

ОБЪЕДИНЕННАЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ
АО «ОДК-Авиадвигатель»

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
управляющего директора -
генерального конструктора -
начальник ОКБ
АО «ОДК-Авиадвигатель»

Т.Н. Хайрулин

2024 г.



Конкурсная работа

в номинации «Лучший инновационный проект»

в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2023 года

«Разработка и внедрение автоматизированной системы мониторинга
газотурбинных установок (АСМГТУ)»

Авторский коллектив:

Валетов И.И., Агалаков А. А., Халиуллин В.Ф., Воронков В.Е.,
Недопёкин А.Е., Ногин А.В.
(АО «ОДК-Авиадвигатель»)

Пермь 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.....	4
КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ.....	5
РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	9
ПРИЛОЖЕНИЕ А	10

1. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

АСМГТУ – автоматизированная система мониторинга газотурбинных установок;

БД – база данных;

ГПА – газоперекачивающий агрегат;

ГТД – газотурбинный двигатель;

ГТУ – газотурбинная установка;

ГТЭС – газотурбинная электростанция;

ИТ – информационные технологии;

МНГ – месторождение нефти и газа;

МЭКС – малоэмиссионная камера сгорания;

ПО – программное обеспечение;

ПСИ – приемосдаточные испытания;

РЭ – руководство по эксплуатации;

САУ – система автоматического управления;

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт;

ЭО – эксплуатирующая организация.

2. ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование стратегии эксплуатации промышленных ГТУ должно быть направлено на повышение эффективности и снижение затрат на ТОиР. Одним из путей достижения данной цели является переход к эксплуатации оборудования по техническому состоянию, неотъемлемой частью которой является применение эффективных методов диагностики с использованием современных технологий.

3. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работ по разработке и внедрению автоматизированной системы мониторинга газотурбинных установок (АСМГТУ) являлось значительное количественное и качественное повышение эффективности использования параметрической информации и результатов параметрической диагностики за счет внедрения средств автоматизации с целью обеспечения возможности перехода на новый уровень технического сопровождения и обслуживания оборудования, соответствующий современным мировым тенденциям.

4. АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

АО «ОДК-Авиадвигатель» обладает хорошей методологической базой и богатым опытом в части диагностики технического состояния газотурбинных двигателей, однако высокая трудоемкость работ и ограниченность человеческих ресурсов не позволяет проводить оперативную диагностику и использовать ее результаты при организации и проведении ТОиР на большей части парка ГТУ.

К дополнительным негативным факторам, не позволяющим проводить своевременную и качественную диагностику технического состояния ГТУ, также можно отнести следующее:

- параметрическая информация о состоянии оборудования поступает от ЭО нерегулярно, не в полном объеме, в различном формате, не оперативно;
- несмотря на наличие технического описания имеющихся методик параметрической диагностики, анализ информации выполняется вручную;
- отсутствует системное хранение как параметрической информации, так и информации о фактическом выявлении неисправностей и/или

проведении работ, оказывавших влияние на техническое состояние эксплуатируемого оборудования.

Опыт зарубежных разработчиков и организаций, эксплуатирующих ГТУ, показывает, что задачи информационного обеспечения эксплуатации и мониторинга технического состояния оборудования носят приоритетный характер при организации технического сопровождения оборудования.

5. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

Цели проекта были достигнуты за счет выполнения комплекса работ по следующим основным направлениям:

1) Организация каналов автоматической передачи параметрической информации:

- разработаны технические требования к параметрической информации (по объему, частоте регистрации и передачи), необходимой для передачи в АО «ОДК-Авиадвигатель» для всех типов ГТУ на базе газогенератора двигателя ПС-90А;

- разработана унифицированная техническая схема для организации каналов, отвечающая требованиям ФСТЭК по информационной безопасности;

- разработаны и внедрены частные технические решения с учетом различий в типе САУ, политик информационной безопасности конкретных ЭО, обеспечивающие автоматическое формирование и передачу параметрической информации из ЭО в АО «ОДК-Авиадвигатель».

2) Обеспечение систематизированного хранения параметрической информации:

- спроектирована, развернута ИТ-инфраструктура и ПО для обеспечения распределенного хранения данных;

- разработан унифицированный перечень параметров для приведения исходной информации, формируемой разными типами САУ, к единообразному виду для всех типов ГТУ на базе газогенератора двигателя ПС-90А;

- разработаны и реализованы алгоритмы, обеспечивающие в автоматическом режиме периодический опрос временного хранилища информации, поступившей по каналу, ее предварительную обработку (распаковку, расшифровку, приведение к соответствию с требованиями, предъявляемыми к параметрам, унификация) и журналов событий, формируемых САУ, и занесение для хранения в систематизированном виде в единую базу данных.

3) Обеспечение автоматизации процесса мониторинга технического состояния ГТУ:

- разработаны, программно реализованы и находятся в непрерывной работе (ведется автоматизированный расчет в режиме поступления новых данных) методики параметрической диагностики технического состояния для всех типов ГТУ на базе газогенератора двигателя ПС-90А;

- реализована работа экспертных правил, обеспечивающих заблаговременное (до достижения уставок САУ) формирование сообщений о наличии отклонений в работе систем ГТУ;

- сформирован перечень возможных причин диагностируемых отклонений от нормальной работы систем ГТУ, с указанием способов их устранения в соответствии с РЭ;

- разработаны и реализованы типовые отчетные формы, позволяющие автоматизировано формировать сводную информацию, характеризующую работу ГТУ, непосредственно из БД.

4) Обеспечение работы по анализу параметрической информации:

Разработаны технические требования к способам визуализации информации для выполнения комплекса работ по анализу параметрической информации:

- для оперативного анализа (интегральные показатели технического состояния: коэффициент технического состояния, коэффициент загрузки,

критерий тех. состояния, характеризующий наличие/отсутствие выявленных отклонений в работе систем ГТУ методами параметрической диагностики);

- для экспертного анализа (график, дроссельная характеристика, таблица, диаграмма, журнал событий, мнемосхема, типовой отчет).

Разработан регламент применения АСМГТУ для сопровождения эксплуатации ГТУ.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Достигнуты следующие количественные результаты:

1) организованы каналы автоматической передачи параметрической информации с 12 станций (Повховское МНГ, Покачевское МНГ, Ватьёганское МНГ, Тевлино-Русскинское МНГ, Красноленинское МНГ ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», КС Чайковская ООО «Газпром трансгаз Чайковский», «ЛУКОЙЛ-ПНОС», Ярегское м/р и Усинское м/р ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», ГТЭС-72 и ГТЭС-24 ООО «Иркутская нефтяная компания», СПГ-25 ОАО «Ямал СПГ»).

Непрерывно в режиме 24/7 обеспечивается автоматизированное поступление в БД заданного объема параметрической информации по 49 ГТУ (около 1 млрд. параметров в сутки).

2) разработаны и реализованы 10 методик диагностики, включая методики диагностирования технического состояния проточной части двигателей ПС-90ГП-1, -2, -2М, -3, -25, -25А, 25ПМ (для ГПА и ГТЭС), методику расчета эквивалентной наработки деталей ГТД с МЭКС, методику обнаружения аномального изменения параметров для всех типов ГТУ на базе газогенератора двигателя ПС-90А.

Непрерывно в режиме 24/7 обеспечивается автоматизированный расчет по 43 ГТУ (около 300 млн. расчетных параметров в сутки).

3) разработаны и реализованы более 200 экспертных правил, характеризующих возможные отклонения в работе систем ГТУ.

Непрерывно в режиме 24/7 обеспечивается автоматизированное выявление отклонений в работе систем ГТУ, которые после экспертного анализа могут быть использованы в качестве рекомендаций для выполнения работ в соответствии с РЭ.

4) разработаны более 10 типовых отчетных форм (включая отчет по распределению наработки ГТД, сводные таблицы по контролю параметров двигателей, отчет об эффективности промывок ГТД), с целью частичной автоматизации подготовки результатов для экспертного анализа технического состояния ГТУ.

5) обеспечено систематизированное хранение в единой базе данных прочей информации (такой как результаты ПСИ), потребной для выполнения работ по диагностике технического состояния ГТУ.

Система внедрена в АО «ОДК-Авиадвигатель» в опытно-промышленную эксплуатацию.

Результаты работ используются для повышения качества сопровождения эксплуатации ГТУ по контрактам жизненного цикла за счет оптимизации работ по ТОиР, а также для сопровождения эксплуатации ГТУ с МЭКС. Сформированный массив данных является заделом для разработки современных перспективных методов диагностики с применением методов регрессионного анализа, предиктивной аналитики с использованием технологий искусственного интеллекта.

Общий вид системы и различные сценарии взаимодействия с ней при выполнении анализа технического состояния представлен в приложении А.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в сфере сопровождения эксплуатации промышленных ГТУ отечественной разработки реализован системный комплекс, обеспечивающий непрерывный полностью автоматизированный сбор, оперативную передачу с различных мест эксплуатации разработчику ГТУ по каналам в сети интернет с использованием криптографического шифрования параметрической информации, соответствующей заданным количественным (по объему параметров и событий, регистрируемых САУ) и качественным (с частотой регистрации информации 1 Гц) критериям, и позволяющий автоматизировано выполнять первичное преобразование исходной «сырой» информации, формируемой различными типами САУ, к унифицированному виду, обеспечивать ее систематизированное хранение в единой базе данных и в автоматическом режиме вести оперативный (в режиме поступления данных в БД) анализ поступающей информации методами параметрической диагностики.



Рисунок А.3 - Визуальное представление для экспертного анализа.
 Настраиваемая панель для анализа подробной информации об объектах

Дроссельные и мощностные характеристики

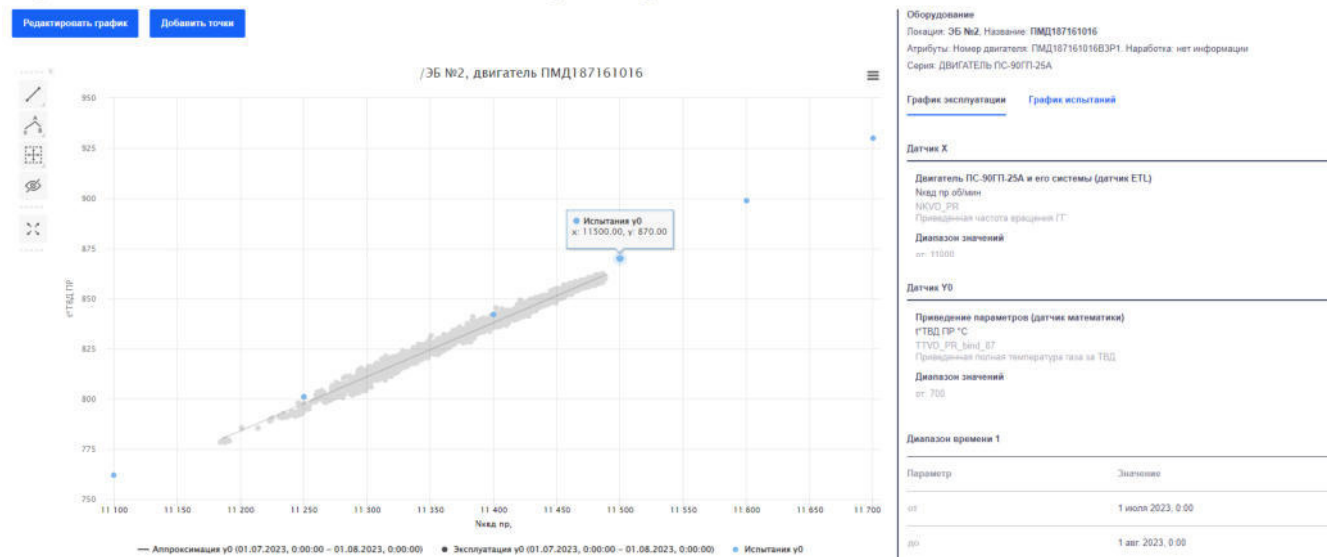


Рисунок А.4 - Визуальное представление для экспертного анализа.
 Модуль работы с графиками

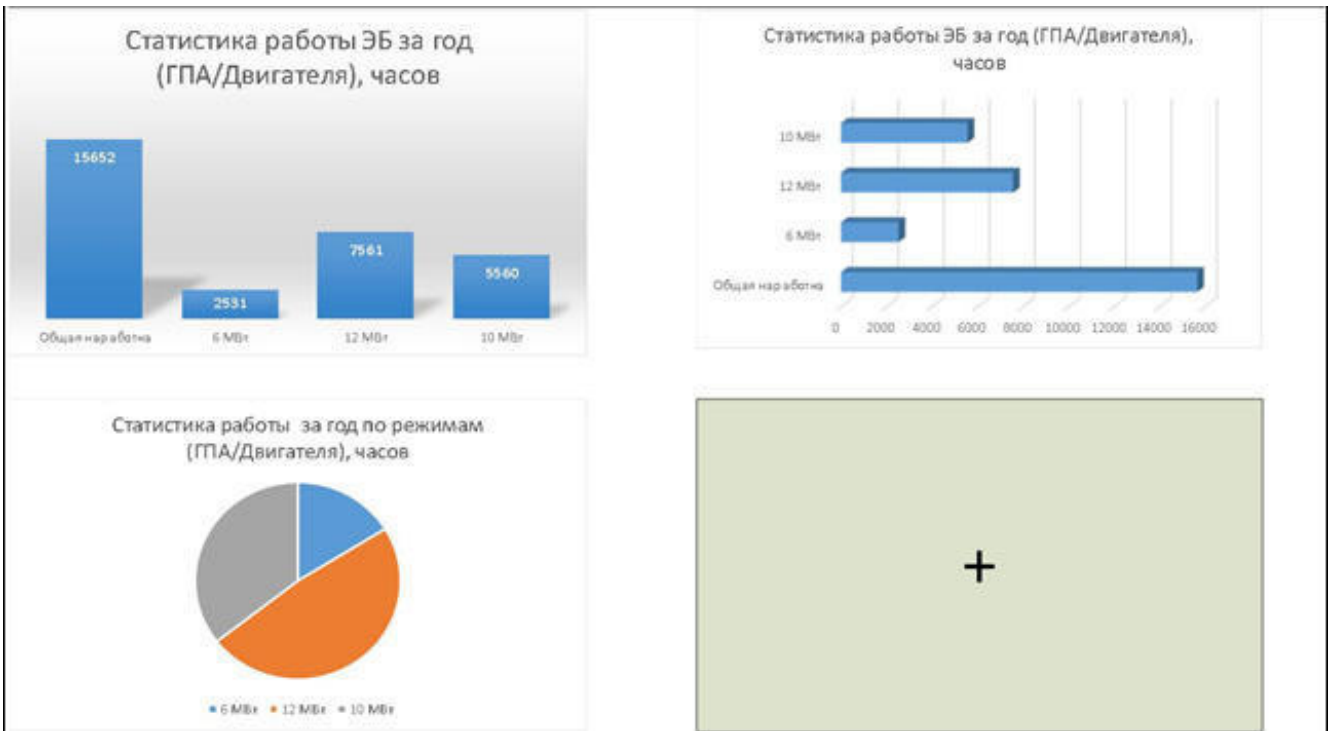


Рисунок А.5 - Визуальное представление для экспертного анализа.
Модуль работы с диаграммами

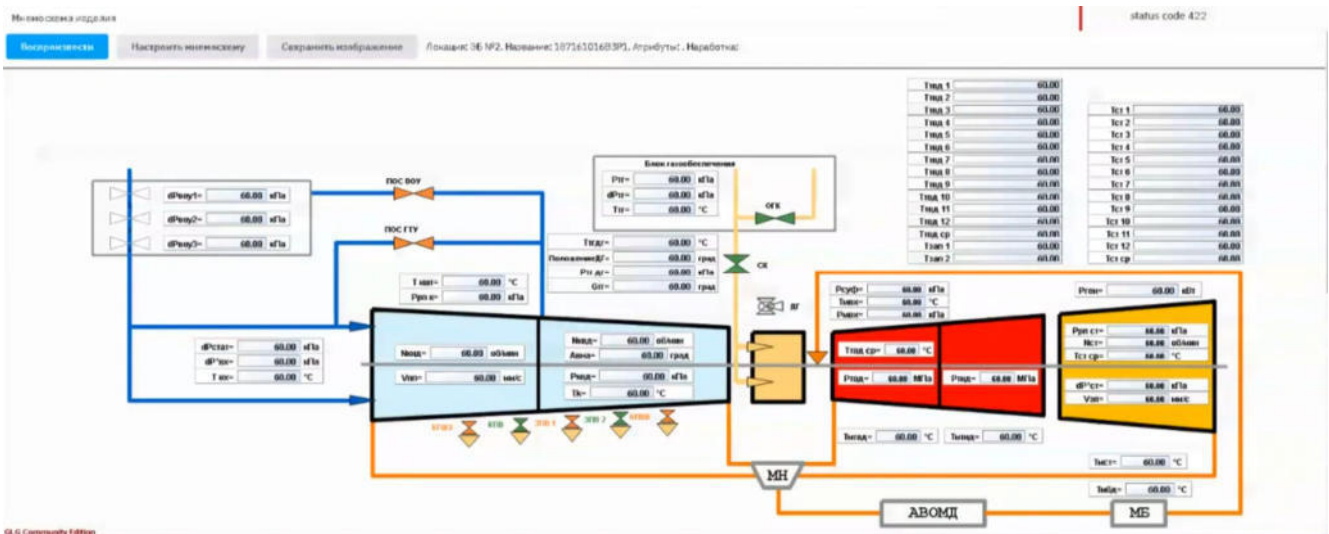


Рисунок А.6 - Визуальное представление для экспертного анализа.
Модуль работы с мнемосхемами

Сведения о соискателях

Номинация: «Лучший инновационный проект».

«Разработка и внедрение автоматизированной системы мониторинга газотурбинных установок (АСМГТУ)»

Сведения о соискателях АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь

1. **Валетов Илья Игоревич** – 1990 г. рождения. Начальник отделения летных испытаний и эксплуатации. В 2013 году окончил Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ) по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Стаж работы в отрасли 11 лет.

Личный вклад Валетова И.И. в данную работу заключается в формировании концептуального подхода, экспертного сопровождения внедрения, рецензирования документации.

2. **Агалаков Артём Александрович** – 1989 г. рождения. Начальник бригады информационно технического обеспечения отдела эксплуатации ГТУ наземного применения и ГТЭС. В 2011 окончил Пермский государственный технический университет по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки». Стаж работы в отрасли 13 лет.

Личный вклад Агалакова А.А. в данную работу заключается в формировании технических требований, координации работ по разработке и внедрению, осуществлении технического контроля, разработке технической и организационной документации.

3. **Халиуллин Виталий Фердинандович** – 1960 г. рождения. Ведущий инженер. В 1982 году закончил Пермский политехнический институт по специальности «Авиационные двигатели». Стаж работы в отрасли более 39 лет.

Личный вклад Халиуллина В.Ф. в данную работу заключается в разработке технического задания на систему, опытной отработке системы, разработке регламента применения.

4. **Воронков Виктор Евгеньевич** – 1966 г. рождения. Заместитель начальника отдела по параметрической диагностике. В 1988 году закончил Пермский политехнический институт по специальности «Авиационные двигатели». Стаж работы в отрасли более 30 лет.

Личный вклад Воронкова В.Е. в данную работу заключается в администрировании работ по созданию АСМГТУ, организации работ по созданию каналов передачи информации от ЭО, разработке и контролю внедрения методик диагностирования.

5. **Недопёкин Алексей Евгеньевич** - 1985 г. рождения. Ведущий инженер отдела диагностики. В 2009 году Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ) по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки». Стаж работы в отрасли 18 лет.

Личный вклад Недопёкина А.Е. в данную работу заключается в формировании предложений в технические требования, проверке и настройке функционирования системы, разработке и опробовании технологии применения системы для ее внедрения в эксплуатацию.

6. **Ногин Антон Владимирович** -1988 г. рождения. Начальник отдела диагностики. В 2010 году окончил Пермский государственный технический университет по специальности «Авиационные приборы, измерительно-вычислительные комплексы». Стаж работы в отрасли 15 лет.

Личный вклад Ногина А.В. в данную работу заключается в разработке программы выполнения работ, разработке и контроле реализации технического задания на модуль визуализации, разработке методик диагностирования технического состояния ГТУ.