

ОБЪЕДИНЕННАЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ  
АО «ОДК-Авиадвигатель»

УТВЕРЖДАЮ

Управляющий директор -  
генеральный конструктор  
АО «ОДК-Авиадвигатель»

А.А. Иноземцев

2023 г.



Конкурсная работа

в номинации «За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения»

в конкурсе «Авиаконструктор года» по итогам 2022 года

«Система непрерывного контроля металлических частиц изнашивания пар  
трения в маслосистемах авиационных двигателей большой тяги»

Авторский коллектив:

Блинов А.В., Мухутдинов Ф.И., Саженков А.Н., Пикулина Ю.В. (АО «ОДК-  
Авиадвигатель», г. Пермь),

Боровик С.Ю., Секисов Ю.Н. (ИПУСС РАН – СамНЦ РАН, г. Самара)

Пермь 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ЦЕЛЬ РАБОТЫ .....	5
АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.....	6
КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ.....	8
РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ .....	16
ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА .....	18
ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ.....	18

## ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

АЦП	- аналого-цифровой преобразователь
БП	- блок питания
БУНАО	- блок усиления, нормализации, аналого-цифрового преобразования и обработки
ГТД	- газотурбинный двигатель
ДВК	- датчик вихревоковый кластерный
ДВКиУС	- датчик вихревоковый кластерный и уловитель стружки
ДГГ	- демонстратор газогенератор
ИПУСС РАН	- Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук
МСС	- магнитный сигнализатор стружки
НИОКР	- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
ПО	- программное обеспечение
СамНЦ РАН	- Самарский научный центр Российской академии наук
СНКЧИ-ОП	- система контроля частиц изнашивания опытно-промышленная
ЧЭ	чувствительный элемент

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа (НИОКР) по созданию системы непрерывного контроля металлических частиц изнашивания пар трения в маслосистемах авиационных двигателей большой тяги (опытно-промышленного образца) выполнялась смешанным коллективом авторов, представляющих две партнерских организаций - АО «ОДК-Авиадвигатель» и Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИПУСС РАН – СамНЦ РАН).

Основанием для выполнения работы была составная часть НИОКР по шифру «ПД-35-1-Авиадвигатель» в обеспечение Договора между Министерством промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России), Федеральным агентством по управлению государственным имуществом (Росимущество) и акционерным обществом «Объединенная двигателестроительная корпорация».

НИОКР выполнялась в рамках критической технологии «Разработка технологии создания комплексной системы диагностики и прогнозирования технического состояния двигателей с возможностью передачи данных в полете и использованием удаленных центров диагностики». Роль и место работы в решении задач в сфере государственных интересов связаны с ранней диагностикой опасных состояний авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) в части обеспечения безопасности полетов.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

По результатам испытаний макетных образцов систем непрерывного контроля частиц изнашивания на двигателе-аналоге ПД-35 и газогенераторе-демонстраторе ДГГ 133-ГГ-01(10) в предыдущие периоды (2020-2021 гг.) осуществить переход от научно-исследовательских работ (TRL 2-4) и создания макетных образцов (TRL 5) к разработке и созданию опытно-промышленного образца (TRL 6) системы непрерывного контроля частиц изнашивания (СНКЧИ-ОП) с использованием современных технологий промышленного производства и изготовления изделий, а также применения для ее производства преимущественно отечественных материалов и комплектующих.

## АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

К авиационным ГТД всегда предъявлялись и предъявляются высокие требования в части надежности и ресурса, т.к. разрушение силовой установки, особенно в составе воздушного судна, может привести к существенным материальным затратам и прочим издержкам. Известно, что одним из достоверных методов оценки состояния движущихся частей и механизмов машин подобного класса является анализ наличия частиц изнашивания в системах смазки. Очевидно, что в нормальных условиях функционирования силовых установок концентрация стружки (частиц изнашивания) в масле будет незначительной, а сами частицы будут малых размеров. По мере выработки соприкасающихся элементов или их разрушения концентрация и размеры частиц будут лавинообразно увеличиваться.

Традиционные методы и средства контроля технического состояния деталей и узлов двигателя, работающих в масле (подшипников, шестерен и т.д.), обладают следующими недостатками:

- повышенная трудоёмкость обслуживания (осмотр контрольных элементов и анализ проб масла), увеличение периодичности уменьшает вероятность своевременного выявления неисправности;
- отсутствие крупных частиц в пробе масла из-за осаждения на фильтроэлементе тонкостью фильтрации 15 мкм, что делает маловероятным выявление неисправности при анализе проб лабораторными методами;
- вероятность ложного срабатывания и несрабатывания сигнализаторов при наличии стружки; ложное срабатывание может приводить к увеличению трудоёмкости работ по техническому обслуживанию, задержке рейсов; несрабатывание сигнализатора чревато развитием неконтролируемой неисправности, которая приведёт к существенному увеличению стоимости ремонта, задержке рейса, замене двигателя в транзитном аэропорту;
- отсутствие экспресс - анализа приводит к задержке выдачи диагностического решения;

В настоящее время известны различные методы on-line мониторинга наличия металлических частиц в системах смазки силовых установок, основанные на оптических, емкостных, индуктивных, ультразвуковых, резистивных, рентгеновских и др. принципах. Очевидно, что у каждого из этих подходов есть свои достоинства и недостатки. Тем не менее, авторы большинства современных публикаций сходятся во мнении, что с практической точки зрения наиболее перспективными для решения задач контроля состояния узлов трения силовых установок являются индуктивные методы. В качестве главных преимуществ отмечается способность индуктивных методов определять магнитные свойства обнаруженных металлических частиц изнашивания (ферромагнитные –  $Fe$  и неферромагнитные –  $NFe$ ), что позволяет локализовать место развития дефекта, а также нечувствительность методов к масляно-воздушной среде в зоне измерения.

Наиболее близкой по технической сущности и самой передовой на сегодняшний день по мнению многих специалистов системой онлайн мониторинга металлической стружки в масле систем смазки авиационных ГТД является система MetalSCAN MS4000 канадской фирмы Gastops. Однако, в соответствии со спецификацией [<https://www.gastops.com/wp-content/uploads/MS4000-Product-Overview.pdf>], максимальный размер маслопровода, который может контролировать система, ограничен диаметром 26.9 мм, что не позволяет применять ее для контроля состояния движущихся частей авиационных ГТД большой тяги с маслопроводами диаметром до 40 мм и более (например, ПД-35). Кроме того, введенные в отношении Российской Федерации санкции западных стран, включая Канаду, сделали невозможным поставку указанного оборудования и применение его на отечественных предприятиях авиационного двигателестроения.

Вышесказанное определяет актуальность разработки отечественных систем непрерывного контроля металлических частиц изнашивания пар

трения, ориентированных на применение в маслопроводах диаметром до 40 мм и более, используемых в авиационных двигателях большой тяги и обладающих высокими техническими и эксплуатационными характеристиками.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

Структура и функциональный состав опытно-промышленного образца системы непрерывного контроля частиц изнашивания пар трения в системах смазки авиационных ГТД большой мощности (СНКЧИ-ОП) представлены на рисунке 1.

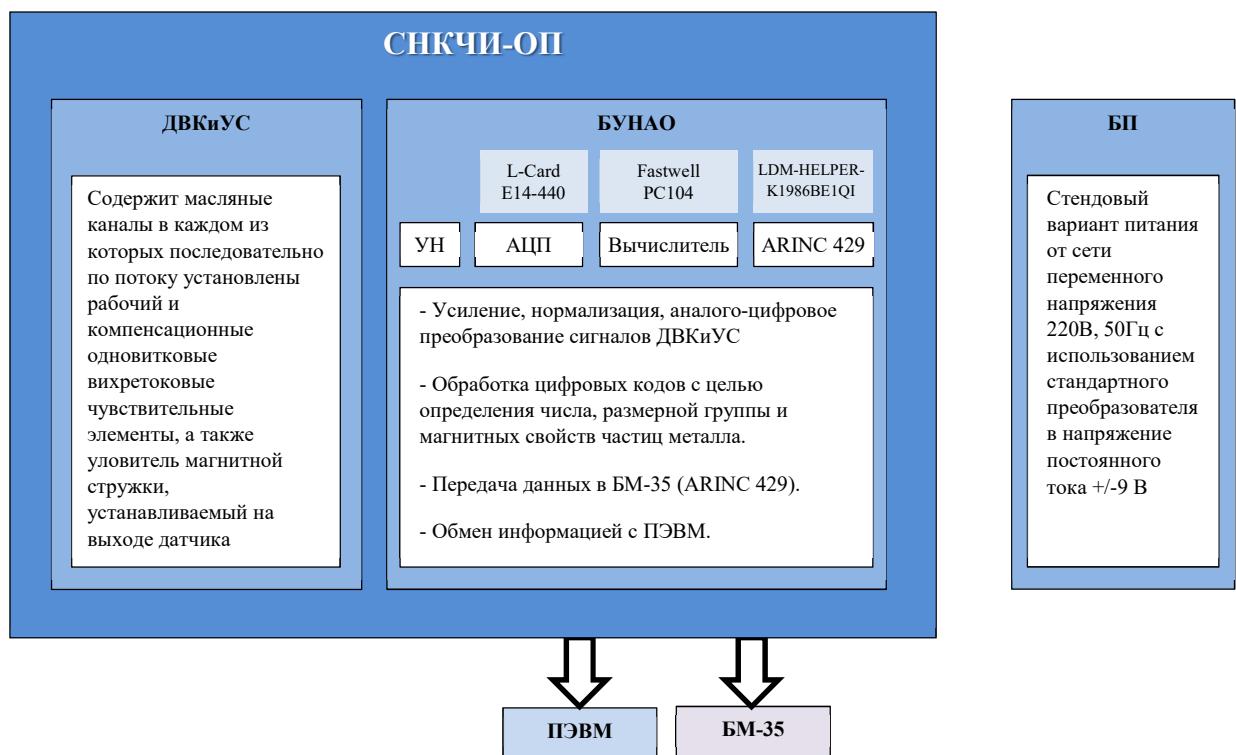


Рисунок 1 – Структура и функциональный состав СНКЧИ-ОП

В состав системы входит оригинальный *вихревоковый кластерный датчик комбинированного типа* (модель ДВКиУС), блок усиления, нормализации, аналого-цифрового преобразования и обработки информации (модель БУНАО), блок питания от сети переменного напряжения 220В, 50Гц

со стандартными преобразователями в напряжение постоянного тока +/-9 В (модель БП-ОП1), прикладное и системное ПО.

ДВКиУС (рисунок 2) составляет основу СНКЧИ-ОП, относится к многоканальным вихревоковым преобразователям с параллельной обработкой сигналов и интегрирует в едином корпусе два датчика: неохлаждаемый многоканальный вихревоковый кластерный датчик (ДВК) магнитных и немагнитных частиц (тип ДВК-М2) и магнитный датчик-сигнализатор стружки (тип МСС 100-07-856), что повышает надежность детектирования частиц изнашивания. Конструкция датчика имеет модульную структуру со сменными выходными патрубками. Это обеспечивает присоединение ДВКиУС к маслосистеме двигателя как с модулем МСС, так и без него. Все элементы датчика изготовлены промышленным способом с применением современных технологий. Уровень импортозамещения 98%.



Рисунок 2 – Вихревоковый кластерный датчик частиц изнашивания  
комбинированного типа ДВКиУС

Новые оригинальные идеи, заложенные и реализованные в конструкции ДВКиУС и средствах вторичного преобразования его сигналов, обеспечивают высокие рабочие характеристики датчика, включая одинаковую чувствительность по всем каналам, большую пропускную способность и

информативность ДВК и системы контроля в целом. В сравнении с существующими прототипами и конкурентами (прежде всего разработки MetalSCAN фирмы GasTops Ltd, Канада), **ДВКиУС потенциально инвариантен к маслопроводам различного (в том числе большого) диаметра** (ограничения связаны только допустимыми массо-габаритными размерами элементов системы), что делает его **уникальным среди подобных технических средств контроля**. Кроме того, как показали испытания макетных образцов прототипа СНКЧИ-ОП на стендах АО «ОДК-Авиадвигатель», **датчик обладает большей информативностью** в части возможности определения характеристик потока масла в трубопроводе по траектории движения обнаруженных частиц металла.

Указанный эффект достигается за счет того, что общий поток масла, поступающий в ДВК, разделяется на  $N$  независимых потоков с меньшей площадью сечения (рисунок 3). Площадь сечения каждого из  $N$  потоков выбирается таким образом, чтобы, с одной стороны, гарантировать, что частица износа не будет задержана (датчик не должен работать как фильтр частиц металла), а, с другой, чтобы обеспечить приемлемую чувствительность к самой малой из обнаруживаемых частиц металла. При этом суммарная площадь сечений всех  $N$  потоков выбирается равной площади сечения входного потока, что позволяет свести к минимуму влияние ДВКиУС на параметры маслосистемы ГТД.

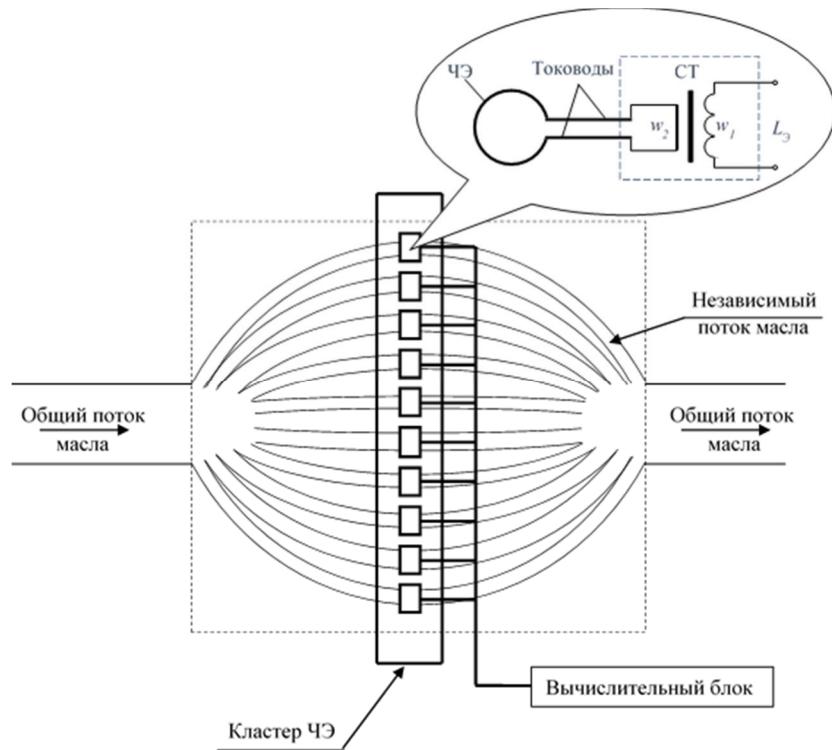


Рисунок 3 - Разделение потока масла на  $N$  независимых потоков и размещение в них одновитковых ЧЭ

Каждый независимый поток охватывается одночным витком тока, располагающимся в трубопроводе маслосистемы двигателя и являющимся чувствительным элементом (ЧЭ) ДВК. Для преобразования изменений индуктивности каждого ЧЭ используется дифференциальная измерительная цепь на основе трансформаторного моста Блюмлейна, которая обеспечивает нулевой уровень выходного сигнала при отсутствии частицы металла в масляном канале датчика. Для этого в сечение каждого независимого масляного канала дополнительно устанавливается второй аналогичный ЧЭ, смещенный относительно первого по оси канала на заданное расстояние (рисунок 4).

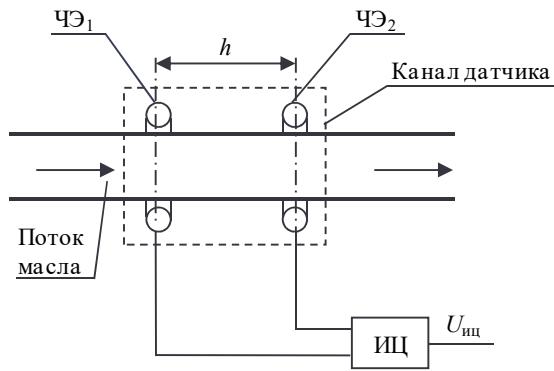


Рисунок 4 - Размещение чувствительных элементов в масляном канале  
ДВКиУС

Последовательное движение частицы металла сначала через контур первого ЧЭ, а затем через контур второго ЧЭ, приводит к формированию на выходе измерительной цепи двух последовательных разнополярных импульсов напряжения (рисунок 5). Амплитуда импульсов определяется размером частицы металла и ее местоположением в плоскости контура ЧЭ, а полярность – магнитными свойствами металла частицы.

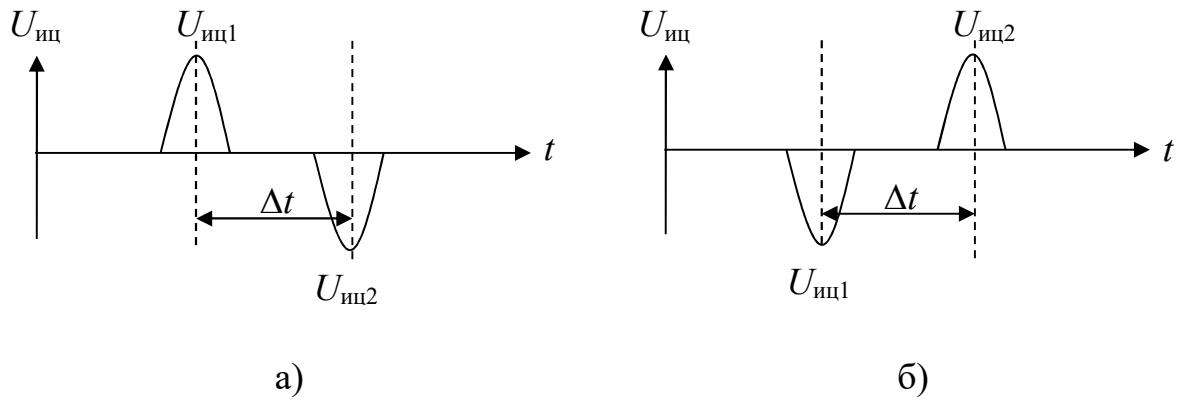


Рисунок 5 - Сигнал на выходе дифференциальной измерительной цепи  
при прохождении контуров ЧЭ<sub>1</sub> и ЧЭ<sub>2</sub> магнитной (а)  
и немагнитной (б) частицами металла

Использование двух ЧЭ и дифференциальной измерительной цепи позволяет также компенсировать воздействие температуры на процесс

преобразования информативного параметра. При этом наличие двух последовательных разнополярных импульсов при прохождении частицами масляного канала датчика является хорошим диагностическим признаком, позволяющим однозначно идентифицировать сигнал на выходе ДВК как сигнал от частицы изнашивания, сократив тем самым число ошибок I рода.

*Блок усиления, нормализации, аналого-цифрового преобразования и обработки сигналов ДВКиУС* (модель БУНАО, рисунок 6) интегрирует в едином корпусе средства аналоговой обработки сигналов ДВКиУС, их последующего аналого-цифрового преобразования (АЦП) и вычислитель, обеспечивающий выделение содержащих информацию фрагментов кода, распознавание частиц, определение их магнитных свойств и отнесение к заданной размерной группе. В конструкцию БУНАО также включены средства обмена информацией с БМ-35 по протоколу ARINC 429 и предусмотрена связь с удаленным рабочим местом оператора по протоколу Ethernet.



Рисунок 6 – Блок усиления, нормализации, аналого-цифрового преобразования и обработки сигналов ДВКиУС (модель БУНАО)

Блоки аналоговой обработки сигналов содержит модули усиления и нормализации сигналов ДВКиУС, идентичные для всех каналов датчика и выполненные с использованием типовых технологий разводки и изготовления печатных плат. Это обеспечивает взаимозаменяемость блоков на аналогичные по назначению без дополнительной настройки каналов датчика. В качестве АЦП в СНКЧИ-ОП используется стандартный модуль Е14-440 разработки фирмы Л-Кард (г. Москва, Россия) в индустриальном исполнении, который устанавливается и фиксируется в отдельном отсеке БУНАО. Соединение Е14-440 с вычислителем внутри блока осуществляется по USB-интерфейсу.

С целью минимизации массогабаритных характеристик, унификации оборудования БУНАО и ПО СНКЧИ-ОП в качестве вычислителя используется процессорный модуль стандарта PC/104-Plus - одноплатный компьютер семейства CPC310 российской разработки (ООО «Фаствел групп», г. Москва). Для технической реализации интерфейса передачи данных по стандарту ARINC 429 в СНКЧИ-ОП использовалась мультиплатформенная система проектирования семейства HELPER на базе российского микроконтроллера фирмы АО «ПКК Миландр» K1986BE1QI (производство компании LDM-SYSTEMS, г. Зеленоград, Россия). Обмен информацией между СНКЧИ-ОП и БМ-35 осуществляется последовательным двуполярным кодом по одному каналу связи со скоростью 100 кбит/с. Период обновления данных 60 с (частота обновления данных 0,0166667 Гц).

Во время работы по назначению ДВКиУС и БУНАО устанавливаются непосредственно на двигатель, соответственно в «горячую» и «холодную» зоны.

*Блок питания* (БП-ОП1), обеспечивающий подачу питающих напряжений на датчик элементы электронных блоков БУНАО, вынесен за пределы СНКЧИ-ОП и по сути является принадлежностью стенового оборудования. БП-ОП1 предусматривает подключение к стеновой сети переменного напряжения 220В, 50Гц с использованием стандартного преобразователя в напряжение постоянного тока +/-9 В. Для бортового применения БП подлежит замене на аналогичный модуль в соответствующем исполнении.

*Алгоритмическое и программное обеспечение (ПО) СНКЧИ-ОП* включает в себя программные модули для авиационного контроллера K1986BE1QI, реализующего протокол взаимодействия СНКЧИ-ОП и БМ-35 и прикладное программное обеспечение, реализующее функции настройки и самотестирования измерительных каналов системы, сбора, обработки и анализа полученной информации с учетом привязки результатов к внутреннему времени системы, архивирование и отображение информации о зарегистрированных частицах и состоянии каналов системы (рисунок 7).

При стендовых испытаниях ГТД с состав СНКЧИ-ОП может входить дополнительная внешняя ПЭВМ, которая размещается в кабине наблюдения стенда на расстоянии до 40 м от БУНАО и позволяет оператору в удаленном режиме контролировать наличие обнаруженных системой частиц изнашивания, их число, вид, интенсивность появления. Связь между ПЭВМ и вычислителем БУНАО осуществляется по протоколу Ethernet в режиме удаленного рабочего стола оператора.

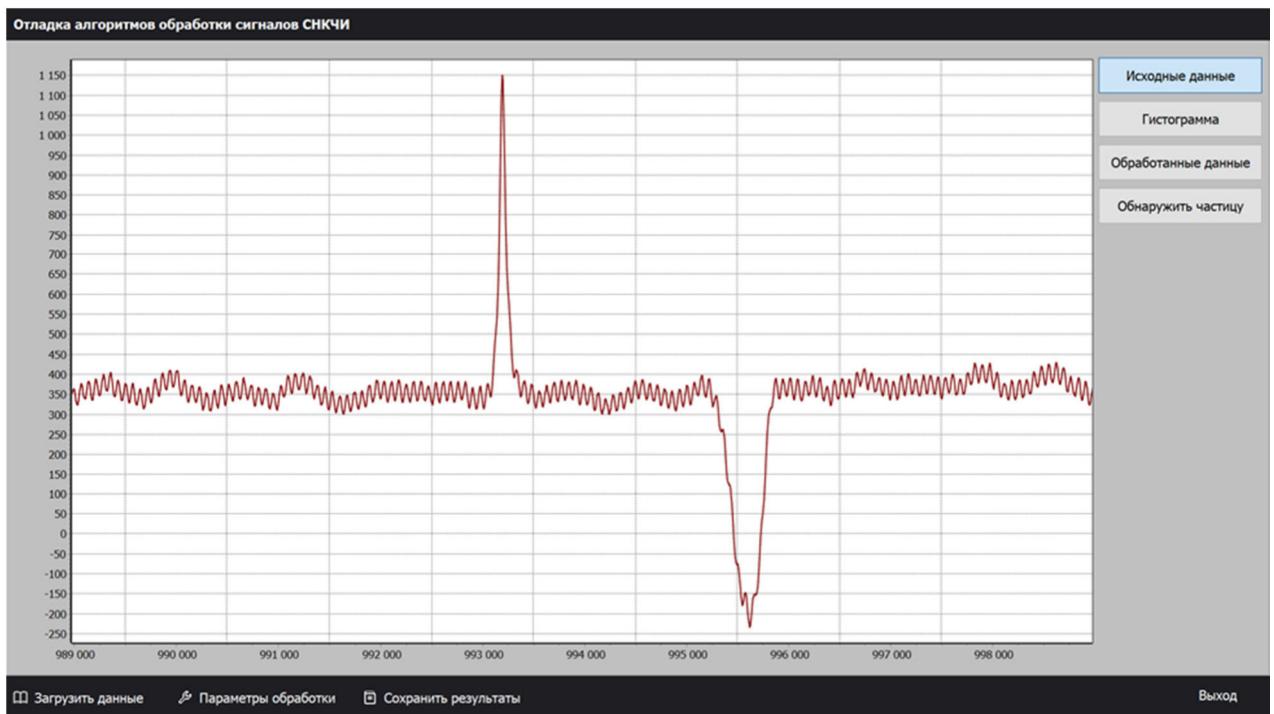


Рисунок 4 – Внешний вид одного из экранов ПО СНКЧИ-ОП с фрагментом  
сигнала от магнитной частицы металла

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

1. На основе опыта испытаний макетных образцов систем непрерывного контроля частиц износа на двигателе-аналоге ПД-35 и газогенераторе-демонстраторе ДГГ 133-ГГ-01(10) в 2020-2021 гг. сформулированы требования, разработана структура и функциональный состав системы непрерывного контроля частиц износа пар трения в маслосистемах авиационных двигателей большой тяги, обеспечившие переход от научно-исследовательских работ (TRL 2-4) и создания макетных образцов (TRL 5) к разработке и созданию опытно-промышленного образца (TRL 6).

2. Разработана **оригинальная** конструкция и изготовлен вихревоковый кластерный датчик магнитных и немагнитных частиц изнашивания комбинированного типа (модель ДВКиУС), интегрирующий в едином корпусе два датчика - ДВК и магнитный датчик-сигнализатор стружки (тип МСС 100-07-856), что повышает надежность детектирования частиц изнашивания. ДВКиУС имеет модульную структуру со сменными выходными патрубками, обеспечивающие его присоединение к маслосистеме двигателя в вариантах с модулем МСС и без него. Все элементы датчика выполнены преимущественно из отечественных материалов и компонентов промышленным способом с применением современных технологий. Уровень импортозамещения 98%. В сравнении с существующими передовыми зарубежными аналогами ДВКиУС обладает большей информативностью и потенциально инвариантен к маслопроводам различного (в том числе большого) диаметра, что делает его **的独特ным** среди подобных технических средств контроля.

3. Разработана **новая** конструкция и изготовлены средства аналоговой обработки сигналов ДВКиУС, их последующего аналого-цифрового преобразования, равно как и ПО для определения размеров и магнитных свойств частиц изнашивания, определение их магнитных свойств и отнесение к заданной размерной группе. С целью минимизации массогабаритных характеристик, унификации оборудования и ПО СНКЧИ-ОП, использовались стандартные электронные модули **отечественного** производства (в цифровой части системы).

4. Разработана **эскизная конструкторская документация**, достаточная для изготовления функциональных блоков СНКЧИ-ОП промышленным способом. Произведена сборка двух экземпляров СНКЧИ-ОП, ориентированных на применение с маслопроводами диаметром 20 мм, которые после соответствующей настройки могут быть использованы при стеновых испытаниях авиационных двигателей на предприятиях ОДК.

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА

**Потенциальные потребители СНКЧИ-ОП** - предприятия и подразделения АО «ОДК».

Варианты использования СНКЧИ для контроля технического состояния деталей и узлов маслосистемы:

1. Стендовое применение СНКЧИ-ОП (существующий вариант исполнения).
2. Разработка стендовой СНКЧИ промышленного исполнения для ГТД на основе СНКЧИ-ОП.
3. Разработка СНКЧИ промышленного исполнения с интеграцией в маслосистемы ГТД авиационного и наземного исполнения.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

### Статьи в ведущих рецензируемых журналах:

1. Belopukhov, V.; Blinov, A.; Borovik, S.; Luchsheva, M.; Muhutdinov, F.; Podlipnov, P.; Sazhenkov, A.; Sekisov, Y. Monitoring Metal Wear Particles of Friction Pairs in the Oil Systems of Gas Turbine Power Plants // Energies 2022, 15, 4896. <https://doi.org/10.3390/en15134896>.
2. Блинов А.В., Боровик С.Ю., Лучшева М.В., Мухутдинов Ф.И., Секисов Ю.Н. Мониторинг состояния пар трения энергосиловых установок на основе кластеров одновитковых вихревых датчиков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2022. – № 69. – С. 71–78. DOI: 10.15593/2224-9982/2022.69.08
3. Blinov, A.; Borovik, S.; Luchsheva, M.; Muhutdinov, F.; Sekisov, Yu. Monitoring the state of power plants' friction pairs on the basis of single-coil

- eddy-current sensors. Journal of Physics: Conference Series 2021, 1891, 012053. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1891/1/012053>
4. Borovik, S.Y.; Sekisov, Y.N.; Blinov, A.V.; Luchsheva, M.V.; Mukhutdinov F.I. Tools for diagnostics and assessment of remaining lifetime of friction units at operation of gas turbine engines. Optoelectron.Instrument.Proc. 2021, 57, 675–682. <https://doi.org/10.3103/S8756699021060030>
  5. Боровик С.Ю., Секисов Ю.Н., Блинов А.В., Мухутдинов Ф.И. Особенности пре-образования информации в системе контроля частиц износа пар трения на основе кластера одновитковых вихревых чувствительных элементов // Турины и дизели. №4 (73). -2017. -с.10-17.

Патенты:

1. Патент РФ 2668513 Способ обнаружения частиц металла в масле системы смазки узлов трения и определения скорости потока масла / Боровик С.Ю., Коршиков И.Г., Секисов Ю.Н., Белослудцев В.А. – 2017110634; Заявл. 29.03.2017; Опубл. 01.10.2018, бюл. 28.
2. Патент РФ 2674577 Способ обнаружения частиц металла в системе смазки узлов трения силовых установок с разбиением на группы по размерам частиц / Боровик С.Ю., Коршиков И.Г., Белослудцев В.А., Секисов Ю.Н. – 2017144465; Заявл. 18.12.2017; Опубл. 11.12.2018, бюл. 35.
3. Патент РФ 2724309 Способ обнаружения и оценки размеров единичных частиц металла в системе смазки пар трения силовых установок / Белопухов В.Н., Боровик С. Ю., Коршиков И. Г., Секисов Ю. Н. №2019112533: Заявл. 24.04.2019; Опубл. 26.06.2020, бюл. 18.
4. Патент РФ 2749574 Способ определения скорости потока масла при обнаружении частиц металла в средствах диагностики узлов трения ГТД / Боровик С. Ю., Коршиков И. Г., Секисов Ю. Н. –№ 2020121901; Заявл. 26.06.2020; Опубл. 15.06.2021, бюл. 17.

## **Сведения о соискателях**

Номинация: «За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения».

«Система непрерывного контроля металлических частиц изнашивания парения в маслосистемах авиационных двигателей большой тяги»

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

1. **Блинов Андрей Владимирович** – 1982 г. рождения. Заместитель начальника отдела по специальным видам диагностики. В 2005 году окончил Пермский государственный технический университет (ПГТУ). Стаж работы в отрасли 13 лет. Является соавтором 9 статей, 1 «ноу-хау» и 1 патента на изобретение.

Блинов А. В. соавтор структуры и функционального состава системы, общего алгоритма функционирования, автор технических требований к системе непрерывного контроля частиц изнашивания (СНКЧИ-ОП), руководитель проекта.

2. **Мухутдинов Фарит Ибраевич** – 1966 г. рождения. Начальник бригады специальных видов диагностики отдела диагностики. В 1992 окончил Пермский политехнический институт (1992). Стаж работы в отрасли 32 года. В списке научных трудов более 10 статей в ведущих российских и зарубежных журналах, 2 патента на изобретения. Основные научные интересы сосредоточены в области создания методов и технологий диагностирования ГТД. За значительный вклад в развитие отечественного двигателестроения награжден нагрудным знаком «Медаль им. Н.Д. Кузнецова».

Его личный вклад в данную работу заключается в проведении технического контроля процесса изготовления системы и ведения технико-экономического взаимодействия.

3. **Саженков Алексей Николаевич** – 1958 г. рождения. В 1979 окончил Пермский политехнический институт (1979), кандидат технических наук (1998), помощник управляющего директора АО «ОДК-Авиадвигатель». Автор (соавтор) более 30 научных статей и 52 патентов на изобретения. Основное направление изобретательской деятельности – авиационные двигатели семейства ПС-90А, авиационный двигатель ПД-14 для магистрального самолета МС-21, энергетические газотурбинные установки ГТУ и газотурбинные электростанции ГТЭС в классе единичной мощности 2,5...25 МВт; повышение их топливной эффективности и надежности, сохранение ресурса, обеспечение безопасности полетов и безаварийности пассажирских авиаперевозок

Основные научные интересы связаны с надежностью и отказоустойчивостью цифровых электронных систем автоматического управления ГТД. К числу научных достижений относится создание уникальной противопомпажной системы, являющуюся непревзойденной в мире по надежности – за более чем 30 лет эксплуатации ПС-90А и суммарную наработку двигателя свыше 3,7 млн. часов на крыле пассажирских самолетов семейства Ил-96 (Ил-96-300 и Ил-96-400), Ту-204 (Ту-204-100, Ту-204-300, Ту-214), и семейства грузовых самолетов Ил-76 (Ил-76МД-90А, Ил-76ТД-90, А-50ЭИ, Ил-76МФ) не зафиксировано ни одного случая ложного срабатывания противопомпажной системы, связанного с выключением двигателя в полете. В 2014 году присуждена премия третьей степени им. А.Д. Швецова в номинации «Конструкторские работы». В 1999 году Саженков А.Н. был награжден отраслевым (ведомственным) нагрудным знаком «Отличник

воздушного транспорта» за свою трудовую деятельность по обеспечению эффективной серийной эксплуатации двигателя ПС-90А для самолетов Ил-96-300 и Ту-204.

Его личный вклад в данную работу заключается в формировании концептуального подхода, технического сопровождения, рецензирования выпускаемых документов, статей и трудов.

4. **Пикулина Юлия Владимировна** – 1990 года рождения. Инженер 1 категории отдела диагностики. В 2014 году окончила Пермский национальный исследовательский политехнический университет по специальности «Производство и конструирование изделий из композиционных материалов», стаж работы в отрасли 8 лет.

Ее личный вклад в данную работу заключается в:

- сопровождение и проработка конструкторской документации датчика кластерного вихревокового (ДКВ-ОП) в версии опытно-промышленного образца системы непрерывного контроля;
- разработка трехмерной модели датчика кластерного вихревокового (ДКВ-ОП) системы непрерывного контроля в версии опытно – промышленного образца.

#### **Сведения о соискателях «ИПУСС РАН – СамНЦ РАН», г. Самара**

1. **Боровик Сергей Юрьевич** - 1972 г. рождения. Окончил Поволжский институт информатики, радиотехники и связи (1994), доктор технических наук (2012). Директор Института проблем управления сложными системами РАН – обособленного подразделения Самарского федерального исследовательского центра РАН. В списке научных трудов более 200 работ по теории и практике измерений, включая 6 монографий, 69 статей в ведущих российских и зарубежных журналах, 25 патентов на изобретения. Основные научные интересы сосредоточены в области создание интеллектуальных систем сбора и обработки многомерной информации о состоянии объектов управления в экстремальных условиях. Лауреат Самарской губернской премии в области науки и техники (2004). [borovik@iccs.ru](mailto:borovik@iccs.ru) <http://www.iccs.ru/staff/borovik.html>

Боровик С.Ю. – соавтор метода определения частиц износа пар трения на основе одновитковых вихревоковых чувствительных элементов, автор и разработчик структуры и функционального состава системы, разработчик общего алгоритма функционирования СНКЧИ-ОП, руководитель проекта.

2. **Секисов Юрий Николаевич** - 1939 г. рождения. Куйбышевский авиационный институт (1967), доктор технических наук (1999). Главный научный сотрудник Института проблем управления сложными системами РАН – обособленного подразделения Самарского федерального исследовательского центра РАН. В списке научных трудов более 200 работ по теории и практике измерений, включая 6 монографий, 70 статей в ведущих российских и зарубежных журналах, 32 патентов на изобретения. Является научным руководителем направления фундаментальных исследований, выполняемых в ИПУСС РАН – СамНЦ РАН по программе «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники Российской Федерации». Основные научные интересы связаны с разработкой методов и

средств измерения многомерных перемещений элементов конструкций силовых установок в экстремальных условиях. К числу научных достижений относится создание теоретических основ построения систем измерения на базе предложенных им одновитковых вихретоковых датчиков. За большой вклад в развитие отечественной науки награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» второй степени, является лауреатом премии Губернатора Самарской области в области науки и техники за 1999 г. [sekisov@iccs.ru](mailto:sekisov@iccs.ru) <http://www.iccs.ru/staff/sekisov.html>

Секисов Ю.Н. – соавтор метода определения частиц износа пар трения на основе одновитковых вихретоковых чувствительных элементов, автор и разработчик конструкции ДВК и УС, главный конструктор и ответственный исполнитель работ по созданию СНКЧИ-ОП.