ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

КАФЕДРА _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема: Совершенствование технологического процесса комплексной подготовки к полету Б-747

Студент: Демидов К.Р. _____

(Ф.И.О.) (Подпись)

Руководитель: доц. Жильцов П.Д. _____

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

Зав. кафедрой _____ _____

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

МОСКВА 2016

Оглавление

Список сокращений…….7
Введение…….8
Раздел 1. Аналитическая часть.
Анализ опыта эксплуатации самолета Boeing 747……10

1.1 Краткое описание самолета как объекта технической эксплуатации.....10
1.2 Организация ТО……...11
1.3 Структура регламентных работ…….....13
1.4 Анализ данных по задержкам рейсов…….21
1.5 Оценка эффективности процессов технической эксплуатации ……..23

Раздел 2. Проектная часть.
Совершенствование технологических процессов подготовки самолета Boeing 747 к полету
Полету……30

2.1 Разработка технологического графика комплексной подготовки самолета к полету……30
2.2 Определение времени выполнения работ с переменной Продолжительностью……...36
2.3 Планирование процесса ТО ВС с помощью сетевых матриц……...38
2.4 Формирование оперативного плана восстановления воздушного судна при отказе функциональной системы с помощью модульных сетевых матриц…….47
2.5 Оперативная корректировка организации работ по ТО ВС при локализации отказа функциональной системы……..53

Раздел 3. Специальная часть.
Разработка установки для обслуживания гидравлической системы самолета Boeing 747……...64

3.1 Оборудование и методы, применяемые для обслуживания гидравлической системы самолета Boeing 747……..64
3.2 Конструкция гидравлической установки для обслуживания гидросистемы самолета Boeing 747…….66
3.2.1 Описание стенда очистки гидравлической жидкости СОГ-933КТ-1…… 70
3.2.2 Описание прибора ПКЖ-904А……72
3.3 Подбор электродвигателя для привода насоса……...73
3.4 Принцип работы установки при промывке гидравлической системы самолёта Boeing 747……...75
Заключение……...78
Список использованной литературы……...79

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подл

Список сокращений

АК - авиакомпания;

АП - авиапредприятие;

АТ - авиационная техника;

АТБ - авиационно-техническая база;

ВПП - взлетно-посадочная полоса;

ВС - воздушное судно;

ГА - гражданская авиация;

ГСМ - горюче-смазочные материалы;

ГТД - газотурбинные двигатели;

ДТП - директорат технической политики;

ИАС - инженерно-авиационная служба;

ИКАО - Международная организация гражданской авиации;

ИТС - инженерно-технический состав;

КБ - конструкторское бюро по проектированию ЛА и изделий АТ;

ЛА - летательный аппарат;

ПДО - производственно-диспетчерский отдел;

ПТЭ - процесс технической эксплуатации;

ТО - техническое обслуживание;

ТО и Р - техническое обслуживание и ремонт;

ФАС - федеральная авиационная служба;

ФС - функциональная система;

ЭВМ - электронная вычислительная машина;

ЭТ - эксплуатационная технологичность.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подл

Введение

Техническое обслуживание ВС - важный составной элемент авиационной системы, обеспечивающий функционирование авиации во всем мире. Опыт эксплуатации авиационной техники и анализ причин авиационных происшествий, как в России, так и за рубежом, показывает, что основными факторами, влияющими на безопасность полетов являются:

-конструктивные особенности ВС;

-профессиональная подготовка персонала и его квалификация;

-качество выполнения работ по техническому обслуживанию.

На протяжении всей истории развития авиации проблема эффективности технического обслуживания была одной из основных. Однако в последние десятилетия развития авиации и с переходом нашей страны к новым экономическим отношениям данная проблема приобрела большую актуальность в связи с рядом тенденций, проявившихся в гражданской авиации. К основным из них можно отнести: усложнение авиационной техники, увеличение авиакомпаниями интенсивности использования воздушных судов, снижение качества технического обслуживания. Данные тенденции влекут за собой увеличение отказов авиационной техники, снижая тем самым уровень безопасности и регулярности полетов.

Для повышения эффективности технического обслуживания ВС необходимо решение достаточно широкого круга задач. Одной из приоритетных, по мнению специалистов, в современных условия является поиск и внедрение более эффективных форм и методов управления процессом технического обслуживания ВС.

По оценкам специалистов расходы на поддержание исправности авиационной техники авиационными организациями составляют от 25% до 35 % от всех эксплуатационных расходов, значительная часть которых связана с поиском и устранением отказов [1].

Анализ простоев воздушных судов при техническом обслуживании показал, что за последнее десятилетие простои при ликвидации отказов составляют более четверти общего времени простоев при техническом обслуживании и имеют тенденцию к увеличению. Необходимо отметить, что увеличение частоты появления отказов и неисправностей обусловлено, главным образом, старением техники, тогда как увеличение продолжительности простоев при их ликвидации является следствием недостаточного внимания к вопросам организации и оперативного управления производственным процессом технического обслуживания.

В качестве объекта для исследования был выбран самолет Boeing 747, эксплуатируемый в авиакомпании «Трансаэро». В настоящем дипломном проекте рассматриваются вопросы совершенствования мероприятий оперативного цикла ТО самолета Boeing 747. По результатам проведенного анализа предлагается ряд мероприятий по организации работ, которые позволят снизить расходы на техническое обслуживание самолета, повысить уровень безопасности полетов. Цель проекта найти пути совершенствования процессов технического обслуживания, позволяющие повысить исправность и сократить время технического обслуживания. Это позволит эффективнее использовать летательный аппарат, повысить производственный налет и сократить число задержек рейсов по причине отказов материальной части.

Раздел 1. Аналитическая часть. Анализ опыта эксплуатации самолета Boeing 747

1.1 Краткое описание самолета как объекта технической эксплуатации

«Трансаэро» является единственной авиакомпанией в России, странах СНГ и Восточной Европы, которая эксплуатирует пассажирские широкофюзеляжные самолеты Boeing 747. Авиапарк «Трансаэро» насчитывает 24 авиалайнера Boeing 747 различных модификаций.

Идея разработки Boeing 747 возникла во время бурного роста объёмов авиаперевозок в 60-х годах прошлого века. На рынке перевозок США в то время господствовал Boeing 707, но он уже с трудом справлялся с растущим потоком пассажиров.

В то время считалось, что такие гиганты вскоре будут вытеснены сверхзвуковыми самолётами. Поэтому Boeing-747 изначально разрабатывался как грузопассажирский самолёт. Со временем планировалось даже полное переоборудование всех самолётов в грузовые. Кабину экипажа поместили на верхнюю палубу специально для того, чтобы была возможность преобразовать нос самолёта в грузовую аппарель.

Boeing должен был поставить первый самолет к 1970 году - то есть необходимо было разработать, построить, испытать и сертифицировать самолёт меньше чем за 4 года. Работа шла очень быстро, однако колоссальные затраты корпорации на постройку нового завода и разработку самолёта поставили «Boeing» на грань банкротства. Тем не менее, колоссальная прибыль от реализации этого авиалайнера окупила все затраты.

Предполагалось, что рынок не нуждается более чем в 400 самолётах этого типа, однако, несмотря на критику и жёсткую конкуренцию, в 1993 году был построен тысячный самолёт. Лишь в первом десятилетии XXI века объём продаж «747» начал падать.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подл
Лист
Ли
Изм.
№ докум.
Подп.
Дата
т

Летно-технические характеристики Boeing 747-400:

Размах крыла лайнера	64.40 м
Длина лайнера	70.60 м
Высота лайнера	19.40 м
Площадь крыла лайнера	560.00 $м^2$
Масса лайнера пустого снаряженного	175600 кг
Масса лайнера максимальная взлетная	396890 кг
Тип двигателя лайнера	4 ТРДД General Electric CF6-80C2B5F (Pratt Whitney PW4062)
Тяга лайнера	4 x 27945 (28710) кгс
Максимальная скорость лайнера	965 км/ч
Крейсерская скорость лайнера	910 км/ч
Практическая дальность лайнера	13570 км
Экипаж лайнера	2 чел
Полезная нагрузка лайнера	416 чел в 3-х классной конфигурации или 524 в 2-х классной конфигурации

1.2 Организация ТО

Техническое обслуживание самолетов, эксплуатируемых ОАО АК «ТРАНСАЭРО», осуществляется на основании утвержденных «Программ технического обслуживания (ТО)», разработанных на основании документов по планированию ТО, издаваемых фирмой-производителем самолетов для каждого типа выпускаемого самолета. Программы ТО и изменения этих Программ должны быть утверждены Авиационным властям страны регистрации самолета (Ирландской Республики или Бермуд) и Авиационными Властями Российской федерации. Свидетельством утверждения Программы ТО или ее изменения является Письмо-разрешение, выпущенное Авиационными властями.

Программы ТО определяют формы технического обслуживания самолетов, перечень и периодичность выполняемых работ по техническому обслуживанию самолета в зависимости от налета, календарного времени, количества посадок самолета, количества запусков двигателя и т.п..

Для уменьшения риска связанного с ошибками персонала при выполнении ТО, программа ТО должна принимать во внимание влияние человеческого фактора, путем выполнения инспекторского контроля, при техническом обслуживании критических пунктов систем ВС, а так же при выполнении работ по директивам летной годности. Программа технического обслуживания предусматривает также контроль агрегатов с ограниченным ресурсом. Отдел программ ТО ДТП постоянно оценивает эффективность программ ТО самолетов на основании анализов надежности парка самолетов по типам, подготавливаемых инженерами по надежности отдела.

Сбор информации по отказам АТ, ее обработка и оценка данных по надежности, контроль технического состояния самолетов и двигателей, осуществляется в соответствии с процедурами Программы надежности.

Программа надежности в ОАО «АК «ТРАНСАЭРО» (Maintenance Reliability Program Document) разрабатывается и ревизуется в соответствии с требованиями циркуляра FAA AC 129-4 и на основании рекомендаций корпорации Boeing, а также в соответствии с Приказом ФАС №134 от 26.06.97 г. и Приказом ФАС №130 от 28.05.99 г. На основании производимой оценки эффективности программ ТО инженеры отдела программ, ТО ДТП один раз в год (если иной срок не установлен утвержденной программой ТО) подготавливают необходимые изменения программ ТО и направляют их на утверждение авиационным властям.

Подготовленное изменение в программу ТО самолета включает в себя также выпущенные за этот срок изменения документа по планированию ТО - “Maintenance planning Document” относящиеся к парку самолетов ОАО «АК «ТРАНСАЭРО» и могут включать периодические работы, выполняемые в соответствии с выпущенными директивами по поддержанию летной годности

или эксплуатационными бюллетенями. Номер и дата ревизии Программы ТО записываются в разработанные на ее основе Технологические карты по выполнению ТО (MJC) [2].

1.3 Структура регламентных работ

Техническое обслуживание (ТО) имеет своей целью поддержание в эксплуатации необходимого уровня летной годности (ЛГ) самолетов. В документах ИКАО (поправка 102 приложения А-8), принятых на 189 сессии Совета ИКАО в 2010 г., поддержание ЛГ определено, как «комплекс мер, посредством которых обеспечивается соответствие всех самолетов действующим требованиям летной годности и их поддержание в соответствии, необходимом для безопасной эксплуатации на протяжении эксплуатационного срока службы».

Поддержание самолетов в соответствии, необходимом для безопасной эксплуатации, обеспечивается поддержанием его эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ), заложенных при проектировании и создании авиационной техники (АТ). Основным инструментом поддержания ЭТХ и основным управляющим воздействием на техническое состояние компонентов самолета является организация и выполнение ТО. Эта задача решается посредством выполнения видов и форм ТО, принципы структурного построения которых определяются ЭТХ самолетов.

Под видом ТО понимают техническое обслуживание, выделяемое по какому-то отличительному признаку; под формой ТО — определенный комплекс работ данного вида. Работы, необходимые для поддержания ЛГ в процессе эксплуатации самолета (мониторинг безопасности, его ТО и модификаций), подлежат выполнению в соответствии с указаниями, содержащимися в документации по технической эксплуатации [3]. В процессе эксплуатации АТ выполняется комплекс регламентных работ, связанных с

поддержанием ее в исправном и работоспособном состоянии. В зависимости от назначения работы по техническому обслуживанию можно разделить на следующие:

- по контролю технического состояния (смотровые, проверка параметров состояния объектов обслуживания, проверка функционирования и рабочих параметров объектов);
- заправочно-смазочные (контроль наличия и пополнение запасов ГСМ и спецжидкостей);
- очистительные работы (удаление загрязнений, скопившихся жидкостей);
- восстановительные работы (крепежные, регулировочные, ремонтные, демонтажно-монтажные для профилактической замены изделий и т.п.);
- вспомогательные, работы (обеспечение доступа к объектам обслуживания, подъем и вывешивание самолета, очистка объектов от загрязнения перед обслуживанием, демонтажно-монтажные работы для проведения обслуживания и т.д.).

Большинство регламентных работ являются повторяющимися на всех или большинстве эксплуатируемых типов ЛА. Такие работы можно считать типовыми по техническому обслуживанию. Работы, которые выполняются лишь на отдельных типа ЛА, в силу особенностей их конструкции или условий эксплуатации относятся к нетиповым. Наличие перечня типовых работ облегчает процесс формирования базовой программы технического обслуживания вновь создаваемых типов ЛА. Важнейшей составной частью программы технического обслуживания объектов эксплуатации являются режимы их обслуживания. Под режимом обслуживания понимается совокупность объемов работ и периодичностей их выполнения.

В основу классификации режимов технического обслуживания могут быть положены: работы (типовые, по результатам информации о техническом состоянии объекта диагностирования, после наступления отказа для устранения его последствий); объемы работ (постоянные и переменные); периодичность выполнения работ (с постоянными или случайными интервалами, измеряемыми

летными часами, посадками или календарными сроками). Режимы технического обслуживания могут быть общими для всех объектов АТ, групповыми или индивидуальными, установленными для группы и каждого из объектов отдельно. При обслуживании изделий по состоянию используется режим их диагностирования, представляющий совокупность состава диагностических параметров, их упреждающих допусков и периодичность проверок. Режимы обслуживания АТ устанавливаются регламентами технического обслуживания для каждого типа Л А [4].

Для самолетов иностранного производства структура ТО (рис. 1.1) формируется на основании принципов поддержания ЛГ в соответствии с авиационным законодательством и требованиями производителей АТ. Различают «легкие» и «тяжелые» формы ТО. К «легким» формам относят ежедневный (daily), A- и B-check. «Тяжелые» формы — C-D-check требуют, чтобы ТО выполнялось в специально оборудованном ангаре, при этом самолет на время выполнения работ выводится из расписания.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подп

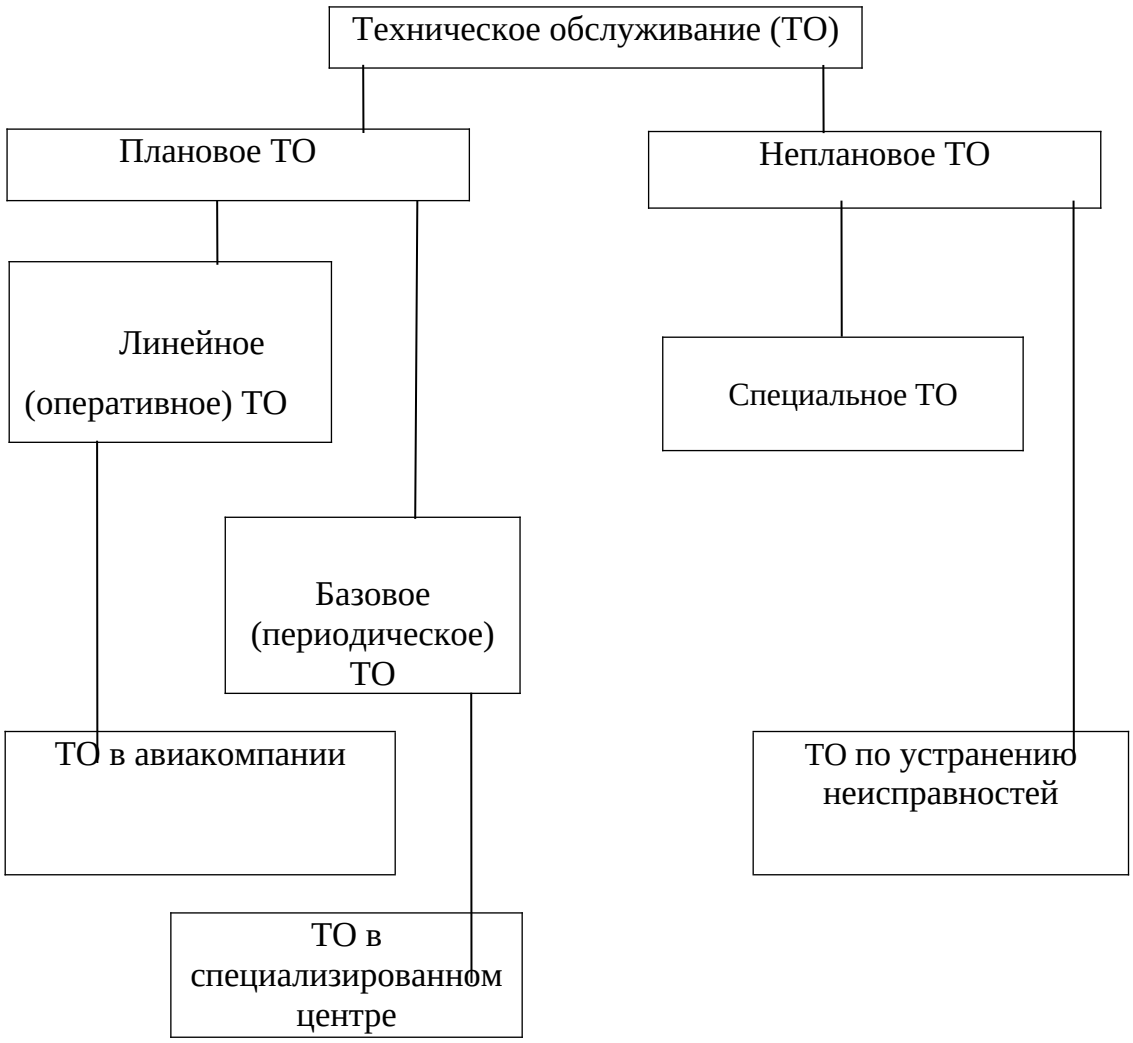


Рис. 1.1 Структура технического обслуживания самолетов

Оперативное техническое обслуживание выполняется непосредственно перед вылетом и после посадки ЛА в базовых, транзитных и конечных аэропортах. При этом выполняются следующие виды работ: по встрече ЛА, обеспечению стоянки, осмотру и обслуживанию, обеспечению вылета. Основное назначение оперативного технического обслуживания - устранение возникших в полете отказов и повреждений и подготовка ЛА к очередному вылету. При оперативном техническом обслуживании, как правило, не должно быть работ, необходимость выполнения которых определяется налетом (числом посадок) ЛА или индивидуально наработкой его отдельных агрегатов и изделий. Необходимость, частота и последовательность выполнения

оперативных форм обуславливается характером и условиями использования ЛА по назначению. Работы по обеспечению вылета производятся непосредственно перед вылетом ЛА независимо от того, какая форма оперативного обслуживания выполнялась. Работы по обеспечению стоянки выполняются в случаях передачи ЛА от экипажа в АТБ.

Особое место в оперативном техническом обслуживании занимают работы по поиску и устранению отказов и повреждений элементов и изделий функциональных систем ЛА. Учитывая стохастическую природу отказов и повреждений, решение задач поиска их причин и своевременного устранения представляется весьма сложным делом, требующим от исполнителей глубоких знаний конструкции и эксплуатации тех или иных типов ЛА. Качество и своевременность решения этих задач при оперативном техническом обслуживании во многом определяют безотказность работы техники и регулярность полетов.

Периодическое техническое обслуживание выполняется через строго установленные интервалы, измеряемые числом часов налета ЛА, числом посадок или календарным временем. Основное назначение периодического технического обслуживания — выявление и устранение имеющих место отказов и повреждений элементов, изделий и агрегатов функциональных систем ЛА на ранних стадиях их развития, а также проведение профилактических мероприятий по предотвращению возникновения отказов и повреждений при дальнейшей эксплуатации Л А: замена агрегатов, отработавших ресурс, смазка шарнирных соединений, регулировка изделий по результатам технического диагностирования и другие мероприятия. Выполнение периодических форм технического обслуживания обеспечивает поддержание работоспособности и требуемой исправности парка ЛА. Формы периодического технического обслуживания отличаются значительно большей трудоемкостью и строгой периодичностью выполнения.

Допуск на каждую форму по налету, посадкам, календарным срокам позволяет избежать неоправданных простоев ЛА в тех случаях, когда АТБ

вследствие загруженности не может приступить к обслуживанию данного ЛА. Тогда эксплуатация этого Л А продолжается за счет допуска, который позволяет также выполнить работы по данной форме раньше базового значения, если позволяют условия. Но с каким бы допуском не выполнялись работы по формам периодического обслуживания, отсчет всегда ведется от базового значения.

Каждая последующая форма периодического технического обслуживания включает в себя работы, предусмотренные предыдущими формами, а также специфические работы, присущие только данной форме.

При замене двигателя по любой причине на ЛА выполняется та форма технического обслуживания, которая требуется по налету планера, производятся работы, непосредственно связанные с заменой двигателей и с осмотром элементов конструкции и систем, доступ к которым возможен только при снятом двигателе.

Каждая форма периодического обслуживания состоит из предварительных, основных (стандартных) и заключительных работ. Предварительные работы включают приемку ЛА, подготовку необходимого оборудования, инструмента, материалов для обслуживания, изучения задания и документации. Основные (стандартные) работы предусматривают, кроме осмотра, демонтаж ряда агрегатов, инструментальную проверку параметров систем и оборудования, замену смазки в шарнирах, выполнение регулировочных работ. Основные работы группируются по отдельным функциональным системам ЛА: силовая установке, шасси, планер, управление, гидравлическая система, система кондиционирования воздуха, система регулирования давления в кабинах, радиоэлектронное оборудование, приборное, электрическое, кислородное и бытовое оборудование и др. Заключительные работы - уборка рабочего места и передача ЛА в цех оперативного обслуживания для подготовки к полету и выполнения работ по обеспечению стоянки.

Сезонное техническое обслуживание проводится 2 раза в год при переходе к эксплуатации в осенне-зимний и весенне-летний периоды.

Современные типы ЛА, как правило, не требуют больших затрат труда на выполнение сезонного обслуживания, поэтому оно проводится совместно с очередной формой периодического обслуживания. Сезонное обслуживание предусматривает дефектацию и полное восстановление защитных покрытий, устранение мелких повреждений и коррозии на деталях планера и шасси, регулировку натяжений тросовых проводок, проверку работоспособности противообледенительных систем и сигнализаторов обледенения, дефектацию и ремонт чехлов и заглушек и другие работы.

Специальное техническое обслуживание выполняется в случаях возникновения резких отклонений от условий нормальной эксплуатации. К ним относятся: грубая посадка, посадка до взлетно-посадочной полосы (ВПП), выкатывание ЛА за пределы ВПП, полет в турбулентной атмосфере, попадание в зону грозовой деятельности, попадание молнии в ЛА, превышение перегрузок и т.п. После любого из перечисленных случаев на ЛА выполняется комплекс смотровых и стандартных работ, предусмотренный действующей документацией по техническому обслуживанию, для проверки состояния элементов определенных зон конструкции ЛА и принятия решения о возможности его дальнейшей эксплуатации.

Техническое обслуживание при хранении выполняется на ЛА, длительное время не совершающих полеты. Оно обеспечивает снижение вредного влияния атмосферных и других факторов и способствует наилучшему сохранению техники в данных условиях. Обслуживание при хранении выполняется через каждые 10 суток стоянки ЛА. По мере увеличения срока хранения усиливается вредное влияние атмосферных факторов, следовательно, увеличиваются и объемы работ. Поэтому различают работы, выполняемые на ЛА через каждые 10 сут., через каждые (30+3) сут. и (90+9) сут.

Ремонт ЛА, как и периодическое техническое обслуживание, выполняется по истечении определенных интервалов, измеряемых числом часов налета, числом посадок или календарным временем. Ремонтные операции на ЛА (за исключение текущего ремонта, который входит структурно в

техническое обслуживании), могут выполняться или в виде капитального ремонта, или в виде так называемых ремонтных форм, похожих по принципу построения на формы периодического технического обслуживания. Однако капитальный ремонт в ряде случаев, согласно требованиям стандартов, может быть вынесен за рамки системы технической эксплуатации и рассматриваться как самостоятельный этап эксплуатации ЛА. Ремонт же, выполняемый в виде определенной совокупности ремонтных форм, совмещенных, как правило, с формами периодического технического обслуживания, естественно входит составной частью в систему технической эксплуатации.

Ремонтные формы в отличие от форм периодического технического обслуживания отличаются значительно большими интервалами времени и трудоемкостью работ. Их основное назначение и отличительная особенность состоят в том, чтобы оценить техническое состояние элементов и узлов конструкции в труднодоступных зонах, выявить и устранить отказы и повреждения на ранних стадиях их развития, восстановить поврежденные участки конструкции планера, лакокрасочное покрытие, бытовое оборудование ЛА, выполнить требуемые доработки конструкции по бюллетеням промышленности [5]. В целом, аналогично отечественной системе ТО, практикуется пирамидальное выполнение форм ТО с возрастающей трудоемкостью и увеличением объема работ (табл. 1.1) [6].

Таблица 1.1

Характеристики форм ТО зарубежных самолетов Г А

Тип самолета (авиакомпания)	Форма ТОиР	Периодичность, ч	Продолжительность, ч	Трудоемкость. чел.-ч
B-747 (Air France)	Транзитное A B C D	1 полет 330 1200 4500 22000	0,75-1.0 21,0-30,0 3-4 дня 4 дня 15 дней	95-156 3000 3000 50000

B-747 (JAL)	Транзитно е A B C H	1 полет 250 1000 3000 3 года	0,75-1.0 5,5 9,0 4-5 дней 10-17 дней	 85 128 5000-6000 25000-30000

В таблице ниже (табл. 1.2.) приведена более детализированная структура ТО для самолетов Б-747-200/300 и Б-747-400, эксплуатируемых в авиакомпании «Трансаэро».

Таблица 1.2

Структура ТО Б-747

747-400	
Периодичность выполнения ТО	Часы наработки
1A	1000
2A	2000
3A	3000
4A	4000
5A	5000
1C	10000
2C	20000
3C	30000
4C	40000
5C	50000
6C	60000
1D-CH	6 лет
2D-CH	12 лет

747-200/300	
Периодичность выполнения ТО	Часы наработки
1A	600
2A	1200
3A	1800
4A	2400
6A	3600
1C	6000
2C	12000
3C	18000
4C	24000
5C	30000
6C	36000
10C	60000
1D-CH	6 лет
2D-CH	12 лет

1.4 Анализ данных по задержкам рейсов

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подл
Лист
Лит
Изм.
№ докум.
Подп.
Дата

Анализ данных по задержкам рейсов самолета Boeing 747 АК «Трансаэро» показал, что самое большое количество задержек рейсов произошло по вине АТБ. Данное обстоятельство вызвано тем, что предприятия сталкиваются с проблемой непредвиденных отказов и неисправностей, что требует дополнительных временных и материальных затрат, а также снижает регулярность полетов.

По данным специалистов ИКАО многие авиатранспортные компании, в том числе крупные зарубежные, эксплуатируют ВС, имеющие возраст 20-25 лет [7]. Значительное число из них, как в нашей стране, так и за рубежом, намерены продолжать использовать некоторые из них и в будущем.

Вышеизложенные обстоятельства повышают требования к качеству и своевременности выполнения работ по ТО, чтобы выдержать расписание коммерческих рейсов и обеспечить регулярность полетов.

За рассматриваемый период с 07/10/2012 по 06/10/2014 было задержано 256 рейсов. Суммарное время задержек составило 624 часа. Распределение задержек по причине неисправности функциональных систем представлено в таблице (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Данные по отказам функциональных систем самолета Boeing 747, приведших к задержкам рейсов

Главы АТА	Функциональная система	Количество отказов
12	Обслуживание	2
20	Стандартизированные технологические процессы	1
21	Система кондиционирования воздуха	1
22	Оборудование автоматического управления полетом	2
23	Связное оборудование	13
24	Система электроснабжения	9
25	Бытовое и аварийно-спасательное оборудование	5

26	Противопожарное оборудование	1
27	Система управления самолетом	13
28	Топливная система	12
29	Гидравлическая система	27
31	Приборное оборудование	3
32	Шасси	17
33	Освещение и световая сигнализация	3
34	Пилотажно-навигационное оборудование	13
36	Пневматическая система	11
38	Система водоснабжения и удаления отбросов	4
49	Бортовая вспомогательная силовая установка	2
51	Конструкция планера	2
52	Двери, люки, створки	12
71	Силовая установка	13
72	Размен компонентов двигателей	6
73	Топливная система	17
74	Система поджига	2
75	Система подачи воздуха	3
78	Система выхлопа	11
79	Маслянная система	2
80	Система запуска	13

На основании полученных данных, приведенных в таблице (табл. 1.3), строим диаграмму распределения отказов и неисправностей по системам самолета Boeing 747, представленную на рисунке (рис. 1.2).

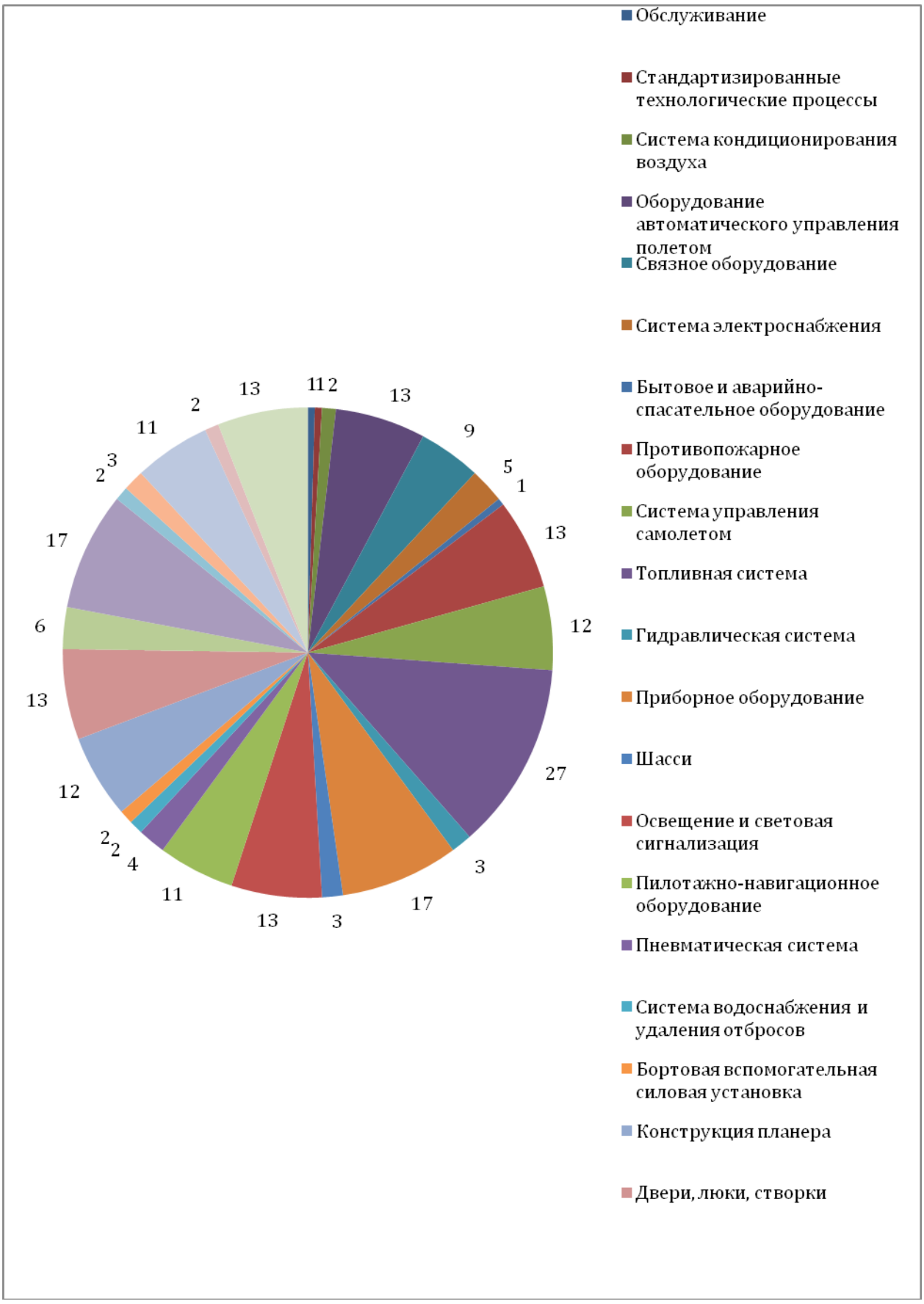


Рис. 1.2 Диаграмма распределения отказов и неисправностей по системам самолета Boeing 747

Из данных, приведённых в таблице (табл. 1.3) и на рисунке (рис. 1.2) следует, что наибольшее число отказов и неисправностей приходится на: Гидравлическую систему 27, шасси 17, топливная система 17%.

На гидравлическую систему приходится наибольший процент отказов и повреждений. Именно эта система является одной из основных и наиболее ответственных систем самолета. Поэтому отказы изделий гидросистемы напрямую влияют на безопасность полётов, их регулярность, а также на надёжность самолёта в целом.

1.5 Оценка эффективности процессов технической эксплуатации

Процесс технической эксплуатации (ПТЭ) ЛА представляет собой последовательную во времени смену состояний эксплуатации: полет, техническое обслуживание, ремонт, ожидание технического обслуживания, доработки, готовность и др.

Для оценки эффективности ПТЭ применяется совокупность показателей, представленных в таблице (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Основные показатели эффективности процесса технической эксплуатации ЛА

Наименование показателя	Условное обозначение	Определение	Единицы измерения
1	2	3	4
Использование ЛА			
Коэффициент использования ЛА по назначению	$K_и$	Отношение налета парка самолетов к календарному фонду времени их эксплуатации за рассматриваемый период	%
Коэффициент использования ЛА в рейсах	$K_{ир}$	Отношение налета парка самолетов и их простоев в состояниях, связанных с обеспечением полетов, к календарному фонду времени эксплуатации за рассматриваемый период	%

Исправность парка ЛА			
Удельные суммарные простои на ТОиР	$К_п$	Отношение суммарных простоев на ТОиР к налету парка ЛА за рассматриваемый период	ч/ч.нал
Коэффициент исправности	$К_{ИСПР}$	Отношение фонда времени ЛА в исправном состоянии, включая полеты, к общему календарному фонду времени за рассматриваемый период	%
Экономичность ТОиР			
Удельная суммарная трудоемкость ТОиР	$К_т$	Отношение суммарной трудоемкости ТОиР к налету парка ЛА за рассматриваемый период эксплуатации	чел.-ч./ч.нал

При расчете показателей эффективности существующего процесса технической эксплуатации самолета Boeing 747 используем статистические данные, собранные в а/к «Трансаэро».

Для анализа приняты следующие исходные данные:

-парк самолетов - 22 шт;

-годовой налет - 1675 час;

-периодичность выполнения форм:

Фl(A-check) - через 330 час. налета,

Ф2(B-check) - через 1200 час. налета,

Ф3(C-check) - через 4500 час. налета;

-Среднее время беспосадочного налета - 4,5 часа;

-межремонтные ресурсы самолета - 10000 час;

Основными характеристиками ПТЭ являются:

-количество состояний ПТЭ-N(статистические данные);

-количество попаданий в состояния – n_i (статистические данные);

-относительная частота попадания в состояние –π_i

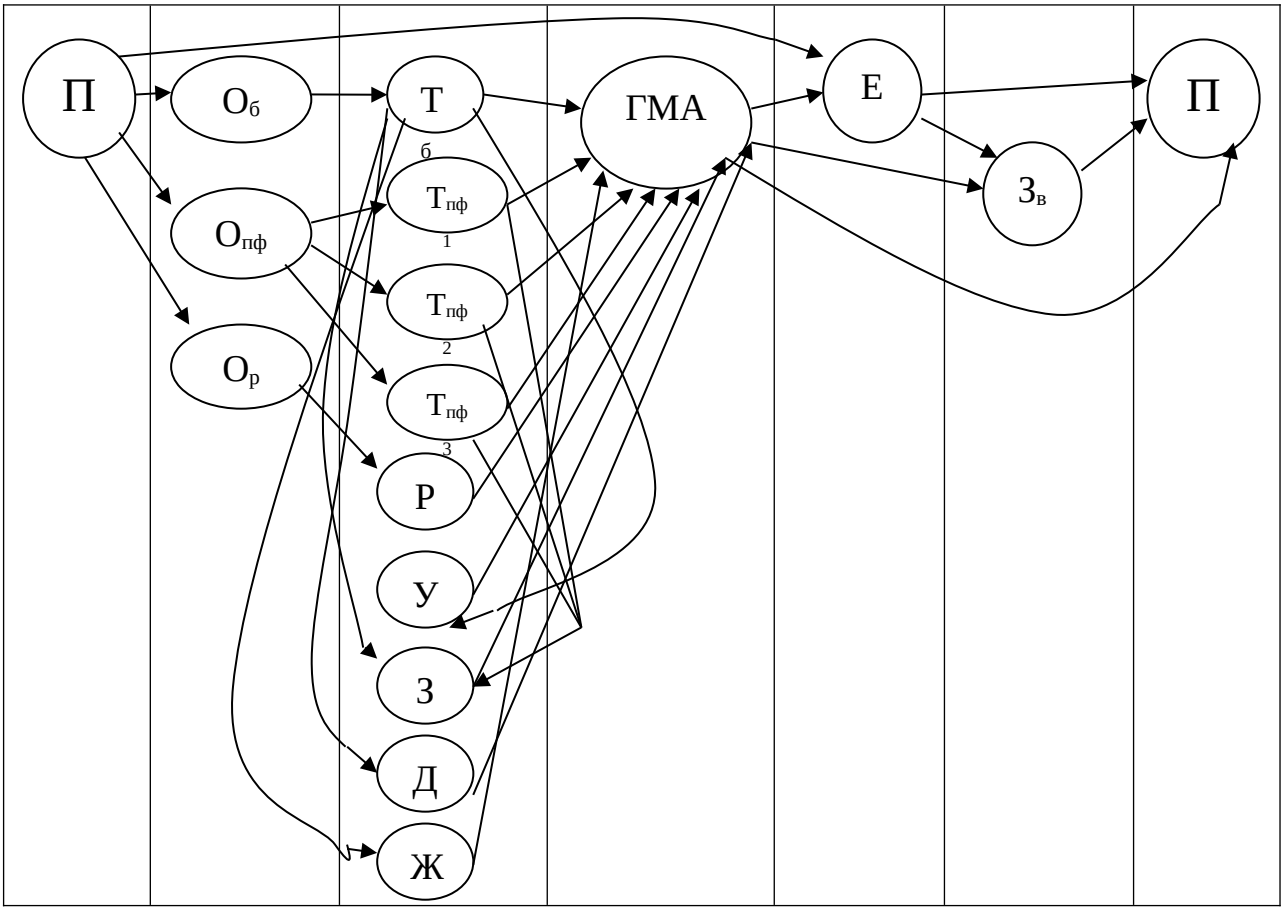
$$\pi = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad (1.1)$$

- среднее время пребывания в состоянии – μ_i, ч (статистические данные)

-периодичность выполнения форм- τ_i

Все характеристики ПТЭ заносим в таблицу (табл. 1.5). На рисунке (рис. 1.3) представлен график возможных состояний и переходов, рассматриваемого ПТЭ.

Использование по назнач. (полет)	Ожидание ТО и Р	ТО и Р	Ожидание использован. (готовность)	Под-ка к полету	Задержка вылета	Использование по назнач. (полет)



Характеристики действующего процесса технической эксплуатации самолета Boeing 747

Таблица 1.5

Наименование состояния	Шифр	τ_i	n_i	π_i	μ_i	$\pi_{i*}\mu_i$	$\pi_{i*}\tau_i$
В рейсе	П	-	8184	0,261586	3,42131	0,894967	-
Подготовка к полету	Е	30	9002	0,287745	2,985426	0,85904	8,632338
Исправный не использовался, в резерве	А, М,Г	-	2046	0,52432	3,42131	0,8949667	-
Оперативное обслуживание Ф-Б	$Т_б$	65	5295	0,169258	1,072626	0,18155	11,00177
Ожидание оперативного ТО	Об	-	5295	0,169258	0,141632	0,023972	-
Задержка Вылета	Зв	-	409	0,013079	4,533236	0,059292	-
Периодическое обслуживание	Тп(А)	130	469	0,008584	8,005627	0,068721	1,115926
Периодическое обслуживание	Тп(В)	2500	2	7,85E-05	1323,721	0,10388	0,19619
Периодическое обслуживание	Тп(С)	3000	7	0,000225	545,8452	0,123058	0,676334
Ожидание периодического	Оп	-	278	0,008888	6,760898	0,060091	-

ТО							
Устранение неисправностей	У	40	409	0,013079	4,227761	0,055296	0,523172
Ремонт	Р	84350	5	0,000167	852,0467	0,142236	14,08091
Ожидание ремонта	Ор	-	5	0,000167	157,0064	0,02621	-
Доработки	Д	340	28	0,000889	198,8711	0,176756	0,302191
Рекламация промышленности	Ж	-	8	0,000267	185,8048	0,049543	-
Ожидание запасных частей, Ожидание двигателей	З,Дв	-	42	0,001333	393,9062	0,525154	-
Сумма	∑	90455	31286	1	3691,771	4,244732	36,52882

Определим показатели используя значения из таблицы (табл.1.5)

$$K_и = \frac{\pi_n * \mu_n}{\sum_j \pi_j * \mu_j}$$

(1.2)

где: $\pi_j \mu_j$ – характеристики i-го состояния ПТЭ; $\pi_n \mu_n$ - характеристики состояния П.

$$K_{ир} = \frac{\pi_n * \mu_n + \sum_j \pi_j * \mu_j}{\sum_{i=1}^{N} \pi_j * \mu_j}$$

(1.3)

где – характеристики состояний: Е, $О_б$,$Т_б$,$З_в$.

$$K_П = \frac{\sum_j \pi_j * \mu_j}{\pi_n * \mu_n}$$

(1.4)

где $\sum_j \pi_j * \mu_j$ сумма характеристик состояний: ОП, ОР, ТБ, У, Р, З, Д, Ж.

$$K_{испр} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \pi_j * \mu - \sum_j \pi_j * \mu_j}{\sum_{i=1}^{N} \pi_j * \mu_j}$$

(1.5)

где $\sum_j \pi_j * \mu_j$. сумма характеристик состояний: ОП, ОР, ТБ, У, Р, З, Д, Ж.

$$K_T = \frac{\sum_j \pi_j * \tau_j}{\pi_n * \mu_n}$$

(1.6)

где $\pi_j \tau_j$. характеристики состояний: Е, $T_Б$ Ф1, Ф2, Ф3, Р, У, Д.

Подставим значения из таблицы (табл. 1.5) в выражения 1.2-1.6 и получим:

$$K_и = \frac{0,894967}{4,244732} = 0,21$$

$$K_{ир} = \frac{1,37+1,61}{4,24} = 0,47$$

$$K_п = \frac{1,33}{4,24} = 0,31$$

$$K_{испр} = \frac{4,57-1,31}{4,24} = 0,69$$

$$K_T = \frac{36,52}{4,24} = 8,6$$

Для оценки уровня эффективности произведем сравнение рассчитанных показателей с их нормативными значениями. В случае, если рассчитанные значения показателей исправности превышают нормативные ($П_{норм} \leq П_{расч}$) - то

ПТЭ эффективен. Иначе необходимо дополнительно разработать мероприятия, повышающие эффективность ПТЭ.

Для анализа эффективности используем относительные показатели:

$$П = \frac{П_{РАСЧ}}{П_{НОРМ}}$$

Результаты анализа поместим в таблицу (табл. 1.6):

Таблица 1.6

Показатели эффективности ПТЭ самолета Boeing 747

Критерий		Использование		Исправность		Экономичность
Показатели		$К_И$	$К_{ИР}$	$К_П$	$К_{ИСПР}$	$К_Т$
Статистические	$П_{РАСЧ}$	0,21	0,47	0,31	0,69	8,6
Нормативные	$П_{НОРМ}$	0,29	0,62	0,90	0,70	8
Относительные	П	0.72	0.76	0.34	0.98	1.1
Оценка	П>1 П<1	-	-	+	-	-

По результатам оценки принимается решение о соответствии или несоответствии уровня эффективности нормативами.

При условии:

П<1- для $К_П$, $К_Т$,

П>1 — для $К_И$, $К_{ИР}$, $К_{ИСПР}$

Показатели соответствуют нормативам. При несоблюдении данного условия уровень эффективности ПТЭ будет ниже нормативного.

Как видно из таблицы (табл. 1.6) коэффициенты использования ЛА по назначению, использования ЛА в рейсах, удельная суммарная трудоемкость, коэффициент исправности не соответствуют нормативным. В данном случае требуется разработка соответствующих предложений, направленных на повышение эффективности ПТЭ самолета.

Вывод

В аналитической части был рассмотрен самолет Boeing 747 как объект технической эксплуатации, проведен анализ по задержкам рейсов, рассмотрен регламент по техническому обслуживанию.

Оценивалась эффективность процессов технической эксплуатации. По результатам анализа можно сделать вывод о необходимости повышения качества и сокращения времени на техническое обслуживание и ремонт воздушного судна.

В проектной части рассматривается одно из важнейших направлений повышения эффективности технического обслуживания: совершенствование организации и управления производственным процессом ТО ВС.

Раздел 2. Проектная часть. Совершенствование технологических процессов подготовки самолета Boeing 747 к полету

2.1 Разработка технологического графика комплексной подготовки самолета к полету

Типовой технологический график (табл. 2.1) комплексной подготовки ВС к полету устанавливает типовую организацию работ исполнителей при минимальной возможной для данного варианта работ продолжительности стоянки ВС.

В состав документации типового технологического графика входят: исходный масштабно-линейный график, исходный сетевой технологический график и таблица параметров типового технологического графика.

Исходный масштабно-линейный график (рис. 2.1) содержит сведения о наименовании работ, продолжительности работ и отображает технологическую последовательность выполнения работ.

Сетевой технологический график (рис. 2.2) устанавливает последовательность событий комплексной подготовки ВС к полету. Сетевой график основан на использовании математической модели - графа. Граф - это набор кружков, соединенных направленными отрезками. В этом случае сами

кружки по терминологии теории графов будут называться "вершинами", а соединяющие их отрезки - "ребрами". «Вершины» соответствуют событиям. Событием называют результат выполнения работы. Направленные отрезки отображают работы, они связывают между собой события.

В самих кружках также содержится информация: сведения о ранних и поздних сроках свершения каждого события и номер события. Номер события соответствует номеру предшествующей событию работы. Номер работы указан в таблице параметров. Например, в таблице параметров есть работа №3 «установка трапа», соответствующее этой работе событие - «трап установлен» (на сетевом технологическом графике кружок с цифрой «3»). Работа номер 3(табл. 2.1) выполняется между событиями номер 2 - «установлены колодки под шасси» и событием номер 3 - «трап установлен».

Особое значение при составлении сетевого графика имеют два понятия:

-раннее начало работы - срок, раньше которого нельзя начать данную работу, не нарушив принятой технологической последовательности. Он определяется наиболее долгим путем от исходного события до начала данной работы;

-позднее окончание работы - самый поздний срок окончания работы, при котором не увеличивается общая продолжительность работ. Он определяется самым коротким путем от данного события до завершения всех работ.

Таблица 2.1

Таблица параметров типового технологического графика комплексной подготовки самолета Boeing 747 к полету(ATP)

п/п	Наименование работы	Событие		Продолжи-тельность, мин.
		нач.	кон.	
1	Установка связи с экипажем	0	1	2
2	Установка колодок под шасси	0	2	2
3	Установка трапа	2	3	2

4	Подготовительные работы по ТО	1	4	7
5	Высадка пассажиров	3	5	15
6	Уборка салонов	5	6	30
7	Разгрузка, погрузка багажа	2	7	30
8	Разгрузка, погрузка бортпитания	5	8	30
9	Подготовительные работы по заправке топливом	4	9	3
10	Заправка топливом	5	10	60
11	Заправка систем водоснабжения	4	11	20
12	Осмотр по маршруту	4	12	25
13	Слив отстоя	9	13	8
14	Посадка пассажиров	10	14	15
15	Отъезд трапа	14	15	2
16	Заключительные работы по ТО	13	16	5
17	Запуск двигателей	15	17	5

Ребра графа, соединяющие между собой события, служат для обозначения действительных (реальных) работ (сплошная линия) или условных работ (штриховая линия). Продолжительность действительных работ обозначается значащим числом над линией.

Условные работы - это фиктивные работы, не требующие ни затрат труда, ни времени. Они вводятся в сетевой график для того, чтобы показать логическую зависимость между событиями, не связанными никакими действительными работами, продолжительность такой работы равна нулю.

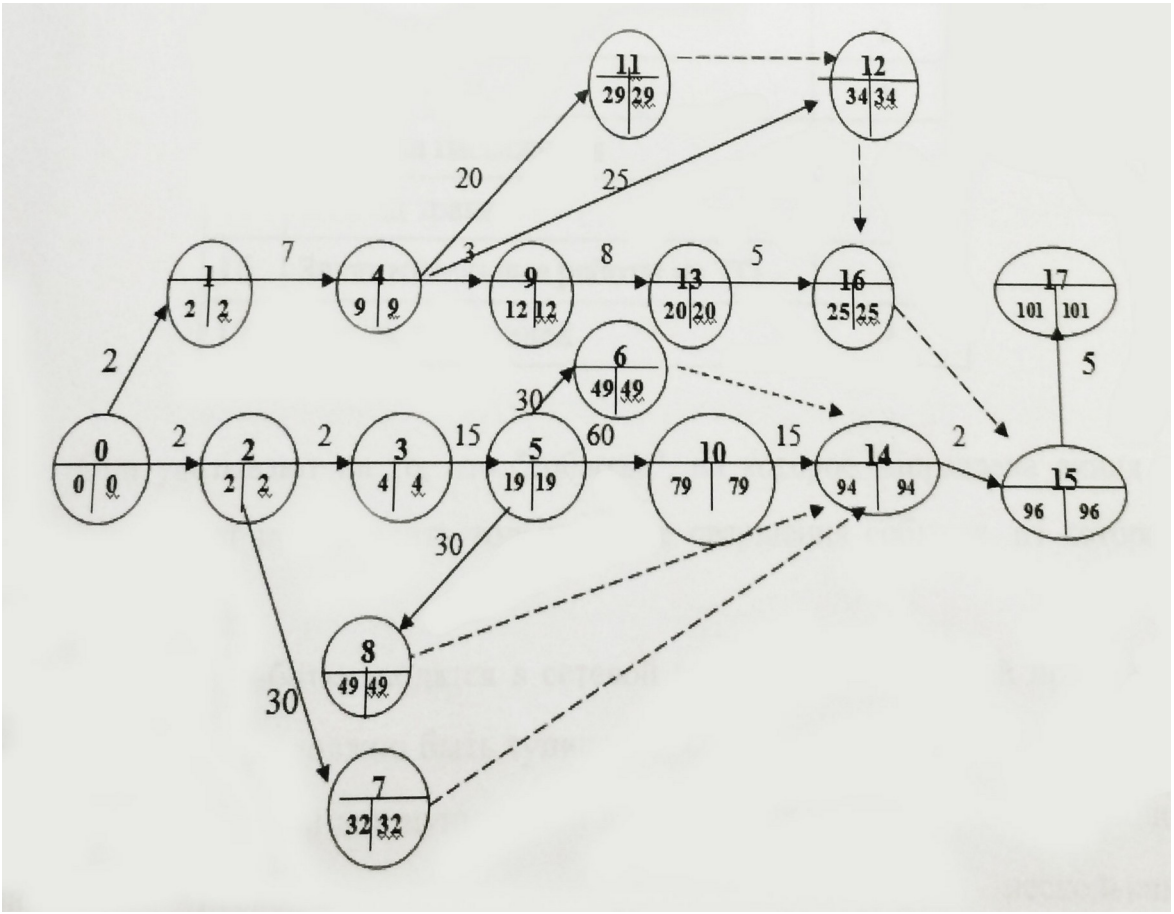


Рис.2.1 Исходный масштабно-линейный график

Таблица 2.2

Потребное количество исполнителей для выполнения работ

N	Наименование работ	Кол-во нсполн.
1	Установка связи с экипажем	1
2	Установка колодок под шасси	2
3	Установка трапа	1
4	Подготовительные работы по ТО	3
5	Высадка пассажиров	1
6	Уборка салонов	12
7	Разгрузка, погрузка багажа	3
8	Разгрузка, погрузка боотшпания	2
9	Подгот. работы по заправке топп.	1
10	Затравка топливом	1
11	Затравка систем водоснабжения	1
12	Осмотр по маршруту	2
13	Слив отстоя	1
14	Посадка пассажиров	1
15	Отъезд трапа	1

16	**Заключительные работы по ТО**	**2**
17	**Запуск двигателей**	**1**

Они указывают на то, что "событие", на которое направлена линия со стрелкой, может происходить только после свершения события, из которого исходит эта линия.

Условные работы вводятся в сетевой график по следующей причине. В сетевом графике не должно быть тупиковых событий, каждое событие должно соединяться сплошной или пунктирной линией с каким-либо предшествующим (одним или несколькими) и последующим (одним или несколькими) событиями.

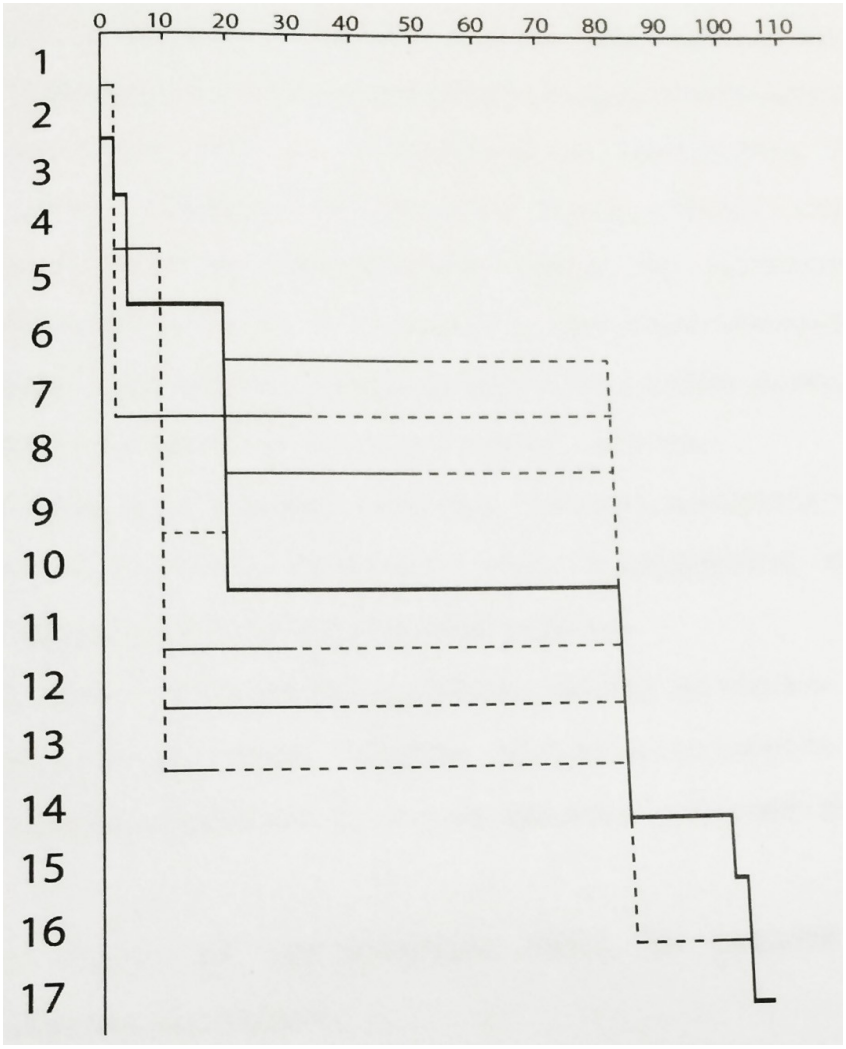


Рис.2.2 Типовой масштабно-линейный технологический график комплексной подготовки Boeing 747 к полету.

На сетевом графике не должно быть событий, из которых не выходит ни одной работы, если только это событие не является для данного графика завершающим (оконечным). Соответственно на сетевом графике не должно быть события, в которое не входит ни одной работы, если только это событие не является исходным (начальным).

На сетевом графике не должно быть замкнутых контуров. Сетевой график - это динамическая модель производственного процесса, отражающая технологическую зависимость и последовательность выполнения комплекса работ, увязывающая их свершение во времени.

На сетевом графике между начальным и конечным событием может быть несколько путей. Путь, имеющий наибольшую продолжительность, называется критическим. Критический путь определяет общую продолжительность работ. Для рассматриваемой темы - «комплексная подготовка ВС к полету» продолжительность (длина) критического пути будет определять время выполнения всех работ по обеспечению рейса. Все остальные мути имеют меньшую продолжительность, и поэтому в них выполняемые работы имен/: резервы времени. При оценке резервов времени удобно использовать еще два понятия: ранний и поздний сроки наступления события.

Ранний срок наступления события, раньше которого нельзя закончить данную работу. Он равен раннему сроку наступления предшествующего события плюс продолжительность данной работы.

Поздний срок наступления события, позже которою нельзя закончить данную работу, не увеличив общую продолжительность всех работ. Он определяется самым коротким путем от данного события до завершения всех работ.

Если событие лежит на критическом пути, то ранний и поздний срок наступления события совпадает.

Критический путь обозначается на сетевом графике утолщенной линией. Таблица параметров рабочего технологического графика (см. табл. 2.1) включает в себя наименование работ, входящих в данный вариант подготовки

ВС к полету; начальное и конечное событие, между которыми работа совершается; продолжительность выполнения данной работы и ответственного исполнителя (в данных контрольной работе информация об исполнителях не приведена).

Одна из основных задач - определение длины критического пути на сетевом технологическом графике комплексной подготовки ВС к полету. На типовом масштабно-линейном технологическом графике критический путь также выделен утолщенной линией.

Следует еще раз подчеркнуть, что признаком критического пути является свойство, которое заключается в том, что работы, лежащие на этом пути, не имеют резервов времени.

Необходимо обязательно подчеркнуть, что «длина» критического пути определяет время стоянки ВС в транзитном аэропорту при подготовке ЛА к полету, т.е. продолжительность нахождения самолета в состоянии Е процесса технической эксплуатации.

Продолжительность некоторых работ, выполняемых при подготовке ВС к вылету, таких как посадка и высадка пассажиров, погрузка и выгрузка багажа, уборка салонов, заправка топливом, может изменяться по отношению к типовой продолжительности. Некоторые из них лежат на критическом пути. Изменение условий выполнения этих работ может повлиять на длину критического пути и, как следствие, на время стоянки ВС в транзитном аэропорту.

Типовая продолжительность работ указана в типовой документации подготовки данного типа ВС к полету [8].

2.2 Определение времени выполнения работ с переменной продолжительностью

Заправка топливом

$$T=\frac{q*n*L}{1000*\gamma*Q}\ [мин]$$

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подл

(2.1)

Где

T - продолжительность работ по заправке топливом;

L - дальность полета, 10000 км ;

q - расход топлива на 1 пассажиро-километр, 26.4 г/пасс.км;

n - количество перевозимых пассажиров, 523 чел;

γ - удельный вес топлива, 0.8 г/см^3;

Q - производительность заправки топливной системы, 3000 л/мин.

$$T = \frac{27.5*523*10000}{1000*0.8*3000} = 60 \text{ мин}$$

Посадка, высадка пассажиров

а)посадка

$$T_п = \frac{n}{КП1} \quad [мин.]$$

(2.2)

где $T_п$ — время посадки пассажиров;

КП1— коэффициент, учитывающий через сколько дверей производится посадка, 34.

$$T_п = \frac{523}{34} = 15 \text{ мин}$$

б) высадка

$$T_в = \frac{n}{КВ1} \quad [мин.]$$

(2.3)

где Тв — время высадки пассажиров;

КВ1— коэффициент, учитывающий через сколько дверей производится высадка, 34.

$$T_в = \frac{523}{34} = 15 \text{ мин}$$

Уборка салонов

$$T_{уб} = \frac{523}{N_{УБ}} \quad [мин] \qquad (2.4)$$

где Туб — время уборки салонов;

$N_{УБ}$ - количество исполнителей (уборщиков), 18.

$$T_{уб} = \frac{523}{18} = 30 \text{ мин}$$

Погрузка, выгрузка багажа

$$T_{погр} = 1{,}23 N_k [мин] \qquad (2.5)$$

$$T_{выгр} = 0{,}81 N_k [мин.], \qquad (2.6)$$

где $T_{погр}$ - время погрузки;

$T_{выгр}$ - время выгрузки багажа;

N_K-количество загружаемых или выгружаемых контейнеров.

$T_{погр} = 1{,}23 * 12 = 15$ м

$T_{выгр} = 0{,}81 * 18 = 15$ мин

2.3 Планирование процесса ТО ВС с помощью сетевых матриц

В эксплуатационных предприятиях основным плановым и учетным документом в бригаде является производственное задание в виде форм карт-нарядов. В случае обнаружения отказа в них вносят дополнительные работы с указанием исполнителей. Однако данная форма не является наглядной с точки

зрения технологической последовательности выполнения работ и их взаимоувязки между собой.

На практике оперативное планирование и управление, в том числе распределение работ между исполнителями в бригаде, в случае обнаружения отказа либо не ведется, либо ведется интуитивными способами [9]. Для этого есть ряд причин, среди которых недостаточная база методов и средств обнаружения отказов. Чтобы оперативно планировать процесс поиска и устранения отказа, требуется разработка алгоритма поиска отказа по определенному критерию. Алгоритм - это тоже модель процесса в виде совокупности различных последовательностей проверок, представленных ориентированным графом. Расчеты данных моделей требуют применения ЭВМ. Кроме того, структура применяемых в настоящее время в ГА сетевых графиков и календарных планов не позволяет оперативно планировать и управлять процессом поиска и устранения отказа.

Для задачи оптимального планирования работы и оценки степени загруженности непосредственно каждого исполнителя применение сетевых графиков отдельно и с диаграммами загруженности исполнителей вызывает затруднения ввиду того, что данные модели представляют собой интегральные модели использования ресурсов. Только на несложных сетевых графиках, где линии работ даны в масштабе времени, указывают наименование работ, число исполнителей и другие данные. В настоящее время создана усовершенствованная форма сетевых моделей - сетевая матрица. На рисунке (рис. 2.3) представлен фрагмент сетевой матрицы.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подп



Сетевая матрица является разновидностью технико-ресурсной модели, которая представляет дифференцированную модель использования ресурсов [10]. В отличие от других сетевых моделей она имеет календарно-масштабную сетку времени с горизонтальными и вертикальными "коридорами". Горизонтальные "коридоры" характеризуют конкретного исполнителя, выполняющего ту или иную работу рассматриваемого процесса. Вертикальные "коридоры" - этап с включенными в него отдельными операциями (работами) процесса, протекающего во времени. Кроме общеизвестных задач, решаемых с помощью сетевых моделей [11,12,13], особенности структуры сетевых матриц дают возможность:

-выделять этапы технологического процесса, что позволяет изменять последовательность выполнения работ на данных этапах, не затрагивая структуры всего комплекса работ;

-корректировка сетевой матрицы ведется только на этапах в случае изменения времени выполнения какой-либо работы;

-выявлять особенности структуры необходимых работ, приемлемые средства и методы их выполнения;

-строить сложные сетевые модели в масштабе времени с учетом сведений об исполнителях;

-распределять работы между исполнителями с учетом их квалификации (это позволяет правильно определять обязанности и ответственность за выполняемую работу);

-анализировать взаимосвязи между исполнителями и выполняемой ими работой в случае выполнения одной операции несколькими исполнителями;

-оценить загруженность конкретного исполнителя и возможность оптимально планировать его работу в течении рабочего дня (недели, месяца).

Структура сетевых матриц позволяет, в отличие от сетевых графиков, использовать в данных моделях алгоритмы поиска отказа.

Одной из основных задач для руководителей работ по ТО ВС является оптимальная организация производственного процесса, которая предполагает разработку плана его развития [14].

При оперативном планировании работы специалистов задача создания оптимального плана обусловлена, с одной стороны, взаимосвязью и технологической последовательностью выполняемых работ а, с другой, наличием и загруженностью специалистов.

При этом руководителям работ для эффективного выполнения производственного задания необходимо правильно распределить ответственность за выполняемую работу, учитывая квалификацию исполнителей и возможность выполнения ими тех или иных работ.

Графическая модель процесса ТО ВС - сетевая матрица, является наилучшем отображением взаимосвязи работ и их сроков выполнения, а также взаимосвязи исполнителей и вклада каждого из них в процессе обслуживания ВС.

Рассмотрим принцип построения сетевой матрицы на условном примере технического обслуживания самолета Boeing 747 при подготовке к рейсу в конечном аэропорту.

Выполнение ТО воздушного судна производиться бригадами оперативного обслуживания, работой которых руководит инженер смены или бригадир- авиатехник. В состав бригады обычно входят авиатехники по

эксплуатации планера и двигателей, авиатехники по спецоборудованию. Численность специалистов принимается исходя из местных условий.

Для рассматриваемого примера распределение авиатехников по специальностям следующее:

№1 - авиатехник по обслуживанию СУ (силовой установки, двигателей);

№2 - авиатехник по обслуживанию шасси и гидросистемы;

№3 - авиатехник по обслуживанию планера и систем управления;

№4 - авиатехник по обслуживанию электрооборудования;

№5 - авиатехник по обслуживанию приборного оборудования;

№6 - авиатехник по обслуживанию радиооборудования.

В виду того, что сетевая матрица является разновидностью технико-ресурсной сетевой модели, на нее распространяются общие правила построения этих моделей[17,15,16]. В данной работе рассматриваются, в основном, принципы, которые свойственны формированию только сетевых матриц.Для разработки сетевой матрицы составляют перечень работ (табл. 2.3).

В рассматриваемом примере сетевой матрицы отражены работы только по ТО в соответствии с регламентом оперативного обслуживания, без указания работ по коммерческой загрузке и по высадке и посадке пассажиров.

При составлении перечня работ четко устанавливаем последовательность и взаимосвязи работ (графы 1 и 2 таблицы 2.3):

-какие работы должны быть завершены ранее, чем начнется данная работа;

-какие работы могут быть выполнены одновременно с данной работой;

- какие работы могут быть начаты после завершения данной работы.

В перечне указываются содержание работ (графа 3), продолжительность их выполнения (графа 4), исполнители и необходимые данные по исполнителям (графа 5).

Продолжительность выполнения отдельных работ определяется исходя из нормативной трудоемкости указанной в документах, а также статистическим

данным конкретного авиапредприятия, при этом весь комплекс работ разбит на этапы. В таблице (табл. 2.3) установлено: I этап - подготовительные работы отражены под №1; II этап - непосредственно ТО, работы под №2 - №14; III-заключительные работы отражены под №15-№ 18.

В соответствии с перечнем работ осуществляют построение сетевой матрицы для выбранного варианта обслуживания самолета Boeing 747.

Определяют вертикальные "коридоры", представляющие календарно-масштабную сетку времени, отражающую этапы и отдельные работы процесса, протекающие во времени. На рисунке (рис.2.3) представлена масштабная сетка времени, выполненная в минутах с указанием этапов выполнения работ.

Определяют горизонтальные "коридоры" сетевой матрицы, которые соответствуют количеству специалистов, выполняющих комплекс работ по ТО данного воздушного судна. Наносят их на масштабную сетку времени, с указанием номера или фамилии, а также при необходимости дополнительных данных специалиста (должности, квалификации и другое).

Таблица 2.3

Перечень работ по выполнению ТО при подготовке к рейсу самолета

№ работы	Код работы на сетевой матрице	Наименование работы	Продолжительность работы	Исполнитель
1	2	3	4	5
I этап - подготовительные работы				
1	1-2 1-3	Установка упорных колодок и страховочной штанги	2	Авиатехник №2 Авиатехник №3
		IIэтап - работы по ТО		
2	3-5	Обслуживание шасси	19	Авиатехник №2
3	3-4	Обслуживание СУ	45	Авиатехник №1
4	3-6	Осмотр фюзеляжа, управления ВС	30	Авиатехник №3
5	3-7	Подключение наземного источника электроэнергии	4	Авиатехник №4
6	7-10	Осмотр антенных устройств,	10	Авиатехник №6

		чистка от грязи ПВД		
	7-9	11роверка внешнего состояния		
7		приемников, заглушек и чехлов	15	Авиатехник№5
8	7-8	Осмотр,чистка фар,аэронавиг огней	7	Авиатехник №4
9	5-11	Обслуживание гидросистемы	15	— Авиатехник №2
10	6-12	Осмотр кресел в салоне	20	Авиатехник№3
11	9-13	Проверка приборного оборудования в кабине	20	Авиагехник№5
		экипажа		
12	10-14	Проверка функционирования радиостанций	20	Авиатехни к№6
13	12-15	Осмотр панелей заправки водой, сливных санузлов	15	Авиатехник №3
14	15-16	Осмотр кресел в кабине экипажа	6	Авиатехник №3
III - этап заключительные работы				
15	16-17	Заключительные работы после заправки топливной системы и	15	Авиатехник №3
		слив топлива		
16	18-19	Отключение наземного источника электроэнергии от бортовой сети	4	Авиатехник №4
17	19-20 19-21	Уборка упорных колодок и страховочной штанги	1	Авиатехник №2 Авиатехник №3
18	21-22	Обеспечение запуска двигателей	8	Авиатехник № 1

За исходное событие 1 (гр.2, табл.2.3) принимаем момент окончания руления самолета к месту стоянки, где авиатехники №2 и №3 устанавливают упорные колодки и страховочную штангу. Наносим на матрицу работу №1 (гр.1), т.к. данную работу выполняют два авиатехника, то на матрице она изображается двумя работами с кодами (1-2) и (1-3) (гр.2, табл.2.3). Принадлежность работы (стрелка) к тому или иному горизонтальному "коридору" опреде-

ляется ее горизонтальным положением (либо безмасштабным ее горизонтальным участком). Принадлежность работы (стрелки) к вертикальному "коридору" определяется границами "коридора" работ (или этапа), т.е. вертикальными линиями, определяющими масштаб времени матрицы.

Продолжительность работы (стрелки) равна расстоянию по прямой между центрами событий, заключающих эту работу (стрелку) в проекции на горизонтальную ось времени.

Как видно из рисунка (рис.2.3), горизонтальные участки работ с кодами (1-2) и (1-3) располагаются в соответствующих "коридорах", которые характеризуют исполнителей выполняющих данную работу: авиатехника №2 и №3; продолжительность этих работ составляет две минуты.

Работа с кодом (2-3), является фиктивной работой или "зависимостью", т.е. для ее выполнения не требуется времени и ресурсов, но без нее нельзя начать выполнять последующие работы. "Зависимость", идущая по вертикали (ее проекция на горизонтальную ось времени - точка, следовательно, продолжительность равна нуль), изображается пунктирной стрелкой. В понятие "работа" кроме "зависимости", включается процесс "ожидания", не требующий затрат труда и ресурсов, но требующий затрат времени. "Ожидание" идущее на матрице вправо или с наклоном вправо от оси ординат, изображается в виде пунктирной линии с точкой со стрелкой на конце (например, работа №4-17). Отклонение стрелок влево от оси ординат на сетевой матрице не допускается.

После установления упорных колодок и страховой штанги (работа с кодами (1-2) и (1-3) конечным событием этих работ является событие 3, при этом оно же - начальное событие для выполнения специалистами работ не связанных в начале с использованием электропитания.

Авиатехник №1 по обслуживанию двигателей и авиатехник №2 по обслуживанию шасси и гидросистемы выполняют все пункты регламента вне зависимости от других специалистов, поэтому соответственно наносим на матрицу работы с кодами (3-4) и (3-5).

Авиатехник №4 по электрооборудованию начинает обслуживание с подключения к бортовой сети наземного источника электроэнергии - работа с кодом (3-7). Такой порядок работ связан с тем, что от последовательности выполнения работ авиатехника №4 зависит возможность начала ряда работ других специалистов. До свершения события 7 не может быть начата подача топлива от топливозаправщика в топливные баки самолета, нельзя проверить работу насосов бытовых систем, произвести проверку функционирования радиостанций и т.д. Далее авиатехник по электрооборудованию выполняет осмотр и чистку фар, аэронавигационных огней. Затем следует "зависимость" - (8-18), т.к. выполнение работы (18-19) (отключение наземного источника электроэнергии от бортовой сети) зависит от окончания работ связанных с использованием I электроэнергии.

Авиатехник №3 по обслуживанию планера и систем управления начинает работу с выполнения пунктов регламента по обслуживанию планера, управления - работа (3-6), затем производит осмотр пассажирских салонов - работа (6-12); в это время источник электропитания уже подключен, поэтому далее он ш производит проверку панели заправки водой и т.д. - работа (12-15). Далее он осматривает кабину экипажа - работа (15-16); в это время авиатехник по прибо-S рам закончил работу в кабине - работа на матрице (9-14), поэтому специалисты не мешают друг другу. В противном случае имело бы место "ожидание" авиатехника №3 окончания работ по обслуживанию приборов в кабине экипажа. Затем авиатехник по планеру выполняет заключительные работы после заправки топливной системы - работа (16-17), при этом после завершения данной работы, авиатехник по электрооборудованию отключает наземный источник электропитания – работа (18-19).

Авиатехник №5 по рпиборному оборудованию осматривает ПВД (приемники воздушного давления) и в случае необходимости их зачехляет – работа (7-9), далееон проверяет приборное оборудование в кабине экипажа – работа (9-13).

Авиатехник «6 по радиооборудованию производит осмотр бортовых радиоантенн – работа (7-10) и проверяет функционирование радиостанций – работа (10-14).

Отключение наземного электропитания – работа (18-19) дает возможность убрать страховочную штангу и упорные колодки. Эту работу (№17 по гр.1 таблица 2.3) выполняют два специалиста: авиатехник №2 и №3, поэтому а сетевой матрице она будет отображаться работами с кодами (19-20) и (19-21).

После этого авиатехник №1 по СУ обеспечивает запуск двигателей – работа (21-22). Событие 22 является завершающим для представленного комплекса работ. При построении сетевой матрицы необходимо отметить, что работа №16 (гр.1 табл.2.3) зависит от выполнения всех предыдущих работ, поэтому результаты всех этих работ объединили в одно событие 18 при помощи зависимости.

Расчет параметров сетевой матрицы производиться в соответствии с методами определения сроков свершения событий сети, длина критического пути, величины резервов времени, т.е. имеет те же принципы, что и сетевые графики.

После построения сетевой матрицы находим критический путь рассматриваемого процесса и его продолжительность. Анализ сетевой матрицы (рис.2.3) показал, что на критическом пути лежат работы: (1-3), (3-6), (6-12), (12-15), (15-16), (16-17), (18-19), (19-21), (21-20). Содержание этих работ следующее: установка упорных колодок, осмотр фюзеляжа ВС, осмотр кресел в салонах, осмотр панелей заправки, осмотр кресел в кабине экипажа, заключительные работы после заправки топливной системы и слива топлива, отключение наземного источника электропитания от бортовой сети, уборка упорных колодок, обеспечение запуска двигателей.

Продолжительность критического пути составляет Ткр.= 101 мин., т.е. при установленных исходных условиях общее время на производство ТО

самолета от момента посадки ВС до момента обеспечения запуска двигателей составит не менее 101 минуты.

Таким образом, рассмотрены принципы построения сетевых матриц на примере комплекса регламентных работ ТО самолета Boeing 747. При обнаружении отказа функциональной системы ВС требуется составление плана работ по выявлению и устранению отказа. Построение сетевой матрицы при поиске и устранении отказа основывается на тех же принципах, что и при регламентных работах, однако имеются свои особенности, которые необходимо рассмотреть.

2.4 Формирование оперативного плана восстановления воздушного судна при отказе функциональной системы с помощью модульных сетевых матриц

Процесс поиска и устранения отказа имеет случайный характер. В случае обнаружения отказа функциональной системы воздушного судна руководители работ (инженер смены) должен разработать оперативный план по восстановлению воздушного судна, т.е. составить программу локализации отказа и организовать работу технического состава [18]. При этом задача стоящая перед ИТС в различных производственных ситуациях заключается в минимизации временных затрат на локализацию отказа.

Различия в уровне конструктивно-эксплуатационных свойств ВС, а также процесса поиска и его наибольшая продолжительность в ходе ТО, обуславливают необходимость алгоритмизации методов построения программ поиска отказа.

Алгоритм поиска отказа представляет собой направленный граф, который задает совокупность и последовательность проверок необходимых для выявления и устранения отказавшего элемента функциональной системы

воздушного судна. Каждая проверка характеризуется допустимыми воздействиями, прикладываемыми к элементу диагностируемой системы и полученными при этом результатами [19]. Иными словами проверка состоит из комплекса операций (работ) по выявлению и устранению отказа.

Таким образом, руководителю работ необходимо разработать скоординированный оперативный план, в основе которого лежит оптимальная технологическая последовательность работ (алгоритм диагностирования) и рациональное распределение исполнителей выполняющих данные работы.

В основе сетевой матрицы лежит направленный граф, в котором ни один кружок, отражающий событие, не может быть соединен сам с собой и никакие два кружка (события) не могут быть непосредственно соединены более чем одной дугой [20].

Важнейшим моментом построения сетевой матрицы является четкое определение всех взаимосвязей между работами и их технологической последовательностью (нельзя допускать отклонений от принятой технологии). Данный принцип лежит в построении условных алгоритмов поиска отказов, когда выбор и назначение проверок производится с учетом результатов предыдущей, уже реализованной проверки. Вследствие этого в качестве основы для построения сетевой матрицы процесса поиска и устранения отказа берем условный алгоритм поиска отказа.

Для каждого воздушного судна с отказом необходимо формировать свой алгоритм с учетом показателей надежности элементов систем, которые рассчитывают по данным эксплуатации воздушного судна. Вследствие этого, типовой план работ по выявлению отказа разработать практически невозможно, необходимо разрабатывать план каждый раз для конкретного воздушного судна, где произошел отказ функциональной системы. Ранее построение такого плана, в виде сетевых графиков, вызывало затруднения. Структура сетевой матрицы позволяет не только сформировать план работ, но в некотором роде унифицировать данный процесс.

Поясним данное положение. Каждой проверке диагностического алгоритма соответствует этап сетевой матрицы. В этапе ееетевой матрицы имеется необходимое количество работ, причем для проверки работоспособности конкретного блока функциональной системы воздушного судна набор работ, как правило, определен нормативной технической документацией. В результате при изменении последовательности этапов на сетевой матрице (проверок), последовательность работ на этапе не изменяется, при этом начальное событие данного этапа является конечным событием предыдущего этапа. Это позволяет создать модули (наборы фрагментов работ) сетевых матриц отдельных проверок Пj и модули (фрагменты) сетевых матриц работ по устранению отказа Рj для конкретных функциональных систем ВС и хранить их в банке данных ЭВМ, применяя для формирования программы поиска и устранения отказа.

Для построения модуля сетевой матрицы проверки Пj, необходимо задать следующую исходную информацию:

-перечень работ, входящих в модуль (этап) сетевой матрицы Пj;

-перечень событий, входящих в работы модуля проверки Пj;

-буквенный шифр работ и событий;

-специализацию и количество исполнителей, выполняющих отдельную работу модуля проверки Пj.

Первоначально для задания исходной информации при построении модуля необходимо тщательно проанализировать состав и последовательность выполняемых работ, а также определить оптимальное количество исполнителей требующихся для их выполнения. Так, обследование организации работ в отдельных АТБ показало, что при выполнении работ по поиску в некоторых случаях наблюдается скопление специалистов, которые мешают друг другу.

В авиапредприятиях могут возникать различные производственные ситуации, поэтому возможна разработка вариантов (альтернативных)

выполнения работ на модуле с другим количеством исполнителей, отличающихся от оптимального. Данные альтернативных вариантов заносятся в качестве примечания в таблицу оптимальных вариантов, либо разрабатывают отдельные таблицы.

При непосредственном построении отдельного модуля формируют горизонтальные "коридоры" которые соответствуют количеству специалистов выполняющих работы по проверке nj. Если в работах по проверке блоков функциональной системы на модуле участвуют исполнители разных специализаций, необходимо соблюдать единообразие в последовательности расположения специалистов в горизонтальных "коридорах" при построении всех модулей сетевой матрицы (рис. 2.4 А, Б, В).

Модули сетевой матрицы содержат события, которые констатируют факт завершения выполнения той или иной работы. Конечное событие на модуле является начальным событием для последующего модуля сетевой матрицы, поэтому модули не имеют начальных событий. Отсчет времени выполнения работы, а также присвоение шифра работе ведется от нулевой вертикальной оси масштабной временной сетки для данного модуля.

Общее время проведения проверки рассчитывается путем суммирования времени выполнения каждой работы. Если имеются параллельно и последовательно выполняемые работы, то общее время проведения находится путем суммирования времени выполнения самой продолжительной из параллельных работ и времени работы последовательно с ней связанной. Например, время выполнения проверок $П_3$, $П_2$, $П_5$ равно соответственно:

$$t_{П_3} = t_{0\text{-}A} + t_{A\text{-}B}, \quad t_{П_2} = t_{0\text{-}B}, \quad t_{П_5} = t_{0\text{-}A2} + t_{A2—B3} + t_{Б3\text{-}B3}. \tag{2.7}$$

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дат

Инв. № подл

При получении информации об отказе функциональной системы воздушного судна на основании последовательности проверок , которое задает условный алгоритм поиска отказа, производим сшивание модулей, что составит оперативный план восстановление ВС с отказом.

В ходе накопления фактических данных по выполнению работ по локализации отказов на функциональных системах конкретных воздушных судов, возможна корректировка модулей сетевых матриц. Таким образом, возможности матриц, не ограничиваются одним применением, использование корректированных модулей позволяет выявлять возможности улучшение организации производственного процесса, выбирать наиболее целесообразные варианты численности исполнителей на каждом модуле сетевой матрицы, а также всего комплекса работ; более рационально распределять исполнителей по работам на модулях; иметь уточненную информацию для определения параметров работ (затраты времени, критические работы и.т.д.)

Модульные сетевые матрицы можно использовать для гибкого планирования различных производственных процессов. Принцип модульности позволяет корректировать производственные планы, путем упорядочивания модулей сетевых матриц в зависимости от решаемой задачи и конкретной производственной ситуации.

Оптимизацию сетевых моделей производят по критериям: «по времени» (продолжительности выполнения работ); по использованию трудовых и материальных ресурсов.

В рассмотренных примерах сетевой матрицы регламентных работ самолета Boeing 747, предполагается, что она оптимальна «по времени» и «по численности» исполнителей в бригаде для конкретных условий исследуемого аэропорта и АТБ.

В основе сетевых матриц процесса поиска и устранения отказа функциональной системы воздушного судна лежит диагностический условный алгоритм, оптимизированный согласно принятому критерию эффективности проверки, следовательно, модульная сетевая матрица данного процесса оптимальна с точки зрения продолжительности выполнения отдельных работ и всего комплекса в целом, с заданным ограничением по количеству исполнителей.

Таким образом, модульная сетевая матрица является оперативным планом выполнения работ по ликвидации отказа на воздушном судне с определенным количеством исполнителей. Оперативное управление ТО при отказе функциональной системы, как правило связано с задачей перераспределения трудовых ресурсов, ввиду того, что работы по локализации отказа это всегда дополнительные производственные затраты.

2.5 Оперативная корректировка организации работ по ТО ВС при локализации отказа функциональной системы.

Выполнение ТО на воздушном судне с отказом, как правило, превышает плановое время ТО по регламенту данного типа ВС. Для обеспечения возможно более быстрого выявления отказа требуется привлечение дополнительных специалистов на воздушное судно, где обнаружен отказ. Руководителям работ в этой связи необходимо принять решения о перераспределении имеющихся трудовых ресурсов, либо привлечение дополнительных с других участков (цехов). Как в одном, так и в другом случаях при корректировке организации работ на воздушном судне с отказом, необходимо учитывать влияние принимаемых решений на ход работ на других ВС, стоящих на обслуживании.

Одной из важнейших задач оперативного управления является задача оптимального распределения исполнителей на обслуживаемые ВС с целью минимизации производственных затрат на ликвидацию отклонений, возникших в связи с отказом функциональной системы ВС.

Постановка задачи распределения трудовых ресурсов на формальном уровне должна не только в достаточной степени учитывать реальную специфику процесса ТО при обнаружении отказа функциональной системы ВС, но и быть реализуемой с вычислительной точки зрения. Эти требования в определенном смысле зависимы, т.к. чем сложнее модель процесса, тем труднее

найти методы решения поставленной задачи. Существует опасность неоправданного упрощения задачи при неудачный попытках «подгонки» ее постановки под класс задач, методы и решения которых хорошо разработаны. Однако, игнорирование известных методов оптимизации также не всегда оправдано. Поэтому в данном случае исследовав существо поставленной задачи, представляется правильным использовать приемы и методы, применяемые в классических задачах, эквивалентных ей по постановке.

Задача распределения трудовых ресурсов по своему содержанию относится к тем, которые решаются при принятии оперативных решений в реальном масштабе времени. Эти задачи с успехом реализуются в моделях динамического программирования [21,22]. Основным условием успешного применения данного метода является ограниченная сфера влияния отдельного решения, найденного с помощью этого метода, и простота отыскания такого решения. Решение задачи целесообразно представить в виде алгоритма – эффективной процедуры, однозначно приводящей к результату.

Рассмотрим задачу распределения трудовых ресурсов. Для задачи перераспределения специалистов, выполняющих ТО ВС, воспользуемся методом многошагового принятия решения [23]. Многошаговое свойство решения задачи относится к методу оптимизации, основанному на рассмотрении одного дополнительного ВС на каждом шаге (далее этапе) принятия решения при направлении специалистов на выполнение работ по ТО.

Пусть на момент обнаружения отказа функциональной системы одного из обслуживаемых ВС в смене имеется К специалистов распределенных по бригадам в равной степени, которым необходимо выполнить ТО на m ВС. Необходимо перераспределить К специалистов на обслуживаемые m ВС таким образом, чтобы на все m ВС были направлены специалисты для выполнения работ на всех этапах принятия решения. В результате направления на i-е воздушное судно (i = 1, 2, …, m) на j-этапе принятия решения (j= 1,2,...,m) специалистов в количестве xij известно время заполнения работ по ТО данным количеством исполнителей, которое определяется функцией временных затрат

gij(xij). Часть исполнителей xii при этомм остается нераспределенной, эту часть определяем, как функцию остатка φ ij(xij) Известно количество специалистов Ki, на каждом j-м этапе на всех m обслуживаемых ВС.

В виду принятия в качестве цели исследования повышение эффективности ТО ВС, то целевая функция поставленной задачи будет определяться как минимизация суммарного времени обслуживания всех рассматриваемых ВС. Иными словами, необходимо определить значения xij распределяемых исполнителей на каждом этапе на каждое ВС так, чтобы в целом на всех рассматриваемых ВС и на всех этапах временные затраты на ТО были минимальными.

Данную математическую задачу в общем виде формулируем как:

$$\min F = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} gij(xij)$$

при ограничениях (2.8)

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = K_j \quad (j=1, 2,\ldots,n), \qquad (2.9)$$

$$X_{ij} \geq 0 \qquad (i=1,2,\ldots,m; j=1,2,\ldots,n) \qquad (2.10)$$

Для решения соотношения (2.8) используем принцип оптимальности Веллмана, что дает возможность принять ряд последовательных решений (многошаговый процесс), обеспечивающий оптимальность развития процесса распределения трудовых ресурсов в целом.

Однако постановка задачи в таком виде не учитывает особенности производственной обстановки при обнаружении отказа функциональной системы на одном из обслуживаемых ВС.

Для задачи оптимального распределения трудовых ресурсов учтем ряд условий связанных со спецификой процесса ТО при обнаружении отказа. Все

задействованные на ТО ВС в рассматриваемый период (например, рабочая смена), должны быть обслужены. Все специалисты, задействованные на рассматриваемых судах, должны быть распределены на данные ВС.

В виду того, что математический метод решения задачи заключается в поэтапном наращивании числа обслуживаемых ВС, определим понятие этапа для данной задачи. Так как все стоящие в плане работ ВС должны быть обслужены, то такими этапами являются:

1 этап - распределение исполнителей на 1-е обслуживаемое ВС;

2 этап - распределение исполнителей на 1 и 2 обслуживаемое ВС;

j этап - распределение исполнителей на 1, 2 , ...m обслуживаемые ВС.

В этом случае обозначение этапа будет соответствовать порядковому номеру рассматриваемого дополнительно ВС на каждом этапе, что позволяет упростить обозначения и принять j=1,2,...,m.

На первом этапе принятия решения исполнители направляются только на одно первое ВС (j=l), в этом случае должно соблюдаться условие:

$K_j > x_j$ или $k_j \leq x_j$.

(2.11)

На последующих этапах (j>l), когда распределение специалистов ведется на два и более ВС, т.е. на все рассматриваемые ВС направляются специалисты, должно выполняться условие:

$K_j > x_j$ или $k_j \leq x_j$.

(2..12)

Количество специалистов, направляемых на одно ВС, с одной стороны, не должно быть меньше минимально допустимого числа исполнителей, производящих работы по данной форме ТО, а другой, быть не больше допустимого количества специалистов, выполняющих ТО на конкретном типе ВС. Тогда математическая задача формулируется в виде:

$$\min F = \sum_{j=1}^{m} g_j(x_j) \qquad (2.13)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{m} x_j = k_j \qquad (j=1,2,\ldots,m) \qquad (2.14)$$

$$x_{j\min} \le x_j \le x_{jD}, \qquad (2.15)$$

$$k_{j\min} \le k_j \le K, \qquad (2.16)$$

где kj - число специалистов, распределяемых на j -м этапе на все задействованные на обслуживание суда;

$k_{j\ min}$ - минимальное количество специалистов, распределяемых на j-м этапе принятия решения на все задействованные на обслуживания ВС;

K-общее количество специалистов, которое необходимо распределить;

x_j - количество специалистов, направляемых на одно ВС на j - м этапе;

x_{jmin} - минимальное количество специалистов, направляемых на одно ВС;

X_{jD} - допустимое количество специалистов, направляемых на одно ВС;

gj - время выполнения работ по ТО количеством исполнителей xj, направленных на одно ВС на j - м этапе;

Обозначим через Fj(kj) - минимальные временные затраты на обслуживание ВС на j-м этапе.

Тогда реккурентное соотношение запишем в виде:

$$F_j(k_j) = \min\{g_j(x_j) + F_{j-1}(k_j - x_j)\}.$$

$$x_j \le k_j \qquad (2.17)$$

Решение системы реккурентных уравнений (2.17) позволяет определить оптимальное распределение имеющихся в наличии специалистов по обслуживаемым ВС с минимальными суммарными временными затратами на ТО.

Рассмотрим решение задачи на конкретном примере. Примем количество обслуживаемых ВС m = 3, количество специалистов выполняющих работы по ТО на данных ВС К = 12.

Затраты времени, необходимые для ТО ВС определенным количеством исполнителей известны.

Время выполнения работ по ТО на первом ВС, где обнаружен отказ, составит:

$$g_1 = \tau_{лок.отк.} + \tau_{рег.} \qquad (2.18)$$

где $\tau_{лок.отк.}$ - время, необходимое на локализацию отказа функциональной системы;

$\tau_{рег}$ - время, необходимое на выполнение основных (регламентных) работ для выпуска воздушного судна в рейс.

Время выполнение работ по локализации отказа составит:

$$\tau_{лок.отк.} = \tau_{поиск} + \tau_{устр.} \qquad (2.19)$$

где $\tau_{поиск.}$ -максимально возможное время на выполнение проверок согласно условному алгоритму поиска отказа;

где $\tau_{устр.}$- время, необходимое на устранение отказа последнего блока логической модели отказавшей функциональной системы в алгоритме поиска.

В зависимости от имеющихся трудовых ресурсов в производственной ситуации руководители работ выделяют возможное количество специалистов $X_{лок}$ для восстановления воздушного судна, где обнаружен отказ, при условии, что $X_{лок} > Xjmin$. Из банка данных определяют время проведения каждой проверки Пj, на основании чего формируют условных алгоритм поиска отказа по критерию эффективности проверок. При необходимости возможно построение условных алгоритмов для разных вариантов количества исполнителей, имеющихся в базе данных.

В соответствии с алгоритмом определяют время локализации отказа Тлок.отк.- Далее определяют время gj выполнения всего комплекса работ по ТО на ВС с отказом в зависимости от направляемого количества исполнителей X_j.

Таблица 2.4.

Время выполнения работ по ТО на втором и третьем ВС (без отказов)

Kj	xi	1 ВС	2 ВС	i ВС
		g1	g2	g3
2	2	240	140	110
4	4	160	96	80
6	6	ПО	64	56
8	8	73	53	-
10	10	-	-	-
12	12	-	-	-

Ниже приводятся результаты поэтапных расчетов на основе соотношения (2.17) для рассматриваемой задачи. Они представлены в виде таблиц (2.5 - 2.7).

Этап 1. Направляем специалистов только на первое из обслуживаемых ВС

Таблица2.5

Распределение специалистов на первое ВС

K_1	$g_1(x_1)$					
	Xi*2	$X_1=4$	$X_1=6$	$X_1=8$	$MinF_1(K_1)$	X_{1opt}
2	240	-	-		240	2
4	-	160	-	-	160	4
6	-	-	10	-	110	6
8	-	-	-	73	73	8

Этап 2.Распределяем специалистов на первое и второе обслуживаемые ВС.

$$F_2(к_2) = \min_{к_2 > x_2} \{ga(x_2) + F_t(к_2 - x_2)\} \quad (2.20)$$

Таблица 2.6

Распределение специалистов на первое и второе ВС

2	$g_2(x_2) + Fi(K_2 - X_2)$					
	$X_2=2$	$X_2=4$	$X_2=6$	$X_2=8$	$\min F_2(K_2)$	x_{2opt}
2	-	-	-	-	-	-
4	140+240=380	-	-	-	380	2
6	140+160=300	96+240=33	-	-	300	2
8	140+110=250	96+160=256	64+240-304	-	250	2
10	140+73=213	96+110=206	64+160=224	53+240=293	206	4
12	140+73=203	96+73=169	64+110=174	53+160=213	169	4

Этап 3. Распределяем специалистов на все три обслуживаемых ВС.

$$F_3(k_3) = \min_{к_3 > x_3} \{g_3(x_3) + F_2(к_3 - x_3)\} \quad (2.21)$$

Таблица 2.7

Распределение специалистов на первое, второе и третье ВС

K_3	$g_3(x_3) + F_2(k_3-X_3)$					
	$X_3=2$	$X_3=4$	$X_3=6$	$X_3=8$	$\min F_3(K_3)$	X_{3opt}
12	110+206=316	80+250=330	56+300=356	-	316	2

Рассмотрев, таким образом, все этапы получаем итоговую таблицу (табл. 2.7). Если бы число обслуживаемых ВС, было больше трех, то расчеты продолжались по выбранному алгоритму. В данном случае все необходимые вычисления завершены.

Оптимальное распределение исполнителей по обслуживаемым ВС находим путем осуществляемого в обратном порядке выбора значений. В таблице (табл. 2.8) представлена схема определения оптимального распределения исполнителей.

Оптимальное распределение специалистов

Таблица 2.8

K_3	X_{3opt}	K_2	X_{2opt}	K_1	X_{1opt}	$(X_1, X_2 X_3)$
12 →	2 →	12-2=10 →	4 →	10-4=6 →	6	(6, 4, 2)

Оптимальное распределение исполнителей по ВС:

-на первое ВС (с отказом) направляется 6 специалистов, время выполнения работ по ТО составит - 110 минут;

-на второе ВС - 4 специалиста, время выполнения работ по ТО - 96 минут;

-на третье ВС - 2 специалиста, время выполнения работ - 110 минут.

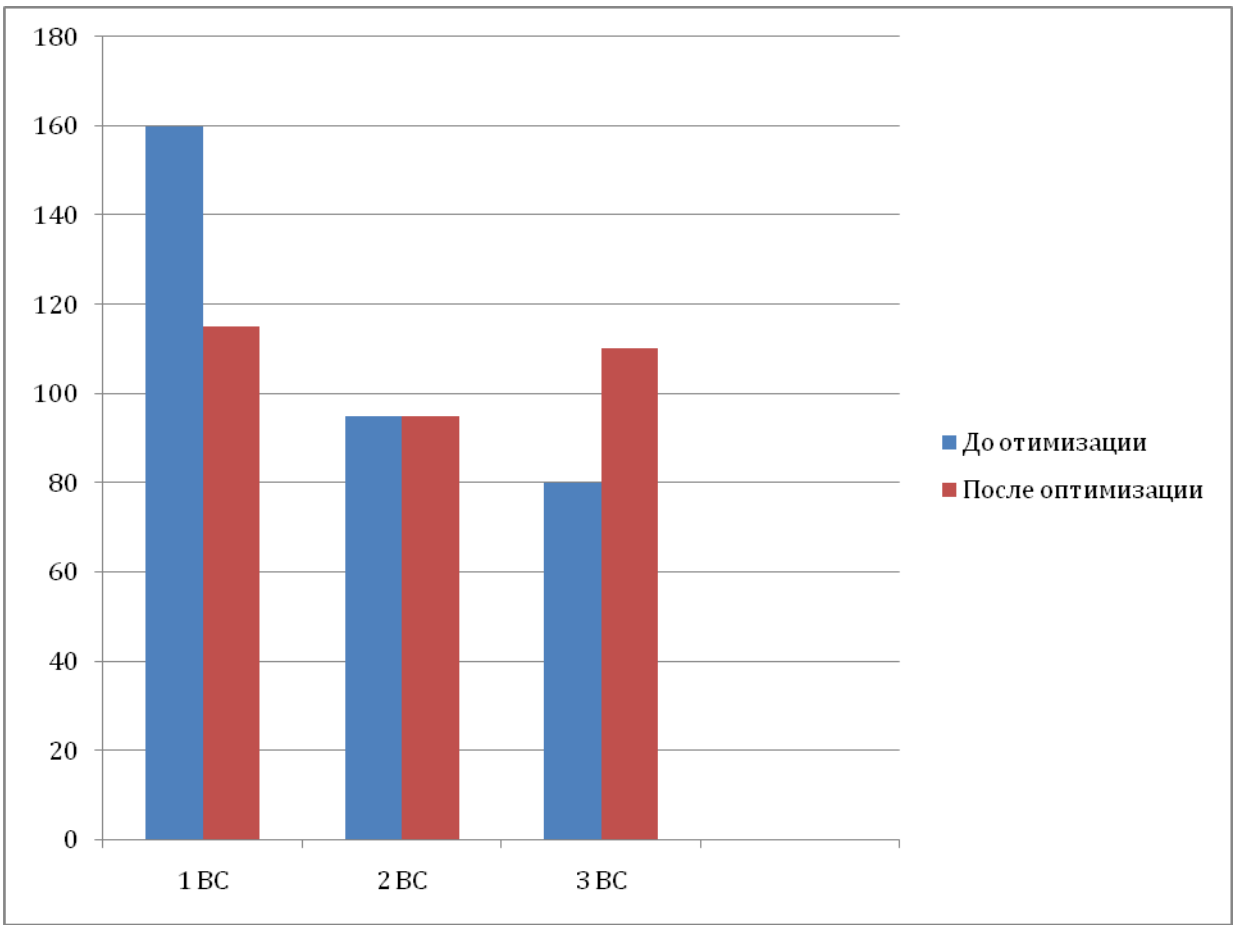


Рис.2.6 График перераспределения трудовых ресурсов

Из рисунка (рис 2.6) видно, что суммарное время на техническое обслуживание при условии локализации отказа на одном из самолетов сокращается на 6% благодаря средствам оперативная корректировка организации работ. Следует отметить, что поиск отказа функциональной системы воздушного судна осуществляется условным алгоритмом поиска отказа, и если отказ будет обнаружен на начальных проверках, то ожидаемая экономия времени на ТО может составить до 15%. В этом случае часть специалистов может быть переведена с воздушного судна с отказом на другие ВС, где в них есть необходимость.,

Представленный подход распределения специалистов может быть реализован по следующим принципам:

- по специализации персонала (закрепленный и зонный метод ТО, специализированные бригады);

- по комплексному подходу (комплексные бригады);

- по функциональному назначению систем ВС (посистемный метод).

По полученным результатам принимают управленческие решения, в частности: формируют оперативный план восстановления воздушного судна на базе модульной сетевой матрицы в зависимости от полученного числа специалистов, направляемых на данное ВС; определяют фактическое время окончания работ по ТО на рассматриваемых ВС; решают вопрос о необходимости привлечения дополнительных специалистов из других цехов (участков) или о передачи воздушного судна, по которому работы за смену не могут быть завершены, следующей смене, если фактическое окончание выполнение работ превышает время рабочей смены исполнителей $tj_{факт}$>to

Вывод

В проектной части были рассмотрены вопросы оперативного управления процессом технического обслуживания воздушного судна, Показана целесообразность формирование оперативного плана на базе технолого-ресурсной модели в виде сетевой матрицы, разработан метод построения оперативного плана восстановления воздушного судна при отказе функциональной системы в виде модульной сетевой матрицы.

По результатам анализа задержек рейсов большинство отказов были выявлены в гидравлической системе. В специальной части предлагается внедрение установки по промывке гидросистемы, цель внедрения которой является повышения надежности агрегатов рассматриваемой функциональной системы.

Раздел 3. Специальная часть. Разработка установки для обслуживания гидравлической системы самолета Boeing 747

3.1 Оборудование и методы, применяемые для обслуживания гидравлической системы самолета Boeing 747

В процессе работы гидравлической системы и ее потребителей, гидравлическая жидкость со временем загрязняется различными продуктами. В ней в том или ином количестве присутствуют частицы металла, пластмассы, резины, волокон, окалины и продуктов износа деталей гидравлических агрегатов. Большая часть частиц продуктов износа деталей агрегатов соизмерима с зазорами в плунжерных и золотниковых парах и обладает высокой твердостью. Эти компоненты загрязнений существенно влияют на работоспособность и долговечность гидравлических агрегатов. Поэтому регламентом технического обслуживания предусмотрено периодическая замена рабочей жидкости в течение отработки самолетом межремонтного срока службы или ресурса до первого ремонта. Также при обслуживании гидравлической системы в процессе эксплуатации предусмотрено проводить проверку качества гидравлической жидкости.

Анализ качества гидравлической жидкости ведут по следующим показателям:

-кинематической вязкости при температуре +50°С (по ГОСТ 33);

-кислотному числу (по ГОСТ 5985);

-содержанию воды (по ГОСТ 2477);

-температуре вспышки (по ГОСТ 4333);

-степени загрязненности механическими примесями (определяют класс чистоты по ГОСТ 17216-71).

Если хотя бы один из выше перечисленных показателей выходит за допустимые пределы, рабочую гидрожидкость следует слить из системы самолета и заменить на свежую.

В процессе эксплуатации самолета Boeing 747 зачастую самолет не налетывает по часам или по посадкам до периодических регламентных работ из-за дефектов и отказов по системе управления самолета в виду загрязнения гидравлической жидкости механическими примесями, образующихся в результате трущихся пар и золотниковых механизмов гидравлических агрегатов самолета. Примером тому служит: длительное время выпуска и уборки закрылков, выпуска и уборки шасси. Работа гидравлических приводов на загрязненной жидкости приводит к повышенному износу штоко-поршневых групп агрегатов, износу золотниковых распределительных устройств, и как следствие, к появлению функциональных отказов и неисправностей агрегатов, при этом основным видом неисправностей гидравлических приводов является негерметичность уплотнений подвижных соединений. При устранении этих дефектов часто обнаруживается загрязнение фильтров слива гидравлической системы.

До сих пор не решен вопрос с очисткой гидравлической жидкости на самолетах Boeing 747 и промывки гидравлической системы, хотя самолет эксплуатируется уже длительное время.

В настоящий момент промывка гидравлической системы производится путем слива загрязненной жидкости и заправкой новой до тех пор, пока чистота жидкости не будет соответствовать классу чистоты согласно техническим условиям эксплуатации. Сливаемая гидравлическая жидкость не редко соответствует всем показателям ее качества, кроме ее класса чистоты, но она подлежит сливу и утилизации. Заправить самолет новой жидкостью - дорогостоящая операция.

Предлагается внедрить в эксплуатацию гидравлическую установку для технического обслуживания гидравлической системы самолета Boeing 747.

3.2 Конструкция гидравлической установки при обслуживании гидросистемы самолета Boeing 747.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 3.1

1-баллон азотный;

2-редуктор;

3-фильтр воздушный;

4-клапан обратный;

5-бак;

6-кран;

7 - штуцер заправочный;

8- фильтр тонкой очистки;

9 - кран сливной;

10- кран сливной;

11-термометр;

12-клапан предохранительный;

13- кран сливной;

14- насос плунжерный;

15- электродвигатель;

16-дроссель постоянного расхода;

17- гаситель пульсаций;

18- кран стравливания давления;

19- фильтр грубой очистки;

20- фильтр тонкой очистки;

21-дроссель;

22- манометр;

23- клапан предохранительный,

23- рукав нагнетания;

25-рукав всасывания

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подл

26-кран;

27- прибор контроля чистоты жидкости;

28-дроссель;

29-манометр;

30- кран электромагнитный ;

31 - стенд очистки гидрожидкости ;

32-холодильник;

33 - мерная линейка.

Установка включает в себя:

-бак;

-линию надува бака;

-линию нагнетания;

-линию всасывания;

- линию кольцевания.

Бак (5) объемом 100 литров предназначен для размещения гидравлической жидкости и подачи ее в систему. Бак имеет три секции, одна из которых является дренажной. Дренажный отсек оборудован: предохранительным клапаном (12) для сброса избыточного давления в атмосферу (начало открытия клапана происходит при достижении 2,7 кгс/см^2, полностью открывается при достижении давления 4 кгс/см^2); сливным краном (10), предназначенным для слива жидкости из дренажного отсека; мерной стеклянной линейкой, для контроля уровня жидкости. Основной бак оборудован: термометром (11), для контроля температуры жидкости; специальной стеклянной мерной линейкой, предназначенной для контроля уровня жидкости в баке; линией заправки бака жидкостью, включающей: штуцер закрытой заправки (7), фильтр тонкой очистки (8) и обратным клапаном (4), также имеется горловина для открытой заправки.

Линия наддува включает в себя: баллон (1) объемом 40 литров и давлением азота в баллоне 150 кгс/см^2; редуктор понижающих давление азота До давления равному 2 кгс/см^2; воздушный фильтр (3); обратный клапан (4).

Линия нагнетания включает в себя: насосную станцию, состоящую из электродвигателя (15) и насоса (14), служащую для создания рабочего давления в системе до 203 — 220 кгс/см; гаситель пульсаций (17); дроссель постоянного расхода (16),предназначенного для поддерживания необходимого минимального расхода жидкости $4{,}2^{+0{,}3}$ л/мин и охлаждения насоса при неработающих потребителях системы самолета; фильтр грубой очистки (19); фильтр тонкой очистки (20) с электрическим сигнализатором перепада давления ; манометр (22) с дросселем (21); предохранительный клапан (23), предохраняющий от повышения давления в линии нагнетания (открывается при давлении 240^{+5} кгс/см^2 перепускает жидкость в линию слива); шланг нагнетания (24) с разъемным клапаном для подсоединения к бортовому штуцеру нагнетания панели гидросистемы самолёта.

Линия слива включает в себя: шланг всасывания (25) с разъемным клапаном для присоединения к бортовому штуцеру всасывания панели гидросистемы самолёта; кран (26), для взятия пробы для анализа чистоты жидкости; переносной прибор для контроля чистоты жидкости (27); манометр (29) с дросселем (28); электромагнитный кран (30), разветвляющий линию всасывания на две линии: в первой линии установлен пакет фильтров грубый (19) и тонкий (20) очистки (фильтры тонкой очистки оборудованы электрическими сигнализаторами перепада давления); во второй линии установлен (31) для более эффективной очистки жидкости; холодильник (32) для охлаждения рабочей жидкости.

Линия кольцевания включает: кран (13), СОГ-933КТ-1 (31), холодильник (32). Линия кольцевания через СОГ-933КТ-1, не используя других источников питания.

Кран (18) служит для стравливания давления в линии нагнетания после окончания всех работ и отключении всех источников питания.

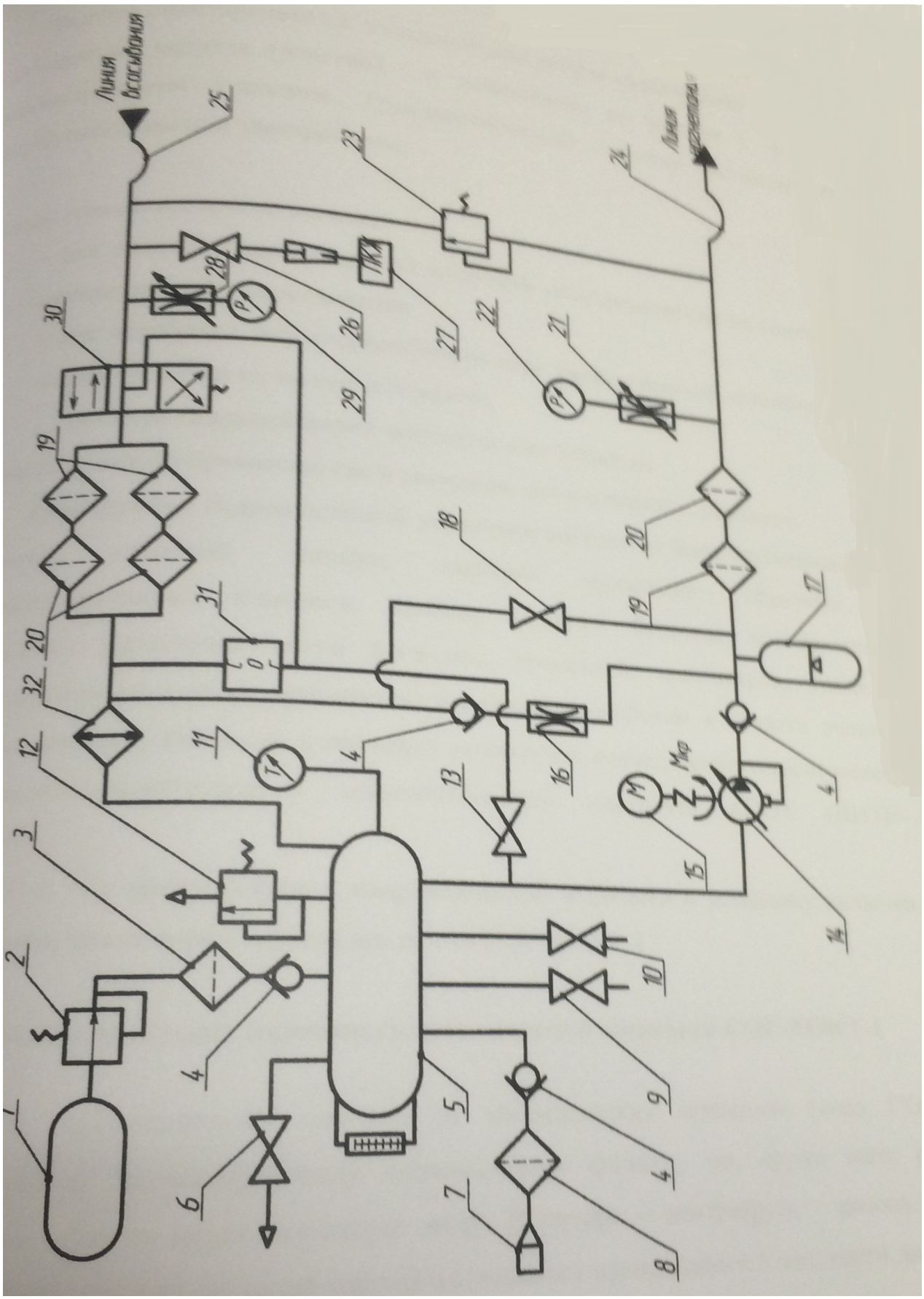


РИС.3.1 УСТАНОВКА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА BOEING 747

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дат
Инв. № подл
Лист
Ли
т
Изм.
№ докум.
Подп.
Дата

ВСЕ ЭТО СМОНТИРОВАНО на металлической раме и закрыто легко съемными из металла (пластин), и установлено на тележке с четырьмя пневматическими колесами. Транспортирование тележки осуществляется автотранспортом или электрокаром.

Данная установка предназначена:

- для очистки гидравлической жидкости непосредственно на самолете и промывке всей гидросистемы;

-для отработки работоспособности всех гидроагрегатов потребления, а также проверки их на герметичность;

-для слива гидравлической жидкости и ее заправки.

Установку можно применять как в ангарных, так и в полевых условиях.

Конструкция гидравлической установки состоит из бака, трубопроводов, шлангов, насосной станции, гасителя пульсаций, обратных и предохранительных клапанов, кранов, азотного баллона, холодильника, редуктора, различных типов фильтров, дросселей, манометров. Также в конструкции установки применены новейшие разработки в области очистки гидравлической жидкости и проверке ее качества отечественного саратовского научно-исследовательского технологического института АООТ «НИТИ-ТЕСАР».

Так для эффективности гидравлической жидкости в установку включен стенд очистки гидравлической жидкости СОГ-933КТ-1.

3.2.1 Описание стенда очистки гидравлической жидкости СОГ-933КТ-1

По эффективности очистки от механических примесей стенд СОГ эквивалентен пятимикронному авиационному фильтру но, кроме того, он способен удалять нерастворенную воду. В роторе — центрифуге — насоса со спиральной или тарельчатой савкой осаждаются находящиеся в жидкости даже мельчайшие загрязнения, которые нерастворимы и обладают большей, чем

Все это смонтировано на металлической раме и закрыто легко съемными панелями из металла (пластин), и установлено на тележке с четырьмя пневматическими колесами. Транспортирование тележки осуществляется автотранспортом или электрокаром.

Данная установка предназначена:

-для очистки гидравлической жидкости непосредственно на самолете и промывке всей гидросистемы;

- для отработки работоспособности всех гидроагрегатов потребления, а также проверки их на герметичность;

- для слива гидравлической жидкости и ее заправки.

Установку можно применять как в ангарных, так и в полевых условиях.

Конструкция гидравлической установки состоит из бака, трубопроводов, шлангов, насосной станции, гасителя пульсаций, обратных и предохранительных клапанов, кранов, азотного баллона, холодильника, редуктора, различных типов фильтров, дросселей, манометров. Также в конструкции установки применены новейшие разработки в области очистки гидравлической жидкости и проверке ее качества отечественного саратовского научно-исследовательского технологического института АООТ «НИТИ-ТЕСАР».

Так для эффективности гидравлической жидкости в установку включен стенд очистки гидравлической жидкости СОГ-933КТ-1.

3.2.1 Описание стенда очистки гидравлической жидкости СОГ-933КТ-1

По эффективности очистки от механических примесей стенд СОГ Яг эквивалентен пятимикронному авиационному фильтру но, кроме того, он способен удалять нерастворенную воду. В роторе — центрифуге — насоса со спиральной или тарельчатой савкой осаждаются находящиеся в жидкости даже мельчайшие загрязнения, которые нерастворимы и обладают большей, чем жидкость,

плотностью. За один проход жидкости через стенд СОГ концентрации частиц загрязнения снижается в 2 - 5 тысяч раз.

Уже более тридцати пяти тысяч стендов СОГ-933КТ-1 работают на пяти тысячах, авиационных предприятиях России, стран Содружества Независимых Государств, Китая, Америки и других государств. В частности, стенды успешно эксплуатируются на многих предприятиях РАО «ЕЭС России» и РАО «Газпром». Как показала практика эксплуатации, срок службы стендов превышает 15 лет. Технические характеристики стенда СОГ-933КТ-1 представлены в таблице (табл. 3.1).

Технические характеристики СОГ-933КТ-1

Таблица 3.1

№	Характеристика	Параметр
1	Максимальная производительность, л/мин	3 55
2	Степень чистоты жидкости от абразивных загрязнений (при исходной загрязненности 15-17 класса по ГОСТ 17216-71), класс чистоты	5-10
3	Содержание воды в масле на выходе стенда (при исходном содержании до 1%), %	0,05
4	Частота вращения ротора центрифуги, об/мин	8000
5	Грязеёмкость (по абразивному загрязнителю), кг; -ротора центрифуги со спиральной вставкой -с тарельчатой вставкой - отстойного грязесборника	 1 2 10
6	Мощность электропривода (трех фазный ток 389 В), кВт	4
7	Габаритные размеры, мм	840x474x1085
8	Масса, кг	140
9	Условия эксплуатации: - температура жидкости, °С не более - вязкость жидкости	70 От 3 до 350

Для определения содержания механических примесей (загрязнений) в жидкости применяем прибор ПКЖ-904А.

3.2.2 Описание прибора контроля жидкости ПКЖ-904А

Прибор ПКЖ-904А позволяет определить:

-эффективность очитки рабочей жидкости различными методами;

-основной источник загрязнений (по анализу дисперсного состава загрязнений);

-момент достижения эксплуатационного уровня чистоты рабочей жидкости, что экономит электроэнергию и ресурс очистного оборудования;

-дисперсный состав суспензий, абразивов и т.д.

Технические характеристики прибора ПКЖ-904А приведены в таблице (табл.3.2)

Таблица 3.2

Технические характеристики ПКЖ-904А

№	Характеристика	Параметр
1	2	3
2	Диапазон размеров измеряемых частиц, загрязнения, шт/100 $см^3$	5-10; 10-25; 25-50;50-100;100-200;свыше 200
3	Максимальная измеряемая концентрация частиц загрязнений, шт/100 $см^3$	$4,8\text{-}10^3$

4	Параметры контролируемых жидкостей: -максимально допустимое давление на входе в прибор, МПа -наименьший коэффициент светопропускания жидкости на толщине 10 мм, % - допустимый диапазон температур, °С	0,5 1 10-70
5	Время измерения, мин	1
6	Питание	-220В, 50Гц
7	Габаритные размеры, мм	225х100х280

Источником давления гидравлической установки является самолетный гидронасос, регулируемой подачи аксиально-плунжерного типа. Данный насос является частью насосной станции установки.

3.3 Подбор электродвигателя для привода насоса

Мощность двигателя зависит от требуемой мощности насоса, а его частота вращения - от частоты вращения приводного вала насоса.

Мощность насоса составляет 18.9 кВт, а его частота вращения 4000 об/мин, при этом его производительность равна 55 л/мин.

По каталогу [14] подбираем электродвигатель 4А160М2У3 переменного тока, напряжением 380В, мощностью 22 кВт, асинхронными оборотами 4000 об/МИН.

Насос закреплен на жесткой платформе, соответствующей высоте вала электродвигателя. Насос с помощью шлицов на своем валу соединяется с электродвигателем промежуточным валом, закрепленным в опоре.

Промежуточный вал соединяем с электродвигателем с помощью муфты, которая подбирается по крутящему моменту и диаметрам валов.

Определим крутящий момент на валу электродвигателя:

$$T_{дв} = \frac{N_{дв} * 10^3}{\omega} \quad (3.1)$$

где $N_{дв}$ = 22 кВт - мощность электродвигателя;

ω - угловая скорость вращения, 1/с.

$$\omega = \frac{\pi * n_{дв}}{30}, \text{ и} \quad (3.2)$$

где $n_{дв}$ = 4000 об/мин - частота вращения вала двигателя.

Подставив выражения (3.2) в выражение (3.1), получим следующее:

$$T_{дв} = \frac{30 * N_{дв} * 10^3}{\pi * n_{дв}} = \frac{30 * 22 * 10^3}{3.14 * 4000} = 52.55 \text{ Н} * \text{m}$$

Соединение валов производим упруго-фтулочной муфтой: 250-40-1, 45-1-УЗ ГОСТ 21424-91.

Муфта соединения с валом с помощью призматических шпонок. При кручении шпонки работают на смятие.

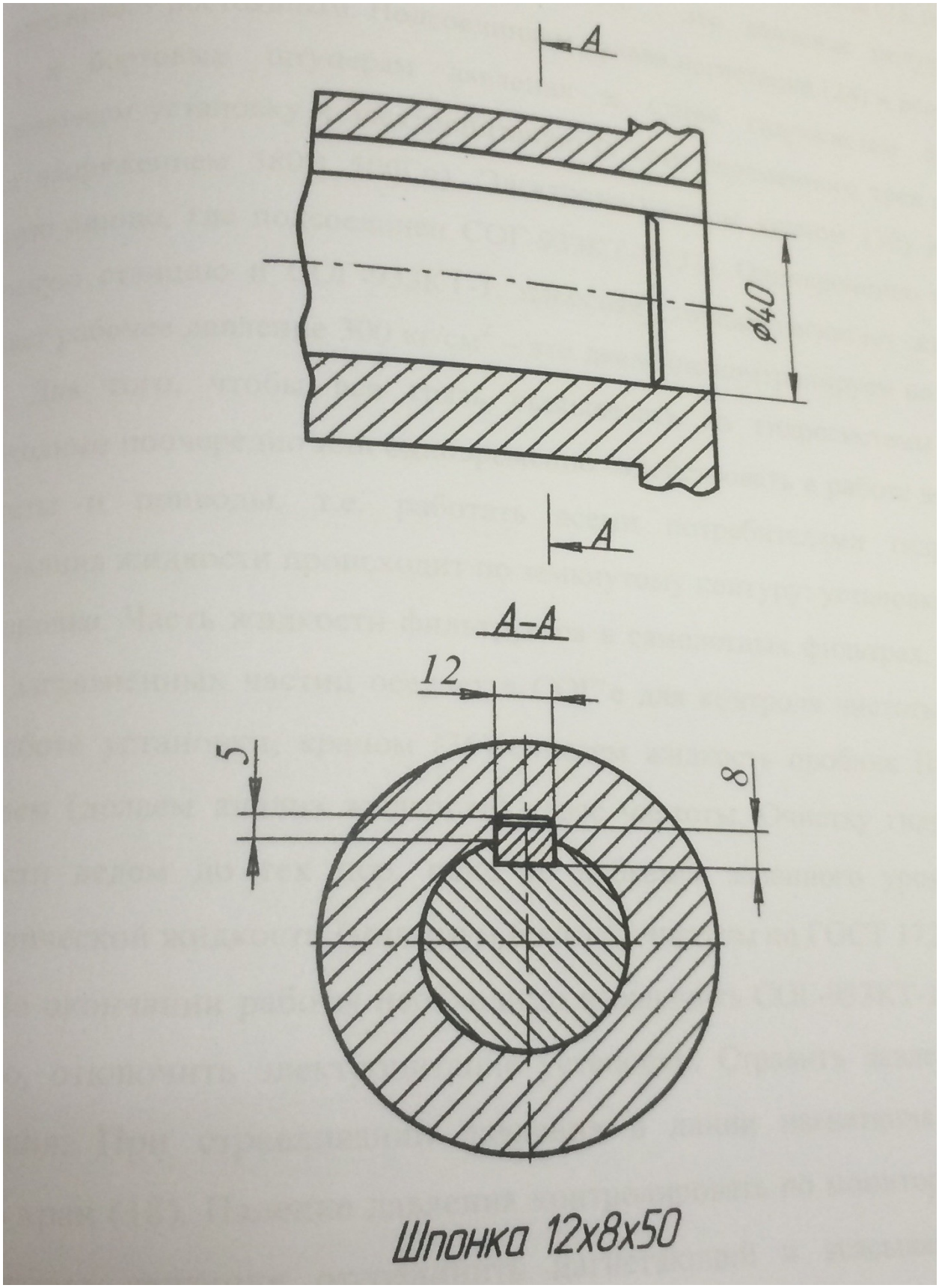


Рис.3.2. Шпоночное соединение промежуточного вала с полумуфтой

3.4 Принцип работы установки при промывке гидравлической системы самолёта Boeing 747

Перед началом работы необходимо проверить наличие рабочей жидкости баке по мерной стеклянной линейке. Открыть вентиль на болоне (1), при этом создаёте» давление наддува в баке 2кг/см^2 . это давление редуктор (2) поддерживает постоянным. Подсоединяем рукава нагнетания (24) и всасывания (25) к бортовым штуцерам давления и слива гидросистем самолета. Подключаем установку к электропитанию (к сети переменного трех фазового тока напряжением 380В 500Гц). Электромагнитным краном (30) включаем вторую линию, где подсоединен СОГ-933КТ-1 (31). Одновременно включаем насосную станцию и СОГ-933КТ-1. насосная станция нагнетает жидкость и создает рабочее давление 300 кг/см - это давление контролируем по монитору (22). Для того, чтобы вся грязь вымывалась из гидросистемы самолета необходимо поочередно или одновременно задействовать в работе все рулевые агрегаты и приводы, т.е. работать всеми потребителями гидросистемы. Циркуляция жидкости происходит по замкнутому контуру: установка - самолет - установка. Часть жидкости фильтруется в самолетных фильтрах, а основная часть загрязненных частиц оседает в СОГ'е для контроля чистоты жидкости, при работе установки, краном (26) сливаем жидкость пробник ПКЖ-904А и измеряем (делаем анализ жидкости) класс чистоты. Очистку гидравлической жидкости ведем до тех пор, пока не добьемся заданного уровня чистоты гидравлической жидкости (минимум 6 класса чистоты по ГОСТ 17216-71).

По окончании работы необходимо выключить СОГ-933КТ-1 и насосную станцию, отключить электропитание установки. Стравить давление в линии нагнетания. При стравливании давления в линии нагнетания необходимо открыть кран (18). Падение давления контролировать по монитору (22). После стравливания давления отсоединить нагнетающий и всасывающий рукава установки от бортовых штуцеров самолета. Далее прикрывать вентиль баллона урываем кран (6) для стравливания давления наддува в баке.

При проверке работоспособности гидравлической системы самолета и ее потребителей, а также проверки их на герметичность — принцип работы 0вки подобен работе при промывки системы. Единственным отличием является то, что электромагнитный кран (30) переключён к первой линии, где установлен пакет фильтров (19) и (20). Это связано с тем, что экономить электроэнергию расходуемую СОГ-933КТ-1 при его работе, а также беречь его ресурс. Линия кольцевания установки используется для очистки жидкости, которая была слита в установку самолёта, а так же для очистки жидкости самой установки. При этом необходимо открыть кран (13) и включить СОГ-933КТ-1 01) жидкость будет циркулировать по маршруту бак (5) - СОГ (31) - холодильник (32) - бак (5). Контроль чистоты можно производить путём взятия пробы из бака через кран (9) и использовать переносной прибор ПКЖ-904А. характеристики установки в таблице (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Основные технические характеристики установки

№	Характеристики	параметр
1	2	3
1	электропитание	-380В, 50Гц
2	Характеристики насосной станции: - мощность, кВт - производительность, л/мин - рабочее давление, кгс/см2	 22 55 300
3	Характеристики СОГ-933КТ-1: - мощность, кВт - производительность, л/мин	 4 55
4	Класс чистоты гидрожидкости, не менее	6
5	Масса снаряженной установки, кг	550

Вывод

Применение данной установки позволит рационально использовать гидравлическую жидкость, используя её для профилактических работ, при техническом обслуживании самолета Boeing 747. Позволит повысить надежность гидравлических агрегатов, уменьшить количество отказов, связанных с работой на загрязненных гидрожидкостях, проверять работоспособность и герметичность гидравлических агрегатов после их замены.

В результате внедрения ожидается снижение трудоемкости при техническом обслуживании, а также уменьшение количества попаданий в состояние «Устранение неисправности», следовательно коэффициент исправности увеличится (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Показатели эффективности ПТЭ самолета Boeing 747

Критерий		Использование		Исправность		Экономичность
Показатели		$К_и$	$К_{ир}$	$К_п$	$К_{ИСПР}$	$К_т$
Статистические	$П_{РАСЧ}$	0,21	0,47	0,31	0,70	8,6
Нормативные	$П_{НОРМ}$	0,29	0,62	0,90	0,70	8
Относительные	П	0.72	0.76	0.34	1	1.1
Оценка		-	-	+	+	-

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дат

Инв. № подп

						Лист
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		