



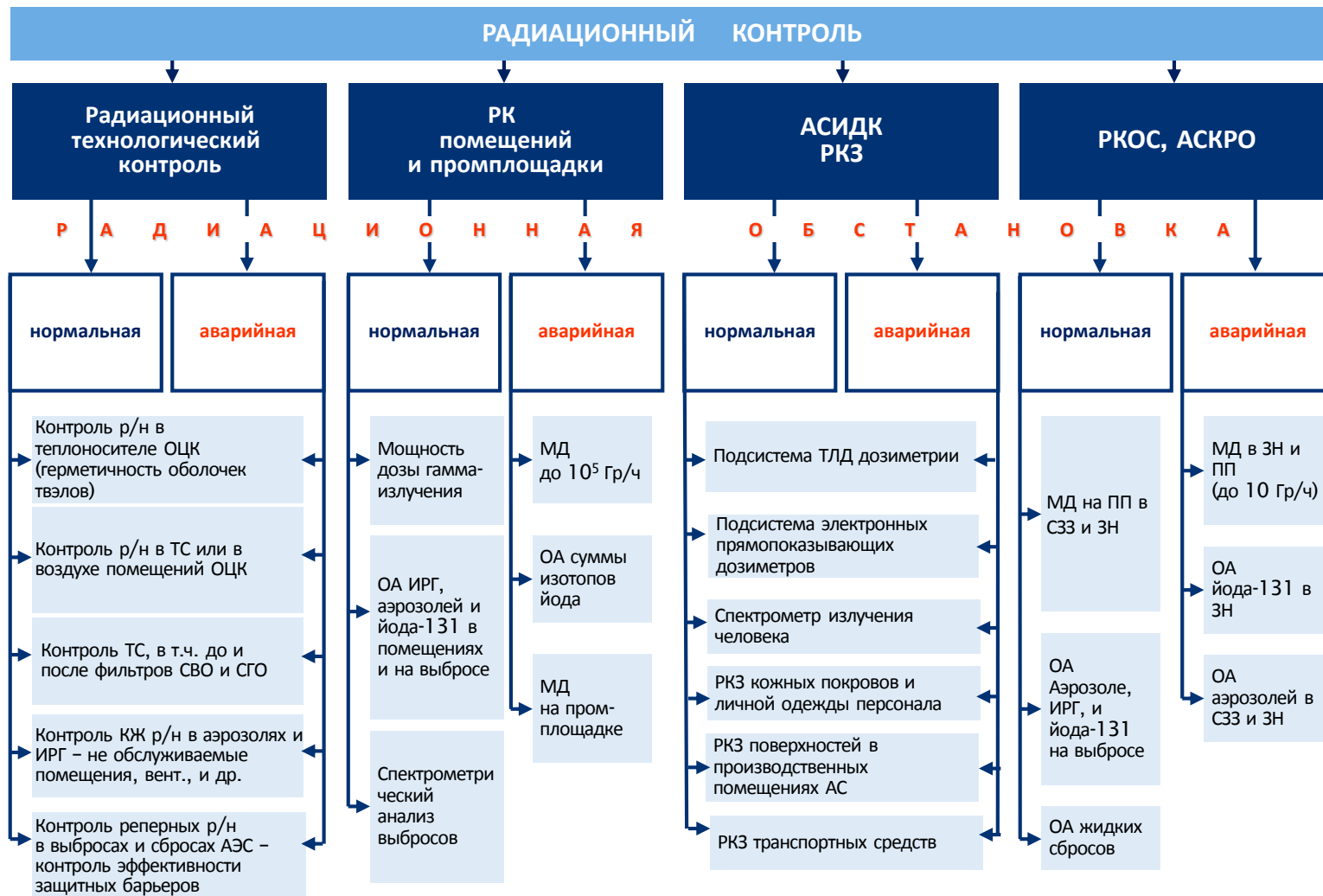
СНИИП
РОСАТОМ

Анализ технических тенденций развития систем радиационного контроля

*Доклад на III Научно-практической конференции
«Физико-технические интеллектуальные системы» (ФТИС-2024)
06-08.02.2024, г. Москва, НИЯУ МИФИ*

Чебышов С.Б., Черкашин И.И., Гордеев А.С., Иванов А.А., Насибуллин Р.А., Ветошкин Е.М.
(АО «СНИИП»)

Обобщенная структура измерительных задач радиационного контроля



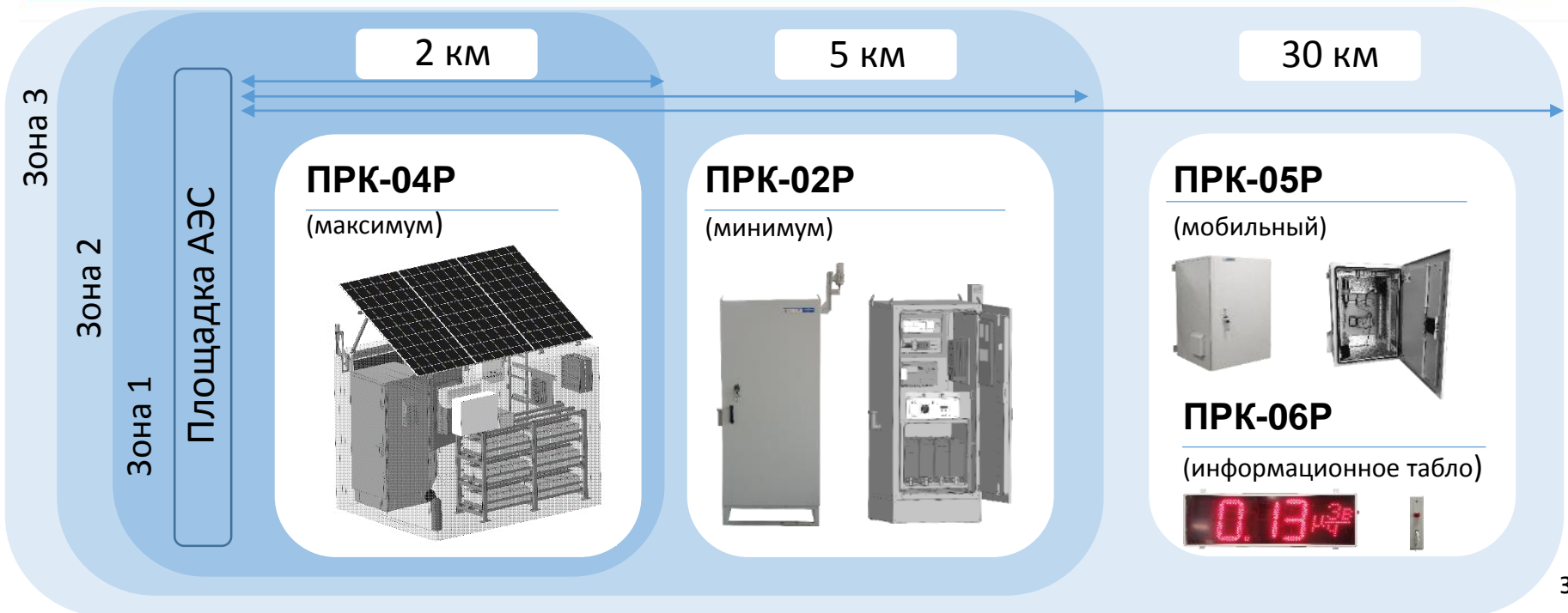
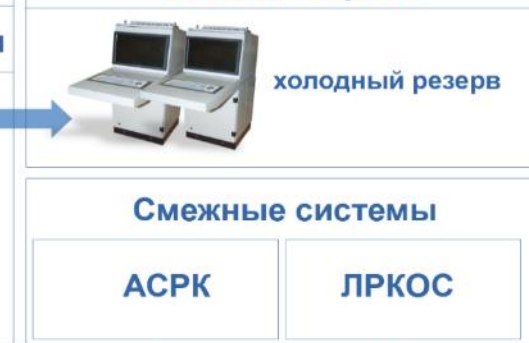
СРК. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО)

Верхний уровень ТС АСКРО

ЗПУПД на АЭС



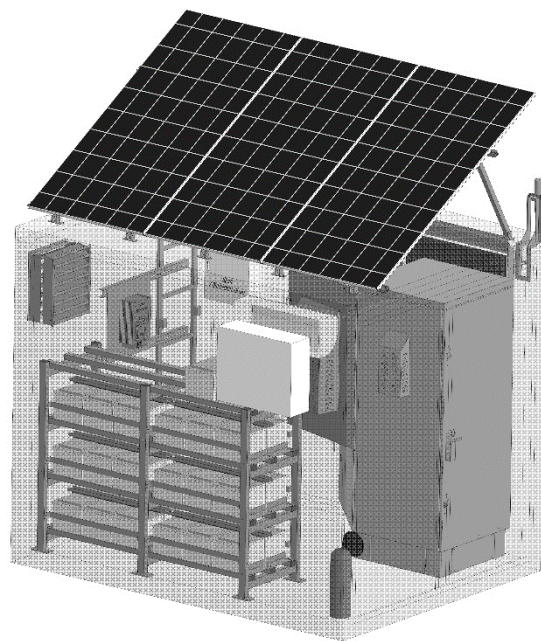
ЗПУПД в городе



Посты радиационного контроля АСКРО

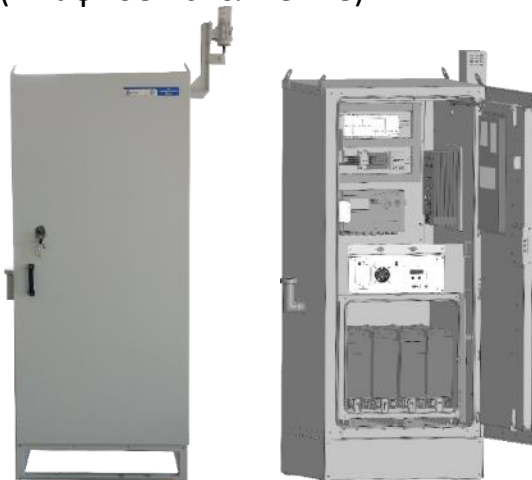
ПРК-04Р

(павильонное исполнение)



ПРК-02Р

(шкафное исполнение)



ПРК-05Р

(малогабаритное исполнение)



ПРК-06Р

(информационное табло)
















Технические сведения

Параметры	Значение
Класс безопасности	3Н
Диапазон МАЭД	$10^{-7} - 10^2$ Зв/ч
Климат. исполнение	УХЛ, Т
Категория размещен.	1, 3, 3.1, 4, 4.1
Степень защиты	IP55
Диапазон раб. темп.	-50°C до +50°C
Сейсмостойкость	7 баллов
Автономность	72 часа
Тип связи	УКВ, TETRA, GPRS, LAN

СРК. Автоматизированная система индивидуального дозиметрического контроля (АСИДК)

Условия внедрения:

- Наличие пилотной АСИДК на АЭС
- Кроссплатформенная поддержка и модульная реализация ПО
- Конфигурация АСИДК под требования Заказчика, интеграция со смежными системами АСУ ТП: АСРК, АСКРО и АСУП
- Возможность поэтапной модернизации и интеграции полной номенклатуры оборудования АСИДК, представленного на рынке (включая существующий парк оборудования)
- Пост-гарантийный ремонт, авторское сопровождение, в течение всего срока службы
- Обеспечение требований ФСТЭК к компьютерной и информационной безопасности АСИДК
- Совместимость баз данных АСИДК с общесистемным ПО «ПОРТАЛ»
- Отсутствие критических компонентов иностранного производства в составе программно-технических средств АСИДК
- Наличие модуля пост-мониторинга и возможность изменения конфигурации в процессе эксплуатации
- Интеграция оборудования ПЭК, СИЧ и СКУД в составе АСИДК (опционально)

Верхний уровень					
	Сервер АСИДК	АРМ СИЧ	АРМ ВДН	АРМ ДД	АРМ ТЛД
Смежный уровень	Считыватели			Кассетницы	СКУД
					
Нижний уровень		Дозиметры	СИЧ	ИК ПЭК	
	ЭПД				
	ТЛД				
	ОСЛД				

АО «СНИИП» выполняет разработку новых программно-технических средств: АРМы, сервер, программный комплекс АСИДК, ЭПД

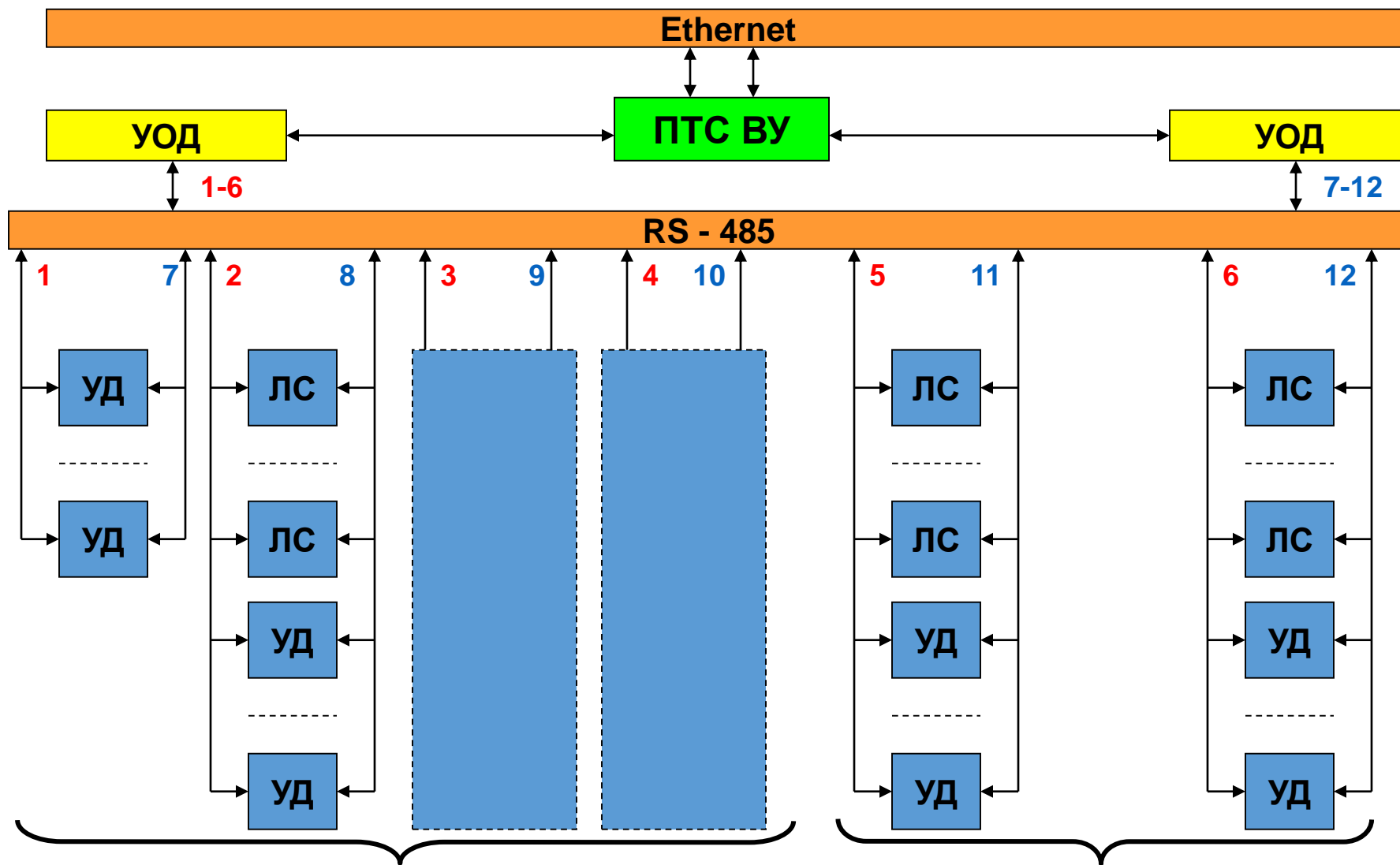
СРК. Автоматизированная система радиационного контроля (АСРК)

АСРК представляет собой 2-х уровневую систему с централизованным верхним уровнем интеграции (в современных проектах АЭС – на базе общесистемного ПО АСУ ТП «ПОРТАЛ» или КРОСС)



ВСЕГО (на 2 э/б): более 6000 единиц оборудования, 55 различных типов, ~500 измерительных каналов, классы безопасности 2, 3, 4

Структурная схема информационной сети АСРК



Перечень основных видов измерений характеристик ионизирующего излучения в современных СРК для АЭС

- МАЭД фотонного излучения, Зв/ч
- МПД фотонного излучения, Гр/ч
- МПД фотонного излучения при МПА, Гр/ч
- ОА ИРГ*, Бк/м³
- ОА ИРГ (аварийное), Бк/м³
- ОА радиоактивных аэрозолей* (α^{**} -, β - излучение), Бк/м³
- ОА йода-131*, Бк/м³
- ОА технологических сред (бесконтактный вариант) Бк/м³
- ОА жидких сред (проточный вариант) Бк/м³
- ОА жидких сред (погружной вариант) Бк/м³
- ОА азота-16, Бк/м³
- ОА натрия-24 в солевом остатке, Бк/м³
- ОА радионуклидов в теплоносителе 1 контура, Бк/м³
- ОА нормируемых радионуклидов в выбросах и сбросах, Бк/м³
- ОА активность трития и углерода в выбросах АЭС и ОА трития в выбросах брызгальных бассейнов
- Параметры воздушного потока, °С, м³/ч, % влажности
- Плотность потока бета-частиц с поверхности, част.·см⁻²·мин⁻¹
- ИЭД рентгеновского и гамма-излучения Нр(10), Зв
- ИЭД рентгеновского, гамма- и бета- излучения Нр(0,07), Зв
- ИЭД нейтронного излучения Нр(10), Зв
- Активность радионуклидов в щитовидной железе, легких и теле (СИЧ), Бк

Подсистема радиационного контроля помещений (РКП)



Подсистема радиационного технологического контроля (РТК)



Подсистема радиационного контроля загрязнений (РКЗ)

Подсистема индивидуального дозиметрического контроля (ИДК)

* Измерительные каналы применяются в стационарном и мобильном исполнении

** Требование проекта АСРК для АЭС «Аккую»

- МПД фотонного излучения в гермообъеме, до 10^5 Гр/ч
- МПД фотонного излучения продувочной воды из системы продувки-подпитки первого контура, до 10^{-1} Гр/ч
- МПД фотонного излучения системы аварийного расхолаживания реактора САОЗ и оболочек твэлов в бассейне выдержки, до 10 Гр/ч
- МПД фотонного излучения от паропровода БРУА**, до 10 Гр/ч
- МПД фотонного излучения в воздухозаборных камерах приточной вентиляции на БПУ и РПУ, до 10^{-3} Гр/ч
- ОА йода-131, до 10^5 Бк/м³
- МАЭД фотонного излучения в помещениях БПУ и РПУ, до 10^{-1} Зв/ч
- ОА воды контура аварийного охлаждения активной зоны, до 10^8 Бк/м³
- ОА технической воды, направляемой на внешние сооружения (градирни, брызгальные бассейны и т.д.) для охлаждения, до 10^6 Бк/м³
- ОА ИРГ в венткоробах системы вентиляции, под гермооболочкой и в межоболочечном пространстве*, до 10^9 Бк/м³
- ОА газоаэрозольных выбросов активности ИРГ, до 10^{13} Бк/м³; бета-аэрозолей, до 10^5 Бк/м³
- МПД фотонного излучения, до 10 Гр/ч и йода-131 через венттрубу энергоблока, до 10^5 Бк/м³

* При наличии в компоновке энергоблока АЭС

** БРУА –быстродействующая редуцирующая установка сброса пара в атмосферу

СРК являются подсистемами АСУ ТП АЭС и на них распространяются все требования, предъявляемые к оборудованию важному для безопасности.

При этом, **имеются специфические особенности**, характерные именно для СРК:

- по характеру исполнения СРК вводятся в действие ранее и выводятся из эксплуатации позднее эксплуатации позднее большинства других подсистем АСУ ТП
- широкие диапазоны измерений (до 17 десятичных порядков)
- необходимость использования ИИИ для проведения метрологического обслуживания поверки обслуживания поверки
- режимы функционирования оборудования связаны с пробоотбором радиоактивных сред и сред и расположением измерительных каналов в ЗКД
- СРК являются информационно-измерительными системами но при этом вырабатывают сигналы

Перечисленные особенности учитываются при интеграции СРК в состав АСУ ТП, но одновременно приводят к необходимости выполнения дополнительных требований.

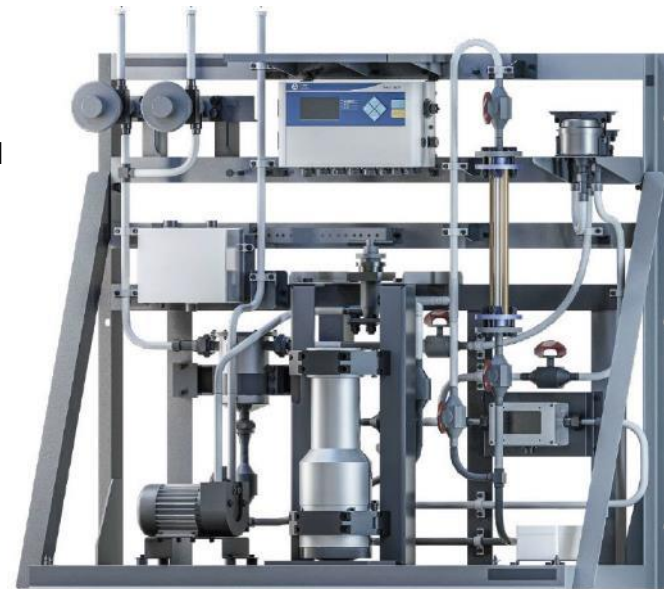


Тенденция №2. Нарращивание функций конструктивно завершенных измерительных каналов

В состав ИК СРК входят: непосредственно оборудование нижнего уровня (блоки и устройства детектирования) утверждённого типа, устройства обработки информации нижнего уровня (как правило, также утвержденного типа) и технические средства верхнего уровня для отображения информации с использованием человеко-машинных интерфейсов.

Оборудование функционально законченных ИК, следуя цели повышения эргономических качеств СРК, **размещается на стендах радиационного контроля***, своем составе запорно-регулирующую арматуру, средства доставки проб, устройства локального управления работой ИК, блоки коммутации, питания и сигнализации, а также измерители физических параметров (расходомеры и пр.).

Благодаря размещению оборудования на стендах и включению дополнительных функций ИК, достигается повышение технологичности интеграции АСРК в единый программно-технический комплекс и улучшение качества измерений.



* К стендам радиационного контроля и размещенным на них устройствам детектирования, выполняющим функции установок для измерения объемной активности, в совокупности предъявляются требования как к средствам измерений утвержденного типа

Тенденция №3. Ужесточение требований по устойчивости к внешним воздействиям

ВВФ	Проекты			
	Нововоронежская АЭС-2	АЭС «Руппур»	АЭС «Аккую»	Курская АЭС-2
Сейсмостойкость	II	II и III	I и II	II
Помехоустойчивость по ГОСТ 32137	III по ГОСТ Р 50746-200	IV	III, IV	III, IV
Климатическое исполнение	УХЛ	T	T	УХЛ
Тип атмосферы	II	IV	III	II
Коррозионные агенты, не более, мг/м ³	нет требований	хлориды: 0,267; сульфаты: 0,022	хлориды: 0,267; сульфаты: 0,022	нет требований
Устойчивость к внешнему гамма-излучению	нет требований	нет требований	1 Гр/ч	10 ⁻³ Гр/ч

Требования к устойчивости оборудования СРК к ВВФ во многом определяются географией размещения АЭС на территории РФ и за рубежом, включая такие страны как Турция (АЭС «Аккую»), Бангладеш (АЭС «Руппур»), Индия (АЭС «Куданкулам»), Египет (АЭС «Эль-Дабаа») и др.

Для достижения технической конкурентоспособности СРК за счет унификации программно-технических средств оборудование ИК должно удовлетворять наиболее жестким условиям эксплуатации.

* При модернизации и разработке нового оборудования СРК закладываются наиболее жесткие требования к устойчивости к внешним воздействующим факторам, соответствие которым подтверждается в процессе испытаний

Тенденция №4. Расширение диапазонов и увеличение точности измерений

ГОСТ 27452-87 «Аппаратура контроля радиационной безопасности на атомных станциях. Общие технические требования»

1986 год



Международный стандарт МЭК 60951 «Оборудование для контроля излучения в аварийных и послеаварийных условиях на АЭС»

2002 год



СТО 1.1.1.01.005.0841-2010 «Общие требования к объему радиационного контроля в системах радиационного контроля атомных станций»

2010 год



СТО 1.1.1.04.001.1384-2017 «Системы радиационного контроля атомных электростанций. Общие требования».

2017 год

В проектных требованиях за последние 20 лет:

- диапазоны измерений объемной активности и мощности дозы^{*)} увеличены на 4 порядка (в 10 000 раз);
- основная относительная погрешность составляет не более 30% и нормируется для всех типов измерительных каналов (индикаторные каналы исключены).

Расширение диапазонов и увеличение точности измерений не всегда технически обосновано.

* Перечисленные ИК составляют не менее 70% объема радиационного контроля ЦРК

Тенденция №5. Оптимизация объема радиационного контроля энергоблока АЭС



Контролируемый параметр	Количество ИК в проекте АСРК, шт.				Справочно, шт.	
	НВ АЭС-2	ЛАЭС-2	«Руппур»	«Аккую»	БРЕСТ-ОД-300	БРЕСТ-ОД-300 (оптим.)
МПД фотонного излучения	20	38	51	40	27	9
МАЭД фотонного излучения	72	43	121	152	43	83
МПД гамма-излучения при МПА	4	4	4	4	4	4
МАЭД нейтронного излучения	-	-	-	6	10	4
ОА йода-131	5	9	9	35	18	7
ОА ИРГ	15	22	15	23	57	32
ОА аэрозолей	11	13	20	21	85	32
ОА жидкости (погружной)	13	14	4	4	4	4
ОА жидкости (проточный)	11	14	4	8	12	6
Блок светозвуковой сигнализации	69	43	120	152	111	83

Проведение обоснования и оптимизации объема РК позволяет сократить количество ИК до 30% без ухудшения качества и надежности СРК



- Отмечается тенденция, когда в основу проектных требований к техническим характеристикам ИК СРК ложатся не параметры, соответствующие расчетам радиационных величин, а **параметры конкретных производителей оборудования**.
- В ряде случаев проектные требования по диапазону и точности измерений превышают потребность, обусловленную параметрами технологических процессов, и не подтверждаются физическими расчетами, т.е. являются **избыточными**.
- Избыточность требований к метрологическим характеристикам отдельных ИК ухудшает эксплуатационные возможности систем СРК в целом, **требует дополнительных затрат** на приобретение и использование оборудования установки, эталоны, образцовые (ИИИ) и существенно ограничивает типизацию и унификацию технических решений как в пределах одного проекта, так и между проектами-аналогами.

Имеются существенные предпосылки для оптимизации комплекса требований к объему радиационного контроля для обеспечения унификации и типизации ПТС в рамках реализации перспективных проектов создания и ввода в действие СРК АЭС в РФ и за рубежом

В новых проектах АЭС Генпроектировщиком установлен **класс безопасности 3 для оборудования АСКРО, ИДК, ПЭК и РКЗ** (включая импортное оборудование), а также комплектов (ЗИП, КМЧ, расходных материалов и пр.), из чего вытекает необходимость:

- оформления планов качества в рамках полного цикла изготовления;
- оформление Решений о применении импортных комплектующих (РОП);
- сертификацию (ре-сертификацию) продукции по действующим НТД;
- проведения испытаний, в том числе на сейсмостойкость и электромагнитную совместимость по группе IV ГОСТ 32137-2013 (жесткая электромагнитная обстановка).

Выполнение перечисленных требований приводит к значительному увеличению сроков и стоимости реализации проектов, а в ряде случаев не может быть обеспечено в принципе.

Входящие в состав СРК технические средства оперативного контроля, лабораторного анализа и ИДК не востребованы для оперативного управления АЭС и не оказывают влияние на принятие решений, важных для ее безопасности.

Для повышения эффективности реализации проектов СРК назрела необходимость на основании РБ-152-18 внесения изменений в НП-001-15, касающихся классификации оборудования АСРК, и в НП-071-18 в части оптимизации процедур оценки соответствия

Распространенной практикой является **отсутствие проектной документации на СРК к моменту запуска производства**, при которой отсутствуют поставочные спецификации с конкретными типами и марками оборудования, не согласованы ЧТЗ на программно-технические комплексы, в спецификациях не учтено до 30% необходимого оборудования.

Подсистемы *)	РТК	РКП	РКЗ	АРК	АРКТ	АСИДК	ПЭК
Получены технические требования на оборудование	+	+	+/-	+	+	+/-	+/-
Определены типы и марки оборудования	+	+	+	+	+	+	+
Степень готовности актуального перечня измерительных каналов по уточненной проектной потребности (спецификация)	50%	60%	60%	+	+	40%	Нет

«Гибкость» применения оборудования радиационного контроля обеспечивается за счёт:

- соответствия современному комплексу требований, предъявляемых к системам радиационного контроля, международным и национальным стандартам;
- наличия развитой диагностики работоспособности оборудования;
- гибкости и масштабируемости архитектуры СРК;
- программно-аппаратного взаимодействия с внешними системами;
- возможности адаптации под объект использования;
- улучшение эргономики, сокращения массы, габаритных размеров и потребляемой мощности;
- локализации выпуска на собственном производстве.

Основным критерием конкурентоспособности в сложившихся условиях является возможность применения оборудования в составе ИК широкого спектра задач при выполнении проектных требований по оценке соответствия, обеспечивающая потребности эксплуатирующей организации

* Приведена информация о фактической готовности проектно-сметной документации по проекту АСРК для АЭС «Аккую» по состоянию на 01.01.2023

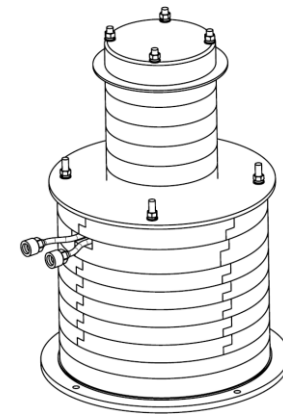
При модернизации устройства детектирования объемной активности жидких сред **УДЖГ-35Р** было разработано новое устройство детектирования **УДЖГ-43Р**, в котором вместо традиционного свинца в качестве материала защиты блока детектирования был применен сплав свинца и сурьмы (добавки сурьмы снижают текучесть металла при механической обработке и перемещениях). Это решение позволило создать вариант сборно-разборной секционной защиты, монтаж которой может выполняться персоналом на любой высотной отметке без использования грузоподъемных механизмов: **вся защита весом около 450 кг разделена на 60 сегментов массой не более 15 кг**. Таким образом обеспечивается удобство эксплуатации на АЭС, а геометрия измерений и эффективность регистрации излучения с ослаблением влияния внешнего фона сохраняются на требуемом уровне.



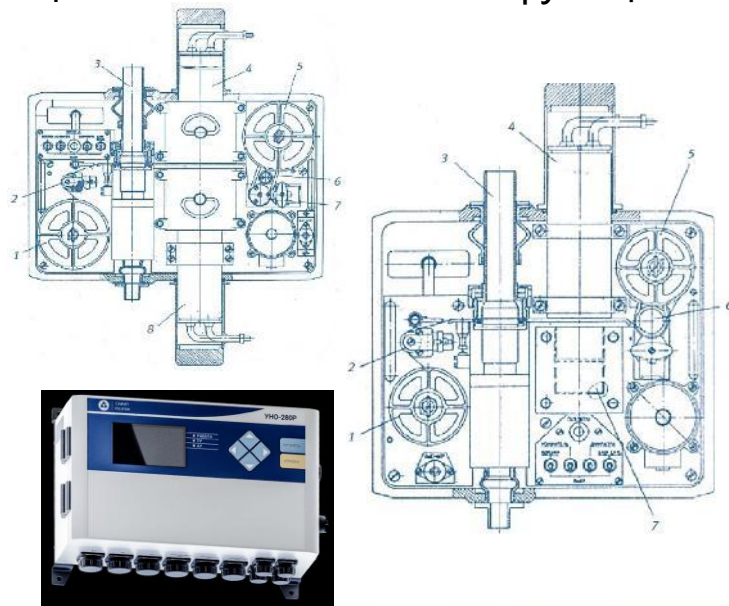
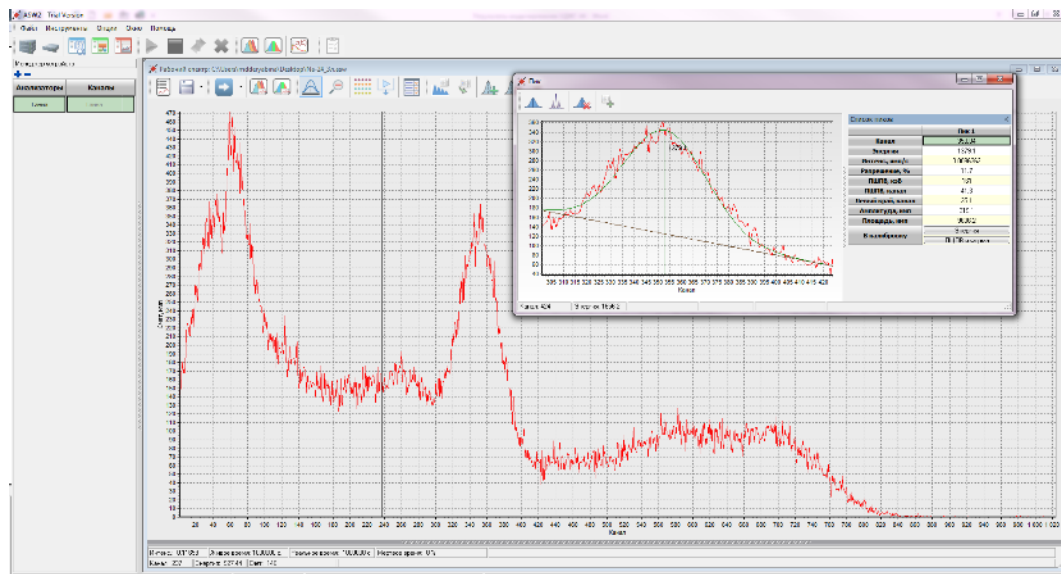
УДЖГ-35Р



УДЖГ-43Р



- Внедрение методов спектрометрического анализа в состав устройств детектирования технологических сред, помимо измерения парциальных ОА реперных радионуклидов, позволяет повысить качество измерительной информации посредством учета удельного состава контролируемых сред при расчете суммарной ОА
- Цифровая обработка сигналов детекторов ионизирующих излучений
- Применение методов цифрового моделирования и проектирования*)
- Компенсация внешнего фона различными программно-аппаратными методами
- Снижение влияния сорбции на внутренних поверхностях измерительных объемов
- Нарращивание функций самодиагностики и информационно-аналитических функций



* В настоящее время в отрасли используется 36 отечественных программных пакетов для цифрового моделирования и проектирования по направлению ядерного приборостроения

- При производстве оборудования основной объем сборочных единиц изготавливается с техническим контролем в процессе **приемки**. Процедуры согласования документации и оценки соответствия чрезвычайно **осложнены** и **збюрократизированы**. Стабильность технологии обеспечивается за счет оценки соответствия законченных изделий, что не должно приводить к сокращению набора их функций («упрощению»).
- При вынужденной **адаптации** оборудования СРК, изначально разработанного для других целей (неполные продуктовые линейки), к требованиям проекта АЭС возникают дополнительные модификации одних и тех же приборов. Необходимо поддерживать контроль версий, возможность верификации и валидации ПО, полностью исключить ошибки конфигурации многоканальных систем.
- При использовании стандартных **общепромышленных компонентов**, выпускаемых для других отраслей промышленности (не для атомной) необходимо в случае смены рыночной политики производителей сохранить целостность спецификации.
- Требуется поддерживать в работоспособном состоянии **ранее поставленную** аппаратуру, а также оборудование после длительного складского хранения (по причине неготовности объекта установки), а также исключить в процессе гарантийного обслуживания, ремонта и сервисного обслуживания: необходимость **восстановления ресурса** оборудования вплоть до его полной замены, либо демонтаж изделий с эксплуатации с вынужденным сокращением объема радиационного контроля.
- Требуется обеспечить поддержку пользователей при **смене поколений** аппаратуры, совместимость оборудования разных поколений, в том числе на уровне ЗИП.



- Выработка подходов к формированию **стоимости эксплуатации** СРК, включая заказ ЗИП, на фоне ужесточения требований к ремонтпригодности и увеличения сроков службы.
- Применение преимущественно **отечественной компонентной базы**.
- По результатам **закупок** оборудования у различных производителей формируется парк приборов, для интеграции которого в состав СРК требуются многочисленные устройства сопряжения и возникают дополнительные затраты, увеличиваются сроки и стоимость сооружения АЭС.
- **Финансовая ответственность** за изменение проектных решений в части номенклатуры, оборудования и требований к нему в процессе изготовления СРК **возлагается на поставщиков системы**, что приводит к дополнительным издержкам.
- Снижение влияния **проектных ошибок**, вызванных некорректными исходными данными для проектирования, приводящих к невозможности использования оборудования СРК по назначению, либо вызывающих необходимость **дополнительных затрат** для приведения системы в соответствие проекту непосредственно в процессе

В тесном взаимодействии с персоналом отделов радиационной безопасности Ростовской, Калининской, Нововоронежской АЭС и ПАТЭС «Академик Ломоносов» АО «СНИИП» учтен опыт эксплуатации оборудования СРК, получены ценные замечания и предложения, использованные при модернизации и разработке новой аппаратуры.


1. СРК рассматриваются как подсистемы АСУ ТП
2. Нарращивание функций конструктивно завершенных измерительных каналов
3. Ужесточение требований по устойчивости к внешним воздействиям
4. Расширение диапазонов и увеличение точности измерений
5. Оптимизация объема радиационного контроля энергоблока АЭС
6. Проектирование СРК на базе аналогов оборудования и реализованных проектов
7. Отнесение всего оборудования СРК к классу безопасности 3
8. Расширение области применения оборудования радиационного контроля
9. Применение новых технологий при создании оборудования
10. Технические решения, обусловленные взаимодействием участников рынка СРК





Участники рынка вынуждены прикладывать значительные усилия для решения организационных и финансовых вопросов, не связанных непосредственно с технической реализацией и эксплуатацией аппаратуры СРК.

Для дальнейшего развития направления необходимо упростить отраслевые процедуры согласования документации и оценки соответствия, а также исключить бюрократические препятствия при открытии и исполнении инвестиционных проектов в форме НИОКР.

Уровень влияния технической тенденции:

 Низкое влияние
(0 – 5 баллов)

 Среднее влияние
(6 – 14 баллов)

 Высокое влияние
(15 – 25 баллов)

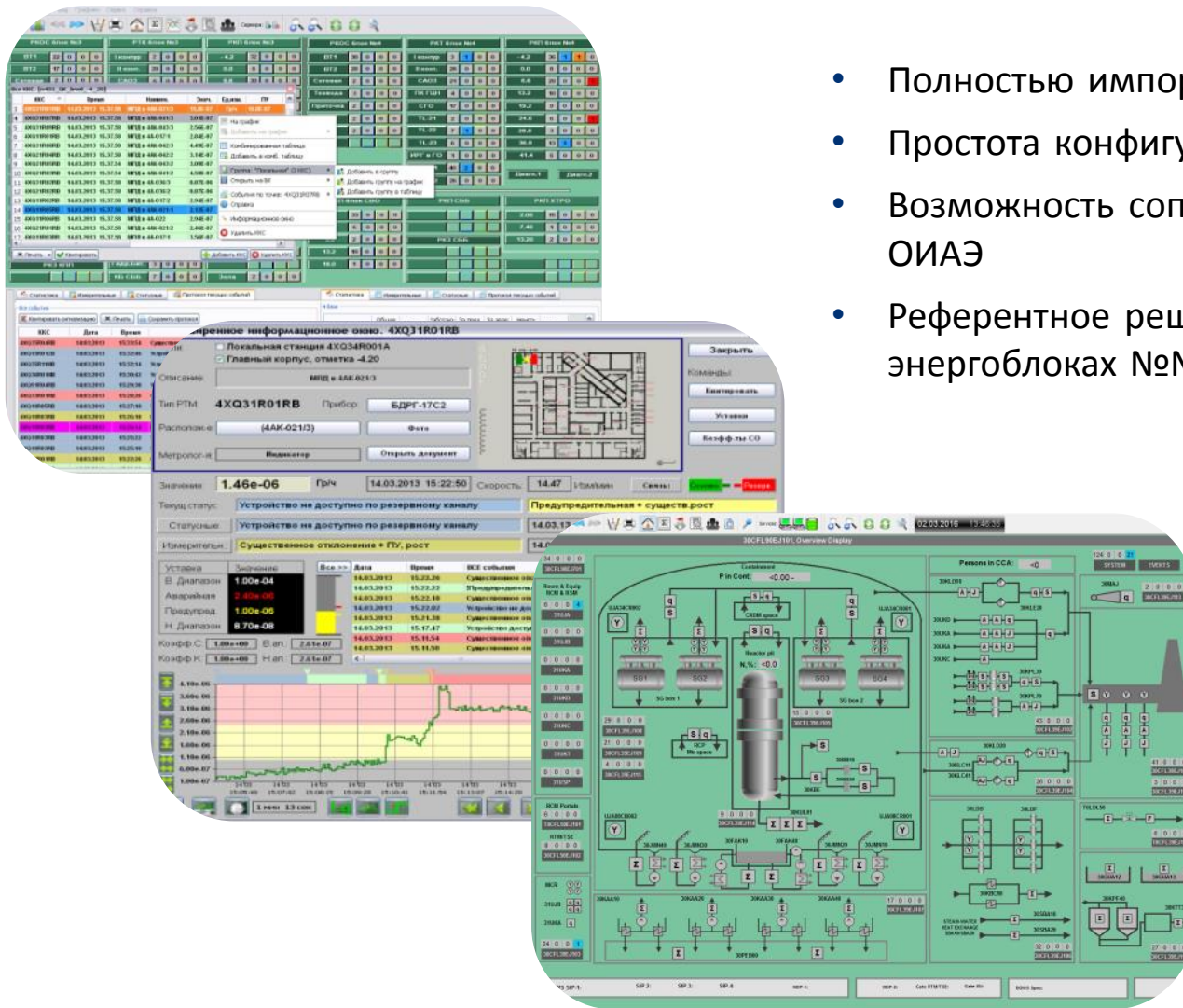
Инвестиционные проекты, реализуемые АО «СНИИП» по направлению СРК

№ п/п	Наименование проекта, год начала работ	Статус реализации в 2023 г.
1	Совершенствование продуктовой линейки гражданского назначения («КАЙМАН»), 2019 г.	Разработан комплекс из 8 базовых программно-технических средств радиационного технологического контроля
2	Совершенствование программно-технических средств радиационного контроля двойного назначения («НАРВАЛ»), 2019 г.	Разработан комплекс из 4-х программно-технических средств технологического и дозиметрического контроля двойного назначения
3	Разработка программно-технических средств АСКРО в защищенном отказоустойчивом исполнении («НОРДИК»), 2021 г.	Выполняется разработка комплекса из 5-ти типов постов радиационно-экологического контроля для построения унифицированных АСКРО
4	Разработка специализированного ПО верхнего уровня и ПТС сопряжения для АСИДК («РИФ»), 2021 г.	Разработано специализированное программное обеспечение верхнего уровня, АРМ и сервер АСИДК
5	Создание унифицированной линейки узлов ядерной электроники для существующих и перспективных типов детекторов в интегральном/гибридном исполнении («РАДИЙ»), 2023 г.	Инициирован новый проект, направленный на создание технологического кластера и разработку новых устройств детектирования на перспективной элементной базе
6	Разработка индивидуальных ЭПД фотонного и бета-излучений и фотонного и нейтронного излучений («КАЛАН»), 2023 г.	Выполняется разработка 2-х типов ЭПД полностью на отечественной элементной базе
7	Развитие стендовой базы экспериментальной метрологии, 2020 г.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка и аттестация в качестве рабочих эталонов стендов метрологии ИРГ, йода-131, жидких сред. 2. Модернизация γ- и n-«линеек»

* В рамках проектов «Кайман», «Нарвал» и «Нордик» АО «СНИИП» разработаны проекты ТТТ к АСРК, АСИДК и АСКРО соответственно.

№	Измерительные задачи	Проблемные вопросы, направления развития
1	Измерение характеристик фотонного излучения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Развитие технологии детекторов. 2. Метрологическое обеспечение низкофоновых измерений – от 10^{-8} Зв/ч. 3. Метрологическое обеспечение измерений свыше 100 Гр/ч (100 Зв/ч). 4. Метрологическое обеспечение измерений гамма-излучения с энергиями до 10 МэВ. 5. Разработка и производство отечественных рабочих эталонов ионизационных камер.
2	Нейтронные измерения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Метрология во всех энергетических диапазонах. 2. Отсутствие рабочих эталонов спектрометров нейтронов. 3. Развитие работ по дозиметрии нейтронов.
3	Контроль/измерение поверхностного радиоактивного загрязнения	Выпуск и аттестация образцовых источников с нормированной неравномерностью плотности потока частиц (рабочий эталон радиометра поверхностной активности).
4	On-line измерения ОА аэрозолей	Проведение испытаний в целях утверждения типа САИ в ранге эталонного СИ (окончание в 2023 г.).
5	On-line измерения ОА жидких сред	Аттестация и запуск в работу рабочего эталона (окончание в 2023 г.).
6	Измерение ОА ИРГ	Ограниченные возможности приобретения образцовых источников ИРГ по номенклатуре и активности. Паспортизованная активность устанавливаемая поставщиком указывается с погрешностью $\pm 30\%$ и более.
7	Технологическая спектрометрия	Развитие работ по методическому обеспечению измерений.
8	Индивидуальная дозиметрия фотонного, бета- и нейтронного излучений	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие отечественных, освоенных в производстве разработок прямопоказывающих электронных дозиметров γ-β и γ-n излучения – запуск ОКР. 2. Необходима работа в формате ОКР по модернизации отечественных ТЛД-систем серий АКВДК (г. Ангарск, НПО «Центротех») и КИД (Москва, СНИИП) в части повышения уровня автоматизации обмера ТЛД-дозиметров. 3. В настоящее время в РФ не решена задача метрологического обеспечения дозиметрии нейтронов E_n: 0,025 эВ – 6 МэВ (20 МэВ).

Программное обеспечение верхнего уровня АСРК



- Полностью импортонезависимое ПО ВУ АСРК
- Простота конфигурации под любой ОИАЭ
- Возможность сопряжение с любым ПО АСУ ТП ОИАЭ
- Референтное решение эксплуатируется на энергоблоках №№ 1-4 Калининской АЭС

Ключевое преимущество – пользователю предоставляются легитимные инструменты для конфигурирования ПО в процессе эксплуатации.

При создании новых приборов АО «СНИИП» учитывает опыт эксплуатации, **тенденции развития**, существующие на рынке оборудования радиационного контроля, перспективных проектов, при этом:

- обеспечивается конструктивная и функциональная совместимость вновь разрабатываемой аппаратуры с эксплуатируемыми типами программно-технических средств при модернизации и замене элементов СРК
- улучшаются эргономические характеристики оборудования, сокращаются масса и габаритные размеры приборов, облегчающие размещение и эксплуатацию
- оборудование СРК соответствует более жестким требованиям, закладываемым Проектировщиком, при сохранении ранее достигнутых показателей назначения
- переход на новые типы оборудования СРК осуществляется эволюционным путем, ранее поставленное оборудование и ПО поддерживается, включая поставки ЗИП

Техническая политика АО «СНИИП» предусматривает поддержание в актуальном состоянии КД на оборудование на всем жизненном цикле СРК и обеспечение преемственности поколений программно-технических средств

Опыт поставок оборудования СРК АО «СНИИП» на АЭС с 2008 до 2023 гг.

Контролируемые параметры/АЭС (годы реализации проекта)	Ростовская, э/б № 2 (2008-2010 гг.)	ПЭБ	Калининская, э/б № 4 (2010-2013 гг.)	НВ-2, э/б №№ 1,2 (2012-2015 гг.)	Ростовская, э/б №№ 3,4 (2015-2018 гг.)	Калининская, э/б №№ 1,2 (2017-2020 гг.)	«Руппур», «Аккую», Курская АЭС-2	Общее кол-во постав-го обор-я, шт.
		2008-2012 гг. Ростовская, э/б № 1 2011-2013 гг.						
МПД γ-излучения	БДРГ-17С	БДРГ-17С БДРГ-42Р	БДРГ-42Р	БДРГ-42Р	БДРГ-42Р	БДРГ-42Р	БДРГ-42Р	~ 600
МАЭД γ-излучения	БДРГ-17С	БДРГ-17С	БДБГ-13Р	БДБГ-13Р	БДБГ-13Р	БДБГ-13Р	БДБГ-13Р	~ 900
ОА ИРГ	БДГБ-40П БДГБ-21С БДГГ-02С	БДГБ-26С БДГБ-21С БДГБ-40П БДГГ-02С	БДГБ-40П	БДГБ-40П	БДГБ-40П	БДГБ-40П	УДГБ-47Р	~ 350
ОА йодов	БДАГ-05Р1	БДАГ-05Р1 БДАГ-05Р1	БДАГ-05Р1	БДАГ-05Р1	БДАГ-05Р1	БДАГ-05Р1	БДАГ-05Р1 УДАГ-08Р УДАГ-09Р	~ 150
ОА аэрозолей	БДАБ-22Р	БДАС-04Р БДАС-04Р	БДАС-04Р	БДАС-04Р	БДАС-04Р	БДАС-04Р	БДАС-04Р БДАС-05Р	~ 150
ОА жидкости	БДЖГ-13Р УДЖГ-35Р	УДЖГ-35Р	БДЖГ-13Р УДЖГ-35Р		БДЖГ-13Р УДЖГ-35Р	БДЖГ-13Р УДЖГ-35Р	БДЖГ-13Р УДЖГ-35Р УДЖГ-43Р	~ 300
Устройства обработки, управления информацией и сигнализации	УНО-209Р УКК-56Р БСС-46Р1	БСС-46Р1 УНО-183Р УНО-276Р УНО-268Р УНО-209Р	БПА-57Р БСС-46Р1 БУК-1Р БУК-2Р БУЭК-01Р		БПА-57Р БСС-46Р1 БУК-1Р БУК-2Р БУЭК-01Р	БПА-57Р БСС-46Р1 БУК-1Р БУК-2Р БУЭК-01Р	БПА-57Р УНО-280Р БСС-46Р1	~ 1800
ПТК ВУ		✓	✓			✓		> 4 тыс. ИК

- Новые разработки
- Модернизированное оборудование

Эволюция оборудования СРК. ИК объемной активности аэрозолей



Блок детектирования БДАС-04Р



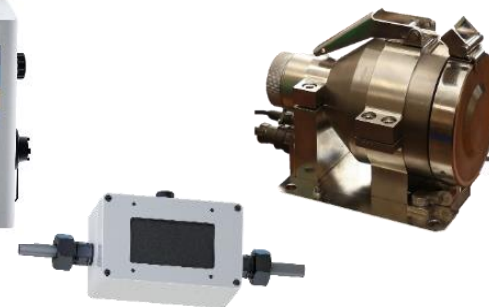
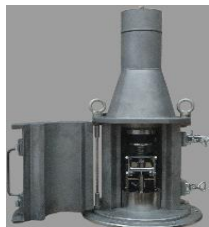
Блок детектирования БДАС-05Р

Параметр	Значение	
	Для α-активных аэрозолей	Для β-активных аэрозолей
Диапазон измерений, Бк/м ³	от 2,0·10 ⁻² до 2,0·10 ⁵	от 5,0·10 ⁻² до 1,0·10 ⁶
Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %	от 2,0·10 ⁻² до 1,0·10 ⁰ Бк/м ³ – 50 % свыше 1·10 ⁶ Бк/м ³ – 20 %	
Назначенный срок службы	15 лет	
Электромагнитная совместимость	III (критерий А) по (ГОСТ 32137)	
Масса	85 кг	
Интерфейсы	RS-485, RS-232	

Параметр	Значение	
	Для α-активных аэрозолей	Для β-активных аэрозолей
Диапазон измерений, Бк/м ³	от 1,0·10 ⁻² до 2,0·10 ⁵	от 2,0·10 ⁻² до 1,0·10 ⁷
Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %	от 1,0·10 ⁻² до 1,0·10 ⁰ Бк/м ³ – 50 % свыше 1·10 ⁷ Бк/м ³ – 20 %	
Назначенный срок службы	20 лет	
Электромагнитная совместимость	IV (критерий А) по (ГОСТ 32137)	
Масса	60 кг	
Интерфейсы	RS-485, USB	

Принципиальные улучшения: повышение удобства эксплуатации за счет разделения объемов отбора проб и электронного тракта, повышение эффективности осаждения пробы на фильтр

Эволюция оборудования СРК. ИК объемной активности йодов



Блок детектирования БДАГ-05P1

Устройство детектирования УДАГ-09P

Параметр	Значение
Тип детектора	NaI(Cl)
Диапазон измерения объемной активности паров йода-131	$3,7 \cdot 10^{-2}$ до $3,7 \cdot 10^6$ Бк/м ³
Диапазон рабочих температур	от минус 10 до + 55 °С
Тип фильтра	Картридж с углем в форме сосуда цилиндра
Электромагнитная совместимость	III (критерий А) по (ГОСТ 32137)
Масса	430 кг
Назначенный срок службы	15 лет

Параметр	Значение
Тип детектора	LaBr ₃ (Ce)
Диапазон измерения объемной активности паров йода-131	$3 \cdot 10^{-2}$ до $3,7 \cdot 10^7$ Бк/м ³
Диапазон рабочих температур	от минус 30 до + 60 °С
Тип фильтра	Картридж в форме сосуда Маринелли
Электромагнитная совместимость	IV (критерий А) по (ГОСТ 32137)
Масса	60 кг
Назначенный срок службы	20 лет
	<ul style="list-style-type: none"> Индикация объемной активности изотопов йод-132, 133, 135; Отсутствие дополнительной погрешности в широком температурном диапазоне эксплуатации.

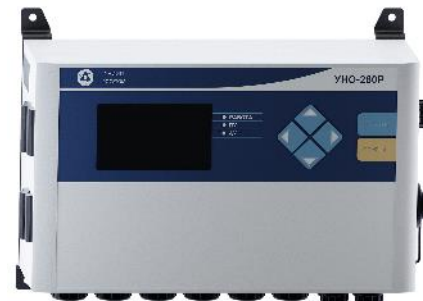
Принципиальные улучшения: кратное снижение массы и габаритов блока детектирования, исключение второго измерительного тракта, замена детектора на более эффективный



Блок преобразования БПА-57Р



Блок детектирования БДГБ-40П



Устройство детектирования УДГБ-47Р

Параметр	Значение
Тип детектора	Сцинтилляционные пленки
Диапазон измерения объемной активности ИРГ	$1 \cdot 10^3$ до $3,7 \cdot 10^8$ Бк/м ³
Диапазон рабочих температур	от 0 до + 50 °С
Электромагнитная совместимость	III (критерий А) по (ГОСТ 32137)
Масса блока детектирования	310 кг
Особенность: блок детектирования с частотным выходом	

Параметр	Значение
Тип детектора	Пластиковый сцинтиллятор
Диапазон измерения объемной активности ИРГ	$1 \cdot 10^3$ до $3,7 \cdot 10^{11}$ Бк/м ³
Диапазон рабочих температур	от минус 10 до + 55 °С
Электромагнитная совместимость	IV (критерий А) по (ГОСТ 32137)
Масса блока детектирования	84 кг
Особенность: интеллектуальное устройство детектирования с цифровым выходом	

Принципиальные улучшения: кратное снижение массы и габаритов блока детектирования, замена детектора на более эффективный, введение узла обработки информации в блок детектирования

Спасибо за внимание!

The background is a solid blue color. On the right side, there is a decorative graphic consisting of numerous thin, white, curved lines that fan out from a point near the bottom right towards the top right, creating a sense of motion or a stylized wave.