

ОБЪЕДИНЕННАЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ

АО «ОДК-СТАР»

УТВЕРЖДАЮ
Управляющий директор
АО «ОДК-СТАР»

С.В. Попов

« ____ » _____ 2025г.

Конкурсная работа

в номинации «За успехи в разработке авиационной техники и компонентов (ОКБ года)» в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2024 г.

«Система автоматического управления, топливопитания, регулирования, защиты, контроля и диагностирования авиационного газотурбинного двигателя ПД-35»

г. Пермь

2025г.

Содержание конкурсной работы

1. Термины, определения.....	3
2. Введение	4
3. Цель работы	4
4. Актуальность работы	4
5. Краткое описание работы.....	5
6. Результаты и практическая значимость	9
7. Заключение.....	11

1. Термины, определения

В настоящей конкурсной работе применяют следующие сокращения и обозначения:

АУГ	– агрегат управления гидроприводами
АУП	– агрегат управления пневмоприводами
БПК	– блок питания и коммутации
БМ	– блок мониторинга
БН	– блок насосов
ВНА	– входной направляющий автомат
ДТ	– дозатор топлива
КД	– конструкторская документация
КПВЗ	– клапан перепуска воздуха на запуске
КПМ	– клапан перепуска масла
КПС НО	– клапан перепуска ступеней (отбора воздуха) на наддув и охлаждение опор
ПО	– программное обеспечение
ПКД	– пульт контроля и диагностики САУ и двигателя
РЭД	– регулятор электронный двигателя
САУ	– система автоматического управления
САУРЗ	– система активного управления радиальными зазорами
СЗТР	– система защиты турбины от раскрутки
ТВД	– турбина высокого давления
ТМТ	– топливо-масляный теплообменник
ТРДД	– турбореактивный двухконтурный двигатель
ЭМТ	– электромагнит

2. Введение

Авторский коллектив: заместитель генерального конструктора – начальник ОКБ Долгих Елена Ивановна, начальник ведущего конструкторского отдела Ерофеев Денис Александрович, начальник конструкторского отдела разработки программного и математического обеспечения систем автоматического управления Сулимова Дина Александровна, начальник конструкторского отдела электронных агрегатов Хорошков Николай Витальевич, начальник конструкторского отдела гидромеханических агрегатов Лунев Сергей Валерьевич.

3. Цель работы

Целью работ является создание системы топливопитания, автоматического управления и контроля двигателя для отработки двигателя-демонстратора технологий ПД-35.

4. Актуальность работы

Работы по разработке и изготовлению агрегатов системы автоматического управления двигателя-демонстратора технологий ПД-35 выполнялись по договору № 0000000002020P0U0002/C3-21 от 12.07.2021 г. между АО «ОДК-Авиадвигатель» и АО «ОДК-СТАР» на проведение СЧ НИОКР «Создание САУ для семейства двигателей большой тяги на базе газогенератора ПД-35 в 2020г.» в рамках договора № 0000000002017Q3U0002/8143 от 29.12.2017 г. между АО «ОДК» и АО «ОДК-Авиадвигатель». Работы выполнялась с применением критической технологии «создания высоконадежной интеллектуальной САУ распределенной структуры с использованием электрических технологий на основе высокотемпературной элементной базы и электроагрегатов с минимальной удельной массой».

5. Краткое описание работы

Объектом управления и контроля является авиационный турбореактивный двухконтурный двигатель-демонстратор технологий ПД-35.

Двигатель ПД-35 представляет собой двухвальный ТРДД с подпорными ступенями на валу НД, отдельным истечением из сопел наружного и внутреннего контуров и реверсивным устройством в наружном контуре.

Система топливопитания, автоматического управления и контроля двигателя-демонстратора технологий ПД-35 предназначена для автоматического управления ДДТ ПД-35 во всем заданном диапазоне условий эксплуатации на установившихся и переходных режимах; ограничения влияющих на прочность параметров и газодинамических параметров; непрерывного контроля параметров и диагностирования технического состояния ДДТ ПД-35, его топливной и масляной систем; бесперебойной подачи топлива во всех согласованных условиях эксплуатации при работающих и выключенных баковых топливных насосах объекта; управления запуском ДДТ ПД-35 на земле и в полете. Система должна обеспечивать взаимодействие с системами объекта, индикации параметров изделия, передачи данных в систему регистрации.

Система автоматического управления представляет собой комплексную систему, включающую в себя агрегаты электронного и гидромеханического исполнения, взаимодействующие между собой с целью выполнения задач управления, контроля и диагностики двигателя ПД-35.

Состав САУ имеет следующий вид:

- регулятор электронный двигателя РЭД-35;
- блок насосов БН-35;
- дозатор топлива ДТ-35;
- комплекс агрегатов управления механизацией компрессоров и перепусков воздуха АУМК-35, состоящий из агрегата управления гидроцилиндрами АУГ-35 и агрегата управления пневмоцилиндрами АУП-35 (разработка соисполнителя по СЧ ОКР)

Регулятор электронный двигателя РЭД-35 состоит из двухканального основного регулятора электронного двигателя (ОР) и двухканального резервного регулятора электронного двигателя (РР). Конструктивное исполнение – единый блок – РЭД-35, содержащий ОР и РР. Каждый канал регуляторов содержит следующие функциональные блоки: модуль ввода, модуль вычислителя, модуль вывода.

В основном и резервном регуляторах реализуется функция СЗТР. Включение ЭМТ «Останов» выполняется при одновременной выдаче соответствующих сигналов обоими каналами основного регулятора или при одновременной выдаче соответствующих сигналов обоими каналами резервного регулятора.

РЭД-35 осуществляет выполнение следующих функций:

- взаимодействие с датчиками и исполнительными механизмами;
- обеспечение функции СЗТР;
- взаимодействие с РЭД-35 по информационному каналу обмена;
- резервное управление подачей необходимого количества топлива в камеру сгорания при отказе основного регулятора РЭД-35;
- резервный запуск для продолжения полета;
- контроль и задание режимов работы двигателя ПД-35 в соответствии с заданными программами при отказе основного регулятора РЭД-35;
- резервное взаимодействие с системами двигателя на всех режимах работы.

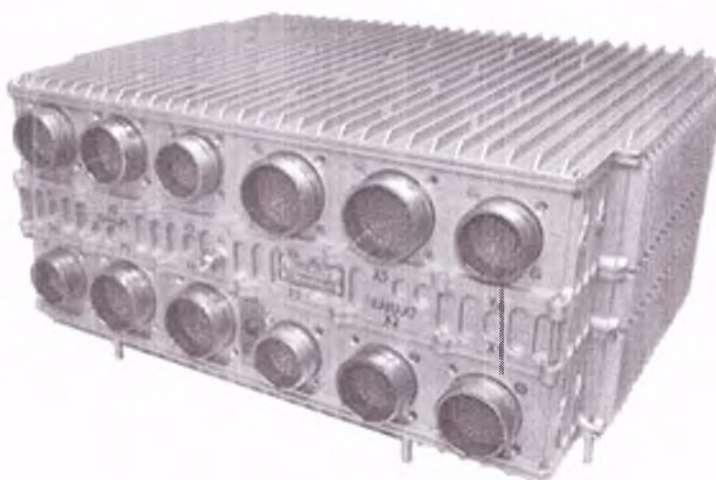


Рисунок 1 - РЭД-35

Блок насосов обеспечивает повышение давления топлива в подкачивающей ступени блока насосов, повышение давления топлива в шестеренной ступени блока насосов и последующую подачу топлива высокого давления в агрегаты дозирования топлива и агрегаты управления механизацией компрессора.

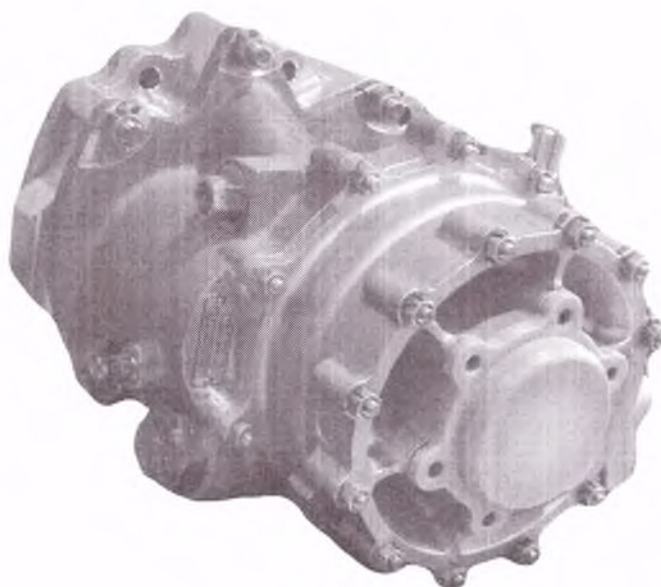


Рисунок 2 - БН-35

Дозатор топлива ДТ-35 обеспечивает независимое дозирование по трем контурам малоэмиссионной камеры сгорания по сигналам от РЭД-35 (при резервном управлении).

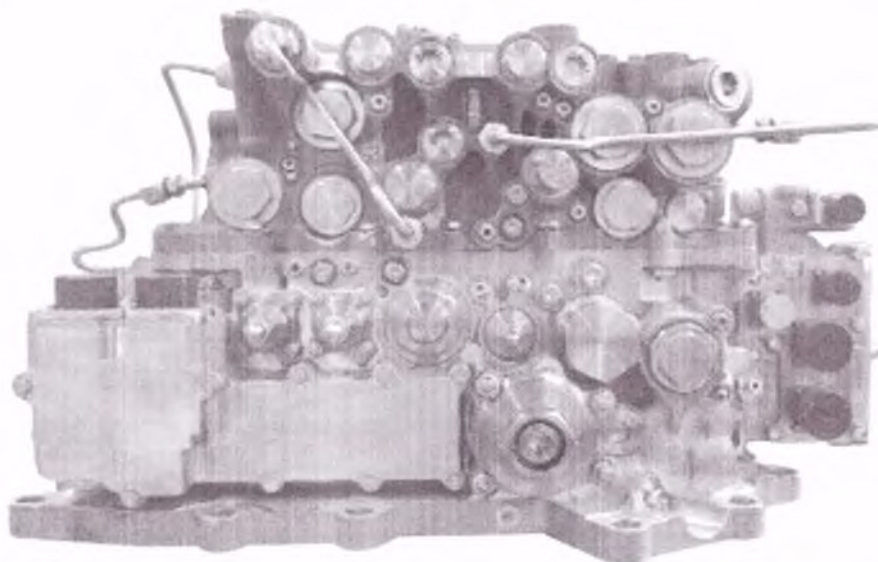


Рисунок 3 - ДТ-35

Агрегаты АУМК-35 в составе САУ обеспечивают управление устройствами механизации компрессоров и перепусков воздуха ДДТ ПД-35 в соответствии с сигналами управления электронного регулятора РЭД-35, а также автономное управление механизацией ВНА при переводе САУ в режим резервной автоматики.

С САУ взаимодействуют следующие агрегаты и системы ДДТ ПД-35:

- агрегаты системы запуска двигателя: воздушный стартер, перекрывающая заслонка стартера с электромеханизмом привода, агрегат зажигания;
- топливо-масляный теплообменник двигателя (ТМТ);
- электромагнитный клапан управления перепуском масла (КПМ) через ТМТ (в составе ТМТ);
- силовые исполнительные механизмы управления положением ВНА компрессора (2 гидроцилиндра);
- силовой механизм управления КПВЗ-2 (1 гидроцилиндр);
- силовые механизмы управления ПВПС (2 гидроцилиндра);
- силовой механизм управления обдувом ТВД (перекрывающая заслонка с электромеханизмом привода) (САУРЗ ТВД);
- силовой механизм управления обдувом ТНД (перекрывающая заслонка с электромеханизмом привода) (САУРЗ ТНД);
- силовой механизм управления охлаждением сопловых лопаток второй ступени ТВД – СА2 (1 пневмоцилиндр);
- силовой механизм управления клапаном переключения ступеней отбора воздуха на наддув и охлаждение опор – КПС НО (1 пневмоцилиндр);
- силовой механизм управления включением противообледенительной системы - ПОС (1 пневмоцилиндр);
- блок управления в составе электропривода РУ (при условии электроприводного РУ);
- блок мониторинга БМ-35;
- пульт контроля и диагностики САУ и двигателя;
- самолетные системы;

- система управления тягой.

Для обеспечения выполнения требований технического задания на создание агрегатов САУ ПД-35 потребовалось выделить и развить отдельные критические технологии, которые направлены на увеличение показателей надежности и повышения рабочих температур электронной компонентной базы для РЭД-35 и ПКИ, используемых в гидромеханических агрегатах.

6. Результаты и практическая значимость

Для выполнения поставленных задач ОКБ АО «ОДК-СТАР» в кратчайшие сроки был выполнен комплекс опытно-конструкторских работ по созданию и изготовлению САУ, включая следующее:

- Разработан комплект конструкторской документации на электронный и гидромеханические агрегаты (в конструкции агрегатов применяются только российские компоненты и элементная база).
- Выполнена технологическая подготовка производства, которая позволила обеспечить проведение испытаний электронных и гидромеханических агрегатов САУ ПД-35 (предъявительских, приемо-сдаточных, функциональных). Разработаны и изготовлены новые стенды для системы управления САУ ПД-35, которые позволяют испытывать электронные и гидромеханические агрегаты как по отдельности, так и в комплексе, имитируя их работу в составе двигателя ПД-35.
- В рамках работ изготовлены следующие стенды электронных и гидромеханических агрегатов САУ ПД-35:
 - стенд проверки узлов РЭД-35 в количестве 1 шт.;
 - стенд проверки РЭД-35 в количестве 1 шт.;
 - комплексный стенд САУ ПД-35 в количестве 1 шт.;
- Изготовлено два комплекта опытных образцов агрегатов для обеспечения испытаний двигателя ДДТ ПД-35 и для испытаний на комплексном стенде:
 - РЭД-35 2 шт.;

- ДТ-35 2 шт.;
- БН-35 2 шт.
- При проведении первых запусков двигателя демонстратора ПД-35 в оперативном порядке проводилась доработка гидромеханических агрегатов, корректировка алгоритмов управления и доводка программного обеспечения на комплексном стенде испытаний агрегатов САУ ПД-35 в АО «ОДК-СТАР».
- Впервые в истории АО «ОДК-СТАР» в течение одного месяца удалось добиться стабильных запусков и устойчивой работы нового двигателя и САУ на различных режимах.
- Обеспечено сопровождение испытаний двигателя демонстратора ПД-35 на открытом стенде ОС-5 АО «ОДК-Авиадвигатель».



Рисунок 4 – Открытый стенд ДДТ ПД-35

7. Заключение

Совместная работа специалистов ОКБ и производства АО «ОДК-СТАР» позволила в требуемые сроки успешно выполнить конструкторское сопровождение изготовления комплектов агрегатов, в т.ч. отладку плат электронных агрегатов, доводку гидромеханических агрегатов на испытательных стендах (произведена локализация дефектов с выдачей рекомендаций по их устранению) проведены экспериментальные работы и обеспечено подтверждение эффективности мероприятий по устранению дефектов.

В 2024 году были начаты испытания двигателя демонстратора с агрегатами САУ ПД-35 на открытом испытательном стенде ОС-5 АО «ОДК-Авиадвигатель».

В апреле 2024 года на открытом стенде двигателя демонстратора ПД-35 выполнен выход двигателя на взлетный режим с достижением тяги в 35 тс.

Работы по данному договору в 2024 году выполнены в полном объеме и приняты АО «ОДК-Авиадвигатель».

АО «ОДК-СТАР» – предприятие, обладающее компетенциями в разработке, серийном производстве систем топливопитания и управления газотурбинными двигателями воздушного, наземного и морского назначения, включая агрегаты с полной ответственностью типа FADEC и гидромеханические агрегаты, а также имеющее опыт поддержания всего жизненного цикла газотурбинных двигателей. В 2024 году специалистами ОКБ АО «ОДК-СТАР» на различных этапах реализации проводилось более 8-ми опытно-конструкторских работ по наиболее перспективным и востребованным в РФ реализуемым проектам таким как создание двигателей ПД-8, ПД-8В, ПД-14, ПД-26 и газотурбинных двигателей для вертолетов и самолетов специального назначения.