

3201  
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. академика С.П. КОРОЛЕВА

Методическое управление СГАУ  
Регистр. № 17/148

ОЦЕНКА СХЕМНОЙ НАДЕЖНОСТИ ТОПЛИВНОЙ  
СИСТЕМЫ САМОЛЕТА АН-12

Задача № 6

Самара 2003

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

ОЦЕНКА СХЕМНОЙ НАДЕЖНОСТИ ТОПЛИВНОЙ  
СИСТЕМЫ САМОЛЕТА АН-12

Задача № 6

практикум

Самара 2003

Составитель Г.А. Новиков

УДК 629.7.017.1-192

Оценка схемной надежности источников  
самолета АН-12: Задача №6

Практикум / Самарский Государственный  
Аэрокосмический Ун-т; Сост. Г.А. Новиков.  
Самара, 2003. с. 12

Представлены варианты заданий, устройство и принцип работы системы, интенсивности отказов агрегатов и содержание решения.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Рецензент: Е.А.Панин

## Варианты заданий:

Оценить методом структурных схем схемную надежность  $1/21$ :

### ВАРИАНТ 6.1.

Топливной системы при автоматической выработке топлива из баков за полет на максимальную дальность в течение 5 часов.

### ВАРИАНТ 6.2.

Топливной системы при ручном управлении выработкой топлива за полет на максимальную дальность в течение 5 часов.

### ВАРИАНТ 6.3.

Топливной системы при автоматической выработке топлива из баков за полет в течение одного часа.

### ВАРИАНТ 6.4.

Топливной системы при ручном управлении выработкой топлива из баков за полет в течение одного часа.

### ВАРИАНТ 6.5.

Системы централизованной заправки топливом при наработке 10 часов.

## ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА САМОЛЕТА

### Общие сведения

Топливная система самолета (рис. I ) состоит из следующих основных частей:

- 1) двадцати двух топливных баков;
- 2) системы подачи топлива к двигателям;
- 3) дренажной системы;
- 4) системы централизованной заправки топливом;
- 5) системы нейтрального газа.

Все баки объединены в 12 групп, по 6 групп в каждом полукрыле. Группы правого и левого полукрыла являются самостоятельными системами, соединенными между собой краном кольцевания.

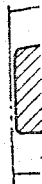
Левая топливная система питает двигатели, расположенные на левом крыле, правая - двигатели, расположенные на правом крыле.

На каждом расходном баке, кроме бака № 4, установлен подкачивающий топливный насос (агр.463). На баке № 4 установлено два подкачивающих насоса, так как он является баком дежурной группы.

В топливную систему входят также следующие приборы и агрегаты:

- фильтры грубой и тонкой очистки, установленные в гондолах двигателей;
- подкачивающие насосы 707И (4 шт.), установленные в гондолах двигателя;
- насосы высокого давления № 66IA (4 шт.), установленные на двигателях;
- командно-топливные агрегаты КТА-5Ф (4 шт.), установленные на двигателях;
- кран объединенного питания (кольцевания), установленный на переднем лонжероне центроплана;
- пожарные краны (4 шт.), установленные на переднем лонжероне крыла;
- сливные краны (12 шт.), установленные на расходных баках;
- заправочные краны (10 шт.), установленные на переднем лон-

И



1—  
кла  
на  
ная  
ной  
с с  
(аг  
тон  
с с

и

дующих ос-

полукрыле.  
и система-не на ле-  
ле.  
подкачива-  
а подкачи-агрегаты:  
ондолах

гондолах

иние на

ленные

нный на

онжероне

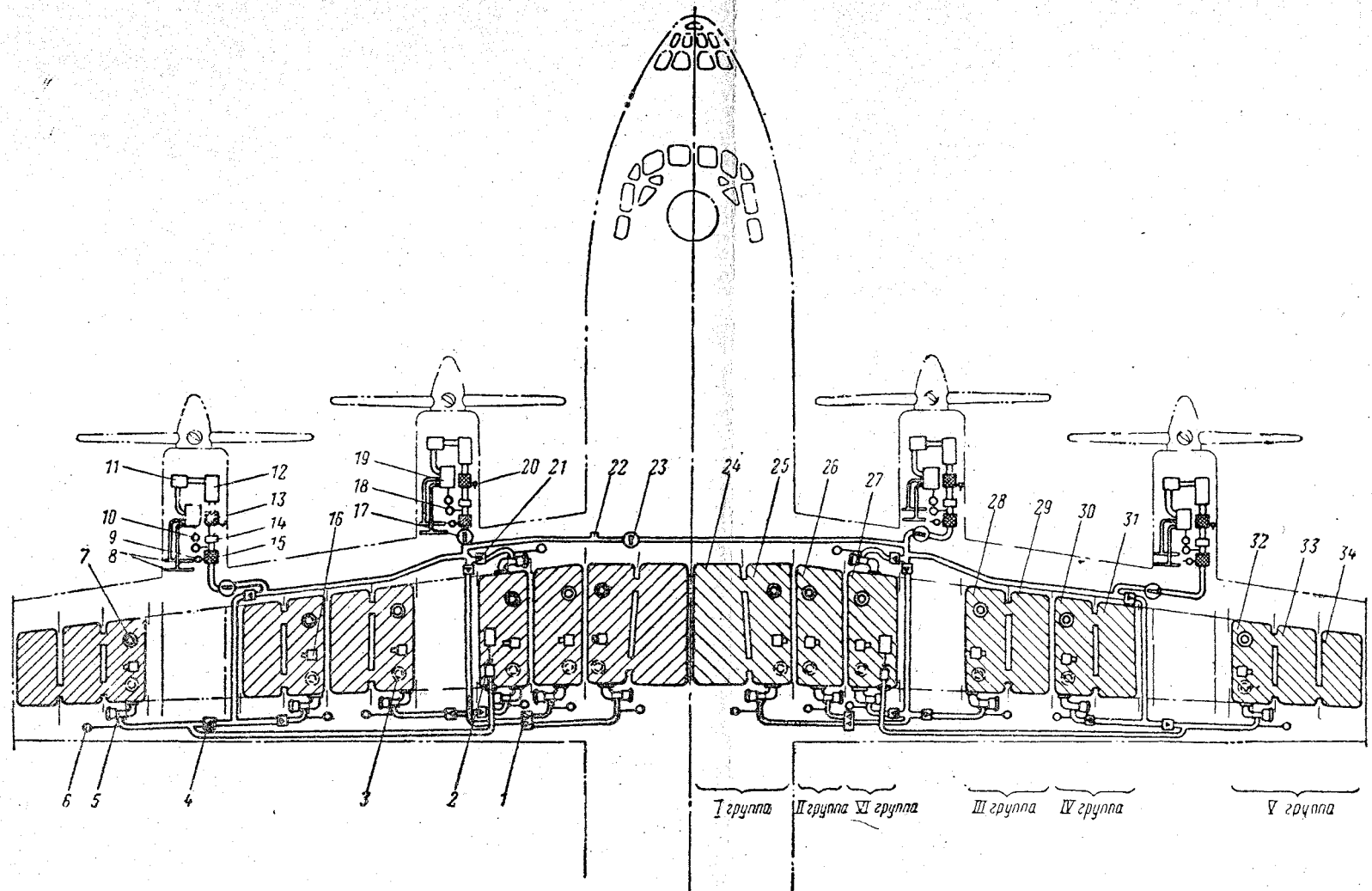
баках;  
ем лон-

рис. 1. Принципиальная схема топливной системы.

1—двойной обратный клапан; 2—поплавковый предохранительный клапан; 3—сливной кран; 4—обратный клапан; 5—подкачивающий насос (agr. 463); 6—сигнализатор давления (СДУ-2А-0,18); 7—заливная горловина; 8—топливный коллектор форсунок двигателя; 9—сливной кран; 10—датчик давления (П-100 по самолет 0402106, ИД-100 с самолета 0402201); 11—насос высокого давления на двигателе (agr. 661А); 12—датчик расходомера (agr. РТМС1,2-Б1); 13—фильтр тонкой очистки (agr. 12ТФ-29 по самолет № 0402501, agr. 12ТФ-15 с самолета № 0402502); 14—подкачивающий насос на двигателе

(agr. 707И); 15—фильтр грубой очистки (agr. 722400/А по самолет № 9401806, agr. 52ТФ26-1 с самолета № 9401901); 16—датчик топливомера СЭТС-260В; 17—пожарный кран; 18—датчик давления (П-3Э на самолет № 0402106, ИД-3 с самолета № 0402201); 19—командно-топливный агрегат (agr. КТА-5Ф); 20—сливной кран; 21—обратный клапан с отверстием в тарелке; 22—штуцер забора топлива в гидросистему; 23—кран кольцевания; 24—бак № 1; 25—бак № 2; 26—бак № 3; 27—бак № 4; 28—бак № 5; 29—бак № 6; 30—бак № 7; 31—бак № 8; 32—бак № 9; 33—бак № 10; 34—бак № 11.

жероне крыла;

- поплавковые клапаны (12 шт.), установленные в расходных баках;
- обратные клапаны, установленные в трубопроводах;
- сигнализаторы давления СД-24А, СД-29А, СДУ-2А-0,18;
- расходомеры топлива НМС-1,2-Ы1;
- датчики манометров ЗЭДУ-3, П-100;
- датчики-топливомеры СЭТС-260В и другие агрегаты.

Топливо из баков к двигателям поступает с помощью подкачивающих топливных насосов, установленных за задним лонжероном крыла на специальном литом переходнике, который крепится непосредственно к баку.

Для обеспечения надежного питания двигателей при различных эксплуатациях самолета баки дежурных групп имеют по два подкачивающих насоса. Один установлен за задним лонжероном, второй - на переднем лонжероне крыла.

От подкачивающих насосов топливо по трубопроводам сечением 27 x 25 мм, расположенным вдоль заднего лонжерона крыла, через обратные клапаны 4 и пожарные краны 16 поступает к сетчатым фильтрам грубой очистки 15, установленным в мотогондолах двигателей. Далее топливо поступает к подкачивающему насосу 14 двигателя (агр.707И). От этого насоса топливо поступает к топливному насосу II двигателя (агр.661А).

Агрегат 661А, работая на полной напорной способности и полной производительности, подает топливо в командно-топливный агрегат КТА-5У в избыточном количестве.

Командно-топливный агрегат подает топливо через топливный коллектор и форсунки в камеру сгорания двигателя, автоматически поддерживая при этом требуемое давление топлива для каждого режима, скорости полета, высоты и окружающей температуры.

Между фильтром грубой очистки и агрегатом 707И установлен датчик манометра ЗЭДУ-3.

Для контроля за работой подкачивающих насосов каждой группы баков в трубопровод, идущий от насосов, подсоединен сигнализатор давления СДУ-2А. Сигнализатор давления 16 крепится к лонжерону при помощи специального кронштейна.

При появлении избыточного давления за подкачивающим насосом выше  $0,18 \text{ кг/см}^2$  на приборной доске летчиков загорается сигнальная лампочка, которая получает сигнал от сигнализатора СДЗ-2А.

Перед форсунками каждого двигателя установлен датчик ИД-100 из



комплекта ЭМ-Зр для замера давления топлива перед форсунками. На приборной доске летчиков имеются указатели ЭМ-Зр.

Группы баков, питающие левые двигатели, и группы баков, питающие правые двигатели, объединены трубопроводом кольцевания сечением крыла. В трубопровод включен кран кольцевания I7 с электромеханизмом ИЭК-2. Установлен кран на переднем лонжероне центроплана.

### Управление топливной системой

Питание двигателей топливом происходит не от всех групп одновременно.

При включении топливной системы в работу вступают подкачивающие насосы двух групп. Одна группа - на одном полукрыле и аналогичная - на второй половине крыла.

Включение топливных групп в работу, т.е. включение подкачивающих насосов, может быть ручное и автоматическое. Ручное управление топливной системой осуществляется включением выключателей на приборной доске летчиков, автоматическое - от сигнализатора топливометра СЭТС-360В, расположенных в датчиках топливометра.

Указатель топливометра расположен на приборной доске.

При ручном включении топливной системой последовательность включения топливных групп для выработки топлива может быть любая.

При автоматическом управлении топливной системой установлена определенная последовательность выработки. Сначала вырабатывается топливо из первых групп баков (центропланные), затем из вторых, третьих, четвертых, пятых и в последнюю очередь топливо вырабатывается из шестых групп, которые являются дежурными.

Для обеспечения надежного и бесперебойного снабжения двигателей топливом с необходимым давлением и расходом при всех возможных эволюциях самолета в топливной системе предусмотрены две дежурные группы (шестые группы, состоящие из баков № 4), в которых установлено по два подкачивающих насоса, работающих во время всего полета самолета.

Все подкачивающие насосы могут работать на трех режимах:

- 1) на ослабленном режиме, создавая давление  $0,5-0,6 \text{ кг/см}^2$ ;
- 2) на номинальном режиме, создавая давление  $0,9-1,2 \text{ кг/см}^2$ ;
- 3) на форсированном режиме  $1,2-1,45 \text{ кг/см}^2$ ;

Режимы насосов зависят от числа оборотов электродвигателя.

Для обеспечения необходимого давления топлива в питающем тру-

обпроводе при переходе из одних групп на другие подкачивающие насосы работают с перекрытием. Подкачивающий насос последующей группы включается до выключения подкачивающего насоса в вырабатываемой группе.

При достижении определенного уровня топлива в группе баков, из которой идет выработка, от датчика топливомера подается сигнал на выключение подкачивающего насоса последующей группы на основной режим, подкачивающий насос вырабатываемой группы переходит на форсированный режим. Применяется форсированный режим для выработки остатка топлива при параллельной работе с насосами последующей группы.

Выключение подкачивающего насоса, работающего на форсированном режиме, происходит от сигнализатора в датчике топливомера, расположенного в последующей группе баков, когда из нее идет выработка, а в предыдущей группе топливо уже выработано и давление за подкачивающим насосом падает.

При понижении давления в питающем трубопроводе по какой-либо причине до  $0,5 \text{ кг/см}^2$  и ниже открываются обратные клапаны и питание идет из дежурных групп. Баки дежурных групп пополняются топливом подкачивающими насосами из У группы по специальному трубопроводу. Для предотвращения переполнения дежурного бака топливом в последнем имеется предохранительный клапан.

### Централизованная заправка

Система централизованной заправки топливом (рис. 2) служит для ускорения и облегчения заправки самолета топливом. При помощи централизованной заправки можно заправить все топливные баки самолета из одной точки.

Система состоит из:

- заправочной горловины с обратным клапаном;
- трубопроводов сечением  $50 \times 48 \text{ мм}$ ;
- десяти предохранительных клапанов;
- двух дренажных клапанов.

Для управления централизованной заправкой на правом обтекателе шасси, рядом с заправочной горловиной, установлен щиток управления и сигнализации централизованной заправкой. Управление централизованной заправкой может быть ручное и автоматическое. При ручном управлении открытие заправочных кранов происходит от выключателей, установленных на щитке заправки. При автоматическом управлении отк-

крытие и закрытие кранов происходит от верхних сигнализаторов в датчиках топливомера.

Ручное управление позволяет заправить одновременно все баки самолета или любые по выбору. Для этого необходимо открыть выключателями те краны групп баков, которые должны быть заправлены. Закрытие кранов производится от сигнализаторов в датчиках топливомеров при заполнении групп баков.

При автоматическом управлении заправочными кранами обеспечивается следующая последовательность заправки групп: шестая, пятая, четвертая, третья, вторая и первая.

При достижении заданного уровня топлива в данной группе баков верхний сигнализатор топливомера закрывает заправочный кран данной группы и одновременно открывает заправочный кран следующей заправляемой группы.

Дежурная группа заправляется одновременно с заправкой пятой группы баков. Подкачивающий насос пятой группы подает топливо в дежурную группу. После заполнения верхний сигнализатор датчика топливомера шестой группы автоматически отключает подкачивающий насос пятой группы. Затем производится заправка пятой группы, четвертой и т.д. Время переключки заправочных кранов 7-13 секунд.

Если не требуется полная заправка топливных баков, пустыми остаются баки первых расходных групп.

От переполнения топливом на случай несрабатывания заправочного крана расходный бак имеет поплавковый клапан, который перекроет отверстие заправки независимо от заправочного крана.

В заправочной горловине имеется специальное отжимающее обратный клапан устройство для слива топлива из трубопроводов после заправки.

В трубопроводе заправки имеется дренажный клапан, сообщающий трубопровод с атмосферой, и два сигнализатора давления: СД-29А, срабатывающий при давлении 0,18 кг/см<sup>2</sup>, и СД-24А - 3,5, срабатывающий при давлении 3,5 кг/см<sup>2</sup>.

Интенсивности отказов элементов приведены в таблице I. Самолет может совершить полет на 2-х двигателях.

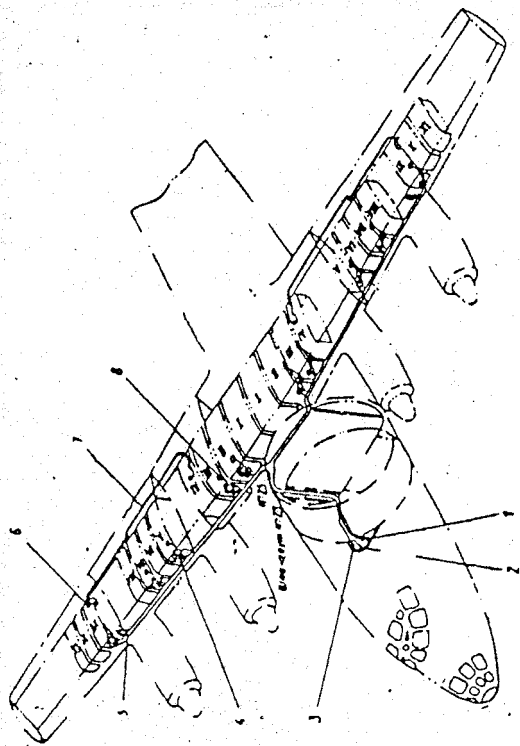


Рис. 2. Приципиальная схема систем централизованной заправки топливом:

1 — вальмовочная головка; 2 — сигнализатор давления СДЗД; 3 — сигнализатор давления СДЗД; 4 — клапан; 5 — подкачивающий насос на базе М 5; 7 — трубопровод заправки 6-й группы; 8 — поплавковый клапан.

Таблица I

## Интенсивности отказов

№	Наименование элементов	λ · 10 <sup>-4</sup> / год	Кол-во элементов
1.	Топливный бак	0,1	22
2.	Обратный клапан	0,5	20
3.	Поплавковый клапан	1	12
4.	Электроцентробежный насос	0,2	14
5.	Сигнализатор давления	0,1	20
6.	Датчик давления	0,1	4
7.	Топливный насос	1	4
8.	Подкачивающий насос двигателя	1	4
9.	Фильтр	2	8
10.	Предохранительный клапан фильтра тонкой очистки	1	4
11.	Пожарный кран	5	4
12.	Командно-топливный агрегат	10	4
13.	Кран кольцевания	5	1
14.	Горловина централизованной заправки	0,1	1
15.	Электрокран заправки	1	10
16.	Датчик топливомера	2	12
17.	Датчик расходомера	1	4
18.	Указатель расходомера	1	4
19.	Указатель топливомера	2	1
20.	Переключатель топливомера	0,1	1
21.	Блок автоматики	1	2
22.	Блок измерения	1	2
23.	Блок заправки	1	1
24.	Указатель манометра	0,1	1
25.	Штепсельные разъемы	0,01	50
26.	Соединения трубопроводов	0,5	55
27.	Бортинженер	100	1

Решение должно содержать:

1. Принципиальную схему системы и краткое описание ее работы, сведения о влиянии отказов на работу системы.
2. Структурную схему системы.
3. Уравнения надежности блоков и всей системы.

4. Рассчитанные значения интенсивности отказов, вероятности среднего времени безотказной работы системы.

5. Оценка соответствия надежности системы нормативным требованиям

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радченко И.В., Назаренко П.В., Крамчаников В.П. Турбовинтовые самолеты Ан-10 и Ан-10А: Учебное пособие. - М.: Редиздат аэрофлота, 1963, - 615 с.

2. Жуков К.А., Милов Е.А., Епишев Н.И. Эксплуатационная надежность авиационной техники: Учебное пособие / Куйб. авиац. ин-т Куйбышев; 1987.-109с.