

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»  
(Самарский университет)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ,  
РЕМОНТА И ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Регистрационный № <u>54-2017</u>
<b>ХРАНИТСЯ НА КАФЕДРЕ</b>
МАЛЫЙ ТИРАЖ <u>20</u> экземпляров

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**Кафедра эксплуатации авиационной техники**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, РЕМОНТА И ИСПЫТАНИЙ  
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

**САМАР 2017**

УДК 629.7.017

Составители: Макаровский Игорь Мстиславович

Киселев Денис Юрьевич

Данильченко Александр Иванович

Гареев Альберт Минсасхатович

Канунников Игорь Петрович

Стройкин Александр Николаевич

Совершенствование технологического процесса технического обслуживания, ремонта и испытаний авиационной техники, метод. указания к выполнению выпускной квалификационной работы / сост. И. М. Макаровский, Д.Ю. Киселев, А.И. Данильченко, А.М. Гареев, И.П. Канунников, А.Н. Стройкин - Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. – 20с.: ил.

Методические указания содержат сведения, необходимые для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР). Приведены рекомендации по сбору материалов и выполнению проекта, составлению расчетно-пояснительной записки и оформлению графической части.

Раздел 2.1 следует также использовать в качестве методических указаний для выполнения курсового проекта по дисциплине «Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов». Раздел 2.2 следует использовать в качестве методических указаний для выполнения курсового проектов по дисциплинам «Производство и ремонт летательных аппаратов и двигателей» и «Производство и ремонт энергетических установок с авиационным газотурбинным приводом».

Предназначены для студентов направления подготовки 25.03.01 «Эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»

Разработаны на кафедре «Эксплуатация авиационной техники».

<b>Оглавление</b>	
<b>1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</b>	<b>4</b>
1.1 Тематика ВКР	4
1.2 Структура и содержание ВКР	4
1.2.1 Содержание и объем пояснительной записки	5
1.2.2 Содержание и объем графической части	6
<b>2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ВКР</b>	<b>7</b>
2.1 АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЪЕКТА ТО (Р)	7
2.1.1 Анализ эксплуатационной надежности	7
2.1.2. Анализ эксплуатационной (ремонтной) технологичности	12
<b>2.2 АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (РЕМОНТА)</b>	<b>16</b>
2.2.1 Анализ структуры процесса	16
2.2.2 Анализ технологической оснащенности процесса	16
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>19</b>

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1 Тематика ВКР

Задания на ВКР предусматривают совершенствование технологического процесса ТО (Р) определенной системы (узла) самолета, вертолета или авиадвигателя, а также систем энергетических установок с авиационным газотурбинным приводом и их приводных двигателей применительно к условиям прохождения предшествующей производственной практики. Задания составляются с учетом реальных потребностей предприятия, на которых студенты проходят практику и выдаются студентам до начала практики.

Допускаются задания по специальной тематике, являющейся продолжением научно-исследовательской работы студентов (НИРС) или определяемой потребностями кафедры. В этом случае в заданиях должны быть четко сформулированы тема ВКР, перечень вопросов, подлежащих рассмотрению в ВКР, и дана их краткая аннотация. Подобные темы должны в обязательном порядке рассматриваться и утверждаться на заседании кафедры ЭАТ.

Работа над ВКР требует большой инициативы и самостоятельности, так как готовые методики расчетов в большинстве случаев отсутствуют. Их разрабатывают или подбирают по литературным источникам непосредственно в ходе работы над ВКР. Технические решения принимают на основе результатов анализа реальных объектов и действующих технологических процессов. Они должны быть направлены на обеспечение надежности изделий, повышение качества и снижение трудоемкости работ по ТО (Р). При решении поставленных задач предполагается использование современных достижений в области конструирования, производства, эксплуатации и ремонта АТ и энергетических установок с авиационным газотурбинным приводом.

### 1.2 Структура и содержание ВКР

ВКР отличаются разнообразием тематики, что объясняется большой номенклатурой рассматриваемых объектов и технологий ТО (Р). Несмотря на это, основная часть ВКР должна иметь типовую структуру основной части (рис. 1) и заданный объем представляемых на защиту материалов. Все отклонения от типовой структуры должны быть согласованы с руководителем и внесены в задание до начала работы над ВКР.

Кроме разделов основной части ВКР должна содержать раздел «Специальная тема». Этот раздел должен носить исследовательский характер. Содержание этого раздела может быть направлено на обоснование методики исследования причин появления неисправности, на обоснование выбора принципа работы разрабатываемого оборудования, на выбор и обоснование методов диагностики, определенной в задании системы (узла) самолета, вертолета или авиадвигателя, также систем энергетических установок с авиационным газотурбинным приводом и их приводных двигателей.

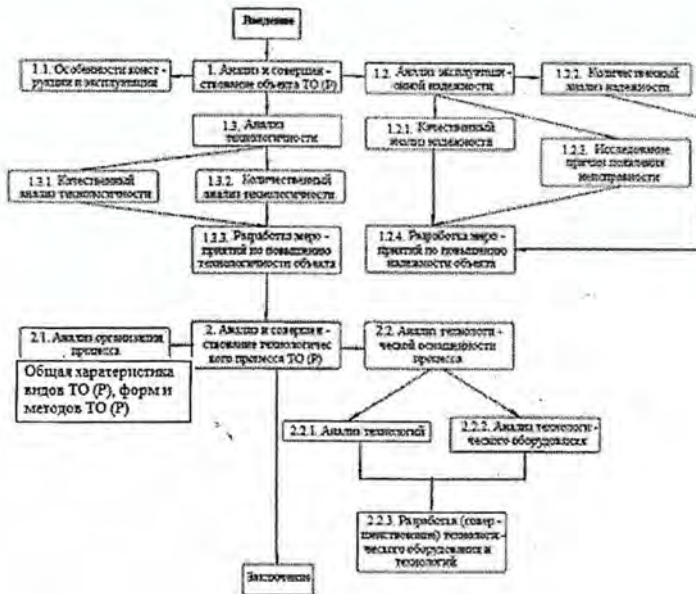


Рис. 1. Структура и содержание основной части ВКР

Принятая структура проекта и последовательность выполнения работ фиксируются путем составления плана - графика ВКР, который подлежит обязательному исполнению. Следует учитывать, что качество и своевременность выполнения предшествующих разделов предопределяет качество и трудоемкость последующих и всего проекта в целом.

### 1.2.1 Содержание и объем пояснительной записки

Пояснительная записка оформляется согласно [1]. В пояснительной записке кратко излагается сущность рассматриваемых вопросов. При этом следует избегать многословия и переписываний из учебников и других литературных источников общеизвестных положений. Все инженерные расчеты выполняются в системе СИ с представлением исходных формул и промежуточных расчетов. В конце каждого раздела делаются краткие выводы (обобщения) по результатам выполненной работы.

Учебный текстовый документ выполняется на одной стороне листа бумаги белого цвета формата А4 (210×297 мм). Основным способом выполнения подлинника учебного текстового документа является компьютерный набор с использованием печатающих и графических устройств вывода. Цвет текста должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков – не менее 1,8 мм (кегель не менее 12, рекомендуется 14), полужирный шрифт не допускается.

Размеры полей: справа – не менее 10 мм, сверху и снизу – не менее 20 мм, слева – не менее 30 мм.

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;

- задание;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- специальную часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

**Во введении** кратко формулируются цель и задачи ВКР, вытекающие из общих направлений развития гражданской авиации или систем транспорта газа; обосновывается актуальность решаемых задач в соответствии с современной программой технической эксплуатации АТ или планово-предупредительной системой ТО и Р газоперекачивающего агрегата.

**Основная часть** пояснительной записки включает следующие разделы.

По первому разделу:

1. Анализ и совершенствование объекта ТО (Р).
  - 1.1. Особенности конструкции, эксплуатации ремонта.
  - 1.2. Анализ эксплуатационной надежности.
  - 1.3. Анализ эксплуатационной технологичности объекта.
  - 1.4. Мероприятия по совершенствованию объекта.

По второму разделу:

2. Анализ и совершенствование технологического процесса ТО (Р).
  - 2.1 Анализ организации технологического процесса.
  - 2.2 Анализ технологической оснащенности технологического процесса.
  - 2.3 Мероприятия по совершенствованию технологического процесса.

**Специальная часть**, как правило, должна быть посвящена обоснованию выбора принципа работы, разрабатываемого технологического оборудования, разработке методики исследования причин проявления отказов, выбору и обоснованию методов контроля и диагностики, определенной в задании системы (узла). Не рекомендуется выполнение этого раздела в обзорно-реферативной форме.

**В заключении** приводятся краткие выводы и результаты выполненной работы.

**Список использованных источников** составляется в порядке упоминания по тексту записки. Ссылки на литературные источники в пояснительной записке приводятся в квадратных скобках.

Страницы пояснительной записки, включая титульный лист, рисунки и таблицы, должны иметь сквозную нумерацию. На лицевой стороне обложки пояснительной записки указывается название ВКР, сведения об авторе и год написания.

### 1.2.2 Содержание и объем графической части

Графическая часть ВКР представляется в виде чертежей общего вида и плакатов, выполненных на белой чертежной бумаге стандартных форматов. По согласованию с руководителем могут быть представлены сборочные и рабочие чертежи отдельных наиболее ответственных элементов конструкций (деталей, узлов). В основу конструкторских разработок могут быть положены образцы действующего технологического оборудования, однако при этом следует избегать

механического перенесения готовых конструктивных решений. Слабая проработка прототипов существенно затрудняет работу над проектом и ставит под сомнение возможность его успешной защиты.

Графическая часть проекта выполняется согласно ЕСКД и включает следующие материалы.

**По первому разделу:** плакаты в объеме 2-3 листа формата А1 к разделу «Анализ и совершенствование объекта ТО (Р)». Представляются плакаты, на которых отражаются конструктивные особенности объекта, топография и характер дефектов (неисправностей), результаты исследования неисправностей, а также сущность мероприятий, направленных на повышение надежности объекта.

**По второму разделу:** чертежи в объеме 3-4 листа формата А1 к разделу «Анализ и совершенствование технологического процесса ТО (Р)». На листах представляются чертежи нового (доработанного) технологического оборудования, содержащие необходимое количество проекций, разрезов и сечений с указанием габаритных и установочных размеров, указания по выполнению неподвижных и подвижных соединений, нумерация деталей для составления спецификации, основные технические характеристики и технические требования по его изготовлению.

**По специальной части:** плакаты в объеме 1-2 листа формата А1.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ВКР

### 2.1 АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЪЕКТА ТО (Р)

#### 2.1.1 Анализ эксплуатационной надежности

Анализ эксплуатационной надежности служит основой для обоснования мероприятий по совершенствованию технологических процессов ТО (Р) и конструкции объекта.

При решении задач надежности в ВКР, находящиеся в эксплуатации изделия рассматриваются как несоставляемые объекты.

В состав работ, выполняемых при анализе надежности, входят:

1. Качественный анализ надежности.
2. Количественный анализ надежности.
3. Исследование неисправностей.
4. Разработка мероприятий по повышению надежности, объекта.

#### Качественный анализ надежности

Результаты выполнения анализа надежности во многом зависят от представительности собранных статистических данных об отказах и неисправностях заданного объекта, которые представляют в виде таблицы 1 [6, 7, 8].

В графе «Характер отказа» указывают сущность неисправности, следствием которой явилось нарушение работоспособности (отказ) объекта (разрушение элемента конструкции, нарушение герметичности, зависание клапана и т. д.).

В графе «Повторяемость» указывают общую наработку объекта до отказа, выраженную в часах налета, циклах или посадках. Если такие сведения отсутствуют, то приводят качественные характеристики повторяемости (единичные случаи, массовый дефект, на 60% объектов и т. д.).



Таблица 1 – Статистические данные об отказах и неисправностях (указать наименование объекта)

№ п/п	Наименование (шифр) узла, агрегата, детали	Характер отказа	Повторяемость, ч	Обстоятельства и способ обнаружения	Предполагаемая причина	Классификация
1	Барабан колеса КТ-141Е	Трещина по упору съемной реборды	750, 830, 900, 1050, 1100, 1120, 1320	При ТО (токовибревой контроль)	Недостаточная усталостная прочность	КПН
2 и т. д.						

В графе «Обстоятельства и способ обнаружения» указывают способ и место обнаружения отказа (по указателю температуры при запуске двигателя, лабораторный контроль и т. д.).

В графе «Предполагаемая причина» указывают известную (предполагаемую) причину возникновения отказа (недостаточная герметизация, перезатяжка резьбового соединения и т. д.).

В графе «Классификация» указывают возможное (предполагаемое) причины происхождения отказа:

- конструктивный недостаток (К);
- производственный недостаток (П);
- конструктивно - производственный недостаток (КПН);
- нарушение технологии ремонта (Р);
- нарушение правил эксплуатации (Э).

В пояснительной записке приводятся сведения об источниках получения статистических данных.

На основе данных таблицы 1 проводится качественный анализ надежности объекта. При этом анализируют влияние отказов объекта на безопасность и регулярность полетов, рассматривают характерные причины возникновения отказов, сущность мероприятий по их предупреждению, производят группирование отказов по повторяемости, причинам возникновения, последствиям, методам выявления и т. д. Результаты группирования отказов представляют в пояснительной записке в виде круговых или прямоугольных диаграмм, отражающих процентное соотношение различных групп отказов.

Дается общая характеристика надежности объекта, указываются наиболее опасные и часто повторяющиеся отказы, причину их возникновения, выбираются объекты для количественного анализа надежности и исследования неисправностей.

### Количественный анализ надежности.

Количественный анализ надежности заключается в определении теоретического закона распределения наработки объекта до отказа и его параметров. Определяется фактическая надежность объекта в пределах назначенного ресурса, а также необходимость проведения мероприятий, направленных на повышение его надежности. При выполнении данного раздела иметь дело с ограниченным объемом статистических данных, что требует, применяются специальных методов расчета параметров надежности, изложенные в [2].

#### Производят оценку надежности объекта.

Конечным результатом работы является сравнение фактических значений характеристик надежности с нормативными величинами. В качестве нормативных величин можно выбрать либо гамма-процентную наработку до первого отказа, либо коэффициент  $K_{1000}$ .

Гамма-процентная наработка ( $t_\gamma$ ) – это наработка, в течение которой изделие проработает до первого отказа с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

По Нормам летной годности воздушное судно допускается к эксплуатации, если оно спроектировано и построено так, что в ожидаемых условиях эксплуатации, при действии экипажа в соответствии с требованиями Руководства по летной эксплуатации, суммарная вероятность возникновения катастрофической ситуации, вызванной отказом функциональных систем, не превышает  $10^{-7}$ , аварийной ситуации  $10^{-6}$ , сложной ситуации  $10^{-4}$  на один час типового полета.

Для анализа надежности можно принять допустимую вероятность отказа  $Q(t=1)=10^{-4}$ , а вероятность безотказной работы  $P(t=1)=0,9999$  и, соответственно,  $\gamma=99,99\%$ . В этом случае величина  $t_{99,99}$  должна быть не менее 1 часа.

Уровень эксплуатационной надежности изделий АТ оценивается также с использованием показателя  $K_{1000}$ :

$$K_{1000} = \frac{n_\Sigma \cdot 1000}{T_\Sigma},$$

где  $n_\Sigma$  – суммарное число отказов и неисправностей (досрочных снятий с эксплуатации);

$T_\Sigma$  – суммарная наработка всех однотипных объектов за отчетный период эксплуатации.

### Исследование причин неисправностей.

Определение причин возникновения неисправностей обычно представляет значительную трудность, так как для этого приходится прибегать к проведению специальных исследований (металлографическому анализу, механическим испытаниям и т. д.), а также к выполнению прочностных поверочных расчетов. При выполнении курсового проекта предпочтение отдается поверочным расчетам конструкций с учетом реальных условий нагружения. Расчеты ведутся с использованием типовой или специальной методики, разработанной применительно к решению конкретной задачи.

В качестве объектов исследования обычно выбирают неисправности, для которых выполнялся количественный анализ надежности. Необходимо учитывать также наличие готовых методик расчета, наличие информации об условиях

периодичность проверок при этом определяют согласно [4]. Проверки совмещают с действующими формами ТО.

Техническое направление базируется на повышении запаса работоспособности объекта. Здесь могут быть предложены мероприятия по совершенствованию конструкции или технологии изготовления изделия, введение входного контроля прочности, ограничений нагрузок и т. д.

Предлагаемые мероприятия должны быть реальными в исполнении и технически обоснованы, не должны влиять на основные функциональные и весовые характеристики объекта. Сущность мероприятий представляют в записке в виде расчетов, а на листах - в виде чертежей объекта до и после доработки его конструкции.

### 2.1.2. Анализ эксплуатационной (ремонтной) технологичности

К числу важнейших показателей, характеризующих эксплуатационные качества исследуемого в ВКР изделия, относится эксплуатационная технологичность (ЭТ) и ремонтная технологичность (РТ). Под ЭТ (РТ) понимается совокупность заданных и конструктивно реализованных свойств конструкции, определяющих ее приспособленность к выполнению работ по ТО (Р) с минимальными затратами труда, времени и средств. Проблема обеспечения ЭТ (РТ) изделий является составной частью общей проблемы надежности.

Заданные свойства ЭТ (РТ) объектов обеспечиваются в процессе создания и изготовления изделия. В условиях эксплуатации эти свойства реализуются и совершенствуются с учетом реальных требований и возможностей типовых технологических процессов. Так, переход на эксплуатацию изделий по техническому состоянию (ТЭС) требует пересмотра практически всех свойств ЭТ (РТ) конструкций.

Анализ ЭТ (РТ) может носить качественный и количественный характер. В первом случае реальные свойства объекта сопоставляются с рядом специфических требований, предъявляемых к конструкции при выполнении типовых работ (смазочных, регулировочных, заправочных и т. д.).

При проведении количественного анализа ЭТ (РТ) используется ряд обобщенных (основных) и единичных (дополнительных) показателей. Обобщенные показатели характеризуют изделие в целом со стороны затрат труда, материалов, запасных частей, времени и других показателей, определяющих эффективность его использования. Единичные показатели характеризуют отдельные специфические свойства изделий. К ним относятся: показатель доступности ( $K_d$ ), легкосъемности ( $K_L$ ), взаимозаменяемости ( $K_B$ ), удобства работ

( $K_{уд}$ ) и другие. Конструкция считается технологичной, если она отвечает требованиям ЭТ (РТ), а значения показателей соответствуют нормативам. Нормирование показателей ЭТ (РТ) обычно проводится с учетом показателей лучших образцов отечественной и зарубежной техники.

В состав работ, выполняемых при анализе ЭТ (РТ) объекта, входят:

1. Качественный анализ ЭТ (РТ).
2. Количественный анализ ЭТ (РТ).
3. Разработка мероприятий по повышению ЭТ (РТ).

### Качественный анализ ЭТ (РТ)

В начале раздела дается общая характеристика объекта с точки зрения приспособленности его конструкции к выполнению типовых работ по ТО (Р): состав и размещение компонентов конструкции изделия; наличие быстросъемных панелей и лючков, обеспечивающих подход к месту проведения работ; способы крепления и взаимозаменяемость компонентов конструкции; способы контроля резьбовых соединений; степень унификации технологического и вспомогательного оборудования, удобство выполнения работ и т.д.

В настоящее время отработаны общие технические требования по обеспечению ЭТ (РТ) изделия при выполнении типовых работ по ТО (Р). Они позволяют провести качественный анализ ЭТ (РТ) объекта и наметить пути его совершенствования. Анализ проводят путем сопоставления требований к ЭТ (РТ) изделий [5] с реальными свойствами объекта. Результаты анализа и оценки ЭТ (РТ) представляют в виде таблицы 2.

Таблица 2. – Результаты качественного анализа и оценки ЭТ (РТ) \_\_\_\_\_  
(указать, наименование объекта)

№ треб	Содержание требований	Соответствие требованиям	Примечания
1	Регулировка двигателя должна производиться без демонтажа агрегатов, узлов и деталей с двигателя	Соответствует	Сложность в проведении регулировочных работ связана с наличием контроля на защитных колпачках регулировочных винтов
2 и т.д.		*	

Вывод: (дать заключение о ЭТ (РТ) объекта, указав процент соответствия требованиям)

Качественная оценка ЭТ (РТ) объекта дается по числу фактически удовлетворяемых требований  $K_{квч} = N_{уд} / N \cdot 100\% \geq 90\%$

### Количественный анализ ЭТ (РТ)

Обнаружение, устранение и предупреждение отказов и неисправностей, а также трудоемкость и время выполнения типовых операций ТО (Р) зависят от доступности, легкодоступности объекта, а также от удобства работы инженерно-технологического персонала. ЭТ (РТ) и свойства конструкции характеризуются рядом единичных показателей (безразмерных коэффициентов), расчет которых производится на основе хронометража работ, выполненного студентом в период прохождения производственной практики.

Под доступностью понимается приспособленность объекта к выполнению работ по ТО (Р) с минимальным объемом дополнительных операций (снятие панелей, капотов, демонтаж мешающих элементов, слив топлива и т. д.).

Доступность объекта характеризуется показателем доступности  $K_d$ , который определяет долю дополнительных работ  $T_{доп}$  (подход, подготовка рабочего места и т.д.) в общей трудоемкости операции  $T_{общ}$ :

$$K_L = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{общ}} = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{доп} + T_{осн}}$$

где  $T_{осн}$  - трудоемкость основных работ операции.

Задача обеспечения доступности объектов решается в направлении оптимизации компоновки конструкции, использования быстросъемных панелей, лючков и т. д.

Под *легкосъемностью* понимается приспособленность объекта к замене комплектующих изделий при минимальном объеме дополнительных операций. Легкосъемность характеризуется показателем легкосъемности  $K_L$ , который определяет долю дополнительных работ  $T_{доп}$  (подход, подготовка рабочего места) в общем объеме работ по замене  $T_{зам}$  комплектующих изделий:

$$K_L = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{зам}} = 1 - \frac{T_{доп}}{T_{доп} + T_{дм}}$$

При наличии нормативов на  $T_{зам}$  [5, 7] легкосъемность может оцениваться по разнице фактической и эталонной трудоемкости замены компонента:

$$K_L = \frac{\Delta T_{зам}}{T_{зам}^*} = 1 - \frac{T_{зам} - T_{зам}^*}{T_{зам}^*} \geq 0,9.$$

Легкосъемность объектов достигается путем рационального размещения комплектующих изделий на ЛА, применения быстроразъемных соединений и т. д.

Под *взаимозаменяемостью* понимается приспособленность объекта к замене комплектующих изделий при минимальном объеме подгоночных и регулировочных работ. Взаимозаменяемость характеризуется показателем взаимозаменяемости  $K_B$ , который определяет долю работ по взаимной увязке стыков и разъемов (подгонка, регулировка, подстройка и т.д.) в объеме демонтажно-монтажных работ  $T_{дм}$ :

$$K_B = 1 - \frac{T_{подг}}{T_{подг} + T_{дм}}$$

Взаимозаменяемость достигается путем применения технологических компенсаторов, элементов, не требующих подгонок, подгибок и т. д.

Под *удобством работ* понимается приспособленность объекта к выполнению работ в удобной для исполнителей позе. В зависимости от вынужденной позы (стоя, сидя, лежа и т. д.), принимаемой исполнителем во время работы, требуется различное время для выполнения одной и той же операции, т. е. имеет место различная производительность труда.

Удобство работ характеризуется показателем  $K_{уд}$ , который определяет долю времени выполнения работ в неудобной позе  $\sum t_{нп}$  в общем времени выполнения операции  $\sum t_i$

$$K_{уд} = 1 - \frac{\sum t_{нп}}{\sum t_i} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n K_{нп} t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

где  $t_i$  - среднее время выполнения  $i$ -й работы, ч;

$n$  - количество работ целевой операции;

$K_{nm}$  - коэффициент снижения производительности труда при выполнении  $i$ -й работы [5, 7].

Количественная оценка ЭТ (РТ) изделия производится путем сопоставления реальных  $K$ , и нормативных  $K^*$  значений показателей. Нормативные значения показателя  $K_d^*$  и  $K_b^*$  для некоторых операций ТО представлены в таблицах [5, 7].

Объект считается достаточно технологичным, если значения оценочных показателей

$$\bar{K}_i = \frac{K_i}{K_i^*} > 1$$

В противном случае принимается решение о необходимости совершенствования конструкции объекта.

Данные хронометража работ и результаты количественной оценки ЭТ (РТ) представляются в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Данные хронометража и результаты, количественной оценки ЭТ (РТ) (указать наименование объекта и операции ТО)

№ работ	Содержание работ	Количество исполнителей	Время выполнения, ч	Трудоемкость, чел.-ч	Поза исполнителя
1 2 и т.д.	Расконтрить замки и открыть капоты двигателя	2	0,2	0,4	Стоя на стремянке, руки вверх
Вывод: (дать заключение об ЭТ (РТ) объекта, указав значения оценочных показателей).					

#### Разработка мероприятий по повышению ЭТ (РТ)

Мероприятия по повышению ЭТ (РТ) объекта заключаются в доработке его конструкции. В зависимости от результатов качественного и количественного анализа ЭТ (РТ) разрабатываются мероприятия по обеспечению доступности, легкосъемности или удобства работ. Сущность мероприятий определяется путем изучения особенностей конструкции объекта, а также аналогичных конструктивных решений на других типах аналогичных изделий. Одним из направлений совершенствования ЭТ (РТ) объекта является использование известных конструктивных решений, отвечающих требованиям ЭТ (РТ). В этом случае не требуется производить прочностные и весовые расчеты конструкций, так как эталонные объекты уже прошли проверку в условиях эксплуатации.

В случаях использования оригинальных решений необходимо произвести прочностные и весовые расчеты конструкции с целью технического обоснования предложенных решений. Предлагаемые изменения конструкции не должны влиять на прочностные, весовые и функциональные характеристики объекта. В пояснительной записке представляются результаты расчетов, а также эскиз объекта (узлов, деталей) до и после проведения доработок конструкции.

Оценку эффективности мероприятий по повышению ЭТ (РТ) проводят по изменению значений оценочных показателей, сокращению простоев изделия на ТО

(Р) и т. д. При этом используют данные условного хронометража работ с учетом предлагаемых мероприятий.

Мероприятия по повышению ЭТ (РТ) объекта можно считать эффективными (без учета величины дополнительных капитальных вложений, идущих на совершенствование конструкции), если:

- значения единичных показателей ЭТ (РТ) приблизились к нормативным;
- сократилось время простоя изделия на ТО (Р) и т. д.

Результаты оценки эффективности мероприятий по совершенствованию ЭТ (РТ) объекта представляются в виде таблицы 13 с учетом ожидаемых изменений в структуре и содержании работ.

## 2.2 АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (РЕМОНТА)

### 2.2.1 Анализ структуры процесса

В данном разделе дается общая характеристика видам, формам и методам ТО и Р, характерным для организации, в которой проходил практику студент.

### 2.2.2 Анализ технологической оснащенности процесса

Технологии ТО (Р) разрабатываются заводами - изготовителями, ремонтными заводами. В технологиях оговариваются последовательность и содержание работ, используемое оборудование и инструмент, а также другие сведения, необходимые для выполнения типовых технологических операций. На практике разработанные технологии и оборудование не всегда обеспечивают высокую производительность и качество выполнения работ. Это объясняется тем, что реальные процессы ТО (Р) отличаются большим разнообразием условий проведения. Кроме того, идет непрерывное совершенствование регламентов и технологий ТО (Р) изделий. В результате технологии и технологическое оборудование приходят в несоответствие с задачами и содержанием работ по ТО (Р). Кроме того, разработанные технологии и оборудование не всегда отвечают современному уровню научно - технического прогресса.

Исходными предпосылками для совершенствования технологий ТО (Р) объекта являются:

- изменения в составе и содержании работ по ТО (Р);
- результаты анализа ЭТ (РТ);
- результаты анализа эксплуатационной надежности;

С учетом характера поставленной задачи выбирается место и направление совершенствования технологического процесса (разработка средств контроля и испытаний, механизация работ, снижение трудоемкости, повышение качества ТО (Р), улучшение условий и повышение культуры труда и т. д.).

Данный раздел проекта включает:

- анализ технологий и технологического оборудования;
- разработку (совершенствование) технологического оборудования;
- разработку (совершенствование) технологий.

### Анализ технологий и технологического оборудования

Анализу подвергают действующие технологии ТО (Р) заданного объекта. При этом обращают внимание на соответствие перечня и содержания выполняемых

работ требованиям регламента и технологических указаний, уровень механизации и автоматизации работ, наличие и эффективность использования технологического оборудования, соблюдение норм техники безопасности и культуру труда исполнителей.

В пояснительной записке приводят описания технологий выполнения типовых операций (промывка фильтров, испытание насоса и т. д.), дают характеристики используемого оборудования (стендов, установок, приспособлений, инструмента и т. д.).

Намечают мероприятия по разработке (совершенствованию) технологий и оборудования.

### **Разработка (совершенствование) технологического оборудования**

Вне зависимости от поставленной задачи можно выделить следующие этапы проектирования:

- составление технического задания;
- составление принципиальной схемы;
- подбор комплектующих изделий;
- эскизная компоновка конструкции;
- расчет нестандартных элементов;
- окончательная компоновка конструкции;
- составление технического описания;
- составление инструкции по эксплуатации;
- составление инструкции по технике безопасности;
- оценка технико-экономической эффективности проекта.

Приступая к проектированию, студент должен отчетливо представлять назначение и технические требования, предъявляемые к разрабатываемому оборудованию. Техническое задание на оборудование составляется на основе выявленных недостатков, существующего оборудования и технологий, анализа современных технических решений в данной области (например, проведенного в спецтеме), анализа патентной информации. Техническое задание должно содержать исходные данные, необходимые для выбора его технических характеристик (назначение, перечень измеряемых параметров, точность измерений, режимы работы, производительность, габариты, вес, требования к технике безопасности и т. д.).

Принципиальная схема проектируемого оборудования позволяет наглядно представить принцип его работы, выбрать способы и средства получения рабочих воздействий, измерения параметров, определить номенклатуру и характеристики комплектующих изделий, узлов и деталей. Принципиальная схема представляется в пояснительной записке.

Исходя из принятой принципиальной схемы производят подбор комплектующих изделий (источников давления, емкостей, кранов, арматуры, электродвигателей, редукторов, измерительных приборов и т. д.). Предпочтение отдают изделиям массового производства. Комплектующие изделия подбирают путем сопоставления их технических характеристик с требованиями, предъявляемыми к данному элементу конструкции. Для этого производят расчет потребных технических характеристик отдельных структурных элементов



(источников питания, силовых агрегатов и т. д.) с учетом принятой принципиальной схемы и технического задания.

Исходя из принципиальной схемы и технических характеристик комплектующих изделий производят предварительную (эскизную) компоновку конструкции. На этом этапе проектирования размеры конструкции задают интуитивно (без расчета). Главное, чтобы конструкция обеспечивала выполнение заданных функций, отличалась простотой изготовления и удобством эксплуатации.

Силовые и кинематические расчеты при проектировании стенов, установок и приспособлений обычно не сложны. Выбирают наиболее ответственные и нагруженные элементы и расчетным путем подбирают их параметры, материалы и т. д. При выполнении расчетов используют учебные пособия, справочники и другую литературу.

После проведения эскизной компоновки и поверочных расчетов нестандартных элементов приступают к окончательной компоновке конструкции. На этом этапе проектирования можно использовать чертежи аналогичных конструкций, каталоги комплектующих элементов и т. д.

При выполнении проекта обычно ограничиваются чертежом общего вида, на основе которого при необходимости разрабатывается рабочая документация: рабочие чертежи узлов и деталей, сборочный чертеж, спецификация, монтажный и габаритный чертежи.

Согласно ЕСКД чертеж общего вида должен содержать следующие элементы:

– виды, разрезы и сечения, а также надписи и текстовую часть, необходимые для понимания конструктивного устройства, взаимодействия составных частей и принципа работы изделия;

– наименования и обозначения составных частей изделия, для которых в спецификации приводятся технические характеристики, материал и количество;

– габаритные, присоединительные и установочные размеры;

– технические требования к изделию и его технические характеристики.

В техническом описании оборудования оговаривают его назначение, принцип работы, основные технические данные, особенности компоновки, назначение и размещение органов управления, настройки, регулирования и т. д.

В инструкции по эксплуатации указывают перечень и содержание работ по подготовке оборудования к работе, правила нормальной эксплуатации, содержание работ по ТО (Р) и устранению возможных неисправностей.

В инструкции по технике безопасности указывают отдельные наиболее опасные моменты, допускающие возможность возникновения травм и профессиональных заболеваний, а также меры по их предупреждению.

### **Разработка (совершенствование) технологии**

Завершающим этапом работы над ВКР является разработка (совершенствование) технологии выполнения исследуемых операций.

Технологии составляют на основе действующих с учетом тех изменений, которые возникают при использовании разработанного оборудования. Если технология по составу и содержанию работ не изменяется, то в разделе указывают только особенности выполнения отдельных работ с использованием разработанного оборудования. В пояснительной записке новые технологии представляют в виде технологических карт, а на листах - в виде графических технологий.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стандарт организации СТО СГАУ 02068410-004-2007. Общие требования к учебным текстовым документам.
2. Примеры расчета характеристик надежности авиационной техники: Метод. Указания / Сост. Кочуров В.А., Новиков Г.А.; СГАУ. Самара, 2001. 40с.
3. Исследование причин появления неисправностей авиационной техники: Метод. Указания / Сост. Игонин Н. Н. и др.; КуАИ. Куйбышев, 1984. 29с.
4. Техническое обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию: Метод. указания / Сост. Макаровский И.М.; СГАУ. Самара, 1994. 37с.
5. Анализ эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности ЛА: Метод. Указания / Сост. Углов Б. А.; СГАУ. Самара, 1993. 33с.
6. Анализ эксплуатационной надежности авиационной техники [Текст] : метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева ; [сост. Е. А. Миллов]. - Самара, 1992. - 30 с.
7. Техническое обслуживание и ремонт авиационной техники [Электронный ресурс] : метод. указания по курс. проектированию / Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева ; сост. И. М. Макаровский. - Самара, 2003. - on-line.
8. Совершенствование технологического процесса технического обслуживания, ремонта и испытаний авиационной техники [Текст] : метод. указания по диплом. проектированию / Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева ; ред. И. М. Макаровский. - Самара, 2002. - 19 с.