

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»  
Филиал «Институт атомной энергии»  
(Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК)

УДК 621.039.5

**Шідербай Қумар Ардақұлы**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ИВГ.1М: РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ  
ТРЕБОВАНИИ**

Работа, представленная на конференцию-конкурс НИОКР  
молодых ученых и специалистов  
Национального ядерного центра Республики Казахстан

(инженерно-техническая работа)

Руководитель: Вдовин А.В.,  
Начальник службы систем управления и  
защиты реакторов КИР "Байкал-1",  
Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК

г. Курчатов, 2020 г.

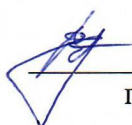
АВТОР

**Шідербай Кумар Ардакұлы**

инженер службы по обращению с радиоактивными веществами КИР «Байкал-1»  
**Филиала «Институт атомной энергии» РГП «НЯЦ РК»,**  
1993 года рождения,  
образование высшее (окончил Евразийский национальный университет имени Л.Н.  
Гумилева в 2016 году),  
специальность – «Ядерная физика»,  
квалификация по диплому – бакалавр,  
**работает в Филиале «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК» с 2016 г.,**  
общий стаж работы – 3,4 года.

**СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ**

Начальник службы систем  
управления и защиты реакторов  
КИР "Байкал-1"



10.04.2020 А.В. Вдовин

подпись, дата

Инженер  
службы эксплуатации и ремонта  
систем тепло-водоснабжения и  
канализации КИР «Байкал-1»



10.04.2020 Д.Д. Төлепбеков

подпись, дата

**ШИДЕРБАЙ Қ.А.**  
**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ИВГ.1М: РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ**  
**ТРЕБОВАНИИ**

Работа, представляемая на конференцию-конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов  
Национального ядерного центра Республики Казахстан  
от Филиала «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК»

071100, г. Курчатов, ул. Красноармейская, 10,  
тел. (7-722-51) 9-94-42  
e-mail: [shiderbai@nnc.kz](mailto:shiderbai@nnc.kz)

РЕФЕРАТ

Конкурсная работа содержит 16 страниц, 3 рисунка, 3 таблицы, 10 источников.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО**  
**РЕАКТОРА ИВГ.1М: РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИИ**

**Актуальность:** На реакторе ИВГ.1М выполняются работы по исследованию возможности конверсии исследовательского реактора ИВГ.1М с топливом высокого обогащения на топливо низкого обогащения.

В случае реализации конверсии, исследовательский реактор ИВГ.1М будет укомплектован новой активной зоной, что требует повышение безопасности всех систем реактора, включая системы управления защиты реактора.

**Объектом исследования:** является система управления и защиты (СУЗ) исследовательского реактора (ИР) ИВГ.1М.

**Цель работы:** формулировка технических требования модернизации СУЗ ИР ИВГ.1М.

**Задачи исследований:**

- анализ технического состояния всех частей СУЗ ИР ИВГ.1М;
- формулировка технических требования для подбора соответствующего оборудования при модернизации СУЗ ИР ИВГ.1М;

**Методика исследований:** заключается в анализе системы и ранжировании полученных данных.

**Результаты работ:**

- Проведен детальный (подробный) анализ технического состояния СУЗ ИР ИВГ.1М;
- Сформулированы технические требования для подбора соответствующего оборудования при модернизации СУЗ ИР ИВГ.1М;

**Научной новизной** является то, что впервые была рассмотрена возможность модернизации автоматического регулятора мощности, логической и измерительной частей СУЗ ИР ИВГ.1М.

**Практическая ценность** Предложенные формулировки технических требования могут быть использованы в качестве рекомендации при подборе оборудования для проведения модернизации СУЗ ИР ИВГ.1М.

**Личный вклад автора:**

Проведение анализа структур и технических характеристик системы СУЗ, формулировок технических требования для подбора оборудования при возможной модернизации СУЗ ИР ИВГ.1М.

**Степень завершенности:** Проведен детальный анализ СУЗ ИР ИВГ.1М. Сформулированы технические требования для подбора оборудования при модернизации СУЗ ИР ИВГ.1М.

**Уровень технических решении:** Установлены критерии для подбора оборудования в соответствии с особенностями ИР ИВГ.1М.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АЗ	– аварийная защита;
АЭС	– атомная электростанция;
БУШД	– блок управления шаговыми двигателями;
ВОТК	– водоохлаждаемый технологический канал;
ИВГ.1М	– исследовательский высокотемпературный газоохлаждаемый гетерогенный модернизированный реактор;
ИИС	– информационно-измерительная система;
ИР	– исследовательский реактор;
КВР	– канал вычисления реактивности;
КИПиА	– контрольно- измерительные приборы и автоматика;
ККНИ	– канал контроля нейтронной мощности импульсный;
ККНТ	– канал контроля нейтронной мощности токовый;
КНК	– камера нейтронная компенсированная;
РБ	– регулирующие барабаны;
РЩУ	– резервный щит управления;
САУ	– система автоматического управления;
СУЗ	– система управления и защиты;
ТВС	– тепловыделяющая сборка;
ЦЩУ	– центральный щит управления;

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	7
1 Описание реактора ИВГ.1М.....	7
2 СУЗ ИР ИВГ.1М.....	8
2.1 Датчики нейтронного потока.....	9
3 Анализ текущего состояния СУЗ ИР ИВГ.1М.....	11
4 Формулировка технических требований.....	13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	15
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	16

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем, стоящих перед современной прикладной наукой, является обеспечение безопасной и эффективной эксплуатации объектов использования атомной энергии. Среди этих объектов важное место занимают исследовательские ядерные реакторы [1].

Реактор ИВГ.1М представляет собой исследовательский корпусной ядерный реактор на тепловых нейтронах с легководным замедлителем и теплоносителем, и бериллиевым отражателем нейтронов. Конструктивные, технические и теплофизические параметры реактора ИВГ.1М позволяют решать задачи исследований последствий развития аварийных ситуаций в ядерных реакторах в экологическом аспекте, изучать рабочие процессы, связанные с применением различных типов ТВС и теплоносителей для объектов испытаний, а также задачи радиационного материаловедения в рамках комплексных программ по изучению проблем безопасности АЭС [2].

Одной из важных задач для обеспечения безопасности ИР ИВГ.1М является - бесперебойная работа СУЗ. В данной работе проведен подробный анализ технического состояния СУЗ ИР ИВГ.1М (далее СУЗ) и сформулированы технические требования для возможной модернизации системы.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1 Описание реактора ИВГ.1М

Реактор ИВГ.1М представляет собой исследовательский водо-водяной гетерогенный реактор на тепловых нейтронах с легководными замедлителем и теплоносителем, бериллиевым отражателем нейтронов. Проектная номинальная мощность реактора, включая мощность объекта испытаний в центральной ячейке – 72 МВт. В связи с тем, что в настоящее время модернизация системы охлаждения реактора не проведена в полном объеме, номинальная мощность реактора ограничивается мощностью 35 МВт. Мощность реактора, на которой проводятся исследовательские пуски реактора ИВГ.1М в настоящее время установлена в пределах до 9 МВт.

В межканальном пространстве активной зоны установлены бериллиевые вытеснители. Конструкцией реактора предусмотрены боковой и нижний торцевой отражатели из бериллия. В боковом кольцевом отражателе находятся регулирующие органы реактора – поворотные РБ, в количестве 10 штук, расположенные равномерно по окружности вокруг активной зоны (см. рисунок 1). Вес каждого РБ  $1,10 \pm 0,05 \beta_{эф}$ , суммарная эффективность системы РБ  $\sim 11,3 \beta_{эф}$ , где  $\beta_{эф}$  – эффективная доля запаздывающих нейтронов [3].

Состояние реактора ИВГ.1М определяется и контролируется следующими системами:

- СУЗ, предназначенной для контроля нейтронно-физических параметров реактора, аварийной защиты и управления цепной реакцией деления урана в активной зоне;
- САУ, предназначенной для обеспечения контроля за состоянием агрегатов технологических систем, обработки предупредительных и аварийных сигналов от КИПиА, формирования и выдачи команд аварийного останова реактора в систему управления и защиты;
- системой КИПиА, предназначенной для контроля параметров технологических систем;
- системой контроля герметичности оболочек, предназначенной для контроля целостности оболочек сборок ТВЭЛОВ;

- системой дозиметрической контроля, предназначенной для контроля радиационной обстановки в предпусковой, пусковой и послепусковой период вблизи реактора и на территории технической зоны объекта КИР «Байкал-1» [4].

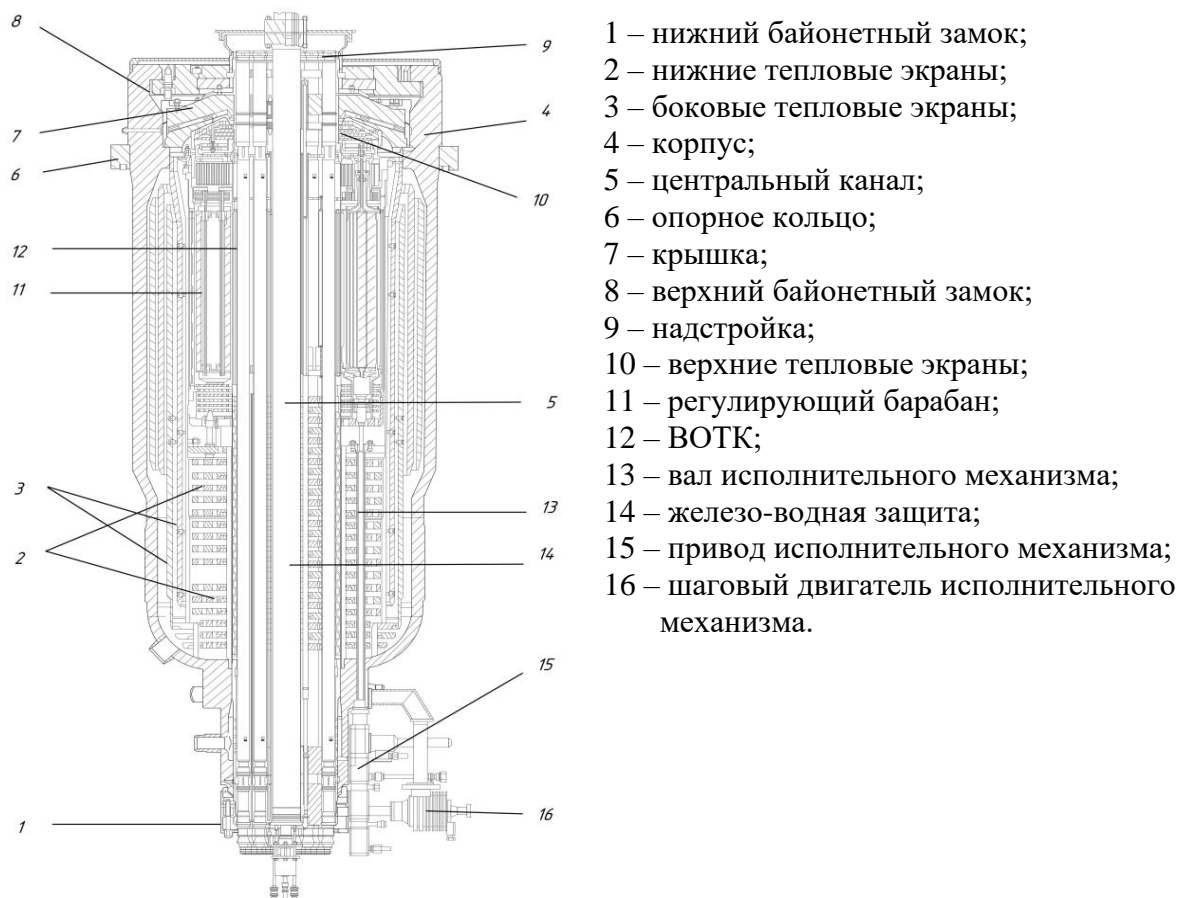


Рисунок 1 – Продольный разрез реактора ИВГ.1М

## 2 СУЗ ИР ИВГ.1М

Действующая СУЗ предназначена для:

- контроля нейтронно-физических параметров реактора (мощности, периода, реактивности) в режиме первого пуска, перегрузки топлива и на рабочих режимах;
- контроля технологических параметров; формирования управляющих сигналов для защитной системы безопасности и системы нормальной эксплуатации;
- контроля положения рабочих органов;
- автоматического управления мощностью в диапазоне от  $10^{-3}$  до 120 % номинального уровня;
- вычисления и регистрации периода в диапазоне от  $10^{-7}$  до 120 % номинального уровня мощности в пределах от 5 до 100 с, с точностью не меньше 12 % и не меньше чем по двум каналам;
- вычисления и регистрации реактивности в динамическом диапазоне не менее шести десятичных порядков в пределах  $(-20 \pm 1)\rho$  по трем каналам с точностью не меньше 6 %.

СУЗ реактора ИВГ.1М состоит из следующих частей:



- Измерительная часть предназначена для осуществления контроля и вычисления нейтронно-физических параметров реактора ИВГ.1М (мощность, период, реактивность), а также отвечает за формирование и выдачу сигналов предупредительной и аварийной защиты по периоду и уровню нейтронной мощности.

Измерительная часть СУЗ включает в себя счетчики нейтронов, камеры деления и ионизационные камеры, а также комплекс аппаратуры «Карпаты», осуществляющий контроль и вычисление необходимых нейтронно-физических параметров реактора, формирование и логическую обработку сигналов предупредительной сигнализации и аварийной защиты.

- Логическая часть обеспечивает взаимодействие между измерительной, исполнительной частями и пультом оператора. Логическая часть проводит обработку сигналов и команд, поступающих с пульта от технологических систем реактора и автономной аварийной защиты. Также логическая часть СУЗ формирует необходимые блокировки, сигналы разрешения на управление исполнительными органами СУЗ.

- Исполнительная часть реализует управление нейтронной мощностью реактора с помощью исполнительных органов управления.

Исполнительными органами СУЗ являются десять РБ, которые расположены в отражателе реактора. РБ разворачиваются синфазно с помощью индивидуальных приводов и выполняют функцию органов АЗ (взвод АЗ – разворот всех РБ на угол  $48^{\circ}$ ), ручного и автоматического регулирования. Вращение РБ, в требуемом направлении реализует БУШД с помощью обеспечения определенных последовательностей комутации обмоток шаговых двигателей.

АЗ срабатывает по сигналам от технологических систем, аварийное снижение мощности осуществляется со скоростью 500 шаг/с совместно с пружинным разворотом РБ за время, не более 1,5 с. Время задержки сигнала АЗ в цепях СУЗ не превышает значения 0,2 с.

- Автоматический регулятор нейтронной мощности предназначен для поддержания заданного уровня нейтронной мощности реактора путем формирования сигнала управления исполнительными органами реактора.

- РЩУ используется для дополнительного контроля за переводом реактора в подкритическое состояние, поддержание его в этом состоянии без ограничения по времени и получения информации о состоянии реактора в случае нарушения его нормальной эксплуатации.

- ИИС СУЗ служит для сбора, регистрации и отображения параметров СУЗ на автоматизированном рабочем месте СУЗ и на мониторах ИИС стендового комплекса.

Питание аппаратуры СУЗ осуществляется переменным трехфазным напряжением 380 В частотой 50 Гц. Каждая функциональная часть запитывается от подстанции не менее чем по двум фидерам. Энергопитание шаговых двигателей приводов РБ осуществляется от двух электромашинных преобразователей АТО-20-400, напряжением 220 В частотой 400 Гц по двум фидерам.

Аварийное питание обеспечивается от аккумуляторной батареи через электромашинный преобразователь ПТ-1000ЦС.

## **2.1 Датчики нейтронного потока**

В измерительной части СУЗ в качестве датчиков нейтронной мощности используются счетчики нейтронов типа СНМ-18-1, камеры деления типа КНК-15, ионизационные камеры типа КНК-4, КНК-56 и КНК-53М. Камеры КНК-15 работают в импульсном режиме [5, 6].

Осуществляющий контроль и вычисление необходимых нейтронно-физических параметров реактора, формирование и логическую обработку сигналов комплекс аппаратуры «Карпаты» состоит из:

- каналов контроля нейтронной мощности импульсных 1...4ККНИ;
- каналов контроля нейтронной мощности токовых 1...4ККНТ;
- каналов вычисления реактивности 1...3КВР.

Все датчики нейтронного потока равномерно размещены на одном радиусе вокруг активной зоны в кольцевой опорной металлоконструкции. Каждый датчик помещен в корпус (блок детектирования). Блоки детектирования укреплены на подвесках, которые, в свою очередь, помещаются в каналы металлоконструкции. Общее число датчиков измерительной части – 14 шт., из них счетчиков типа СНМ-18-1 – 2 шт., камер деления КНК-15 – 2 шт., ионизационных камер КНК-53М – 6 шт., КНК-56 – 2 шт. Две ионизационные камеры КНК-4 используются для резервного щита управления (см. рис. 2).

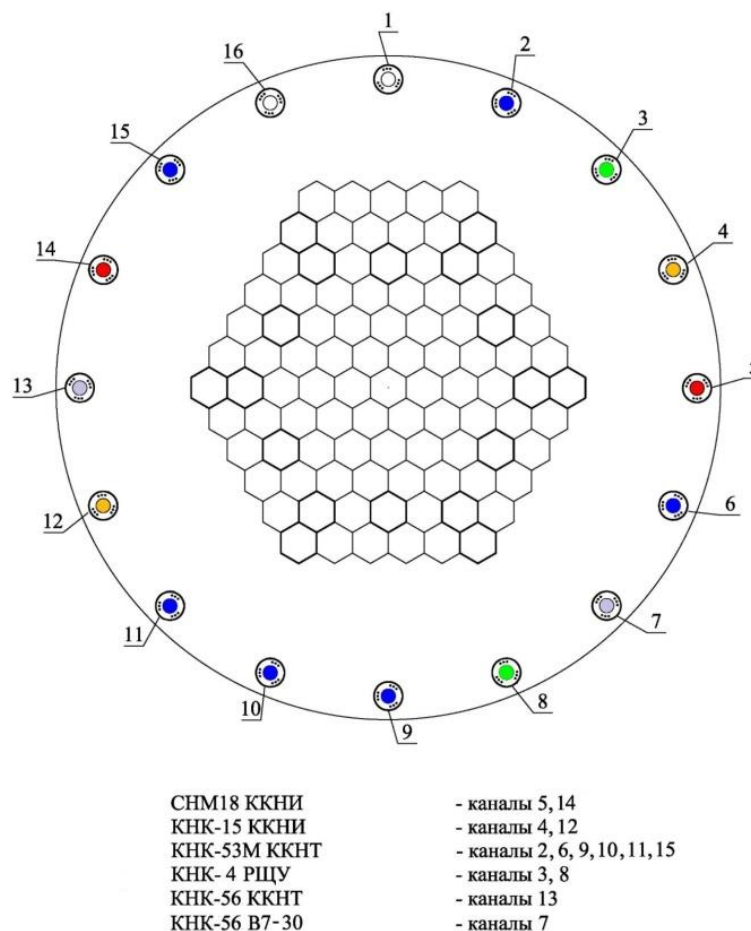


Рисунок 2 - Схема привязки к каналам ионизационных камер

Диапазоны работы каналов с СНМ-18-1, КНК-15, КНК-56 и КНК-53М перекрываются не менее чем на один порядок по уровню мощности.

Устройство обработки команд 1УОК-08Р формирует сигналы аварийной защиты по превышению уровня мощности, скорости увеличения мощности, неисправности каналов 1...4ККНИ по логической схеме «ИЛИ». Устройство 2УОК-08Р обрабатывает сигналы с каналов 1...3ККНТ по логической схеме «2 из 3». Устройство 3УОК-08Р обрабатывает сигналы с 1...3КВР по превышению значения положительной реактивности и неисправности по логической схеме «2 из 3». Вольтметр-электромметр В7-30 предназначен для измерения тока ионизационных камер при проведении физических исследований



Перед формулировкой технических требований для СУЗ нужно произвести анализ текущего состояния частей СУЗ. Это требуется для определения требуемого объема модернизации системы.

На данный момент непрерывная работа измерительной части СУЗ составляет около 14200 часов. Тогда как срок службы канала контроля без блоков детектирования не менее 5 лет [8], наработка на отказ канала контроля составляет не менее 2500 часов. Год выпуска оборудования измерительной части 1986 год. Ревизия и модернизация не проводилась. Как было сказано ранее комплекс «Карпаты» снят с производства и замена отдельных частей комплекса не предоставляется возможным. В связи с этим требуется замена комплекса «Карпаты» на оборудование аналогичного типа.

Элементной базой логической части является элементы управления «Логика-И» 1987 года выпуска, которая требует замены плат в стойках логики. Количество этих плат составляет половину оборудования.

Оборудование исполнительной части изготовлено в 1971 году. В 1988 году все исполнительные механизмы были подвергнуты полной разборке и ревизии. Резерв приводов и шаговых двигателей имеется. По этой причине модернизация исполнительной части СУЗ является нецелесообразным (см таблицу 1).

Таблица 1. Данные по ревизии и модернизации частей СУЗ ИР ИВГ.1М.

Наименование	Год выпуска	Год ревизии с полной разборкой	Модернизация
Измерительная часть	1986	Не производилась	Не производилась
Логическая часть	1987	Не производилась	Не производилась
Исполнительная часть	1971	1988	Не требует
Автоматический регулятор нейтронной мощности	1987	Не производилась	Не производилась
РЩУ	1987	Не производилась	Не производилась
Система регистрации и отображения информации СУЗ	1986	Не производилась	2014 году была модернизирована в ИИС СУЗ

Состояние автоматического регулятора мощности аналогично с измерительной частью, отсутствуют запасные части и принадлежности.

В оборудовании, входящем в состав РЩУ отсутствуют запасные части и принадлежности.

В старой системе регистрации и отображения информации СУЗ использовалось морально устаревшее оборудование середины 80-х – начала 90-х годов XX века, для которого сложно было найти запасные части и уменьшалось число персонала способного с ним работать [9].

С учетом всех факторов старая система регистрации и отображения СУЗ в период с 2012 по 2014 годы была модернизирована в ИИС САУ, так же была модернизирована ИИС СУЗ и произведена частичная модернизация ИИС КИПиА, разработана эксплуатационная документация. ИИС СУЗ находится в полном работоспособном состоянии запасные части имеются [10].

Работать с такой аппаратурой становится с каждым годом все трудней, из-за естественного старения оборудования, недостатка, а порой отсутствия запасных комплектующих изделий

Несмотря на недостаток запасных частей и принадлежностей система СУЗ поддерживается в рабочем состоянии и, в целом, решает поставленные задачи.

#### 4 Формулировка технических требований

Учитывая более 30 лет эксплуатации СУЗ и особенностей конструкции ИР ИВГ.1М предпочтительней с экономической точки зрения и с точки зрения надежности произвести модернизацию тем же оборудованием, при их отсутствии аналогами соответствующими по характеристикам или превосходящие их.

Опираясь на проведенный анализ, можно с уверенностью сказать, что большая часть СУЗ ИР ИВГ.1М нуждается в модернизации.

Согласно вышеуказанным данным при возможной модернизации СУЗ должны соблюдаться нижеуказанные технические требования:

1 Первичные преобразователи измерительной части СУЗ должны состоят из датчиков типа СНМ-18-1, КНК-4, КНК-15, КНК-56 и КНК-53М, либо их аналогов, которые должны соответствовать по основным характеристикам или превосходить их (см. таблицу 2, 3)[6].

Таблица 2. Основные характеристики детектора нейтронов СНМ-18-1 при температуре  $20 \pm 5$  °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета или (зажигания короны), В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Эффективность к тепловым нейтронам, %	Диапазон рабочих температур, °С
СНМ-18-1	Металлический. Коронный	(1450–1650)	1500	0,3	1700-3000	70	–40 ...+150

Таблица 3. Основные характеристики ионизационных камер при температуре  $20 \pm 5$  °С

Тип камеры	Конструкция, назначение	Абсолютная чувствительность				Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Собственный фон (ЛВС), А	Сопротивление изоляции, Ом
		к $\gamma$ -излучению		к нейтронам				
		А·Р <sup>-1</sup> ·ч, не более	кг, не более	токовая	импульсная			
				А·см <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> ·нейтр, не менее	см <sup>2</sup> ·нейтр <sup>-1</sup> , не менее			
КНК-4	Корпус стальной. Измерение потока нейтронов с компенсацией сопутствующего $\gamma$ -излучения в СУЗ ядерных реакторов	$9 \cdot 10^{-14}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	(0,95–1,05)· $10^{-13}$	-	+500; –(100–500)	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{12}$
КНК-15	Измерения плотности потока нейтронов в ядерных реакторах	$1 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	(1,57–2,62)· $10^{-13}$	0,76–1,38	±400	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{10}$
КНК-53М	Тоже что и на КНК-4	$1,3 \cdot 10^{-12}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,61 \cdot 10^{-14}$	-	±500	$1 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{11}$
КНК-56		$1 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-13}$	-	+500; –(200–500)	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{11}$

2 Задаржка прохождения сигналов АЗ в цепях СУЗ должна быть не более 0,2 с.

3 Диапазон автоматического управления мощностью от  $10^{-3}$  до 120 % номинального уровня;

4 Диапазон вычисления и регистрация периода от  $10^{-7}$  до 120 % номинального уровня мощности в пределах от 5 до 100 с, с точностью не меньше 12 % и не меньше чем по двум каналам;

5 Динамический диапазон вычисления и регистрации реактивности не менее шести десятичных порядков в пределах  $(-20 \pm 1)\rho$  по трем каналам с точностью не меньше 6 %.

6 Должна обеспечивать контроль мощности соответствующий измерениям входных токов от  $10^{-10}$  до  $10^{-3}$  А и по числу импульсов в единицу времени в пределах от 0,1 до  $10^6$  имп/с.

7 Поскольку в СУЗ используются универсальные исполнительные механизмы, то в аварийной защите участвуют все РБ. В связи с этим логическая часть должна обеспечивать управление РБ в двух режимах

- автономные регламентные работы;
- двух этапный режим пуска.

На этапе регламентных работ логическая часть должна обеспечивать индивидуальное управление РБ и проведение тренировочных пусков на встроенной в систему математической модели реактора.

В двухэтапном режиме в первом этапе реализация режима пуска – «Взвод АЗ», во втором этапе – обеспечение ручного или автоматического управления, затем ручное или автоматическое регулирование.

8 В разрабатываемой системе должен быть предусмотрен шлюз передачи информации к действующей на объекте ИИС.

9 Разработчиком должно быть включено обучение обслуживающего персонала на права эксплуатации технических средств и программных средств по программе.

10 Надежность системы должна соответствовать следующим характеристикам: безотказность, долговечный срок службы, ремонтпригодность, сохраняемость.

11 Питание аппаратуры СУЗ осуществляется переменным трехфазным напряжением 380 В частотой 50 Гц. Каждая функциональная часть запитывается от подстанции не менее чем по двум фидерам.

12 Подключение технических средств к сети 380/220 В должно быть выполнено с помощью распределительных щитов с установкой автоматических выключателей.

13 Наличие аварийного питания.

14 Формирование сигналов АЗ по превышению уровня мощности, скорости увеличения мощности и неисправности каналов должно реализовываться по логической схеме «2 из 3».

При разработке СУЗ для ИР ИВГ.1М проект должен соответствовать стандарту СТ РК 34.015-2002 «Техническое задание на создание автоматизированной системы».

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе анализа выявлены недостатки в качестве нехватки запасных частей и принадлежностей что требует проведения модернизации СУЗ в ближайшие годы для повышения безопасности реактора ИВГ.1М.

Согласно описанию и проведенному анализу СУЗ были сформулированы технические требования, которые могут быть использованы в проектировке и подборе подходящего оборудования при модернизации СУЗ ИР ИВГ.1М. Требования подобраны таким образом, чтобы внедрить модернизированную СУЗ в действующие части СУЗ, которые не требуют модернизации.

На данный момент реактор ИВГ.1М и его системы находятся в рабочем состоянии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ванеев Ю.Е. Развитие методов расчетного сопровождения эксплуатации исследовательских реакторов с применением прецизионных программ: автореф. дис. ... доктор техн. наук: 05.13.18. – Москва, 2014. – С. 42.
- 2 Байгожина А.А., Иркимбеков Р.А., Жагипарова Л.К. Анализ проектных аварий на реакторе ИВГ.1М / Вестник НЯЦ РК – 2017. – вып. 3. – С. 45.
- 3 Прозорова И. В. Пути модернизации канального исследовательского реактора ИВГ1.М / Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. — 2012. — Т. 321, № 2 : Математика и механика. Физика. — С. 42-47.
- 4 Гатиялов К.А., Коровиков А.Г., Ольховик Д.А. Информационно-измерительная система исследовательского реактора ИВГ.1М / Вестник НЯЦ РК. – 2015. – вып. 2. – С. 124-125.
- 5 Емельянов И.Я., Ефанов А.И., Константинов Л.В. Под общей редакцией акад. Доллежала Н.А. Научно-технические основы управления ядерными реакторами: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – С. 241-244
- 6 Бараночников М. Л. Приемники и детекторы излучений. Справочник. / М.: ДМК Пресс. – 2012. – С. 47-54.
- 7 Заикин А.А. Создание интегрированного комплекса аппаратуры системы управления и защиты для исследовательских ядерных реакторов. / Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – ОЭ НПО «Луч» // Закрытое Акционерное Общество «СНИИП-СИСТЕМАТОМ». – 2004. – С. 5-7.
- 8 Техническое описание и инструкция по эксплуатации на каналы контроля физической мощности. – 1987 .
- 9 Коровиков А.Г., Ильиных С.А., Ермаков В.А., Серикбаев Б.С. Третий этап модернизации информационно-измерительной системы исследовательского реактора ИВГ.1М / Вестник НЯЦ РК. – 2018. – вып. 3. – С. 34.
- 10 Коровиков А.Г., Ермаков В.А., Серикбаев Б.С. Второй этап модернизации информационно-измерительной системы исследовательского реактора ИВГ.1М. / Вестник НЯЦ РК. – 2016. – вып. 3. – С. 140-141.