

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ЦИРКУЛЯР

(Методические рекомендации)

**РЦ- АП-33.66(а*), НЛГ 33 п.33.66(а*),
АП-ВД п. 6.21, НЛГ ВД 320**

**Оценка чистоты воздуха,
отбираемого от газотурбинного двигателя**

к Рекомендательному циркуляру РЦ-АП-33.66(а*), НЛГ 33, п. 33.66(а*), АП-ВД п. 6.21, НЛГ ВД 320

[illegible]

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ.....	5
СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	7
1 ЦЕЛЬ.....	8
2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ ГТД С ОТБОРОМ ПРОБ ВОЗДУХА	9
3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ ПО ОТБОРУ ПРОБ ВОЗДУХА ОТ ГТД	11
4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ ДВИГАТЕЛЯ В ИСПРАВНОМ СОСТОЯНИИ, ИМЕЮЩЕГО ФАКТИЧЕСКУЮ ВЕЛИЧИНУ РАСХОДА МАСЛА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТУ.	12
5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ ДВИГАТЕЛЯ С ИМИТАЦИЕЙ РАСХОДА МАСЛА, МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТУ	12
6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ ДВИГАТЕЛЯ С ИМИТАЦИЕЙ НЕИСПРАВНОСТИ	13
7 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ АНАЛИЗА ПРОБ ВОЗДУХА	14
8 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ	26
9 ОТЧЕТНОСТЬ О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПЫТАНИЙ.....	26
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1 Принципиальная схема и соединение функциональных частей системы отбора проб воздуха.....	27
Приложение 2 Форма протокола отбора проб воздуха от ГТД.....	33
Приложение 2 (продолжение) Форма протокола анализа проб воздуха	35
Приложение 2а Форма протокола отбора проб воздуха от ВСУ.....	36
Приложение 2а (продолжение) Форма протокола анализа проб воздуха	38
Приложение 3 Методика приготовления активных сорбентов.....	39
Приложение 4 Подготовка концентраторов к проведению отбора проб воздуха.....	40
Приложение 5 Перечень материалов, применяемых при газохроматографическом анализе проб воздуха, отбираемых от компрессора ГТД.....	41
Приложение 6 Пример градуировки хроматографа по всем нормируемым компонентам разбавленными растворами.....	42

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий Рекомендательный циркуляр предписывает порядок и процедуру проведения сертификационных работ с целью оценки чистоты воздуха, отбираемого от газотурбинного двигателя в систему кондиционирования или вентиляции воздушного судна, для подтверждения выполнения требований АП-33 параграф 33.66(а*); НЛГ 33 параграф 33.66(а*); АП-ВД параграф 6.21; НЛГ ВД параграф 320, КТ-ВД.

Сертификационные испытания газотурбинного двигателя проводятся с целью отбора проб воздуха и последующего анализа проб. Метод отбора проб воздуха заключается в концентрировании вредных примесей в адсорбционных пакетах путем продува через них воздуха объемом в диапазоне 500 - 1000 см³.

Анализ отобранных проб воздуха выполняется газохроматографическим методом с использованием хроматографа газового аналитического.

Настоящий Рекомендательный циркуляр применяется при сертификации вновь создаваемых и модифицируемых газотурбинных двигателей для воздушных судов гражданской авиации.

Настоящий Рекомендательный циркуляр может быть использован при серийном производстве и ремонте газотурбинных двигателей для воздушных судов гражданской авиации, если проведение контроля качества воздуха предусмотрено конструкторской и ремонтной документацией.

Положения, изложенные в настоящем РЦ, носят рекомендательный характер.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. **Авиационные правила Часть 33.** Нормы летной годности двигателей воздушных судов: утверждена Постановлением 32-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства 17 февраля 2012 г.: 3-е издание / Межгосударственный авиационный комитет, 2012.
2. **Авиационные правила Часть 33.** Нормы летной годности двигателей воздушных судов: утверждена Постановлением 36-ой сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства 15.03.2018 г.: 4-е издание / Межгосударственный авиационный комитет, Авиационный регистр, 2018.
3. **Авиационные правила Часть ВД.** Нормы летной годности вспомогательных двигателей воздушных судов: утверждена Постановлением 1-ой сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 06 июня 1997 г.: 1-е издание / Межгосударственный авиационный комитет, 1997.
4. **Авиационные правила Часть 25.** Нормы летной годности самолетов транспортной категории: утверждена Постановлением 28-ой сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства 11 декабря 2008 года: 3-е издание, 2009.
5. **ГОСТ 12.1.007-76.** Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.03.76 №579: введен впервые: дата введения 01.01.1977 / разработан и внесен Министерством химической промышленности. – Москва: Стандартиформ, 1977.
6. **ГОСТ Р 58993-2020** Двигатели газотурбинные авиационные. Испытания по определению концентрации токсичных примесей в отбираемом от двигателя воздухе: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2020 г. N 591-ст. - М.: Стандартиформ, 2020.
7. **Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов стран-членов СЭВ:** введены в действие в качестве Норм летной годности гражданских самолетов СССР 25 октября 1985 года / Совет экономической взаимопомощи, 1985.
8. **Квалификационные требования КТ-ВД.** Вспомогательные двигатели воздушных судов, 2015.
9. **Методические указания МУ 1.1.258-99** Двигатели газотурбинные авиационные. Порядок отбора и газохроматографического анализа проб воздуха из компрессора двигателя при стендовых испытаниях: утверждены ТК 323 НИИСУ: дата введения 07.01.2000 / разработаны ОАО «ММП им. В. В. Чернышева», ЛИИ им. М.М. Громова, НИИСУ, 1999.
10. **Методические указания МУ-641-90-XII** Оценка соответствия гермокабин летательных аппаратов требованиям п.5.7.2. ЕНЛГ-С. / ГосНИИ ГА и ФГУП “ЛИИ им М.М. Громова”, 1991.

11. **Нормы лётной годности гражданских самолётов СССР НЛГС-3:** утверждены и введены в действие в 1984 году; редакция 3, 1984.
12. **Нормы летной годности двигателей воздушных судов НЛГ 33,** Поправка 1: утверждены приказом Федерального агентства воздушного транспорта от 04 февраля 2026 г. № 45-П: 2-е издание, 2026.
13. **Нормы летной годности вспомогательных двигателей воздушных судов НЛГ ВД:** утверждены приказом Федерального агентства воздушного транспорта от 21 декабря 2022 г. № 941-П, 2023.
14. **Рекомендательный циркуляр РП-33 «Общий».** Сертификация типа авиационного двигателя: введен в действие Решением Президиума Авиарегистра МАК от 25.12.2003 г. / Межгосударственный авиационный комитет, Авиационный регистр, 2005.
15. **СанПиН 1.2.3685-21** "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания": утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 28.01.2021 №2, 2021.
16. **Aerospace Recommended Practice ARP4418,** SAE International, 2018.
17. **Aerospace Information Report AIR4766.** SAE International, 2007.
18. **Aviation Regulations. Part 25.** Airworthiness Standards transport category airplanes, 2005.
19. **Certification Specifications for Engines, CS-E. Book 1 - Airworthiness Code.** EASA, 2006.
20. **Certification Specifications for Auxiliary Power Units CS-APU.** Airworthiness Code. EASA, 2006.
21. **Certification Specifications for Engines, CS-E. Book 2 - Acceptable Means of Compliance.** EASA, 2006.
22. **Federal Aviation Regulations, Part 33 - Airworthiness Standards: Aircraft Engines,** 2007. (Amdt. 33-24, Eff. 11/5/07п).
23. **Federal Aviation Regulation, Technical Standard Order TSO-C77b,** Gas Turbine Auxiliary Power Units, 2000.
24. **Procedure for Sampling and Measurement of Aircraft Propulsion Engine and APU Generated Contaminants in Bleed Air ARP4418B.** SAE International, 2018.
25. **SAE Standard AIR4766,** SAE International Information Report, Air Quality for Commercial Aircraft Cabins, 2018.

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

АП	Авиационные правила
ВД	Вспомогательный двигатель
ВС	Воздушное судно
ГН	Гигиенические нормативы
ГТД	Газотурбинный двигатель
ДСЕ	Детали и сборочные единицы
КД	Конструкторская документация
МОС	Методы оценки соответствия
МУ	Методические указания
НА	Направляющий аппарат
ПДК	Предельно допустимая концентрация (токсичных продуктов)
ПИ	Предъявительские испытания
ПИД	Пламенно-ионизационный детектор
ПСИ	Приемо-сдаточные испытания
РЦ	Рекомендательный циркуляр
РУД	Рычаг управления двигателем
СанПиН	Санитарные правила и нормы
СКВ	Система кондиционирования воздуха
СОП	Система отбора проб (воздуха)
ТБК	Термобарокамера
ТЗ	Техническое задание
ТИД	Термоионные детекторы
ТКФ	Трикрезилфосфат
ТУ	Технические условия
ЭМК	Электромагнитный клапан
СО	Окись углерода
СО ₂	Углекислый газ
NO _x	Окислы азота

1 ЦЕЛЬ

Целью данного Рекомендательного циркуляра является изложение приемлемых методов определения соответствия требованиям параграфов АП-33: 33.66(а*); АП-ВД: 6.21; НЛГ 33: 33.66(а*); НЛГ ВД 320; КТ-ВД 320 в части характеристик отбираемого от двигателя воздуха, предназначенного для наддува и вентиляции кабины воздушного судна.

АП-33:

33.66. Система отбора воздуха

(а*) Характеристики отбираемого от компрессора воздуха, максимально возможное загрязнение отбираемого от компрессора воздуха при нормальных условиях и наличии неисправности ... должны быть указаны в Документации по установке и эксплуатации двигателя.

НЛГ 33:

33.66. Система отбора воздуха

(а*) Характеристики отбираемого от компрессора воздуха, максимально возможное загрязнение отбираемого от компрессора воздуха при нормальных условиях и наличии неисправности ... должны быть указаны в Документации по установке и эксплуатации двигателя.

АП-ВД:

6.21. Отбор воздуха

Характеристики отбираемого от компрессора воздуха, максимально возможное загрязнение отбираемого от компрессора воздуха при нормальных условиях и наличии неисправности, должны быть указаны в документации.

НЛГ ВД 320 Загрязнение отбираемого воздуха

Для ВД, который поставляет отбираемый от компрессора воздух, Заявитель должен:

а) Указать в документации по ВД характеристики загрязнений отбираемого от компрессора воздуха, вырабатываемых ВД при нормальных условиях и наличии неисправности.

б) Подтвердить, если канал воздухозаборника обеспечивается как часть ВД, что при выполнении требований огнестойкости согласно НЛГ ВД 230(с) ...канал не будет выделять опасного количества токсичных газов в отбираемый воздух.

КТ-ВД 320 Загрязнение отбираемого воздуха

Для ВД, который поставляет отбираемый от компрессора воздух, Заявитель должен:

(а) Указать в документации по ВД характеристики загрязнений отбираемого от компрессора воздуха, вырабатываемых ВД при нормальных условиях и наличии неисправности.

(б) Подтвердить, если канал воздухозаборника обеспечивается как часть ВД, что при выполнении требований огнестойкости согласно КТ-ВД 230(с) канал не будет выделять опасного количества токсичных газов в отбираемый воздух.

Приемлемые положения настоящего Рекомендательного циркуляра должны использоваться при испытаниях двигателя для подтверждения отсутствия опасных, связанных с двигателем, последствий, в т.ч. описанных в параграфах НЛГ 33 (33.75(g)(2)(ii), 33.74; 33.76; 33.78; 33.94 и других), НЛГ-ВД 210, АП-ВД (6.2, 6.4; 6.17; 6.22 и других).

2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ ГТД С ОТБОРОМ ПРОБ ВОЗДУХА

2.1 Испытания двигателя по оценке чистоты воздуха, отбираемого в систему кондиционирования или вентиляции воздушного судна, проводятся в стендовых условиях в соответствии с требованиями, установленными в документации, регламентирующей проведение стендовых испытаний двигателя.

Программа и методика проведения испытаний должны быть оформлены в установленном порядке и одобрены Федеральным автономным учреждением "Авиационный регистр Российской Федерации".

2.2 Испытательный стенд, СОП, устройство для имитации неисправности должны быть аттестованы в установленном порядке.

Анализ проб воздуха для определения концентрации токсичных продуктов при проведении сертификационных испытаний должен проводиться в аккредитованной испытательной лаборатории.

2.3 Сертификационные испытания необходимо проводить на двигателе, соответствующем заявленной на сертификацию типовой конструкции. При этом должны быть определены пертинентные¹ ДСЕ, отклонения при изготовлении от заявленной типовой конструкции которых могут влиять на результаты испытаний.

Должен быть составлен список пертинентных деталей двигателя. В этот список должны быть включены детали, отказ (повреждение, износ, нарушение целостности и др.) которых влияет на характеристики отбираемого от двигателя воздуха. В случае выявления отклонения от заявленной конструкции необходимо подтвердить отсутствие негативного влияния указанного отклонения на результаты испытаний.

2.4 Сертификационные испытания должны проводиться с применением масел с наихудшими токсикологическими характеристиками из рекомендованных для двигателя.

¹ Пертинентные ДСЕ – те ДСЕ, которые имеют непосредственное отношение к конкретному испытанию, существенны для него.

2.5 Сертификационные испытания двигателя по оценке чистоты воздуха, отбираемого в систему кондиционирования или вентиляции воздушного судна, следует проводить в следующем порядке:

- испытания при нормальной работе двигателя;
- испытания двигателя с имитацией неисправности.

2.6 Для маршевых двигателей рекомендуется проводить отбор проб воздуха на режимах:

- 1) Режим работы двигателя с минимальной мощностью/тягой (ЗМГ);
- 2) Промежуточный режим работы двигателя (МП).

В случае отбора воздуха от двигателя из двух мест с разным давлением воздуха - непосредственно перед переключением с отбора высокого давления на отбор низкого давления и непосредственно после переключения с отбора высокого давления на отбор низкого давления;

3) Режим максимальной мощности/тяги двигателя, в т.ч. в случае выключения одного двигателя (если отбор воздуха предусмотрен).

2.7 Для вспомогательных двигателей рекомендуется проводить отбор проб воздуха на режимах:

- 1) Режим работы двигателя с минимальным отбором воздуха и/или механической энергии;
- 2) Режим работы двигателя с максимальным отбором воздуха и/или механической энергии (обеспечивая максимальную эквивалентную мощность).

2.8 Величины отбора воздуха от двигателя на нужды воздушного судна и двигателя должны соответствовать требованиям ТУ, в т.ч. с учетом возможности выключения одного двигателя (если отбор воздуха предусмотрен).

2.9 Отбор проб воздуха осуществляется с использованием системы отбора проб воздуха, принципиальная схема и описание работы которой представлены в Приложении 1.

Отбор и анализ проб воздуха на содержание окиси углерода, двуокиси углерода и окислов азота рекомендуется выполнять с помощью газоанализаторов, которые должны быть внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и поверены.

С помощью СОП осуществляется концентрирование вредных примесей (паров топлива, паров и аэрозоля масла, диоктилсебацата, бензола, фенола, ТКФ и т.д.) в адсорбционных пакетах путем продува через них воздуха объемом в диапазоне от 500 до 1000 см³.

3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ ПО ОТБОРУ ПРОБ ВОЗДУХА ОТ ГТД

3.1 Программа и методика испытаний разрабатываются на основе требований ТЗ, конструкторской документации с использованием, при необходимости, типовых программ, типовых методик испытаний и других документов.

Программа и методика испытаний могут быть разработаны как единый документ или как отдельные самостоятельные документы.

3.2 Программа и методика испытаний должны содержать описание испытательного стенда, СОП, устройства для имитации неисправности и другого оборудования, необходимого для проведения испытаний.

Должны быть указаны реквизиты испытуемого двигателя, испытательного стенда, СОП, устройства для имитации неисправности и другого оборудования, необходимого для проведения испытаний, а также планируемая дата проведения испытаний.

3.3 В программе должно быть указание о проведении оценки готовности двигателя, СОП, устройства для имитации неисправности и другого оборудования, необходимого для проведения испытаний, с документальным оформлением результата.

3.4 В программе должно быть указание о заблаговременном направлении уведомления в Росавиацию и Авиарегистр России и Акта готовности в Авиарегистр России о проведении испытания, согласованных независимой инспекцией, осуществляющей контроль за проведением испытания.

3.5 В программе и методике испытаний по отбору проб воздуха должны приводиться результаты анализа конструкции двигателя, его систем, деталей, узлов и агрегатов с целью выявления неисправностей, которые могут повлиять на характеристики отбираемого воздуха. Также должны учитываться возможные влияния внешних факторов (например, попадание на вход в двигатель топлива).

3.6 В программе должны быть указаны точки отбора проб воздуха и режимы работы конкретного ГТД при проведении испытаний по оценке чистоты воздуха с обоснованием их выбора в зависимости от конструкции двигателя, а также от его назначения.

3.7 В программе должны быть указаны требования по проведению следующих измерений.

По стенду: температура и давление окружающей среды.

По двигателю: частота вращения роторов, тяга/мощность, температура газа, температура и давление воздуха за компрессором, расход отбираемого воздуха в СКВ.

По СОП: температура и давление воздуха в вакуумируемых емкостях.

По устройству для имитации неисправности: расход масла.

По газоанализатору: расход воздуха и температура воздуха.

3.8 В программе и методике испытаний по отбору проб воздуха должно приводиться описание каждого этапа испытания с определением ключевых характеристик (например, количество масла на этапе испытания с имитацией неисправности).

3.9 Программа должна содержать требования к проверке чистоты линий для отбора проб воздуха.

3.10 Программа и методика испытаний по оценке чистоты воздуха должны содержать требования к упаковке, хранению и транспортировке отобранных проб воздуха.

4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ ДВИГАТЕЛЯ В ИСПРАВНОМ СОСТОЯНИИ, ИМЕЮЩЕГО ФАКТИЧЕСКУЮ ВЕЛИЧИНУ РАСХОДА МАСЛА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТУ

4.1 Испытания двигателя в исправном состоянии, имеющего фактическую величину расхода масла в соответствии с требованиями ТУ, проводятся на стенде с использованием СОП по разработанной программе.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ ДВИГАТЕЛЯ С ИМИТАЦИЕЙ РАСХОДА МАСЛА, МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТУ

5.1 Испытания с имитацией расхода масла, максимально допустимого в соответствии с ТУ, проводится в случае, если при испытаниях двигателя в исправном состоянии фактическая величина расхода масла составляла менее 95 % от максимально допустимой величины в соответствии с требованиями ТУ.

5.2 Имитация расхода масла, максимально допустимого в соответствии с требованиями ТУ, осуществляется путем подачи заданного количества масла в газозвдушный тракт перед местом отбора воздуха для наддува и вентиляции кабин воздушного судна специальным устройством.

5.3 Расход масла, подаваемого специальным устройством, определяется по следующей формуле (1):

$$Q_1 = Q_{мд} - Q_{ф}, \quad (1)$$

где

Q_1 – подаваемый расход масла, л/ч;

$Q_{мд}$ – максимально допустимый расход масла при нормальных условиях по ТУ, л/ч;

$Q_{ф}$ - фактический расход масла у испытываемого двигателя, л/ч.

5.4 Подача масла должна быть организована с учетом конструктивных особенностей двигателя в части элементов маслосистемы (расположение маслобака, подшипников, возможности попадания масла в газозвдушный тракт двигателя и в систему отбора воздуха при нарушении герметичности маслобака, опор и т.п.). При этом должен использоваться консервативный подход, т.е. обеспечиваться попадание всего объема подаваемого масла в газозвдушный тракт перед местом отбора воздуха, предназначенного для наддува и вентиляции кабин воздушного судна.

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ ДВИГАТЕЛЯ С ИМИТАЦИЕЙ НЕИСПРАВНОСТИ

6.1 Имитация неисправности осуществляется путем подачи заданного количества масла в газозвдушный тракт перед местом отбора воздуха для наддува и вентиляции кабин воздушного судна специальным устройством.

6.2 Оценка расхода масла, которое может попасть в проточную часть двигателя и привести к увеличению концентрации токсичных продуктов в отбираемом от компрессора двигателя воздухе, проводится следующим образом.

Принимается, что располагаемый объем масла будет поступать в газозвдушный тракт двигателя равномерно на протяжении обобщенного типового полетного цикла.

Величина расхода масла (л/час) определяется по формуле (2):

$$Q = \frac{V_p}{T} - Q_{\text{ф}} , \quad (2)$$

где

V_p – располагаемый запас масла, л;

$Q_{\text{ф}}$ - фактический расход масла у испытываемого двигателя, л/ч;

T – продолжительность заданного обобщенного полетного цикла воздушного судна, час.

Величина располагаемого запаса масла определяется по формуле (3):

$$V_p = [V_{\text{п}} - (V_{\text{нв}} + V_{\text{нз}})], \quad (3)$$

где

$V_{\text{п}}$ - полный объем маслобака, л;

$V_{\text{нв}}$ – невырабатываемый остаток, л;

$V_{\text{нз}}$ – незаправляемый объем, л.

6.3 Подача масла должна быть организована с учетом конструктивных особенностей двигателя в части элементов маслосистемы (расположение маслобака, подшипников, возможности попадания масла в газозвдушный тракт двигателя и в систему отбора воздуха при нарушении герметичности маслобака, опор и т.п.). При этом должен использоваться консервативный подход, т.е. обеспечиваться попадание всего объема подаваемого масла в газозвдушный тракт перед местом отбора воздуха, предназначенного для наддува и вентиляции кабин воздушного судна.

7 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ АНАЛИЗА ПРОБ ВОЗДУХА

7.1 Номенклатура и предельно допустимая концентрация¹ (в мг/м³) токсичных примесей в отбираемом от двигателя воздухе для непосредственных наддува и вентиляции кабин воздушного судна, содержание которых необходимо определять при проведении сертификационных испытаний двигателя, следующие²:

- пары топлива - 300;

- пары и аэрозоль минеральных масел - 5;
- пары и аэрозоль синтетических масел - 2;
- акролеин - 0,2;
- фенол - 0,3;
- формальдегид - 0,5;
- бензол - 5;
- трикрезилфосфат - 0,5;
- диоктилсебацат - 5;
- окислы азота – 5;
- окись углерода - 1 часть на 20000 частей воздуха;
- углекислый газ - не превышает 0,5 % по объему (эквивалент на уровне моря).

¹ Определены на основе п. 25.831 АП-25, 25.831 НЛГ 25.

² Номенклатура токсичных примесей может дополняться по результатам анализа условий эксплуатации воздушного судна, конструкции двигателя и условий его работы, которые могут повлиять на характеристики отбираемого воздуха, в т.ч. износ или термическая деградация неметаллических ДСЕ (прирабатываемое покрытие, втулки поворотных НА и др.)

7.2 Для анализа содержания вредных примесей в воздухе, отбираемом от ГТД, используются:

- метод газовой хроматографии (с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) на содержание паров топлива, паров и аэрозолей масел, бензола, фенола, диоктилсебацата, формальдегида и с термоионным детектором (ТИД) для анализа на трикрезилфосфат);
- метод прямого анализа с применением газоанализатора или метод отбора воздуха в специальные пакеты с дальнейшим анализом воздуха на газовом хроматографе (на содержание углекислого газа, окислов азота и диоксида углерода).

7.3 Перед проведением газохроматографического анализа необходимо провести расчет объема воздуха, пропущенного через пробоотборники при отборе проб на каждом режиме, приведенного к нормальным условиям, по формуле (4):

$$V_{\text{акт.пр.}i} = \frac{V_{\text{акт.}i} \cdot (273 + T_0)}{P_0} \cdot \left(\frac{P_2}{273 + T_2} - \frac{P_1}{273 + T_1} \right), \quad (4)$$

где

$V_{\text{акт.пр.}i}$ – приведенный к нормальным условиям объем пробы воздуха, пропущенный через пробоотборник при отборе проб на соответствующем режиме, м³ (нормальные атмосферные

условия согласно ГОСТ 12.1.005: атмосферное давление $P_0 = 103,32$ кПа ($P_0 = 1,0332$ кгс/см²), температура воздуха $T_0 = 20$ °С);

$V_{акт.i}$ – активный объем части СОП, м³ (объем вакуумируемой ёмкости плюс трубопроводов до клапана);

P_2 и P_1 – конечное и начальное давление (разрежение) в мерных вакуумируемых емкостях, кПа (кгс/см²);

T_2 и T_1 – конечная и начальная температура воздуха в мерных вакуумируемых емкостях при отборе проб, °С.

При расчете подставляют замеренные значения давлений P_1 и P_2 , температур T_1 и T_2 , и активных объемов для каждого режима и каждого пробоотборника.

Полученные в результате проведенных расчетов значения приведенных объемов $V_{акт.пр.i}$ для каждого пробоотборника вводятся в формулы для расчета концентраций токсичных продуктов в отобранных пробах воздуха на соответствующих режимах и заносятся в журнал обработки результатов отбора проб.

7.4 Газохроматографический анализ проб воздуха для измерения концентраций токсичных примесей

Газохроматографический анализ проб воздуха для определения концентрации токсичных продуктов при проведении сертификационных испытаний должен проводиться аккредитованной испытательной лабораторией.

Для проведения анализов проб воздуха следует использовать газовые хроматографы, снабженные пламенно-ионизационными (ПИД) и термоионными детекторами (ТИД). Блоки программирования температуры указанных хроматографов должны обеспечить нагрев термостата с колонками от 50 до 300 °С со скоростью от 4 до 25 °С/мин. В хроматографах используются спиральные колонки из нержавеющей стали диаметром от 2 до 4 мм и длиной от 1,0 до 2,0 м. Если при испытаниях двигателя используются высококипящие масла (температура кипения более 400 °С), то используют колонку длиной 1 м. Испаритель должен иметь внутренний диаметр размером $(4,5 \pm 0,3)$ мм. Хроматографы рекомендуется комплектовать автоматизированной компьютерной системой сбора и обработки данных хроматографического анализа.

Анализ проб воздуха, отбираемого от ГТД, можно проводить на газовом хроматографе с применением как насадочных колонок, так и с применением капиллярных колонок.

7.5 Анализ проб воздуха на содержание паров топлива, паров и аэрозоля масла, трикрезилфосфата на насадочных колонках

7.5.1 Анализ отобранных проб воздуха на содержание паров топлива, паров и аэрозолей масла, ТКФ следует производить на колонке с термостойким метилсиликоновым или фенилметилсиликоновым маслом на хроматографе с ПИД при условиях, указанных в таблице 1.

Таблица 1 - Условия проведения анализа отобранных проб воздуха на содержание паров топлива, паров и аэрозолей масла, ТКФ

Условие проведения анализа	Параметр
Длина колонок, м	2 (для «тяжелых» масел – 1)
Адсорбент	Масло OV-101 или аналогичное на инертном диатомитовом носителе (в соотношении 5:100 по массе)
Газ-носитель	Азот
Расход газа-носителя, мл/мин	от 20 до 30
Расход воздуха, мл/мин	300
Расход водорода, мл/мин	30
Температура испарителя, °С	250 (для минеральных масел – 230, для масел типа ТН-600 - 300)
Температура ПИД, °С	310
Температура колонки (термостата), °С: до введения концентратора в испаритель	50
Температура в режиме программированного нагрева колонки, °С	от 50 до 300
С интенсивностью, °С/мин	6

По окончании анализа извлечь концентратор из инжектора с помощью съемника и охладить на воздухе до температуры 20 ± 5 °С.

Расчет концентраций токсичных примесей в пробах воздуха следует производить по формуле (5):

$$C_i = 0,3 Y_i \frac{S_i}{K_c S_k V_{\text{акт.пр.}i}}, \quad (5)$$

где

C_i - концентрация токсичных примесей в пробе воздуха, мг/м³;

0,3 - объем градуировочной пробы чистого вещества, мкл (этот объем может изменяться от 0,1 до 1 мкл и зависит от объема, имеющегося у экспериментатора микрошприца);

Y_i (Y_t , Y_m , $Y_{\text{ТКФ}}$) - концентрация данного вещества (топливо, масло, ТКФ и т.д.), мг/мкл, введенная в хроматограф при градуировке при температуре 20 ± 5 °С;

S_i (S_t , S_m , $S_{\text{ТКФ}}$) - площадь пика токсичных примесей (или сумма площадей пиков) на хроматограмме пробы воздуха, условные ед.;

K_c - коэффициент загробления сигнала детектора (при работе с интегратором или компьютером $K_c=1$);

S_k ($S_{\text{гр.т.}}$, $S_{\text{гр.м.}}$, $S_{\text{гр.ТКФ.}}$) - среднее арифметическое значение сумм площадей пиков чистых веществ (топлива, масла), полученное при градуировке хроматографа, условные ед.

$V_{\text{акт.пр.}i}$ - приведенный к нормальным условиям объем (формула (4)) проб воздуха, пропущенный через соответствующие пробоотборники, м³.

При отборе проб воздуха из компрессора ГТД, работающего на маслах Б-ЗВ, ЛЗ-240, ПТС-225, в формулу (5) подставляются значения $S_{\text{гр.м.}}$, Y_m для масла Б-ЗВ.

При использовании масла ИПМ-10, ВНИИНП-50-1-4ф или ВНИИНП-5—1-4у в формулу (5) подставляются значения $S_{\text{гр.т.}}$, Y_t .

7.5.2 Расчет концентраций ТКФ (используется ТИД) следует производить по формуле (6):

$$S_{\text{ТКФ}} = 0,3 Y_m \frac{S_{\text{ТКФ}}}{K_c S_{\text{гр.м}} V_{\text{акт.пр.}i}}$$

(6)

где

Y_m – концентрация ТКФ, мг/мкл, введенная в хроматограф при градуировке при температуре 20 ± 5 °C;

Сткф – сумма площадей пиков масла на хроматограмме пробы воздуха, условные ед.;

Sгр.м – среднее арифметическое значение сумм площадей пиков ТКФ, полученное при градуировке хроматографа, условные ед.;

$V_{акт.пр.i}$ – приведенный к нормальным условиям объем проб воздуха, пропущенный через соответствующие пробоотборники, м³, (рассчитывается отдельно для каждого из i-х пробоотборников по формуле (4).

Анализ для определения в пробе воздуха ТКФ проводится на колонне с силиконовым маслом на хромосорбе и наличие ТКФ идентифицируется группой из 5-9 пиков с временами выхода 33-35 мин (для каждого хроматографа определяется экспериментально путем ввода в концентратор чистого вещества – раствора ТКФ).

Градуировку хроматографа по ТКФ при анализе проб воздуха на ТИД необходимо проводить раствором ТКФ в концентрации 2 мг/см³ в этаноле. Расчет концентрации ТКФ при использовании ТИД следует производить по формуле (7).

$$C_{ткф}^{тид} = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{Stкф}{KcStкф.гр V_{акт.пр.i}} , \quad (7)$$

где

$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$ - коэффициент, учитывающий объем дозы раствора ТКФ при градуировке хроматографа при вводе 0,3 мкл;

Сткф.гр - среднее арифметическое значение сумм площадей пиков раствора ТКФ, полученное при градуировке хроматографа.

При работе с ТИД расходы водорода и воздуха устанавливают согласно инструкции к прибору (обычно, они ниже, чем для ПИД).

Данные по временам удерживания различных адсорбатов для колонки с силиконовым маслом на хромосорбе, полученные для хроматографа «Цвет-800», приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Порядок выхода и время удерживания (мин) различных адсорбатов колонки длиной 2 м с 3 % масла OV-17 на хромосорбе W-HP

Адсорбат	Время (мин)	Адсорбат	Время (мин)
Ацетальдегид, Гексан, Формальдегид, Ацетон, Этанол, Акролеин	1,2	Н-Додекан	13,0
Бензол	2,0	Н-Тетрадекан	17,0
Толуол	3,3	Керосин Тс-1	от 3,0 до 18,0
Уксусная Кислота	3,6	Изомеры Ткф	от 30,0 до 34,0
Н-Бутанол	4,0	Диоктилсебицинат	33,0
Ксилолы	5,8	Масло Типа Ипм-10	от 20,0 до 34,0

Этиленгликоль	7,1	Масло Типа Mobil Oil Jet-2	от 25,0 до 48,0
Фенол	8,4		

7.6 Анализ проб воздуха на содержание альдегидов, кетонов и ароматических углеводородов

Анализ отобранных проб воздуха на содержание альдегидов, кетонов и ароматических углеводородов следует проводить на хроматографе с ПИД при условиях, указанных в таблице 3.

Таблица 3 - Условия проведения анализа отобранных проб воздуха на содержание альдегидов, кетонов и ароматических углеводородов

Условия проведения анализа	Параметр
Длина колонок, м	2 (для хромосорба106 и тенекса – 1м)
Адсорбент	Хромосорб-101 или аналогичный полимерный сорбент
Газ-носитель	Азот
Расход газа-носителя, мл/мин	20
Расход воздуха, мл/мин	300
Расход водорода, мл/мин	30
Температура испарителя, °С	250
Температура ПИД, °С	260
Температура колонки (термостата) в режиме программированного нагрева, °С	от 50 до 250
с интенсивностью, °С/мин	4

Расчет концентраций токсичных примесей в анализируемых пробах воздуха следует производить по формуле (8).

$$C = 0,3Y_{\text{эт}}K_{\text{дип}} \frac{S}{K_c S_{\text{эт}} V_{\text{акт.пр.}i}} \quad \text{JOTE } C = \quad (8)$$

где

C – концентрация вредных примесей в пробах воздуха, мг/м³;

Y_{эт} – плотность этанола, измеренная при градуировке хроматографа при температуре 20 ± 5 °С, мг/мкл;

S – сумма площадей пиков масла (формальдегида, акролеина, бензола) на хроматограмме пробы воздуха, условные ед.;

S_{эт} – среднее арифметическое значение сумм площадей пиков этанола, полученное при градуировке хроматографа, условные ед.;

V_{акт.пр.i} – приведенный к нормальным условиям объем проб воздуха, пропущенный через соответствующие пробоотборники, м³ (рассчитывается отдельно для каждого из i-х пробоотборников по формуле (4);

$K_{\text{дип}}$ – поправочный коэффициент данного компонента для ПИД по отношению к этанолу. Коэффициент $K_{\text{дип}}$ определяется экспериментально путем ввода в хроматограф точного количества чистого вещества и последующего сравнения площади пика этого вещества с площадью пика бензола. Отношение указанных площадей пиков соответствует значению $K_{\text{дип}}$.

Рекомендуемые значения коэффициента $K_{\text{дип}}$ для расчетов при использовании бензола в качестве определяющего компонента для градуировки хроматографа приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Рекомендуемые значения коэффициента $K_{\text{дип}}$

Наименование компонента	Значение $K_{\text{дип}}$
Бензол	1,00
Толуол	1,01
Ацетон	1,48
Этанол	1,76
Акролеин	2,00
Формальдегид (метаналь)	2,40

Ра
счет
конце

$$C_{\text{бен}} = 0,3 Y_{\text{эт}} \frac{K_{\text{ДИП}}^{\text{бен}}}{K_{\text{ДИП}}^{\text{эт}}} \frac{S_{\text{бен}}}{K_{\text{с}} S_{\text{эт}} V_{\text{акт.пр.}i}}, \quad (9)$$

нтраций бензола $C_{\text{бен}}$ в пробах воздуха рекомендуется производить по формуле (9).

где

$C_{\text{бен}}$ – концентрация бензола в пробе воздуха, мг/м³;

$K_{\text{ДИП}}^{\text{бен}}, K_{\text{ДИП}}^{\text{эт}}$ - поправочный коэффициент для бензола и этанола (см. Таблицу 4);

$S_{\text{бен}}$ – площадь пиков бензола на хроматограмме пробы воздуха, условные ед;

$S_{\text{эт}}$ – среднее арифметическое значение сумм площадей пиков этанола, полученное при градуировке хроматографа, условные ед;

$V_{\text{акт.пр.}i}$ – приведенный к нормальным условиям объем проб воздуха, пропущенный через соответствующие пробоотборники, м³, (рассчитывается отдельно для каждого из i -х пробоотборников, предназначенных для определения акролеина, по формуле (4).

Расчет концентраций акролеина $C_{\text{акр}}$ производить по формуле (10).

$$C_{\text{акр}} = 0,3 Y_{\text{эт}} \frac{K_{\text{ДИП}}^{\text{акр}}}{K_{\text{ДИП}}^{\text{эт}}} \frac{S_{\text{акр}}}{K_{\text{с}} S_{\text{эт}} V_{\text{акт.пр.}i}}, \quad (10)$$

где

$C_{\text{акр}}$ – концентрация акролеина в пробе воздуха, мг/м³;

$K_{\text{ДИП}}^{\text{акр}}$ - поправочный коэффициент для акролеина (см. таблицу 4).

Расчет концентраций формальдегида (метаналь) $C_{\text{мет}}$ в пробах воздуха рекомендуется производить по формуле (11).

$$C_{\text{мет}} = 0,3 Y_{\text{эт}} \frac{K_{\text{ДИП}}^{\text{мет}} K_{\text{ДИП}}^{\text{мет}}}{K_{\text{ДИП}}^{\text{эт}} K_{\text{ДИП}}^{\text{эт}}} \frac{S_{\text{мет}}}{K_{\text{сЭт}} V_{\text{акт.пр.і}}} \frac{S_{\text{мет}}}{K_{\text{сЭт}} V_{\text{акт.пр.і}}}, \quad (11)$$

где

$K_{\text{ДИП}}^{\text{мет}}$ - поправочный коэффициент для формальдегида (метаналь) (см. таблицу 4);

$S_{\text{мет}}$ – площадь пика формальдегида (метаналь) на хроматограмме пробы воздуха, условные ед.

Данные по временам удерживания различных адсорбатов для колонки с полимерным сорбентом, полученные для хроматографа «Цвет-800», приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Порядок выхода и времена удерживания (мин) различных адсорбатов колонки длиной 1 м с сорбентом Тенах GC

Адсорбат	Время (мин)	Адсорбат	Время (мин)
Формальдегид	3,0	Н-Бутанол	17,0
Метанол	3,4	Этиленгликоль	17,6
Ацетальдегид	5,2	Бензол	18,2
Этанол	6,5	Гептан	19,3
Акролеин	9,0	Толуол	3,2
Изопропанол	9,4	Этилбензол	27,0
Ацетон	10,3	Ксилолы	27,3
Уксусная Кислота	11,3	Стирол	27,8
Втор-Бутанол	15,1	Фенол	30,8
Гексан	15,5	Керосин ТС-1	9,1-42,6
Этилацетат	16,2		

7.7 Рекомендации для проведения газохроматографического анализа проб воздуха с помощью капиллярных колонок

7.7.1 Организация работ по анализу проб воздуха

Организация работ по анализу проб воздуха включает:

- а) до проведения отбора проб воздуха:
 - приготовление мелонированного силохрома;
 - подготовку концентраторов для проведения отбора проб воздуха;
- б) перед проведением анализа проб воздуха:
 - расчет объёма воздуха, пропущенного через концентратор;
 - подготовку хроматографов к работе.

7.7.1.1 Приготовление активных сорбентов

Методика приготовления активных сорбентов показана в Приложении 3.

7.7.1.2 Подготовка концентраторов к проведению отбора проб воздуха

Подготовка концентраторов к проведению отбора проб воздуха рассмотрена в Приложении 4.

7.7.1.3 Расчет объема воздуха, пропущенного через концентратор

Необходимо провести расчет объема воздуха, пропущенного через пробоотборники при отборе проб на каждом режиме, приведенного к нормальным условиям, по формуле (4).

7.7.1.4 Подготовка хроматографов к работе

- Включение хроматографов следует производить согласно руководству по их эксплуатации до начала анализа за 1,5 – 2,0 ч. Выход хроматографа на режим готовности к работе определяется стабильной линией сигнала детектора.

- После выхода хроматографа на режим следует извлечь концентратор с отобранной пробой (с соответствующей маркировкой) из контейнера и поместить его в испаритель хроматографа.

- Ввести концентратор в нагретый испаритель конусной частью вниз до контакта с колонкой.

- Завернуть от руки радиатор испарителя.

- Включить отсчет времени (программированный нагрев колонок).

7.7.2 Порядок проведения газохроматографического анализа проб воздуха

7.7.2.1 Общие рекомендации

Для проведения анализов проб воздуха следует использовать газовые хроматографы, снабженные пламенно-ионизационными (ПИД).

Перечень материалов, применяемых при газохроматографическом анализе проб воздуха, представлен в Приложении 5.

Блоки программирования температуры указанных хроматографов должны обеспечить нагрев термостата с колонками от 50 до 350 °С со скоростью от 4 до 25 °С/мин.

В хроматографах используются капиллярные спиральные колонки из кварца. Испаритель должен иметь внутренний диаметр размером $(4,5 \pm 0,3)$ мм.

Для газовой хроматографии используются наборы стандартных химических компонентов (альдегиды, спирты, предельные и ароматические углеводороды) с содержанием основного компонента не менее 95 %, а также смазочные масла и топлива, применяемые для данного типа двигателя.

Капиллярные колонки используются только заводского изготовления. Они должны быть снабжены паспортами, и их тренировку необходимо выполнять согласно руководству по эксплуатации хроматографов.

До проведения отборов необходимо провести продувку (анализ) каждого концентратора на возможное загрязнение сорбента (выход ложных пиков).

1) Порядок действий:

- Извлечь концентратор из контейнера и ввести в инжектор испарителя конусной частью вниз до упора в колонку. Завернуть радиатор испарителя от руки.

- Установить температуру испарителя и ПИД 300 °С (для минеральных масел температура испарителя должна быть 230 °С) в режиме программированного нагрева с интенсивностью 6 °С/мин (от 50 до 300 °С).

- Включить отсчет времени (запуск программы обработки) и программированный нагрев колонки.

- Появление на хроматограмме "ложных" пиков указывает на наличие примесей в зоне выхода анализируемого компонента в концентрациях более 10 % ПДК, поэтому необходимо повторить регенерацию колонок и концентраторов при максимальной рабочей температуре. При повторном появлении "ложных" пиков следует установить дополнительные фильтры в линии водорода и газа-носителя.

7.7.2.2 Определение порядка выхода компонентов токсичных продуктов и времени их удерживания на уровне ПДК чистых веществ.

7.7.2.2.1 Для проведения анализа проб воздуха с применением капиллярных колонок необходимо использовать газовый хроматограф, который полностью сочетается с системами отбора проб воздуха авиационных ГТД. Эти хроматографы требуют минимальных переделок, которые могут осуществляться собственными силами лаборатории. Переделка хроматографа заключается в отключении избыточного фильтра тонкой очистки газа-носителя на задней стенке прибора (в системе регулятора газовых потоков такой фильтр установлен).

Выход регулятора расхода газа-носителя напрямую подключается через свободный переходник на задней стенке прибора к капилляру ввода в испаритель хроматографа (используется испаритель для насадочных колонок).

Далее к испарителю хроматографа подключается кварцевая капиллярная колонка типа ZB-5 или аналогичная с привитой метилсиликоновой фазой длиной 30 м и с внутренним диаметром 0,32 мм. Подключение осуществляется с помощью штатных переходников прибора. При этом переходник, подключаемый к испарителю, несколько модифицируется. На конце втулки переходника вытачивается воронкообразная фаска, позволяющая плотно состыковывать её с острым концом концентратора, выполненного согласно МУ 1.1.258-99. На дно втулки помещается от 2 до 3 мм стекловаты АТМ-5, далее чрез втулку пропускается конец капиллярной колонки (от 3 до 4 см длиннее конца втулки) и слегка фиксируется штатной гайкой с графитовым уплотнителем. На конец колонки надевается дополнительная втулка, выполненная из куска соединительной трубки (входит в комплект хроматографа как трубка для подключения газов) длиной 4 см. С помощью такой же, но более длинной трубки она утапливается внутрь втулки переходника до упора. Свободное пространство втулки заполняется стекловатой. Выступающий конец колонки обрезается острыми ножницами (резкое движение) или отламывается после надреза специальным резакром. Далее колонка утапливается внутрь втулки на глубину от 4 до 5 мм ниже её среза и фиксируется поворотом гайки с графитовым уплотнением до упора вручную (ключ не применять).

7.7.2.3 Условия анализа:

Температура испарителя – 250 °С, ПИД – 330 °С. Изотерма нагрева колонок в течение 5 мин – 40 °С, далее нагрев со скоростью 8 °С /мин до 330 °С и изотерма до выхода всех компонентов масла. Скорость газа-носителя (азот) – 1,5 мл/мин, поддув ПИД – 30 мл/мин,

воздух – 300 мл/мин, водород – 30 мл/мин. Крышка испарителя закрывается через 10 с после ввода концентратора и выполняется старт анализа. Расчёт концентраций в пробах проводят после градуировки хроматографа по всем нормируемым компонентам разбавленными растворами в подходящих растворителях (акролеин и формальдегид – вода, бензол и толуол – метанол) по формуле (12):

$$C_m = V_2 \cdot g_m \frac{S_m}{K_{сгр.м} V_{акт.пр.i}} \frac{S_m}{K_{сгр.м} V_{акт.пр.i}}$$

где

V_2 - объём градуировочной пробы (согласно вышеизложенному, для шприца на 1 мкл $V_2 = 1$ мкл);

g_m – концентрация масла, мг/мкл, введённая в хроматограф при градуировке при температуре $(20 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C})$;

S_m – сумма площадей пиков масла на хроматограмме пробы воздуха, условные ед;

$S_{гр.м}$ – среднее арифметическое значение сумм площадей пиков масла, полученное при градуировке хроматографа, условные ед;

$V_{акт.пр.i}$ – приведенный к нормальным условиям объем проб воздуха, пропущенный через соответствующие пробоотборники, м³.

Для градуировки используются средние значения площадей пиков из 5 измерений по каждому компоненту. Градуировки по всем компонентам согласно ГОСТ Р ИСО 16017.1-2007 проводят 1 раз в год или чаще, если отклик по бензолу (площадь пика, полученная при анализе раствора бензола на колонке 1 – калибровка хроматографа по бензолу) меняется более чем на 5 %. Последнюю процедуру проводят ежемесячно или перед анализом каждой большой серии проб воздуха. Градуировку по формальдегиду проводят перед анализом каждой серии проб, добиваясь стабильности значений площадей пиков формальдегида.

Данные по временам удерживания ряда компонентов приведены в Таблице 6 (эти данные являются ориентировочными и перепроверяются в каждой лаборатории самостоятельно согласно описанной технологии).

Таблица 6 - Порядок выхода и времена удерживания (мин, сек) различных адсорбатов из капиллярной колонки ZB-5

Адсорбат	Время (мин)	Адсорбат	Время (мин)
Формальдегид	2,11	Этилацетат	8,05
Метанол	2,58	Толуол	10,37
Этанол	3,08	о-Ксилол	13,53
Акролеин	3,20	Фенол	14,41
Ацетон	3,35	Бутилацетат	16,40
Н-пропанол	3,50	Бутилакрилат	17,28
н-Гексан	4,0	Керосин ТС-1	12,00 – 20,00
Н-бутанол	4,54	Изомеры ТКФ	34,00 - 38,00
Бензол	7,27	Масло ИПМ-10	32,00 - 38,00

Следует заметить, что возможно подключение концентраторов разной длины (выполненных согласно МУ 1.1.258-99 для ГТД и Методики №641-90-ХП для ЛЛ), но при описанной переделке хроматографа длина концентратора роли не играет и все регулировки

проводят, изменяя глубину ввода переходника с оконечным расширением в испаритель, что для уплотнения с графитом трудности не представляет (регулирующие выполняются аналогично).

Пример градуировки хроматографа с капиллярной колонкой по всем нормируемым компонентам разбавленными растворами в подходящих растворителях представлен в Приложении 6.

7.8 Методика анализа проб воздуха на содержание углекислого газа

Пробы воздуха отбираются в пластиковые шприцы на 20 мл из трубопровода для отбора воздуха на газоанализатор окиси углерода через тройник с вентилем и закрываются заглушками. Анализ проб заключается во вводе газовой пробы в испаритель хроматографа с помощью крана-дозатора. Для этого пластиковый шприц на 20 мл после снятия заглушки подсоединяют с помощью резиновой муфты к входному капилляру крана-дозатора. Выходной капилляр опускают в стаканчик с водой на глубину 10-30 мм. Через петлю пропускают примерно 5 мл газа до окончания выхода пузырьков газа в стаканчике с водой. После ввода пробы включают старт анализа.

Условия анализа на газовом хроматографе с детектором по теплопроводности (ДТП).

Колонка из нержавеющей стали длиной 2 м заполняется углеродным молекулярным ситом типа Carbospher фирмы Супелко (зернение 0,15-0,25 мм). Температуры колонки, испарителя и детектора (ДТП) – 130 °С, ток детектора – 90мА, скорость газа-носителя (гелий) – 20 мл/мин. Время удерживания диоксида углерода (СО₂) – 3 мин 14 с (воздух – 59 с, метан – 1 мин 37 с). После анализа отобранных проб воздуха в хроматограф аналогично вводят проверочную газовую смесь с известной концентрацией СО₂.

Расчет концентраций СО₂ – С (об.%) следует производить по формуле:

$$C = \gamma \frac{S}{S_k}, \quad (13)$$

где

γ - концентрация СО₂ в поверочной газовой смеси, об. %

S - площадь пика СО₂ на хроматограмме пробы воздуха, условные ед.;

S_k - площадь пика СО₂ на хроматограмме поверочной газовой смеси, условные ед.

8 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

8.1 Результаты испытаний по оценке чистоты воздуха, отбираемого от газотурбинного двигателя при нормальных условиях, считаются положительными, если содержание определенных в ходе анализа проб воздуха токсичных примесей не превышает ПДК, указанных в п.7 настоящего РЦ.

8.2 Максимально возможное загрязнение отбираемого от газотурбинного двигателя воздуха при нормальных условиях и наличии неисправности должны быть указаны в Документации по установке и эксплуатации двигателя.

8.3 При проведении анализа результатов измерения концентраций токсичных примесей в пробах воздуха следует учесть совместное действие различных примесей. При совместном присутствии двух или нескольких примесей однонаправленного биологического действия сумма отношений фактических концентраций каждой из них к их предельно допустимой концентрации не должна быть выше единицы.

При обнаружении в воздухе кабин ВС нескольких токсичных компонентов однонаправленного действия (список определяется в соответствии с действующими гигиеническими нормативами – ГН или СанПиН), критерием оценки предельно допустимого уровня загрязнения является коэффициент суммарной загрязнённости К, определяемый по формуле (14):

$$K = \frac{A}{ПДК_A} + \frac{B}{ПДК_B} + \dots \leq 1, \quad (14)$$

где А, В, ... - концентрации в воздухе найденных токсичных примесей, а ПДК_{А...} - их ПДК.

9 ОТЧЕТНОСТЬ О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПЫТАНИЙ

По результатам отбора проб воздуха оформляется протокол (Приложение 2).

Протокол отбора проб воздуха подписывают исполнители.

Протокол результатов анализа подписывают исполнители и утверждает руководитель (заместитель руководителя) организации, в структуру которого входит испытательная лаборатория.

При проведении сертификационных работ на основании Протокола готовится технический отчет, оформляемый в соответствии с рекомендациями, указанными в МР-21.006, и соответствующей программой, и методикой.

Результаты испытаний принимаются в зачет, если оформленный по результатам испытаний технический отчет утвержден Авиарегистром России.

Приложение 1

Принципиальная схема и соединение функциональных частей системы отбора проб воздуха

Принципиальная схема и соединение функциональных частей системы отбора проб воздуха представлена на рисунке 1 (для отбора проб воздуха на 3-х режимах работы двигателя). При изменении количества оцениваемых режимов число пробоотборников изменяется соответственно.

Принципиальная схема системы отбора проб предусматривает отбор проб воздуха для определения содержания CO, CO₂ и NO_x с помощью газоанализатора, устанавливаемого в наблюдательной кабине и подключенного к магистралям отбора воздуха СОП.

Вместо газоанализатора возможно применение специальных пакетов для отбора проб воздуха с дальнейшим анализом отобранных проб воздуха в испытательной лаборатории с применением газового хроматографа.

Для оценки влияния фона пробы отбираются от гребёнки – воздухозаборника, ориентированного навстречу движению воздуха через коллектор непосредственно в пробоотборники. Гребенка устанавливается в сечении на входе в двигатель. Допускается установка приемника отбора проб воздуха на входе в двигатель рядом с ВНА двигателя, располагая его приемные трубки навстречу потоку воздуха.

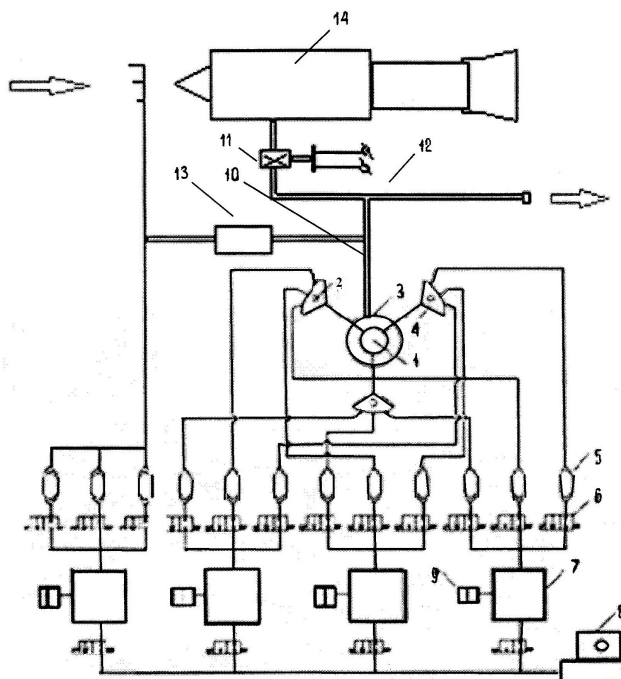


Рисунок 1 - Принципиальная схема и соединение функциональных частей системы отбора проб воздуха

1 – воздухозаборник диффузора; 2 – жиклёр; 3 – диффузор; 4 – головка-тройник; 5 – пробоотборники с концентраторами; 6 – ЭМК; 7 – мерные вакуумируемые ёмкости (побудители расхода); 8 – вакуумный насос; 9 – датчик разрежения; 10 – металлорукав; 11 – кран-заслонка; 12 – магистраль отбора воздуха в СКВ; 13 – газоанализатор; 14 – ГТД (п. 11, 12, 13, 14 в состав СОП не входят)

Воздух от двигателя поступает через трубопровод - металлорукав (10) длиной не более 5 м и сечением 20 ± 10 мм, подсоединенный одним концом к патрубку отбора воздуха от

двигателя в СКВ (12), а другим – к входному штуцеру диффузора. Далее поток воздуха через воздухозаборник (1), расположенный в центре диффузора (3), направляется в стойки головок (4) и распределяется по соединительным трубопроводам к пробоотборникам (5).

Диффузор (3) формирует поток воздуха и обеспечивает его расход через головки-тройники (4) с жиклёром (2). На выходной штуцер диффузора устанавливается гайка с жиклером, имеющим проходное сечение на 30 - 60 % меньшее, чем максимальное проходное сечение заслонки, имитирующей СКВ по расходу воздуха через эту систему.

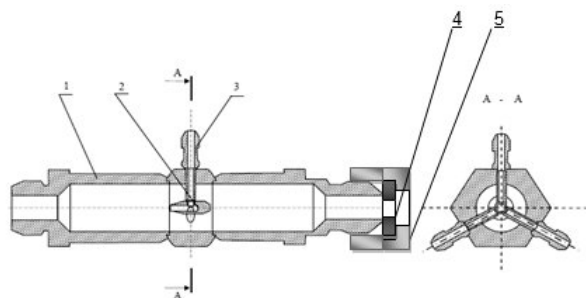


Рисунок 2 - Диффузор

1- корпус; 2- воздухозаборник; 3 – выходной патрубок; 4 – шайба-жиклер; 5 - гайка

Для исключения образования застойных зон головки-тройники постоянно продуваются через жиклеры продувки (4) (рисунок 3).

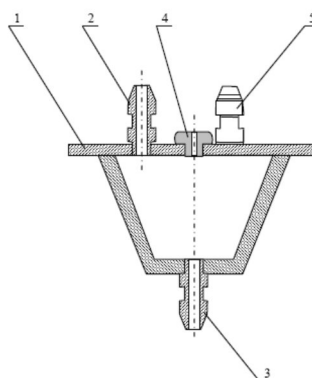


Рисунок 3 - Головка-тройник

1 – корпус; 2, 5 – выходные патрубки (всего 3 шт.); 3 –входной патрубок; 4 – жиклёр с диаметром проходного отверстия 0,2 мм

Пробоотборники (5) (рисунок 1) герметично соединены с трубопроводами ЭМК (6), которые, в свою очередь, соединяются с мерными вакуумируемыми ёмкостями (7) посредством коллекторов. Количество устанавливаемых пробоотборников зависит от количества режимов испытаний двигателя, на которых необходимо делать отборы проб, а также от перечня контролируемых токсичных примесей. В случае анализа проб воздуха на газовом хроматографе с применением насадочных колонок при отборе проб воздуха от ГТД на каждом режиме использовать по три концентратора, с применением капиллярных колонок – один-два. Для отбора проб воздуха на входе в двигатель на каждом режиме используется соответственно три/один пробоотборник (оценка фона на пары топлива и масла, бензола,

ТКФ).

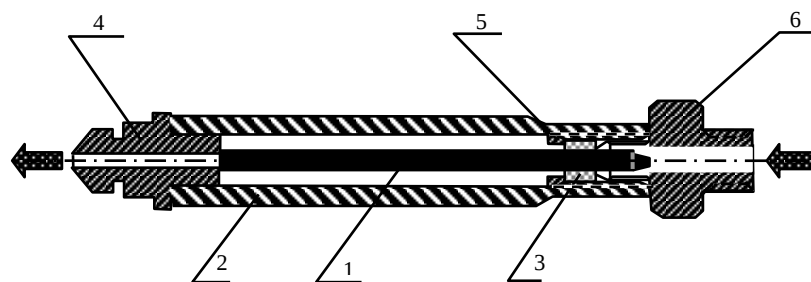


Рисунок 4 - Пробоотборник

1 – концентратор; 2 – корпус пробоотборника; 3 – резиновая мембрана; 4 – выходной (приваренный) патрубок; 5 – приваренный цилиндрический упор; 6 – входной патрубок-радиатор

Конструкция пробоотборника представлена на рисунке 4.

Допускается использование пробоотборника, конструкция которого представлена на рисунке 5. В этом случае температура на входе в концентратор не должна превышать 100 °С.

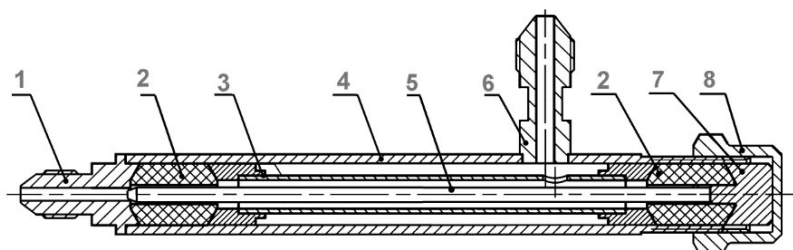


Рисунок 5 - Пробоотборник

1 - входной штуцер; 2 - резиновые втулки; 3 - экран; 4 - корпус; 5 - концентратор; 6 - выходной штуцер; 7 - упор; 8 - гайка

Пробоотборники снабжаются концентраторами. Концентраторы заполняются сорбентом для поглощения паров и аэрозолей органических соединений.

Концентраторы устанавливаются в пробоотборники при подготовке системы отбора проб к отбору проб, а после окончания отбора извлекаются из пробоотборников и направляются в лабораторию для проведения анализов. Концентраторы, заполненные сорбентом, должны храниться только в герметичных контейнерах. Концентраторы необходимо пронумеровать (электрографом).

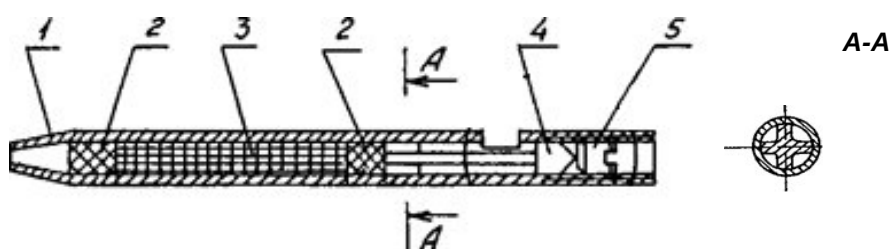


Рисунок 6 - Концентратор

1 - корпус с боковым отверстием; 2 - заглушки из стекловаты; 3 - адсорбент; 4 - толкатель; 5 - регулировочный винт

Мерные вакуумируемые ёмкости, используемые для отбора проб, выполняются объемом от 500 до 1000 см³. Измерения давления и температуры в емкостях до и после отбора проб осуществляются с помощью специальных датчиков.

К каждой емкости посредством трубопроводов подсоединен электромагнитный клапан 6, который через коллектор соединен с вакуум-насосом (рисунок 1).

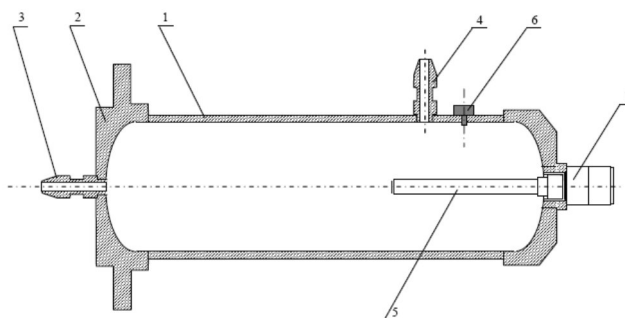


Рисунок 7 - Мерная вакуумируемая ёмкость (побудитель расхода)

1 – корпус; 2 – крепления; 3 и 4 – штуцера; 5 – датчик давления; 6 – датчик температуры; 7 – разъем

Следует использовать отдельную линию вакуумирования СОП во избежание загрязнения емкостей, трубопроводов и сорбента в концентраторах парами топлива и масла, которое возможно при использовании стендового вакуум-насоса. Для вакуумирования емкостей СОП должен быть использован вакуум-насос, обеспечивающий разрежение от 0,8 до 0,9 кгс/см². Контроль работы вакуум-насоса осуществляется с помощью стендового вакуумметра.

Подготовка СОП к работе выполняется в соответствии с регламентом и технологиями, установленными в документации по эксплуатации, и должна включать следующие действия:

1. Перед сборкой детали и узлы СОП продуть сухим сжатым воздухом для удаления металлической пыли, стружки, окалины. Промыть гексаном и затем продуть сухим сжатым воздухом полости штуцеров электромагнитных клапанов для удаления консервационной смазки.

2. Произвести монтаж и проверку СОП на испытательном стенде, для чего:

- подсоединить металлорукав от штуцера линии отбора воздуха в СКВ к входному штуцеру диффузора;
- на выходной штуцер диффузора установить штатный жиклер;
- подсоединить к СОП вакуум-насосы;
- обеспечить подсоединение электропитания, датчиков измерения давления и температуры к пульту управления СОП согласно соответствующей электрической схеме;

- установить концентраторы в пробоотборники в соответствии с нумерацией пробоотборников и затянуть гайки;
- установить пробоотборники с концентраторами в предназначенные для них места крепления;
- установить приемник отбора проб воздуха на входе в двигатель;
- проверить герметичность соединений СОП.

3. Выполнить проверочный запуск и вывести двигатель на установившийся режим для оценки соответствия расхода воздуха для продувки СОП.

4. При необходимости доработать регулировочные элементы, повторить запуск и проверку расхода воздуха.

Перед запуском ГТД кран-заслонка [11] (рисунок 1) должен находиться в положении «Закрыто». Перед отбором проб воздуха – установить в положение «Открыто».

Включение СОП производится после выхода ГТД на заданный режим отбора проб и выдержки на этом режиме до получения установившейся температуры масла на входе и выходе из двигателя.

После включения СОП с помощью вакуумного насоса создают вакуум в вакуумируемых емкостях СОП не менее чем за 3 - 5 минут до начала отбора проб. При достижении установившейся температуры масла на входе и выходе из двигателя открытием соответствующих ЭМК через группу пробоотборников прокачивают воздух объемом от 500 до 1000 см³, что определяется по снижению разрежения в вакуумируемых емкостях.

Отбор проб для анализа на содержание альдегидов, ароматических углеводородов, кетонов, паров топлива, паров и аэрозоля масла, ТКФ следует производить на всех режимах работы ГТД (установившихся и неуставившихся), предусмотренных программой испытания, с одновременным отбором проб воздуха, поступающего на вход в ГТД для определения фоновых загрязнений.

Отбор проб допускается производить при любой последовательности режимов - от ЗМГ до ВЗЛ и в обратном порядке.

Результаты отбора проб воздуха заносятся в протокол отбора проб воздуха. Рекомендуемая форма протокола отбора проб воздуха приведена в Приложении 2.

После остановки двигателя (примерно через 10 минут) производят демонтаж концентраторов из пробоотборников. Концентраторы укладывают в транспортировочную упаковку. Необходимо обеспечить своевременную доставку концентраторов и пакетов в испытательную лабораторию. Хранение концентраторов с отобранными пробами производить в герметичных контейнерах для предотвращения контакта пробы с атмосферным воздухом. Допускается хранение отобранных проб в герметичной упаковке в течение не более 72 ч до начала анализов.

Приложение 2

Форма протокола отбора проб воздуха от ГТД

ПРОТОКОЛ №____
отбора проб воздуха от двигателя

Дата проведения: _____ Место проведения: _____
Двигатель: _____ Вид испытания: _____
Испытательный стенд: _____ Марка масла: _____
Установка СОП: _____ Марка топлива: _____
Методика проведения испытаний: _____

Температура атмосферного воздуха: ____ °С Атмосферное давление: _____ мм рт.ст.

Таблица 1

Монтаж СОП на стенде

№ СОП	Точка отбора проб
СОП 1	III ст. КВД
СОП 2	Вход ГТД

Таблица 2

Режимы отбора проб					Режимы работы ГТД
Режим СОП	Точка отбора проб	Тумблер ПУ СОП	Открытие клапанов	Отбор проб в пробоотборник	
1	2	3	4	5	6
Режим 1	III ст. КВД	СОП 1	К 1, К2, К3	ПО1, ПО2, ПО3	ЗМГ
	ВХОД ГТД	СОП 2	К10	ПО10	
Режим 2	III ст. КВД	СОП 1	К4 ,К5, К6	ПО4, ПО5, ПО6	МП
	ВХОД ГТД	СОП 2	К11	ПО11	
Режим 3	III ст. КВД	СОП 1	К7, К8, К9	ПО7, ПО8, ПО9	Взл
	ВХОД ГТД	СОП 2	К12	ПО12	

Таблица 3

Номер СОП	Емкость	V актив. (мл)	Номер пробо-отборника	Номер концентрата	Режим работы ГТД	Датчик ДД / Приемник Т	Разряжение и температура			
							P ₁	T ₁	P ₂	T ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
СОП1	Е1		ПО1	1	ЗМГ	ДД1 / T1				
			ПО4	4	МП					
			ПО7	7	Взлетный					
	Е2		ПО2	2	ЗМГ	ДД2 / T2				
			ПО5	5	МП					
			ПО8	8	Взлетный					
	Е3		ПО3	3	ЗМГ	ДД3 / T3				
			ПО6	6	МП					
			ПО9	9	Взлетный					
СОП 2	Е4		ПО10	10	ЗМГ	ДД4 / T4				
			ПО11	11	МП					
			ПО12	12	Взлетный					

Исполнитель: _____
(Должность, подпись, расшифровка подписи)

Исполнитель: _____
(Должность, подпись, расшифровка подписи)

Представитель ОТК(БТК): _____
(Подпись, расшифровка подписи)

Таблица 4

ПОКАЗАНИЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА: модель _____ № _____

(Свидетельство о поверке № _____ действительно до _____ 202__ г.)

Точка отбора	Режим двигателя	Показания газоанализатора	
		СО (мг/м³)	NO _x (мг/м³)
За компрессором ГТД	Земной малый газ		
Вход в ГТД (фон)			
За компрессором ГТД	МП		
Вход в ГТД (фон)			
За компрессором ГТД	Взлетный		
Вход в ГТД (фон)			

Начальник стенда _____
(подпись) _____
(Ф.И.О.)

Представитель лаборатории _____
(подпись) _____
(Ф.И.О.)

Приложение 2 (продолжение)

Форма протокола анализа проб воздуха

Утверждаю

(подпись и расшифровка подписи)
« ____ » _____ 20__ г.

ПРОТОКОЛ № _____

анализа проб воздуха на содержание в нём токсичных примесей, отобранных от ГТД _____ в процессе
(Тип и № ГТД)

(Вид испытаний)

- 1 Дата проведения анализа _____
- 2 Наименование, адрес лаборатории, номер аттестата аккредитации _____
- 3 Объект исследований, наименование и адрес Заказчика _____
- 4 Характеристика и обозначение испытываемого образца _____
- Протокол отбора проб воздуха представлен в приложении (Протокол № _____ от _____ 20__ г.).* _____
- 5 Дата получения испытываемого образца и дата проведения отбора проб воздуха _____
- 6 Метод исследований _____
- 7 Испытательное оборудование (с датой аттестации) _____
- 8 Допустимая погрешность результатов измерения _____
- 9 Условия проведения испытаний _____

Точка отбора	Режим двигателя	Концентрация в пробах воздуха (мг/м ³)										
		Пары топлива	Пары масла	ТКФ	Формаль-Дегид	Фенол	Акролеин	Бензол	Диоктилсебац инат	Окислы азота	Окись углерода	
III ст КВД	ЗМГ											
	МП											
	Взл											
Вход ГТД	ЗМГ											
	МП											
	Взл											

10 Вывод

Указание на запрет копирования протокола без письменного разрешения лаборатории (при необходимости)

Исполнитель

(Должность, подпись, расшифровка подписи)

Руководитель лаборатории

(Подпись , расшифровка подписи)

Приложение 2а

Форма протокола отбора проб воздуха от ВСУ

ПРОТОКОЛ №____
отбора проб воздуха от двигателя

Дата проведения: _____ Место проведения: _____
Двигатель: _____ Вид испытания: _____
Испытательный стенд: _____ Марка масла: _____
Установка СОП: _____ Марка топлива: _____
Методика проведения испытаний: _____

Температура атмосферного воздуха: ____ °С Атмосферное давление: _____ мм рт.ст.

Таблица 1

Монтаж СОП на стенде

№ СОП	Точка отбора проб
СОП 1	За компрессором
СОП 2	Вход

Таблица 2

Режимы отбора проб					Режимы работы ГТД
Режим СОП	Точка отбора проб	Тумблер ПУ СОП	Открытие клапанов	Отбор проб в пробоотборник	
1	2	3	4	5	6
Режим 1	За компрессором	СОП 1	К 1, К2, К3	ПО1, ПО2, ПО3	Номинальный без нагрузки генератора
	Вход	СОП 2	К10	ПО10	
Режим 2	За компрессором	СОП 1	К4 ,К5, К6	ПО4, ПО5, ПО6	Номинальный с нагрузкой генератора
	Вход	СОП 2	К11	ПО11	

Таблица 3

Номер	Емкость	Вактив.	Номер	Номер	Режим	Датчик ДД	Разряжение и
-------	---------	---------	-------	-------	-------	-----------	--------------

СОП		(мл)	пробо- отборника	концентра- тора	работы ГТД	Приемник Т	температура			
							P ₁	T ₁	P ₂	T ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
СОП1	Е1		ПО1	1		ДД1				
			ПО4	4						
			ПО7	7						
	Е2		ПО2	2		ДД2				
			ПО5	5						
			ПО8	8						
	Е3		ПО3	3		ДД3				
			ПО6	6						
			ПО9	9						
СОП 2	Е4		ПО10	10		ДД4				
			ПО11	11						

Исполнитель: _____
(Должность, подпись, расшифровка подписи)

Исполнитель: _____
(Должность, подпись, расшифровка подписи)

Представитель ОТК(БТК): _____
(Подпись, расшифровка подписи)

Таблица 4

ПОКАЗАНИЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА: модель _____ № _____
(Свидетельство о поверке № _____ действительно до ____ 202__ г.)

Точка отбора	Режим двигателя	Показания газоанализатора	
		СО (мг/м ³)	NO _x (мг/м ³)
За компрессором	Номинальный без нагрузки генератора		
Вход			
За компрессором	Номинальный с нагрузкой генератора		
Вход			

Начальник стенда _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)
Представитель лаборатории _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

Приложение 2а (продолжение)

Форма протокола анализа проб воздуха

Утверждаю

(подпись и расшифровка подписи)
« ____ » _____ 20__ г.

ПРОТОКОЛ № _____

анализа проб воздуха на содержание в нём токсичных примесей, отобранных от ВСУ _____ в процессе
(№ ВСУ)

(Вид испытаний)

1 Дата проведения анализа _____

2 Наименование, адрес лаборатории, номер аттестата аккредитации _____

3 Объект исследований, наименование и адрес Заказчика _____

4 Характеристика и обозначение испытываемого образца _____

Протокол отбора проб воздуха представлен в приложении (Протокол № _____ от _____ 20__ г.). _____

5 Дата получения испытываемого образца и дата проведения отбора проб воздуха _____

6 Метод исследований _____

7 Испытательное оборудование (с датой аттестации) _____

8 Допустимая погрешность результатов измерения _____

9 Условия проведения испытаний _____

Точка отбора	Режим двигателя	Концентрация в пробах воздуха (мг/м ³)										
		Пары топлива	Пары масла	ТКФ	Формаль-Дегид	Фенол	Акролеин	Бензол	Диоктилсебац инат	Окислы азота	Окись углерода	
За компрессором	Номин. без нагрузки генератора											
	Номин. с нагрузкой генератора											
Вход	Номин. без нагрузки генератора											
	Номин. с нагрузкой генератора											

10 Вывод

Указание на запрет копирования протокола без письменного разрешения лаборатории (при необходимости)

Исполнитель

(Должность, подпись, расшифровка подписи)

Руководитель лаборатории

(Подпись , расшифровка подписи)

Методика приготовления активных сорбентов

Приготовление мелонированного силохрома

1. Навеску меламина в количестве 20 % от массы силохрома растворить в кипящей воде, добавить силохром СХ-2,5 или С-80. Воду упаривают кипячением при непрерывном помешивании, особенно к концу упаривания (во избежание перегрева и разбрызгивания смеси).

2. Полученный адсорбент поместить в сушильный шкаф и выдержать при температуре в диапазоне от 120 до 150 °С в течение от 3 до 5 ч.

3. После просушивания адсорбент засыпать порциями в трубку из нержавеющей стали и поместить в трубчатую печь. Через трубку пропустить ток инертного газа при комнатной температуре в диапазоне от 15 до 20 °С в течение от 5 до 10 мин.

4. Заглушить выход из трубки и при давлении инертного газа в диапазоне от 100 до 200 кПа (от 1 до 2 кгс/см²), поднять температуру печи до 430 °С (перепад температур по длине трубки - не более 10 °С) и выдержать от 30 до 40 мин.

5. Пропустить через трубку инертный газ с объемным расходом в диапазоне от 0,02 до 0,05 м³/мин в течение от 1,2 до 2,0 ч при температуре печи до 430 °С, после чего печь выключить и проток газа прекратить.

6. После охлаждения печи адсорбент рассыпать тонким слоем на чистый металлический поддон так, чтобы разные слои адсорбента при высыпании не смешивались. С поддона собрать однородную по цвету порцию вещества (до 75 % от исходного количества), а остальное – поместить в трубку, досыпать исходным адсорбентом и снова загрузить в печь. Процесс повторяют до конца переработки всего полуфабриката.

7. Полученный мелонированный силохром взвесить. Его количество должно составлять не менее 95 % от массы исходного сырья. При этом поверхность силохрома будет покрыта пленкой мелона массой не менее 20 % от массы силохрома.

Приложение 4

Подготовка концентраторов к проведению отбора проб воздуха

Заполнить концентраторы сорбентом. Вставить в концентратор толкатель и завернуть винт, оставив запас резьбы не менее 3 мм. Установить концентратор вертикально конусной частью вверх, ввести с помощью металлической оправки диаметром 1,5 мм заглушку из стекловаты (Приложение 5, п.12) высотой 5 мм. Закрепить с помощью резинового шланга стеклянную воронку на конусной части концентратора. Заполнить через воронку внутреннюю полость концентратора сорбентом с легким постукиванием по концентратору деревянной выколоткой. Высота заполнения полости должна быть от 50 до 70 мм. Ввести в концентратор замыкающую заглушку из стекловаты высотой от 5 до 10 мм.

Заполненные сорбентом концентраторы поочередно поместить в инжектор испарителя хроматографа и продуть через них газ-носитель (гелий или азот). Концентратор ввести в инжектор испарителя хроматографа с ПИД. Подсоединить к инжектору колонку, заполненную диатомитовым носителем типа хромосорб W-HP без нанесенной фазы.

Другой конец колонки к ПИД не подключать. Провести продувку (тренировку) концентраторов в токе газа-носителя при температуре испарителя 350 °С и температуре колонки в диапазоне от 280 до 300 °С в течение от 4 до 5 ч. Контроль – по указателю температуры на блоке индикации хроматографа.

Собрать пробоотборники, установив в них концентраторы. Все пробоотборники должны быть промаркированы.

После опробования работоспособности системы отбора проб в соответствии с методикой стендовых испытаний с отбором воздуха, повторить операцию по продувке концентраторов.

Концентраторы уложить в контейнеры с соответствующей маркировкой и передать в отдел испытаний.

Приложение 5

Перечень материалов, применяемых при газохроматографическом анализе проб воздуха, отбираемых от компрессора ГТД

1. Азот газообразный особой чистоты, ГОСТ 9293.
2. Ацетон, ГОСТ 2603.
3. Бензол, ГОСТ 5955 Сжатый воздух, ГОСТ 9293 (класс чистоты – первый по ГОСТ 17433).
4. Водород технический марки А, ГОСТ 3022.
5. Гексан, ГОСТ 2631.
6. Масла для авиационных двигателей ИПМ-10, Б-3В, ЛЗ-240, ПТС-225, ОСТ 1 00148.
7. Масло авиационное синтетическое ВНИИНП-50-1-4у, ТУ 38. 401-58-12.
8. Масло авиационное синтетическое ВНИИНП-50-1-4ф, ГОСТ 13076.
9. Меламин (цианурамид), ГОСТ 7579.
10. Силохром СХ-2,5, ТУ 38.102185 (аналог С-80).
11. Спирт этиловый ректифицированный технический (этанол), ГОСТ 18300.
12. Стекловата (любой марки из перечисленных ниже):
 - АТМ-3;
 - супертонкая кварцевая;
 - тонковолокнистая, ТУ 6-11-15-191.
13. Топлива для реактивных двигателей термостабильные Т-6, Т-8В, ГОСТ 12308
14. Толуол, ГОСТ 57891
15. Топлива для реактивных двигателей Т-1, ТС-1, Т-1С, Т-2, РТ, ГОСТ 10227.
16. Трикрезилфосфат, ГОСТ 5728.

Приложение 6

Пример градуировки хроматографа по всем нормируемым компонентам разбавленными растворами

Градуировка газового хроматографа “Цвет-800”, заводской №1038 с капиллярной колонкой ZB-5

Все анализы проведены на газовом хроматографе Цвет 800.

В заострённую часть (подстыковывается к переходнику колонки) пробоотборника с мелонированным силохромом микрошприцем на 1 мкл вводили по 1 мкл растворов разных адсорбатов в таких концентрациях, чтобы при анализе это соответствовало концентрации в отбираемом воздухе (при условии отбора 1 л воздуха) на уровне ниже половины ПДК установленных нормативными документами.

В направлении противоположном потоку газа-носителя при последующем анализе прокачивали по 1 л сухого воздуха при комнатной температуре со скоростью 0,5 л/мин (имитация пробоотбора).

Вводились следующие растворы:

раствор масла Mobil Oil Jet2 в этилацетате - 1,0 мг/мл,
раствор керосина (топливо ТС-1) в этилацетате - 1,0 мг/мл,
раствор смеси изомеров ТКФ (орто-изомер менее 2 %) – 0,1 мг/мл,
раствор фенола в этаноле – 0,1 мг/мл,
раствор бензола в метаноле – 2,0 мг/л,
раствор метанола, этанола и акролеина в воде – по 0,1 мг/мл,
раствор формальдегида в воде – 0,2 мг/мл.

Все анализы проводились в ранее приведённых условиях.

Результаты испытаний приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты градуировки газового хроматографа

Адсорбат	Концентрация во вводимом растворе, мг/мл	Концентрация в воздухе (условно при отборе 1 л), мг/м ³	Площадь пика ¹ , нА • сек	Время удерживания мин, сек
Масло	1,0	1,0	5,5	33,0-42,0
Керосин	1,0	1,0	6,4	12,0-20,0
ТКФ	0,1	0,1	4,8	34,0-38,0
Фенол	0,1	0,1	0,38	14,4
Бензол	2,0	2,0	14,8	7,3
Акролеин	0,1	0,1	0,28	3,2
Формальдегид	0,2	0,2	0,49	2,1

¹ Для масла, керосина и ТКФ – суммы площадей пиков соответствующих времён удерживания (для каждого компонента).