

ФГБОУ ВО

«Иркутский государственный технический университет»

**Разработка высокодостоверной технологии  
трибодиагностики на базе нового образца  
сцинтилляционного спектрометра (САМ-ДТ)  
для проведения ресурсных испытаний и  
эксплуатационного сопровождения  
авиационных ГТД**

# Актуальность проблемы

- Маслосистема ГТД не диагностируется визуальными и прямыми методами. Возможна лишь косвенная диагностика через частицы износа в масле, вибрацию узла.
- Поломки и дефекты маслосистемы, зачастую «полная неожиданность» для эксплуатанта.
- Неисправности маслосистемы ведут к самым время-, трудо- и финансовоёмким операциям по исправлению и ремонту.
- Традиционные способы и методы диагностики лишь констатируют наличие неисправности, часто уже в терминальной стадии.
- Эксплуатант всегда хочет знать реальное техническое состояние своего двигателя. Никогда не добиться 100% надёжности двигателя конструктивными и инженерными решениями, сборкой и качеством материалов.

# Существующие способы диагностики узлов трения авиационных двигателей в России

- Визуальный осмотр контрольных элементов. Стружка на контрольных элементах – финишное развитие дефекта. Далее, как правило, капитальный ремонт;
- Атомно-эмиссионный способ – определяет только 1 параметр – «массовая доля элемента в масле». Достоверность – 5%;
- Рентгенофлуоресцентный способ – определяет только 1 параметр – «массовая доля элемента в масле». Достоверность диагностики – 5%;
- Феррографический способ – определяет только два параметра – «форма и размер частиц». Достоверность – 5%;
- Способы контроля уровня вибрации – определяет неисправность роликоподшипника ТВД на стадии разрушения.

# Достоверность диагностирования авиационных двигателей в России и за рубежом по результатам анализа проб масла

- **Данные НПО «Сатурн» (техн. справка №44-596168):**  
Достоверность приборной диагностики атомно-эмиссионным  
и рентгеноспектральным методами - **5%**  
Необоснованные снятия двигателей - **до 15%**
- **Фирмы Rolls-Royce, Pratt-Whitney** -  
**не рекомендуют** пользоваться спектральными методами  
ввиду их низкой достоверности.

## С чем связаны проблемы диагностики?

- Существующие приборы определяют только 1-2 параметра частиц износа;
- В существующих технологиях диагностики не учитываются параметры смыва с маслофильтра;
- Развивающиеся дефекты имеют разную природу происхождения, что редко сравнимо со «стандартными образцами», которыми калибруют диагностические приборы;
- Созданные и создаваемые двигатели не имели собственной диагностической технологии. Их диагностику адаптировали под уже существующие, часто не имеющие отношения к авиации приборы и методики.

# Сцинтилляционный спектрометр – комплексное измерение параметров частиц износа.

*Одновременное измерение 7 параметров по 8 элементам (Fe, Cr, Ni, Cu, Ag, Mg, Al, V), включая смыв с маслофильтра:*

- Количество частиц износа, состоящих из одного элемента;
- Количество частиц износа, состоящих из нескольких элементов;
- Содержание растворенного металла в масле;
- Содержание металла в частицах износа;
- Размер частиц износа;
- Элементный состав частиц;
- Количество составов сложных частиц.

**ПРИБОР ПОЗВОЛИЛ  
СОЗДАТЬ ЭФФЕКТИВНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ  
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ.**



# Перспективы применения разработанной технологии диагностирования

ТЕХНОЛОГИЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ сможет ответить эксплуатантам и конструкторам на следующие вопросы:

1. Исправен двигатель (подразумеваются узлы трения) или нет?
2. Если двигатель неисправен, то насколько критичен износ?
3. Какой конкретно узел неисправен?
4. Может ли двигатель при этой величине износа эксплуатироваться?
5. Каков остаточный ресурс двигателя?

**Это позволит: исключить необоснованные съемы двигателя, не доводить двигатель до разрушения, осуществлять выходной контроль качества после ремонта, осуществлять локальные ремонты, эксплуатировать двигатель до предотказного состояния, готовиться к ремонтам в плановом порядке.**

# Результаты совместной деятельности с ОАО «НПО «Сатурн»

За 5 лет сотрудничества ОАО НПО «Сатурн» и  
ООО «ДТ» достигли следующих результатов:

- Разработан и изготовлен опытный промышленный образец сцинтилляционного спектрометра.
- Разработана и используется технология диагностирования системы смазки двигателей Д-30КП/КУ/КУ-154.
- Достигнута достоверность диагностирования – 90% (тех. справка 44-517141).
- Из 484 продиагностированных двигателей выявлено дефектных двигателей – 89, в 76 двигателях дефект был определен с точностью до узла.
- Предотвращено 29 съёмов гарантийных двигателей.
- При факультативном использовании метода ПАО «НПО Сатурн» получен экономический эффект в объеме 16,0 млн. рублей.

## Результаты совместной деятельности с ОАО «Авиадвигатель»

№ п/п	Количество продиагностированных двигателей	Количество проанализированных проб	Количество выявленных дефектных двигателя	Количество двигателей снятых с эксплуатации
1	85	1 080	9	8

# Диагностические возможности сцинтилляционного способа и его дополнительные области применения

## Диагностические возможности в авиации:

- Газовоздушный тракт двигателя;
- Топливная система;
- Реверсивное устройство;
- Гидрокомплекс ЛА;
- Любые узлы и механизмы, омываемые техническими жидкостями.

## Дополнительные области применения спектрометра:

- Военно-воздушный флот;
- Газо- нефтеперекачивающие агрегаты и газотурбинные станции;
- Надводный и подводный флот;
- Атомная энергетика;
- Железнодорожный и автомобильный транспорт;
- Добывающие и перерабатывающие благородные металлы предприятия и т.д;

# Защита интеллектуальной собственности

- 25 российских патентов на способ и устройство сцинтилляционного спектрометра;
- Один Европатент на способ и устройство сцинтилляционного спектрометра;
- Сертифицирован и включен в Госреестр опытно-промышленный образец спектрометра;
- Сертифицированы методики измерения параметров частиц;
- Спектрометр внесен в Реестр средств специального измерения ГА;
- По материалам разработки спектрометра и технологий диагностирования защищены 3 канд. и одна докторская диссертации, подготовлена к защите 1 канд. диссертация.

Государственный  
Комитет Российской Федерации  
по стандартизации и метрологии  
(ГОССТАНДАРТ РОССИИ)

**СЕРТИФИКАТ**  
об утверждении типа средств измерений  
PATTERN APPROVAL CERTIFICATE  
OF MEASURING INSTRUMENTS  
RU.E.31.008.A № 13832

Действителен до  
бессрочный

Настоящий сертификат удостоверяет, что на основании положительных результатов испытаний утвержден тип анализатора масла сцинтилляционного  
САМ-ДТ-01

наименование средства измерений  
ООО "Диагностические технологии", г.Иркутск  
наименование предприятия-изготовителя

который зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под  
№ 24095-02 и допущен к применению в Российской Федерации.

Сертификат распространяется на партию в количестве 1 шт.,  
заводские номера 01

Описание типа средства измерений приведено в приложении к настоящему сертификату.

Заместитель Председателя  
Госстандарта России

В.Н.Крутиков  
13-01 2002 г.

130832

# Почему до сих пор не на рынке?

1. **Психологический момент.** Достоверность результатов диагностирования двигателей существующими методами – 5%. ООО «ДТ», не являясь авиационной структурой, но используя нетрадиционный технический подход, сумела увеличить достоверность до 90%. Не многие специалисты - авиационщики поняли суть данной технологии. Требуется время;
2. **Падение спроса на диагностику.** В последние 10 лет интенсивно выводится из эксплуатации парк самолетов с российскими двигателями, а диагностика сцинтилляционным методом строилась именно на них;
3. Достижения по разработке метода и технологии диагностирования получены на лабораторном образце спектрометра. За прошедшие годы появилась новая элементная база и ряд узлов спектрометра с целью совершенствования должен быть кардинально переработан. Поэтому необходимо проведение полноценного НИОКР по созданию опытной партии сцинтилляционных спектрометров;
4. Хроническое недофинансирование работ или финансирование работ по «остаточному принципу». Участие в грантах и программах различных фондов (от 500 тыс. руб. до 2-3 млн.) не спасает ситуацию, а заводы - изготовители ГТД финансируют только конкретные прикладные работы для собственных нужд;
5. Ученые занимаются несвойственным им делом по организации и ведению предпринимательской деятельности (поиск инвесторов, разработка бизнес-стратегий, бюджетов, маркетинговые исследования и т.д.);
6. Учитывая подъем российской авиационной отрасли (вновь начали эксплуатироваться двигатели Д-30КП, разработаны и разрабатываются новые: ПС-90А, SAM-146, ПД-14, ТВ7-117 и т.д.), можно сказать, что разрабатываемый спектрометр и технологии диагностирования являются заделом для безопасной эксплуатации российской авиатехники.

# Какие есть сложности

1. Один из узлов опытного промышленного образца спектрометра (ультразвуковой распылитель) находится в состоянии проведения НИОКР;
2. Проведение НИОКР по оптимизации условий вхождения металлических частиц в плазменную струю. Оптимизация конструкции плазменной микроволновой горелки;
3. Три узла спектрометра (источник СВЧ-питания, СВЧ-генератор, циркулятор) выпускаются в Германии. Под санкции не попадают, но сроки поставки (таможенное оформление, получение лицензий Минпромторга, разрешение радиочастотного комитета, перевозка) занимают от полугода до 8 месяцев. Цена сильно зависит от курса евро;
4. Создание производственной базы для изготовления сцинтилляционных спектрометров и испытательных стендов;
5. Под каждый *тип двигателя* требуется создавать свою технологию диагностирования с учетом наработки двигателя. При этом переделки и доводки прибора не требуется;
6. Для создания технологии диагностирования требуется бесперебойная поставка в г. Иркутск проб масла с двигателя и смыва с маслофильтра с заполненной этикеткой. При таком условии срок создания технологии до 6 месяцев;

# Предложения для заинтересованных организаций

– создание технологий диагностики для всех самолетных систем: система смазки и газозоудушный тракт двигателя, топливная система, реверсивное устройство, гидросистема самолета;

– создание сети Диагностических центров, по оценке технического состояния узлов трения и смазывающих свойств масел и жидкостей ГТД и самолетных гидросистем;

## Планируемая к выпуску и продаже продукция:

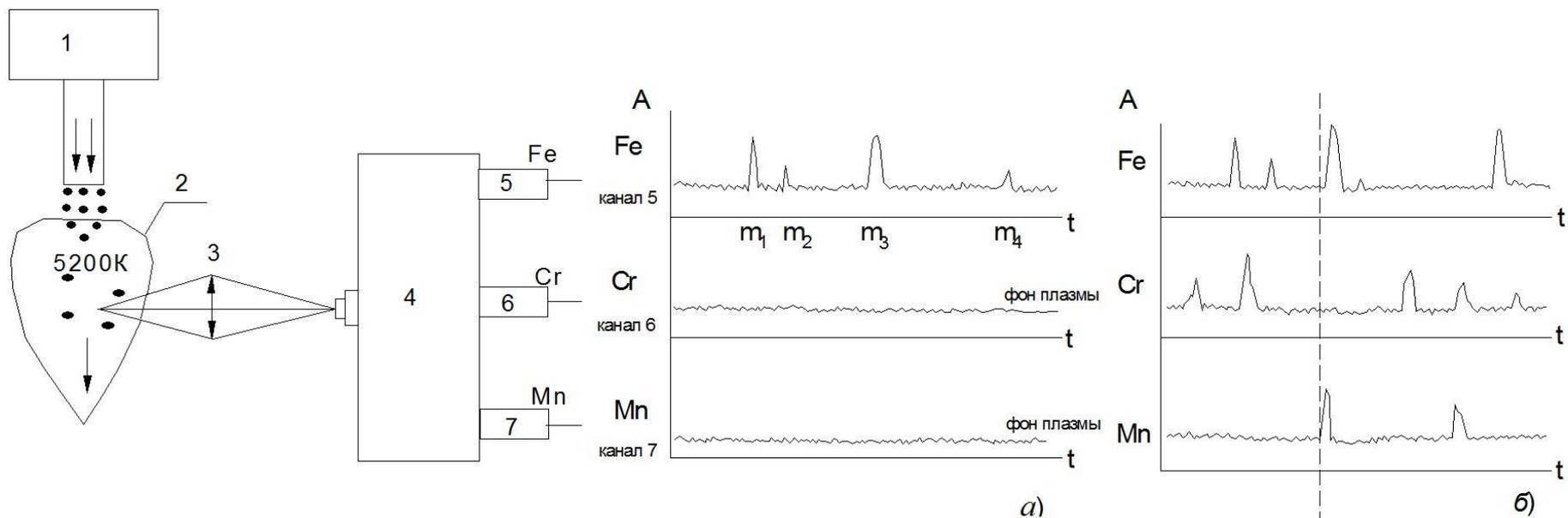
- Сцинтилляционный спектральный комплекс;
- Технологии диагностирования под любой конкретный тип авиационного двигателя;
- Услуги по диагностированию маслосистемы авиационных двигателей в Диагностических центрах.

## Способы и формы сотрудничества с организациями и предприятиями:

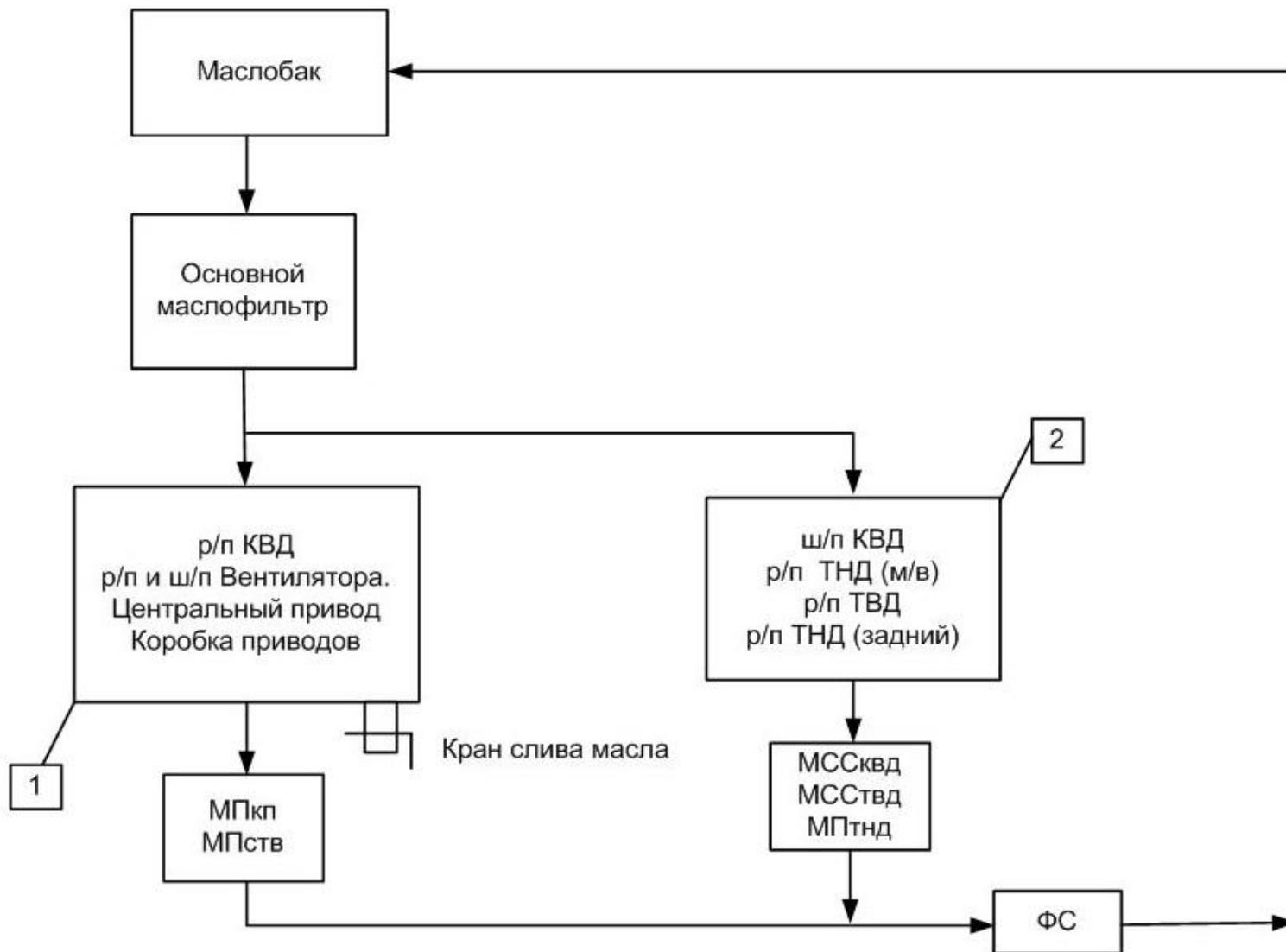
1. Заключение хозяйственных договоров на создание технологии диагностирования, продажу спектрометра, обучение персонала, организацию лаборатории на площадях Заказчика (Эти же работы можно сделать в рамках ФЦП по мероприятию 1.3.);
2. Создание совместного (ых) предприятий при организации Диагностических центров и продаже услуг.

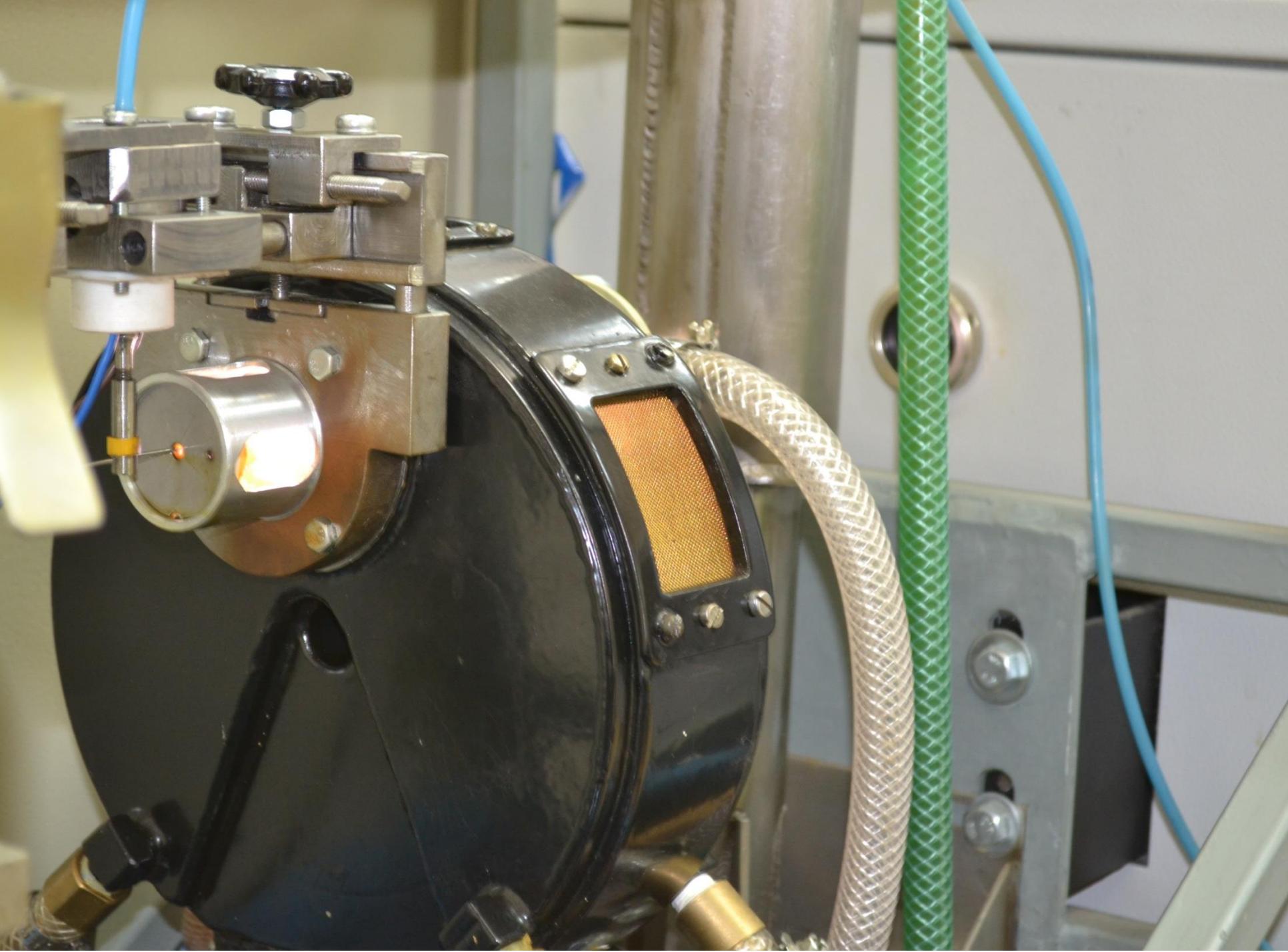
Спасибо за внимание!

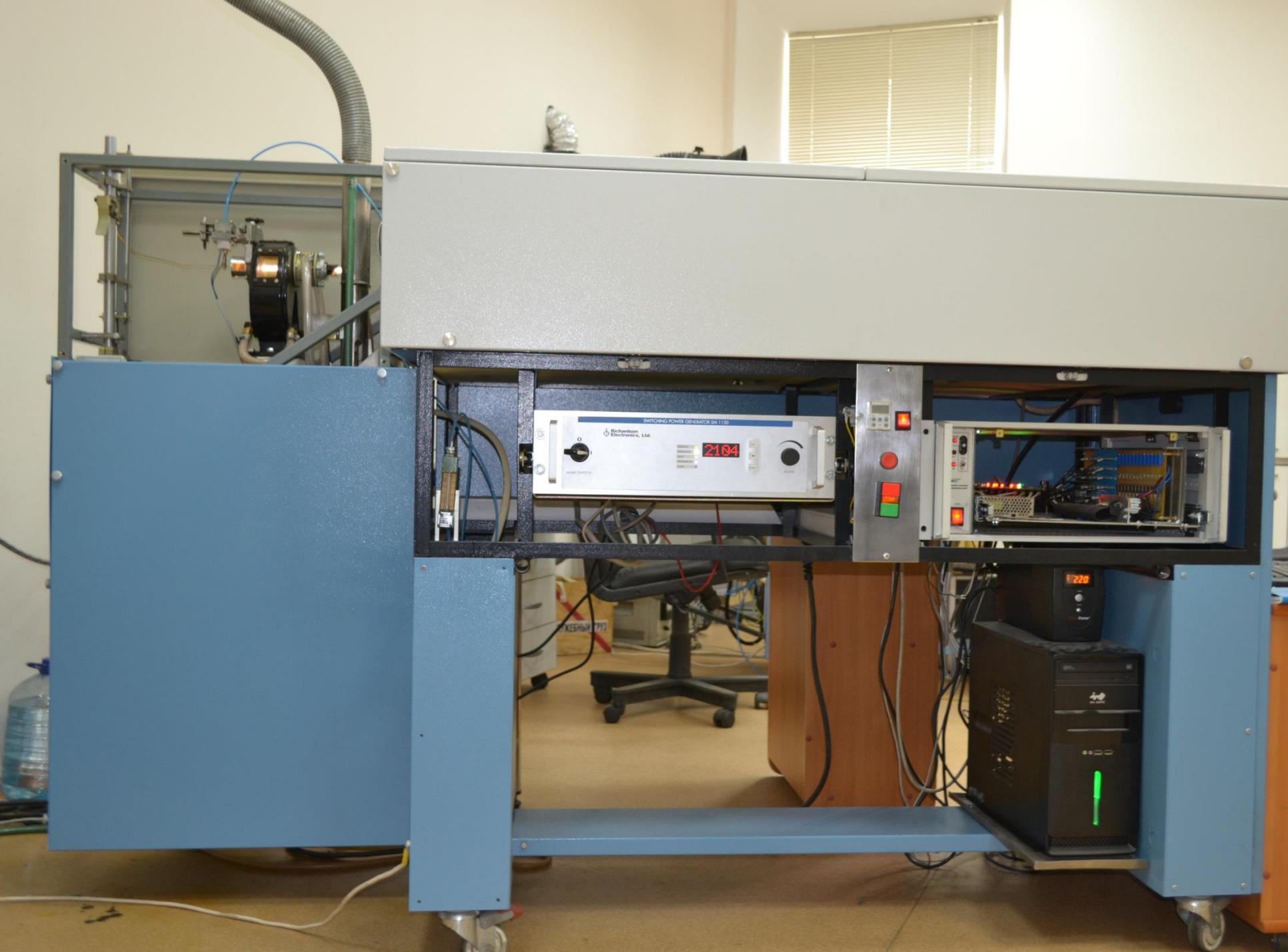
# Блок-схема сцинтилляционного спектрометра



# Схема подачи масла к основным агрегатам ГТД







SWITCHING POWER CE-5500C-30 1130  
Richardson Electronics, Ltd.  
21.04  
MAIN SWITCH

1.220

1.220

