

Библиотека

ЭАТ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
<<САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА>>

ЗАДАЧА №17
ОЦЕНКА СХЕМНОЙ НАДЕЖНОСТИ МАСЛЯНОЙ
СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ НК-16СТ
МЕТОДОМ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ

Самара 2009

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ОП ОБОРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
<<САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА>>

ЗАДАЧА №17
ОЦЕНКА СХЕМНОЙ НАДЕЖНОСТИ МАСЛЯНОЙ
СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ НК-16СТ
МЕТОДОМ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ

ПРАКТИКУМ

Самара 2009

Составитель : Г.А.Новиков
УДК 629.7.017.1-192

Задача № 17 оценка схемной надежности масляной системы двигателя НК-16СТ методом структурных схем: практикум/Самарский Государственный Аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева : составил Новиков Г.А. , Самара 2009 – приведены варианты заданий, устройство и работа масляной системы двигателя НК-16СТ и системы обеспечения его маслом на компрессорной станции, значения параметров потока отказов агрегатов систем.

Задача предназначена для студентов обучающихся по специальности 160901. Разработана на кафедре эксплуатации авиационной техники.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского Государственного Аэрокосмического университета имени академика С.П.Королева

Рецензент Панин Е.А.

Варианты заданий :

- 17.1. Оценить методом структурных схем: схемную надежность масляной системы двигателя НК-16СТ при наработке 1000 часов и температуре масла $t_m \geq +60^\circ\text{C}$
- 17.2. Оценить схемную надежность масляной системы двигателя НК-16СТ при наработке 100 часов и температуре масла $t_m \geq +60^\circ\text{C}$
- 17.3. Оценить схемную надежность маслообеспечения двигателя НК-16СТ на компрессорной станции при наработке 1000 часов.
- 17.4. Оценить схемную надежность масляной системы и системы маслообеспечения двигателя НК-16СТ при наработке 1000 часов.
- 17.5. Оценить схемную надежность системы суфлирования двигателя НК-16СТ при наработке 1000 часов.

Масляная система двигателя НК-16СТ.

Масляная системы двигателя состоит из системы смазки и системы маслообеспечения.

Схема масляной системы представлена на рис.1 , а схема системы маслообеспечения на рис.2.

Система смазки предназначена для смазки и охлаждения узлов трения и выноса продуктов износа. Работает по замкнутому циклу.

Система маслообеспечения предназначена для охлаждения и поддержания постоянного количества масла в системе смазки путем подачи свежего масла из бака взамен израсходованного.

В маслосистеме установлены следующие контрольно-измерительные приборы(рис.1):

- сигнализатор 2 предельного уровня масла в баке;
- масломерное стекло 3;
- магнитная пробка 14;
- сигнализатор 17 блокировки запуска по температуре масла $t_m^{\circ}\text{C}$ на входе в двигатель;
- сигнализатор 18 минимального давления масла P_m на входе в двигатель;
- манометр и термометр 19 измерения $t_m^{\circ}\text{C}$ и P_m ;
- термометр 20 $t_m^{\circ}\text{C}$ на входе в переднюю опору газогенератора (ГГ);
- термометр 21 $t_m^{\circ}\text{C}$ на выходе из опоры турбины ;
- сигнализатор 33 “стружка в масле”(лампочка);
- датчик 34 сигнализатора 33;
- сигнализатор 41 минимального давления масла P_{min} на входе в свободную турбину(СТ);
- сигнализатор максимальной температуры масла t_{max} на выходе из СТ;
- термометр 44 t_m на выходе из двигателя;
- манометр 45 P_m на выходе из свободной турбины.

Работа системы смазки.

Масло из бака 1 (рис.1) через перекрывной кран 4 и фильтров 5 поступает на вход в подкачивающий насос 6. Давление масла за насосом 0,06МПа поддерживается редукционным клапаном 7. Стояночные клапана 8 препятствуют перетеканию масла из бака при неработающем двигателе.

Подкачивающий насос подает масло на вход в нагнетающие насосы 10 и 31. Давление за насосами 0,04МПа поддерживается редукционным клапаном 9. Через фильтр 13 с перепускным клапаном 12 масло поступает на смазку передней, средней опор и опоры турбины ГГ, а через фильтр 32 с перепускным клапаном и теплообменник 43 на смазку опор СТ. Теплообменник служит для охлаждения масла, подаваемого в систему регулирования.

Откачка масла из каждой опоры производится отдельно. Из передней опоры ГГ масло откачивается насосом 15, из средней опоры ГГ масло самотеком сливается в коробку приводов масляных агрегатов (КПМА). В нее сливается так же масло, откачиваемое насосом 15, из КПМА масло откачивается насосом 24. Из опоры турбины ГГ и опор СТ масло откачивается насосами 27 и 30, соединенными в одном агрегате с суфлерами 26 и 29.

Поскольку откачивающие насосы имеют значительные запасы по производительности (4...8-кратные), то из опор и коробки откачивается не чистое масло, а воздушно-масляная смесь. Наличие откачивающих насосов повышенной производительности устраняет повышенное давление в опорах и обеспечивает отсутствие подтекания масла в местах соединений и выводов вращающихся валов. Поэтому в масляной системе двигателя предусмотрены специальные устройства для отделения воздуха от масла – центрифуга 25 и суфлеры.

Из откачивающих насосов средней опоры 24, опоры турбины 2 и свободной турбины 30 масло поступает в центрифугу 25. В ней воздух отделяется от масла. Масло направляется в аппарат воздушного охлаждения ГПА, а воздух в маслобак двигателя, установленный в отсеке ГПА.

Для отделения воздуха от масла в двигателе размещаются суфлеры, представляющие собой вращающуюся сотовую крыльчатку, собранную из масляных-гофрированных дисков.

Масленные полости передней и средней опор, коробки приводов суфлируются с помощью суфлера 22, расположенного в коробке приводов моторных агрегатов. Масляные полости опоры турбины газогенератора и свободной турбины суфлируются с помощью суфлеров 26 и 29, расположенных на КПА и КПА(дополнительной).

Масло, отделенное в суфлерах от воздуха, откачивается насосами в магистраль маслосистемы двигателя за основными откачивающими насосами.

Воздушная полость передней опоры суфлируется через откачивающий насос 15, а полость средней опоры и КПМА через эжектор 23.

Воздушные полости опор турбины ГГ и СТ сообщаются с суфлерами 26 и 29. Из суфлеров воздух с парами и каплями масла поступает в бак-циклон 40, а оттуда в атмосферу. Масло из циклона сливается в бак. Воздух из центрифуги поступает в воздушную полость бака, а затем в атмосферу.

Масло из центрифуги через обратный клапан 36 поступает к датчику сигнализатор стружки 33, а от него – к терморегулятору 46 и термометру 44. Обратный клапан 36 препятствует перетеканию масла из теплообменника 37 при неработающем двигателе.

При $t_m < +60^\circ\text{C}$, то терморегулятор перепускает масло, минуя теплообменник, а если $t_m \geq +60^\circ\text{C}$, то через теплообменник.

Сигнализатор стружки можно отключить ручными вентилями и снять для промывки.

Из теплообменника через терморегулятор и один из фильтров 5 масло поступает на вход нагнетающих насосов 10 и 31.

Фильтры 5 с помощью ручных вентиляей можно отключить и снять для промывки. Второй фильтр в это время будет очищать масло.

Жиклер 35 перепускает часть масла в бак, чтобы оно в баке подогревалось.

В нижних частях КПМА и насосов турбины установлены магнитные пробки 14. На входе в откачивающий насос СТ устанавливается также датчик 16 замера температуры масла на входе из опоры СТ как наиболее нагретой части двигателя. Замер температуры масла осуществляется также на входе в переднюю опору 19, поскольку запуск и эксплуатация двигателя разрешается только с подогретым маслом свыше 278 К и на выходе из опоры турбины газогенератора 21, 28. Контроль давления осуществляется в точках:

- на входе в двигатель 18;
- на входе в СТ 41.

В систему маслообеспечения двигателя (рисунок 2) входят следующие агрегаты:

- масляный бак 13;
- воздушно-масляный теплообменник (ВМТ) 1;
- обратный клапан на входе в ВМТ 10;
- сигнализатор наличия стружки (СНС) 8;
- терморегулятор 3;
- маслоуловитель (бак-циклон) 5;

- фильтры 11 на выходе масла из ВМТ и из масляного бака;
- перекрывной кран 12 на выходе масла из маслобака;
- кран слива масла из ВМТ 4 и масляного бака 16;
- вентили на входе и выходе масляных фильтров;
- фильтр 15 в магистрали заправки масляного бака;

Масляный бак двигателя объемом $0,8 \text{ м}^3$ установлен примерно на одном уровне с двигателем. Максимальный объем заправленного в бак масла – $0,68 \text{ м}^3$. Уровень масла в баке относительно оси двигателя имеет предельное отклонение: максимальное $+500\text{мм}$ и минимальное -400мм . Заправка масляного бака свежим маслом осуществляется централизованно через фильтр с тонкостью очистки 25 мкм .

Масляный бак оснащен рядом вспомогательных устройств:

- устройство 6 для визуального контроля уровня масла в баке;
- датчик уровня масла в баке, который дает сигнал на лампочку пульта управления при минимальном уровне масла в баке;
- трубопровод слива масла, срез которого находится на максимально допустимом уровне масла в баке, предусмотрен для исключения возможности переполнения масляного бака;
- электронагреватель 7 для подогрева масла в баке перед запуском при низких температурах окружающей среды.

Воздушно-масляный теплообменник трубчатого типа объемом $0,3\text{м}^3$ установлен в контейнере над маслобаком двигателя на высоте 4м от пола. Трубы длиной по 3м расположены горизонтально в 8 рядов друг над другом. Над трубами установлены 2 вентилятора для продувки между ними атмосферного воздуха. Воздух отбирает тепло с поверхности оребренных труб, попадает внутрь контейнера и через жалюзи выбрасывается в атмосферу.

На входе и выходе из ВМТ установлены клапаны, предотвращающие возможность перетекания масла из маслоохладителя в двигатель во время стоянки. В магистрали, соединяющей вход и выход ВМТ, установлен регулятор температуры, который в период запуска двигателя и его прогрева перепускает масло по этой магистрали (минуя ВМТ) на вход в двигатель, если температура масла на выходе из двигателя ниже 60°C .

Для очистки масла от механических примесей в магистралях системы маслообеспечения установлены фильтры 11 с вентилями, позволяющими включать фильтры поочередно:

- в линии подачи масла от маслобака в двигатель;
- в линии возврата масла из ВМТ в двигатель.

В масляной системе двигателя предусмотрен СНС, подающий сигнал о появлении стружки в масле (на пульте загорается лампочка). Для обеспечения возможности технического обслуживания сигнализатор наличия стружки вынесен в блок с агрегатами системы маслообеспечения.

Для достижения минимального расхода масла в масляной системе предусмотрен специальный маслоуловитель, предназначенный для дополнительного отделения масла от воздуха системы суфлирования двигателя. Он установлен на крышке масляного бака. Из маслоуловителя масло, улавливаемое из воздушно-масляной смеси, стекает в масляный бак, а воздух по наружному трубопроводу отводится в атмосферу.

Оценка схемной надежности маслосистемы двигателя НК-16 СТ производится методом структурных схем. Значение интенсивностей отказов элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения интенсивностей отказов элементов.

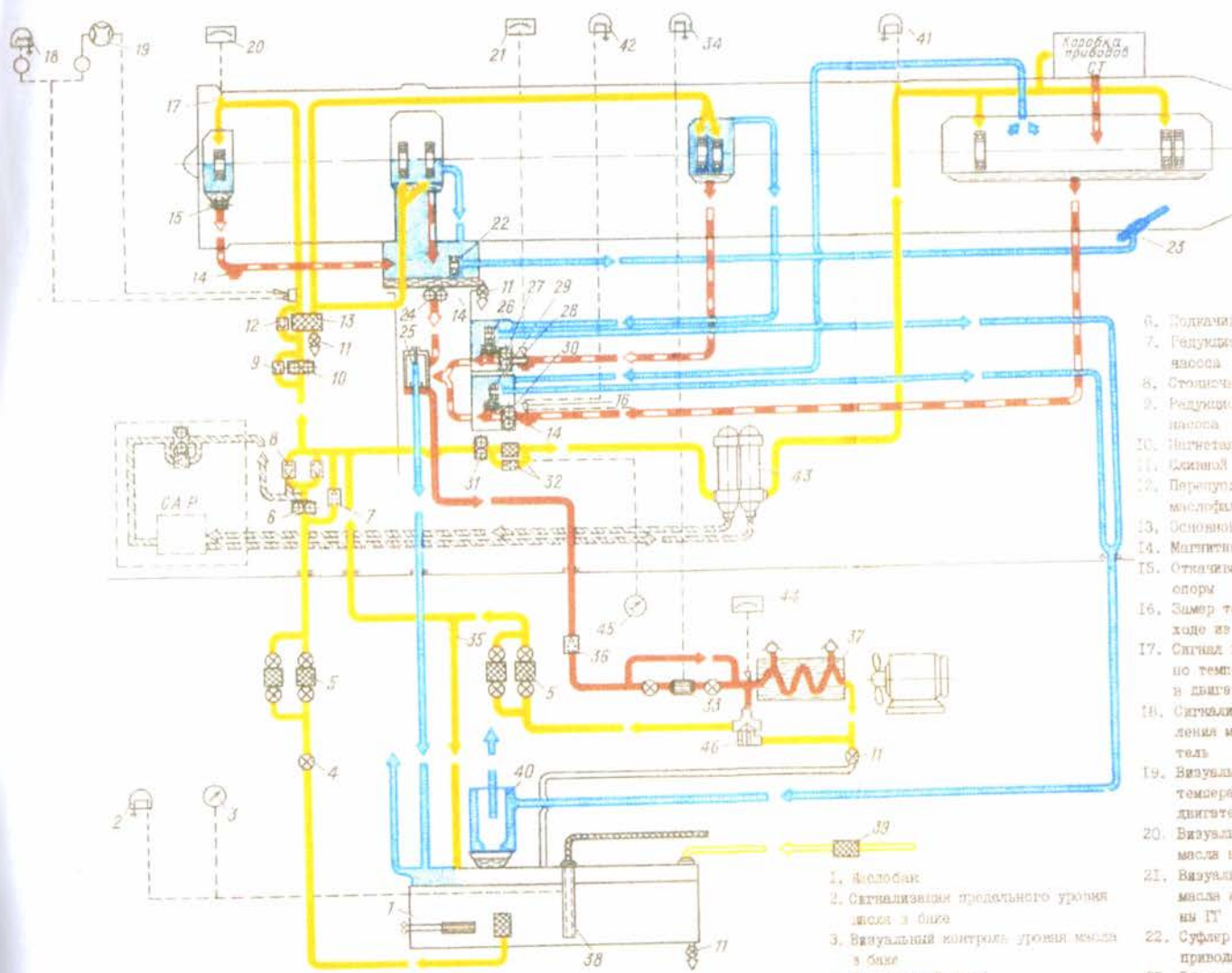
Наименование элемента	Интенсивность отказа $\lambda \cdot 10^{-5}, \text{ч}^{-1}$	Количество элементов
Маслобак	0,5	1
Вентиль	0,1	15
Фильтр	100	8
Перепускной клапан фильтра	1	2
Нагнетающий насос	10	1
Подкачивающий насос	10	2
Откачивающий насос	10	3
Суфлер	1	3
Центрифуга	1	1
Обратный клапан	0,2	3
Жиклер	0,5	1
Теплообменник	1	2
Вентилятор	5	2
Регулятор температуры	2	1
Бак-циклон	0,2	1
Масломерное стекло	0,1	1
Сигнализатор	1	6
Лампочка	0,5	6
Электронагреватель	2	1
Уровнемер	1	1
Манометр	1	2
Термометр	1	5
Эжектор	0,1	1
Редукционный клапан	0,2	2
Магнитная пробка	0,5	4
Клапан стравливания воздуха	0,1	2

Решение задачи оформляется в виде пояснительной записки. Записка должна содержать:

1. принципиальную схему системы и описание ее работы;
2. влияние отказов на работу системы и обоснование способов включения элементов в структурную схему;
3. структурную схему системы с разбивкой на блоки;
4. уравнения для расчета вероятности безотказной работы, блоков и системы в целом.
5. расчетные значения вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, среднее время безотказной работы системы.

Литература:

1. Косточкин В.В. надежность авиационных двигателей и силовых установок: учебник для студентов авиационных вузов.-2-е издание переработано и дополнено-М.:машиностроение,1988.-272с.
2. Общие требования к учебным текстовым документам. Стандарт организации СТО СГАУ 02068410-004-2007./Самарский Государственный Аэрокосмический университет,2007.-30с.
3. Руководство по эксплуатации двигателя НК-16СТ книга 3, раздел 10, 1984.
4. Санчугов В.Н., Орлов В.Н. Двигатель НК-16СТ: учебное пособие/самарский научный центр Р.А.Н.: самара,2002.-256с.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

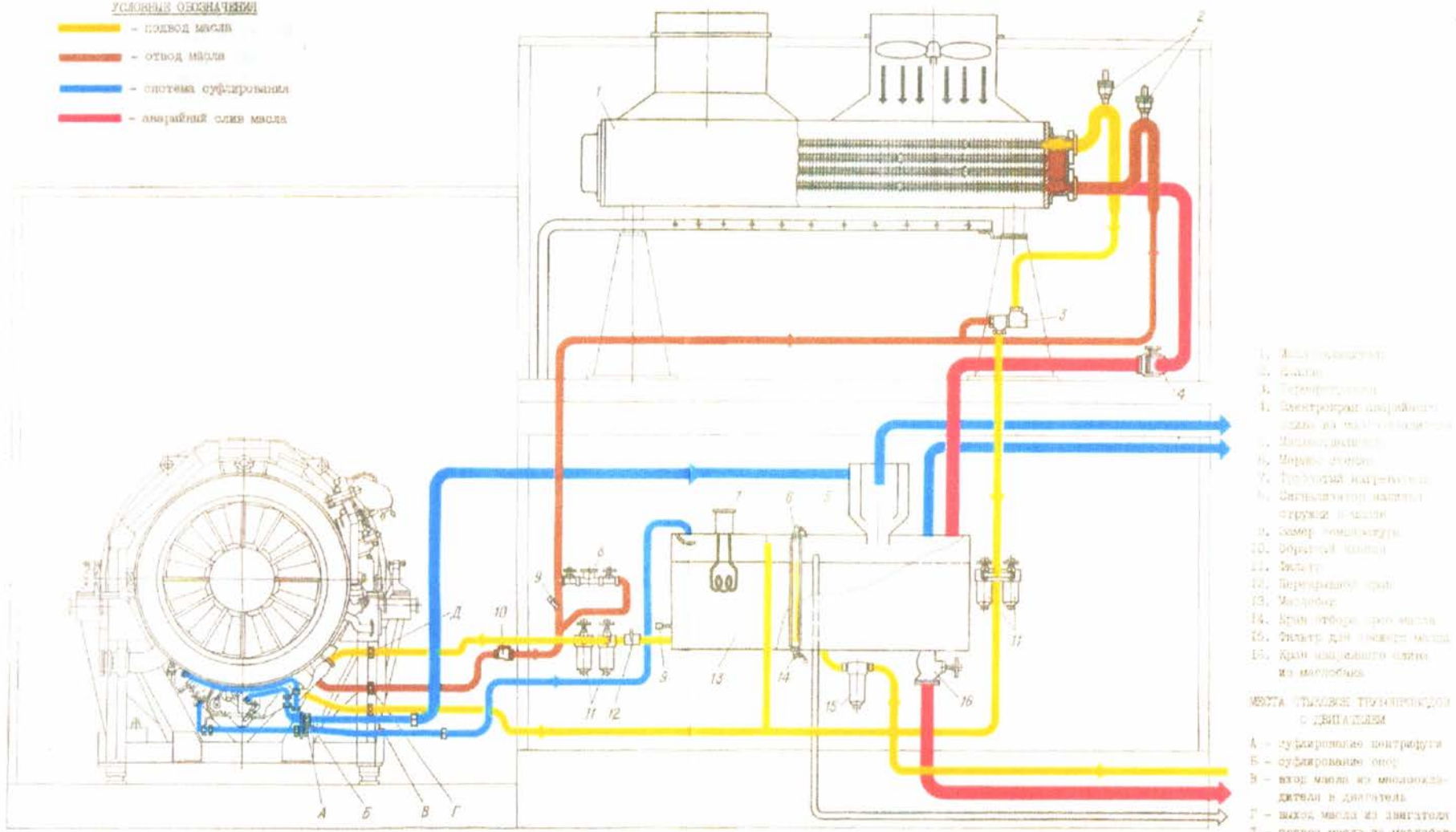
- довод масла
- отвод масла из двигателя в систему гидрообеспечения
- отвод масла
- система суфляжной помпы
- магистраль системы контроля параметров
- магистраль системы регулирования

- 6. Подрабатывающий насос
- 7. Редукционный клапан подрабатывающего насоса
- 8. Стоп-кран
- 9. Редукционный клапан основного насоса
- 10. Основной насос
- 11. Стоп-кран
- 12. Редукционный клапан основного маслофильтра
- 13. Основной маслофильтр
- 14. Магнитная пробка
- 15. Откачивающий насос передней опоры
- 16. Замер температуры масла на выходе из опоры СТ
- 17. Сигнал на блокировку запуска по температуре масла на входе в двигатель
- 18. Сигнализация минимального давления масла на входе в двигатель
- 19. Визуальный контроль давления и температуры масла на входе в двигатель
- 20. Визуальный контроль температуры масла на входе в переднюю опору
- 21. Визуальный контроль температуры масла на выходе из опор турбин ПТ
- 22. Суфлер средней опоры и коробки приводов
- 23. Эжектор
- 24. Откачивающий насос средней опоры и коробки приводов
- 25. Центрифуга
- 26. Суфлер опоры турбины ПТ
- 27. Откачивающий насос опоры турбины ПТ
- 28. Замер температуры масла на выходе из опоры турбины ПТ
- 29. Суфлер СТ
- 30. Стоп-кран насоса СТ
- 31. Основной насос СТ
- 32. Масляный фильтр (40 мкм) СТ с передрубным клапаном
- 33. Сигнализатор наличия струйки в масле
- 34. Сигнализатор температуры в масле
- 35. Клапан
- 36. Бортовой клапан
- 37. Воздушно-масляный разделение
- 38. Масломер
- 39. Клапан, регулирующий давление в базе в 40 мкм
- 40. Без-шланги
- 41. Сигнализация минимального давления масла на входе в СТ
- 42. Сигнализация минимальной температуры масла на выходе из СТ
- 43. Накальный теплообменник 45-47° системы регулирования
- 44. Замер температуры масла на выходе из двигателя
- 45. Визуальный контроль давления масла на входе в СТ
- 46. Терморегулятор

Рис. 1 Схема масляной системы двигателя 44-16 СТ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- - подвод масла
- - отвод масла
- - система суффрировки
- - аварийный слив масла



1. Маслоподогреватель
2. Фильтр
3. Термометр
4. Датчик давления масла на всасывающей линии
5. Магнитный сепаратор
6. Мануальный клапан
7. Датчик давления
8. Датчик давления масла в трубе
9. Датчик давления
10. Датчик давления
11. Датчик
12. Переключатель
13. Маслобак
14. Кран отбора пробы масла
15. Фильтр для отбора масла
16. Кран аварийного слива из маслобака

МЕСТА ОТБОРА ПРОБ ПРИ ПРОВЕРКЕ С ДВИГАТЕЛЕМ

- А - суффрировка контрфортов
- Б - суффрировка опор
- В - отбор масла из маслоподогревателя двигателя
- Г - отбор масла из двигателя
- Д - подвод масла из маслобака

рис. 2 Система маслообеспечения двигателя НК-160Т