ч		
			Оператив. ТО	Периодич. ТО	Всего ТО
Ил-96	117,0	12000	31100	24500	55600
Ил-86	113,1	12000	23000	12300	35300
Ил-76	88,0	5000	16000	12600	28600
Ил-62М	69,1	10000	12500	10500	23000
Ту-204	53,0	9000	24400	9500	33900
Ту-154М	48,0	10000	15200	6000	21200
Ту-134	28,6	6000	9400	3650	13050
Ан-12	33,4	4000	8400	6900	15300
Як-42	31,2	10000	13500	5220	18720
Ан-24	13,9	5000	5100	1700	6800
Ан-26	16,0	5000	5320	2480	7800
Л-610	9,0		4900	1600	6500
Л-410	4,1		2550	1000	3550
Ми-8	7,3		8460	2670	11130
Ми-6	28,6		3760	1460	5200
Ми-26	28,2		14000	7000	21000

Годовой налет по каждой группе (классу) ВС должен приниматься не менее:

- для ДМС I и II гр. – 2500 ч.
- для СМС I и II гр. – 2400 ч.
- для самолетов III гр. – 1800 ч.
- для самолетов IV гр. – 1500 ч.

Таблица ПЗ.3

## Данные мойки самолетов

Тип ВС	Площадь полной поверхности обшивки ВС, м <sup>2</sup>	Удельная трудоемкость полной мойки ВС, чел.-ч/м <sup>2</sup>		Продолжительность мойки одного ВС в моечной секции ангара, мин.	
		механическим способом	вручную	механическим способом	вручную
Ил-96	2100	0,014	0,062	150	420
Ил-76	1800	0,014	0,062	120	350
Ил-62М	1250	0,014	0,062	105	310
Ту-154М	1000	0,014	0,062	75	270
Як-42	750	0,014	0,062	75	225
Ту-134А	600	0,014	0,062	65	200
Ан-24	420	0,016	0,026	60	100
Як-40	350	0,016	0,026	60	100

Таблица ПЗ.4

## Трудоемкости оперативного ТО транзитных ВС

Группа самолетов	Трудоемкость одного обслуживания, чел.-ч		Класс вертолета	Трудоемкость одного обслуживания, чел.-ч	
	в конечном а/п	в транзитном		в конечном а/п	в транзитном
I	18	9	I	12	9
II	12	6	II	9	6
III	6	3	III	6	3
IV	3	1			

## Приложение 4

Таблица П4.1

## Выбор группы Организаций по ТОиР АТ

Группа АТБ	Класс аэропорта	Годовой объем работ Организации по ТОиР АТ, тыс. чел.-ч
I	I	1200-2000
II	II	800-1200
III	III	500-800
IV	IV	300-500
V	V	65-300

Примечание: 1) Организации по ТОиР АТ с годовым объемом более 2000 тыс. чел.-ч. считать внегрупповыми  
 2) В а/п V кл. с годовым объемом работ менее 65 тыс. чел.-ч. предусматривается здание технических служб.

## Состав зданий и сооружений

Здания и сооружения	Группы Организаций по ТОиР АТ					Особые требования
	I	II	III	IV	V	
1. Ангар для ТО ЛА	+	+	+	+	-	
2. Ангар-укрытие	-	-	-	-	+	
3. Производственные здания	+	+	+	+	+	
4. Здание цеха гл. механика, горячих и вредных производств	+	+	+	+	+	
5. Ангар (ангарная секция) для мойки самолетов	+	+	+	-	-	
6. Помещения лабораторий АиРЭО, эксплуатация средств сбора и обработки информации, диагностики и НК	+	+	+	+	+	
7. Здания для ТО и текущего ремонта авиационной аппаратуры	-	-	-	-	-	В Организациях по ТОиР АТ, обслуживающих ЛА на АХР
8. Склад хранения авиационно-химической аппаратуры	-	-	-	-	-	То же
9. Здание технических бригад	-	-	-	-	-	При удалении от производственных зданий более 300 м
10. Стационарные устройства для ТО ВС: на перроне на МС на площадках для доводочных работ для запуска двигателей	+	+	+	+	-	Оборудуются швартовочными устройствами
11. Площадка для мойки ЛА с сооружениями водоснабжения и нейтрализации стоков и удаления обледенения	+	+	+	+	+	
12. Площадка приангарная	+	+	+	+	+	
13. Площадка для дегазации и мойки ВС и авиационной аппаратуры с сооружениями для нейтрализации стоков	-	-	-	+	+	
14. Площадка для размещения емкостей слива ГСМ	+	+	+	+	+	
15. Площадка для ремонта средств механизации ТО	+	+	+	+	+	
16. Площадка для хранения средств механизации ТО	+	+	+	+	+	
17. Площадка для хранения спецавтотранспорта для ТО	+	+	+	+	+	
18. Дополнительные здания и сооружения (насосная, пожаротушения и т.д.)	+	+	+	+	+	



## Приложение 5

Таблица П5.1

## Распределение общей трудоемкости ТО в Организации по ТОиР АТ

Подразделения Организации по ТОиР АТ	Группа Организаций по ТОиР АТ					По участкам, лабораториям, отделениям		
	I	II	III	IV	V	I	II	III-IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Цех оперативного ТО - участок обслуживания на перроне - участок обслуживания на МС	36	40	46	55	60	32,5 67,5		
2. Цех периодического ТО - участок испытаний АД и ВСУ - участок демонтажа АД и ВСУ - участок шасси и колес - участок ТО ВС в ангаре - участок ТО ВС на площадке доводочных работ	22	20	18	17	16	10 5 15 65 5	10 5 15 65 5	8 4 15 68 5
3. Цех лабораторной проверки и текущего ремонта ПН и РЭО - лаборатория РЭО - лаборатория приборного оборудования - лаборатория электрооборудования - аккумуляторно-зарядная станция	10	10	9	9	9	22 45 28 5	22 45 28 5	22 45 28 5
4. Цех текущего ремонта - отделение агрегатов - отделение малярных работ - отделение промывки - отделение механической обработки - отделение слесарное - отделение обойное - отделение сварочное и термическое - отделение ремонта буфетов	6	6	6	5	5	18 9 17 12 20 8 6 10	18 9 17 12 20 8 6 10	20 9 17 12 20 6 6 8
5. Цех обслуживания бытового оборудования - отделение ТО бытового оборудования и уборки салона на перроне - отделение швейное - отделение холодильное - отделение ремонта ковров	8	6	5	4	3	60 12 8 20	60 12 8 20	58 12 8 22
6. Цех подготовки производства - отделение комплектовки - отделение консервации и расконсервации - отделение складов	4	4	4	4	2	70 15 15	70 15 15	67 15 18

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7. Подразделение эксплуатации средств сбора и обработки полетной информации	5	5	5	3	3			
- участок расшифровки и анализа полетной информации						75	75	75
- отделение аварийных самописцев						18	18	18
- отделение ремонта						7	7	7
8. Лаборатории диагностики и неразрушающих методов контроля	10	10	10	2	2			
- отделение НМК						40	40	40
- отделение диагностирования						40	40	40
- отделение анализа и оценки технического состояния и надежности						20	20	20
9. Лаборатории проверки и текущего ремонта блоков и узлов НАСК	6	6	6	1				

## Приложение 6

Таблица П6.1(а)

Удельная продолжительность периодического ТО ВС, т<sub>уд</sub>

Группа самолета	Удельная продолжительность, ч/ч·т	Класс вертолета	Удельная продолжительность, ч/ч·т
I	0,0027(0,0033)	I	0,0044(0,0055)
II	0,0033(0,0044)	II	0,0167(0,0200)
III	0,0055(0,0066)	III	0,0267(0,0333)
IV	0,0155(1,0178)		

Примечание: в скобках даны значения для перспективных ЛА.

Таблица П6.1(б)

Продолжительность оперативного ТО ВС

Группа самолета	Время ТО в а/п, ч		Класс вертолета	Время ТО в а/п, ч	
	конечном	транзитном		конечном	транзитном
I	1,0	0,8	I	1,2	1,0
II	0,8	0,7	II	1,0	0,7
III	0,5	0,4	III	0,7	0,5
IV	0,5	0,3			

Примечание: в скобках даны значения для перспективных ЛА.

## Приложение 7

Таблица П7.1

## Пропускная способность одного ангарного места

Годовой налет, ч	Самолеты I гр.		Самолеты II гр.		Самолеты III гр. Вертолеты I и II кл.		Самолеты IV гр. Вертолеты III кл.	
	Годовой фонд времени МС ЛА в ангаре, ч							
	7646	4078	7646	4078	7646	4078	7646	4078
1000	19,20	10,20	33,73	16,79	47,79	23,79	71,68	35,68
1500	12,74	6,80	22,49	11,19	31,86	15,86	47,79	23,79
2000	9,56	5,10	16,87	8,40	23,89	11,89	35,84	17,84
2500	7,65	4,01	13,49	6,72	19,20	9,52	28,67	14,27
3000	6,37	3,40	11,24	5,60	15,93	7,93	23,89	11,89
3500	5,46	2,91	9,64	4,80	13,65	6,80	20,48	10,20
4000	4,78	2,55	8,43	4,20	11,95	5,95	17,92	8,42

## Приложение 8

Таблица П8.1

Величина коэффициента  $K_3$  по видам оборудования для Организаций по ТОиР АТ различных групп

Виды оборудования	Группы АТБ	
	I-III	IV, V
Станки испытательные и лабораторные установки	0,7	0,6
Моечные шкафы, ванны, установки для консервации	0,7	0,6
Сварочные агрегаты	0,6	0,55
Ручные рабочие места (рабочие столы, платформы, тележки и т.п.)	0,8	0,75

Таблица П8.2

## Подъемно-транспортные средства для цехов и участков Организаций по ТОиР АТ

Помещения и подъемно-транспортные средства	Группа обслуживаемых самолетов	Грузоподъемность, т	Рекомендуемая высота	Режим работы	Примечание
1	2	3	4	5	6
Ангар					
- подвесные краны	I	5,0	25,2	Средний «С»	Количество кранов с учетом величины пролета ангара и схемы расстановки ЛА
- подвесные краны	II	5,0	21,6	Средний «С»	
- подвесные кран-балки	III	2,0	14,4	Средний «С»	

Продолжение табл. П8.2

1	2	3	4	5	6
Участок монтажа и демонтажа авиадвигателей - кран-балка, возможно применение электродвигателей Организации по ТОиР АТ I-III гр.		5,0	7,2	Средний «С»	При надлежащем обосновании высота этих помещений может быть увеличена до 9 м
Помещение для текущего ремонта шасси и колес, воздушных винтов и агрегатов - кран-балка, возможно применение электродвигателей Организации по ТОиР АТ I, II групп Организации по ТОиР АТ I-V групп	I-III	1,0	6,0	Средний «С»	Одна кран-балка на помещение, участок
	II-IV		4,2		

Таблица П8.3

Количество машин напольного транспорта по группам  
Организаций по ТОиР АТ

Тип машин	Количество машин по группам Организаций по ТОиР АТ, ед.	
	I-II	III-IV
Электропогрузчики	3-5	2-3
Электротягачи	8-12	4-8
Электротележки	12-18	6-12

Примечание: Большие значения принимаются для Организаций по ТОиР АТ с максимальным объемом работ, меньшие – с минимальным внутри классификационной группы.

## Приложение 9

Таблица П9.1

### Эффективный годовой фонд времени

Производственный персонал	Эффективный годовой фонд времени, чел.-ч/год
Цех оперативного ТО	1745
Цех периодического ТО	1745
Цех лабораторной проверки и текущего ремонта АиРЭО	
-в цехе оперативного ТО	1745
-в лабораториях	1795
ПЭССОПИ	1795
Цех текущего ремонта	1815
Цех подготовки производства	1815
Цех обслуживания бытового оборудования	1815
Лаборатория диагностики и неразрушающих методов контроля	1795

Таблица П9.2

### Соотношение численности персонала

Категории работающих	Отношение по группам Организаций по ТОиР АТ, %				
	I	II	III	IV	V
Вспомогательные рабочие	14,0	14,0	12,0	10,0	10,0
ИТР	22,0	23,0	26,0	27,5	29,0
СКП	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0
МОП	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0

## Приложение 10

Таблица П10.1

### Ширина проезда в ангаре

Индекс проезда	Ширина проезда по группам самолетов (классам вертолетов), м			
	I	II	III (I и II кл.)	IV (III кл.)
А	5,0	5,0	4,0	4,0
Б	4,0	4,0	4,0	4,0
В	4,0	4,0	4,0	4,0

Примечание: размеры выступающих за габариты ВС частей доковых плат форм (b, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>), если нет конкретных значений, допускается принимать равными 1,0 м.

## Приложение 11

Таблица П11.1

## Удельный расход электроэнергии

Группа Организации по ТООиР АТ	Удельный расход электроэнергии на нормо-час ТОО, кВт·ч		
	Всего по Организации по ТООиР АТ	в том числе	
		силовая	осветительная
I	от 2,12 до 2,94	от 1,65 до 2,24	от 0,47 до 0,70
II	от 1,65 до 2,35	от 1,24 до 1,76	от 0,41 до 0,59
III	от 1,33 до 1,78	от 1,00 до 1,33	от 0,33 до 0,45
IV	от 1,05 до 1,47	от 0,84 до 1,16	от 0,21 до 0,31
V	от 0,84 до 1,05	от 0,63 до 0,84	0,21

## Приложение 12

Таблица П12.1

## Категории помещений по пожаро- и взрывоопасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А Взрывопожаро- опасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) с температурой воспламенения не более 28 <sup>0</sup> С в таком количестве, что могут образоваться взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и минералы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б Взрывопожаро- опасная	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 <sup>0</sup> С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные и паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1-В4 Пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла и пламени.
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

## Приложение 13

Таблица П13.1

## Уровни механизации и автоматизации

Группа Организации по ТООР АТ	Уровень механизации и автоматизации, %	
	всего механизированных работ	в том числе автоматизированных работ
I	35...37,5	10
II	35...37,5	10
III	31...33,5	7
IV	28...30,5	4
V	28...30,0	3

## Приложение 14

Таблица П14.1

## Уровни предметной и технологической специализации

Группа Организации по ТООР АТ	У <sub>п</sub>	У <sub>т</sub>
I	70-75	55-60
II	43-61	62-68
III	52-53	71-73
IV	45-80	72-74
V	80	74

## Приложение 15

Таблица П15.1

## Технико-экономические показатели Организаций по ТООР АТ

ТЭП	Группа Организации по ТООР АТ									
	I		II		III		IV		V	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Годовой объем работ Организации по ТООР АТ, тыс.нормо-ч	1200	2000	800	1200	500	800	300	500	65	300
Годовой объем работ на 1 м <sup>2</sup> площади производственного здания, нормо-ч/м <sup>2</sup>	28,2	34,4	24,3	29,5	23,4	27,4	32,9	33,4	29,5	41,6
Численность персонала Организации по ТООР АТ	1250	1650	850	1250	550	870	360	560	90	360

Продолжение табл. П15.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Производительность труда, нормо-ч/чел. производственных рабочих	1217	1546	1192	1217	1190	1190	1098	1156	942	1098
Удельные трудозатраты на 1 час налета										
-операт. ТО	8,0	8,9	6,0	8,0	5,5	6,0	5,0	5,5	4,2	5,0
-период. ТО	4,0	7,1	3,0	4,0	2,5	3,0	2,2	2,5	1,8	2,2



## Расчет уровня механизации

Уровень механизации производственной операции:

$$y_M^{ОП} = \frac{T_M^{ОП}}{T_{ОБЩ}^{ОП}},$$

где  $T_M^{ОП}$  - трудоемкость механизированной части операции;  
 $T_{ОБЩ}^{ОП}$  - общая трудоемкость операции.

Дозаправка ВС топливом:

$$T_M^{ОП} = 1,0 \text{ чел.-ч};$$

$$T_{ОБЩ}^{ОП} = 2,0 \text{ чел.-ч};$$

$$y_M^{ОП} = \frac{1,0}{2,0} = 0,5.$$

Дозаправка ВС маслом:

$$T_M^{ОП} = 0,75 \text{ чел.-ч};$$

$$T_{ОБЩ}^{ОП} = 1,50 \text{ чел.-ч};$$

$$y_M^{ОП} = \frac{0,75}{1,50} = 0,5.$$

Дозаправка ВС водой:

$$T_M^{ОП} = 0,7 \text{ чел.-ч};$$

$$T_{ОБЩ}^{ОП} = 1,3 \text{ чел.-ч};$$

$$y_M^{ОП} = \frac{0,7}{1,3} = 0,56.$$

Расчет уровня механизации производственного процесса дозаправка ВС

$$y_M^{ОП} = \frac{\sum_1^3 T_M^{ОП}}{\sum_1^3 T_{ОБЩ}^{ОП}},$$

где  $i = 1 \dots 3$  – порядковый номер операции.

$$y_M^{ОП} = \frac{(1,0 + 0,75 + 0,7)}{(2,0 + 1,50 + 1,25)} = 0,52.$$

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**Кафедра технической эксплуатации ЛАиАД**

«Проверен»  
Руководитель КП

\_\_\_\_\_  
степень, звание, Ф.И.О.  
\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

«Защищен»

с оценкой \_\_\_\_\_  
Комиссия

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

**КУРСОВАЯ РАБОТА  
по дисциплине « Техническая эксплуатации  
летательных аппаратов и двигателей»**

**НА ТЕМУ  
«Проектирование системы технической  
эксплуатации летательных аппаратов  
и анализ ее эффективности»**

Курсовую работу выполнил  
Студент \_\_\_\_\_  
Ф.И.О. (подпись)  
Шифр \_\_\_\_\_  
Группа \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_

Москва 20 \_\_\_\_\_