

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 2а.
Тел.: +7(382)242-39-80. Факс: +7(382)242-39-34.
E-mail: fti@tpu.ru; <http://www.tpu.ru/html/fti.htm>



Здание института

Физико-технический институт Национального исследовательского Томского политехнического университета (ФТИ ТПУ) образован решением Ученого совета университета, путем слияния в 2010 г. Научно-исследовательского института ядерной физики (основан в 1958 г.) и двух факультетов университета: физико-технического и факультета естественных наук и математики. Томский политехнический университет — новый этап становления технического образования в Сибири. Со дня основания, 29 апреля 1896 г., в Томском политехническом было подготовлено около ста тысяч специалистов, и по существу университет оказал решающее влияние на формирование и развитие высшей технической школы на территории от Урала до Тихого океана.



*Директор ФТИ
Долматов Олег
Юрьевич*

ФТИ ТПУ имеет уникальный набор физико-энергетических установок: исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т, электронный синхротрон «Сириус» на энергию 1,5 ГэВ, циклотрон с диаметром полюсов 1,2 м, высокоточные импульсные ускорители электронов и ионов, микротрон и электростатический ускоритель на энергию 2,5 МэВ.

Основными направлениями научной деятельности ФТИ ТПУ являются фундаментальные исследования в области ядерной и теоретической физики, физики и техники ядерных реакторов, медицинской физики, физики твердого тела, нейтронно-активационного анализа состава вещества и другие научно-прикладные разработки. На сегодняшний день базовыми установками института являются: исследовательский

ядерный реактор ИРТ-Т и циклотрон. На этих установках проводятся практические и лабораторные занятия студентов энергетических специальностей.

Две установки (электронный синхротрон «Сириус» и исследовательский ядерный реактор) включены в перечень уникальных научно-исследовательских установок национальной значимости.



Практические занятия студентов НИ ТПУ на реакторе ИРТ-Т

На установках проводятся фундаментальные исследования по физике ядра и элементарных частиц, взаимодействию заряженных частиц с кристаллическими структурами, радиационному материаловедению, разработке и исследованию импульсно-пучковых технологий, исследованию процессов формирования сильноточных пучков заряженных частиц и мощных импульсов СВЧ-излучения, ядерной медицине.

На исследовательском ядерном реакторе института создана уникальная безотходная технология производства генераторов технеция-99 для радиологических лабораторий медицинских учреждений. Технологическая линия сдана в эксплуатацию комиссии Минздрава РФ в соответствии с международными требованиями на производство фармацевтических препаратов (GMP).

Исследовательская ядерная установка ФТИ ТПУ

Тип ИЯУ	Название ИЯУ	Мощность тепловая, кВт	Год физического пуска	Состояние	Длительность эксплуатации, лет*
ИР	ИРТ-Т	6000,0	1967	Действующий	48

* — на 2015 г.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР ИРТ-Т

Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т — реактор бассейнового типа, предназначен для обучения студентов энергетических специальностей Томского политехнического университета, выполнения материаловедческих исследований и производства радиоизотопов.

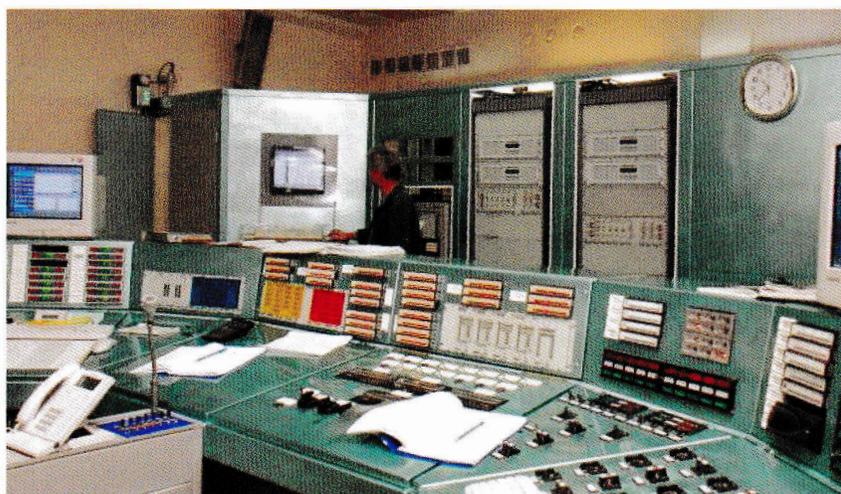
Физический пуск реактора ИРТ-Т состоялся 22.07.1967 г., энергетический — 27.07.1967 г.



Общий вид центрального зала реактора ИРТ-Т

С момента пуска реактор ИРТ-Т неоднократно подвергался реконструкциям (1971, 1977–1984, 2005). В результате были произведены значительные изменения: заменен корпус активной зоны реактора и установлен бериллиевый отражатель нейтронов, смонтирована из нержавеющей стали облицовка бассейна, видоизменен контур охлаждения с заменой его оборудования, проведена полномасштабная модернизация СУЗ и КИП, осуществлен переход на ТВС типа ИРТ-3М.

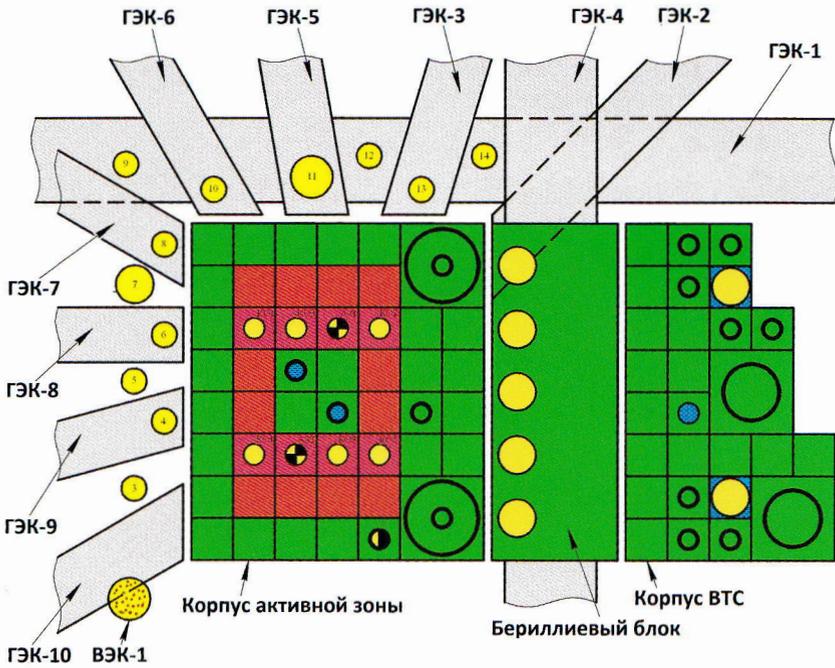
Проектный срок работы реактора ИРТ-Т с учетом циклов нагружения основного оборудования и ресурса основного металла по флюенсу «быстрых» нейтронов установлен до 2034 г.



Пульт управления реактора ИРТ-Т после реконструкции

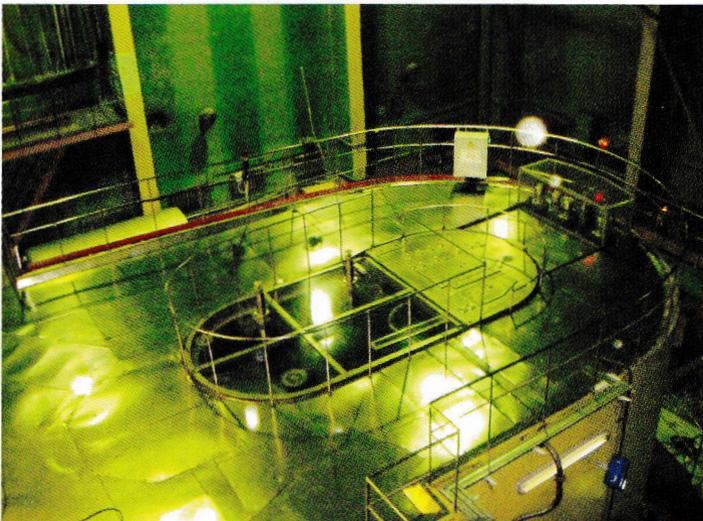
Активная зона ИРТ-Т

Активная зона реактора состоит из ТВС, окруженных бериллиевым отражателем. В центре активной зоны установлены блоки ловушки нейтронов, в которых имеются каналы для размещения экспериментальных устройств диаметром до 40 мм.



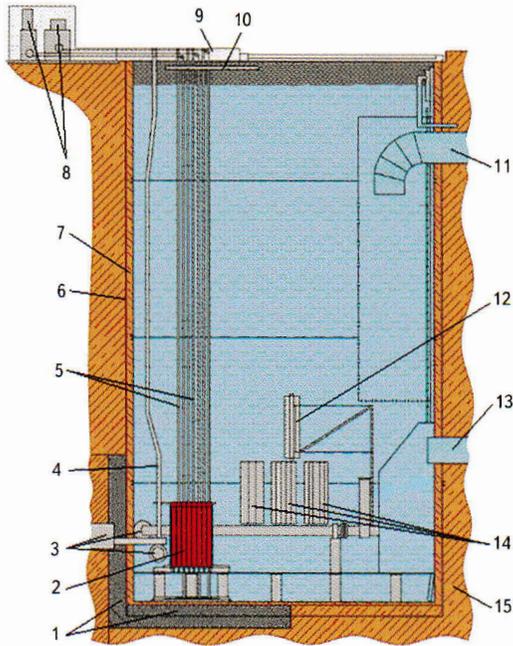
- ТВС восьмитрубная
- канал вертикальный
- вытеснитель с каналом для подвески камер СУЗ
- ТВС шеститрубная с каналом для стержня СУЗ
- блок бериллиевый с каналом для стержня АР
- блок бериллиевый с пробкой
- блок бериллиевый
- блок бериллиевый с «мокрым» каналом
- блок бериллиевый с пробкой
- блок бериллиевый с пробками

Основная рабочая загрузка реактора ИРТ-Т



Верхняя площадка бассейна реактора ИРТ-Т

Активная зона реактора расположена в бассейне под водой на глубине 6,5 м. Бассейн окружен массивом бетона, исполняющим роль биологической защиты. Вода в бассейне является одновременно теплоносителем, замедлителем, торцевым отражателем и биологической защитой в верхнем направлении.



Разрез бака реактора ИРТ-Т: 1 — тепловой экран; 2 — активная зона; 3 — ГЭК; 4 — ВЭК; 5 — каналы СУЗ; 6 — алюминиевый бак; 7 — бак из нержавеющей стали; 8 — приводы стержней СУЗ; 9 — площадка СУЗ; 10 — душирующее устройство; 11 — напорный трубопровод; 12 — устройство транспортировки ТВС; 13 — всасывающий трубопровод; 14 — временное хранилище ТВС; 15 — массив биологической защиты

В активной зоне реактора используются ТВС типа ИРТ-3М — восьмитрубные и шеститрубные. В боковом отражателе активной зоны используются бериллиевые блоки квадратного сечения.

Характеристики ТВС ИРТ-Т

Количество твэлов в ТВС	8 (6)
Тип твэла	трехслойный, дисперсионный
Толщина стенки твэла, мм	1,4
Обогащение топлива по ^{235}U , %	90
Содержание ^{235}U в ТВС, г	300 (270)
Концентрация ^{235}U в активной зоне, г/л	119 (104,5)
Материал топлива	керамика UO_2
Масса ТВС, кг	4,3 (3,7)
Количество ^{235}U , приходящегося на единицу площади поверхности теплообмена, г/м ²	192
Поверхность теплоотдачи ТВС, м ²	1,56 (1,37)
Поверхность теплообмена в единице объема активной зоны, см ² /см ³	5,25 (4,62)
Материал оболочек твэлов и концевых деталей	алюминиевый сплав
Температура оболочки твэла, °С	до 100*

* — кипение на поверхности твэлов не допускается.

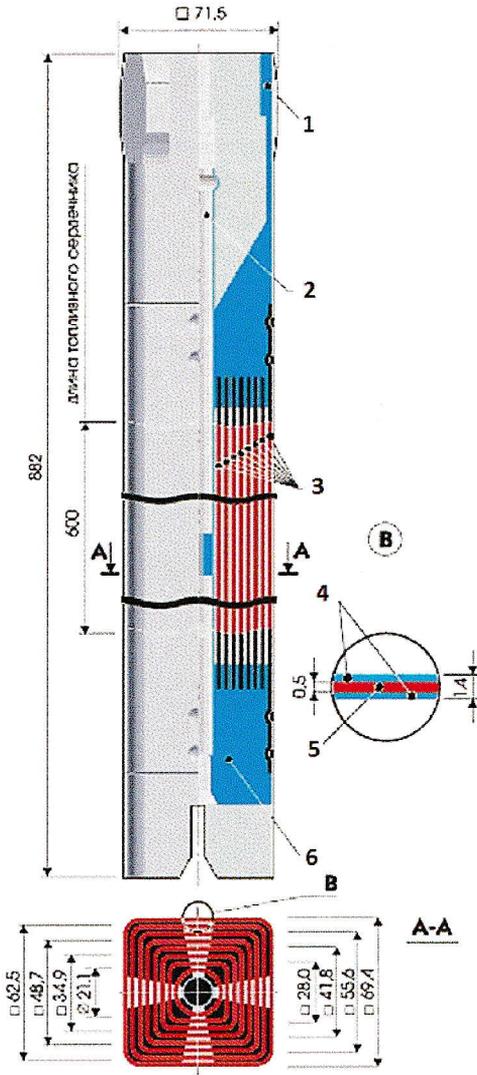


Схема ТВС ИРТ-3М: 1 — головка; 2 — вытеснитель; 3 — ТВЭЛы; 4 — оболочка; 5 — топливный сердечник; 6 — хвостовик

Основные технические характеристики реактора ИРТ-Т

Мощность, МВт	6
Замедлитель	вода
Теплоноситель	вода
Температура теплоносителя, °С	40–60
Отражатель	бериллий
Плотность потока нейтронов, см ⁻² ·с ⁻¹ :	
— тепловых в активной зоне	1,5·10 ¹³
— быстрых в активной зоне	1,12·10 ¹³
— тепловых в центральных каналах бериллиевой ловушки	1,5·10 ¹⁴
Горизонтальные экспериментальные каналы	10 (8 каналов Ø 100 мм и 2 канала Ø 150 мм)

Вертикальные экспериментальные каналы	14* (Ø 36–100 мм)
Продолжительность микрокампании, сут.	до 60

* — из них четыре расположены в центральной бериллиевой ловушке.

Охлаждение активной зоны

В состав первого контура, осуществляющего охлаждение активной зоны, входят бак реактора с встроенной задерживающей и распределительной емкостями, внешняя задерживающая емкость, главные циркуляционные насосы, насос аварийного охлаждения, теплообменники, трубопроводы и арматура.

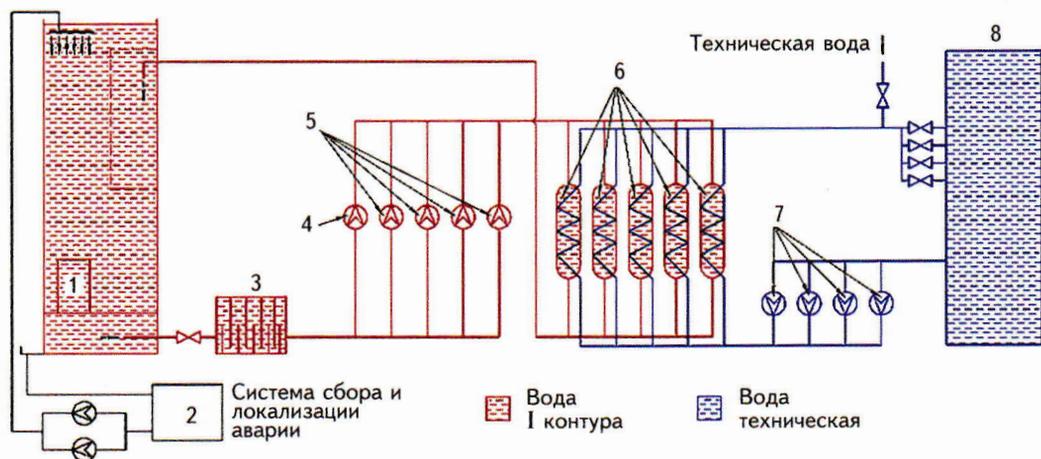


Схема охлаждения реактора ИРТ-Т: 1 — активная зона; 2 — бак объемом 8 м³; 3 — задерживающая емкость; 4 — насос аварийного охлаждения; 5 — насосы I контура; 6 — теплообменники; 7 — насосы II контура; 8 — градирня

Экспериментальные возможности

Экспериментальные устройства реактора ИРТ-Т обеспечивают проведение широкого круга исследований.

На горизонтальном канале ГЭК-4 развернуто производство нейтронно-трансмутационного легированного кремния.

На одном из горизонтальных каналов смонтирована установка для облучения образцов при криогенных температурах.

Ведутся исследования по нейтронно-активационному анализу. Методики определения благородных, редких и рассеянных элементов, определение следовых количеств веществ в пробах любого состава с привлечением радиохимии востребованы геологами, геохимиками, разработчиками нефтяных месторождений.

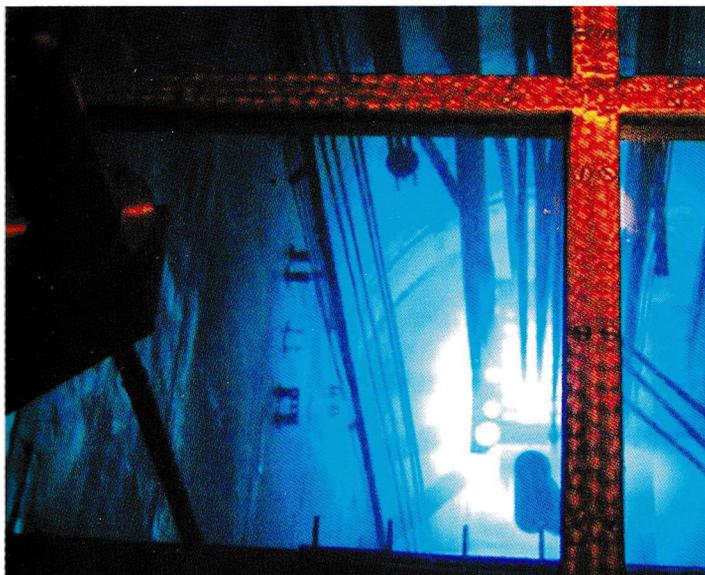
Проводятся работы, связанные с извлечением алмазов из потока исходного сырья, разработаны способы нанесения радиоактивных меток на алмазы, аппаратура для их регистрации.

На ИРТ-Т разработана и создана экспериментальная установка для поиска эмиссии π^0 -мезонов при вынужденном делении ядер ^{235}U нейтронами в ядерном реакторе. Два черенковских спектрометра полного поглощения для регистрации и измерения энергии двух λ -квантов от распада π^0 -мезонов расположены на выходах двух соосных ГЭКов — ГЭК-2 и ГЭК-10.

На одной из двух «горячих» камер развернут комплекс, отвечающий требованиям стандарта GMP, по производству радиофармпрепаратов для проведения диагностических исследований в медицинских клиниках.

Разработаны, изготавливаются и поставляются малогабаритные генераторы ^{99m}Tc . Готовятся к производству терапевтические РФП ^{125}I . Для облучения мишеней из обогащенного ^{98}Mo задействованы центральные ВЭКи с плотностью потока тепловых нейтронов $1,1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Сорбционные генераторы технеция « ^{99m}Tc -ГТ-ТОМ» выпускаются номиналом до 30 ГБк.

Для дальнейшего развития работ по легированию кремния, получению новых радиофармпрепаратов, реализации работ по созданию Ядерного медицинского центра в г. Томске, разработке комплекса по нейтрон-захватной терапии принято решение о начале работ по переводу реактора ИРТ-Т на мощность 12 МВт и начато проведение организационных мероприятий.



Вид на активную зону в реакторе ИРТ-Т

Основные направления исследований

В основном реактор ИРТ-Т используется:

- для обеспечения учебного процесса для студентов энергетических специальностей;
- для получения ^{99}Mo активационным методом и производства генераторов ^{99m}Tc для клиник Сибирского и Уральского регионов;
- для нейтронного трансмутационного легирования слитков монокристаллического кремния диаметром до 127 мм и длиной до 700 мм;
- для применения нейтронно-активационного анализа вещества для геологопоисковых работ и развития аналитической базы университета;
- для модификации кристаллических структур нейтронным и гамма-излучением;
- для работ по расширению номенклатуры радиоизотопной продукции.

Международное сотрудничество

Лаборатории, базирующиеся на реакторе ИРТ-Т, ведут совместные работы с профильными лабораториями стран ближнего и дальнего зарубежья.

Основные коллаборанты за рубежом:

- Oak Ridge National Laboratories (NL), Brookhaven NL, Pacific Northwest NL, Los Alamos NL, Sandia NL (США);
- GT Semiconductor Materials Co., Ltd (Китай);
- National Nuclear Center Republic of Kazakhstan, Institute of Radiation Safety and Ecology (Казахстан);
- Nuclear Research Center, National University of Mongolia (Монголия);
- Topsil Semiconductor Materials A/S (Дания).

История

С момента пуска в 1967 г. и до 1970 г. активная зона реактора ИРТ-Т комплектовалась ТВС со стержневыми твэлами типа ЭК-10 с обогащением 10% по ^{235}U и графитовым отражателем нейтронов. Мощность реактора ИРТ-Т составляла 2 МВт.

В 1971 г. прошла первая реконструкция реактора ИРТ-Т, в ходе которой был заменен корпус активной зоны. После окончания реконструкции активной зоны в нее были загружены ТВС типа ИРТ-2М с обогащением до 90% по ^{235}U и бериллиевый отражатель нейтронов. Мощность реактора с такой активной зоной составила 2,5 МВт.

В июле 1977 г. в связи с аварийной ситуацией, возникшей из-за разгерметизации бассейна реактора и выхода из строя теплообменников, было принято решение об остановке реактора на реконструкцию. Работы по реконструкции реактора ИРТ-Т были завершены в 1984 г. и включали:

- замену алюминиевой облицовки бассейна реактора на облицовку из стали 12Х18Н10Т с толщиной стенки 5 мм и односторонней электрополировкой;
- замену эжекторной схемы охлаждения активной зоны на прямоточную;
- монтаж трубопроводов I и II контуров охлаждения увеличенного диаметра и пяти теплообменников с площадью теплосъема 200 м² у каждого, строительство трехсекционной градирни брызгального типа с расходом теплоносителя II контура охлаждения до 2100 м³;
- монтаж новых СУЗ и КИП, систем радиационного контроля и энергоснабжения, спецвентиляции и системы сбора жидких радиоактивных отходов.

Последним этапом реконструкции была загрузка в активную зону реактора ТВС типа ИРТ-3М и бериллиевого отражателя нейтронов, а также монтаж внешней «тепловой» сборки из бериллиевых блоков.

В июне 1984 г. был проведен физический пуск реактора ИРТ-Т. В процессе энергопуска в декабре этого же года было подтверждено, что реактор работает на проектной мощности 6 МВт устойчиво, без каких-либо перегрузок в системах.

Итоги энергопуска реактора ИРТ-Т показали, что мощность реактора может быть увеличена до 11,5 МВт без существенных изменений в его системах, важных для безопасности.

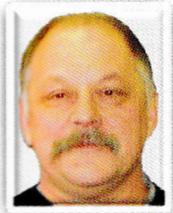
В 2005 г. была проведена полномасштабная реконструкция СУЗ и КИП реактора с заменой электронного оборудования. Система управления и защиты реактора была построена на базе модулей безопасности «МИРАЖ МБ», а система контроля технологических параметров — на базе приборов «Метран». Успешный энергетический пуск реактора был осуществлен в декабре 2005 г.

В 2005–2007 гг. на реакторе ИРТ-Т были введены в действие и успешно эксплуатируются три новые системы, важные для безопасности: система управления и защиты; система контроля технологических параметров; система радиационного контроля.

Также в это время была введена в эксплуатацию установка по переработке ЖРО, с помощью которой на сегодняшний день переработано 550 м³ ЖРО.

В период времени с 2012 по 2014 гг. были проведены организационные и технические мероприятия по обследованию систем элементов систем, важных для безопасной эксплуатации реактора ИРТ-Т в связи с достижением 30-тилетнего срока эксплуатации.

Персоны



Худолеев Петр Николаевич

Главный инженер реактора ИРТ-Т

Тел.: +7(382)272-32-89. Факс: +7(382)272-33-49.

E-mail: Khudoleev@tpu.ru



Григоров Иван Николаевич

Начальник службы технического обслуживания реактора ИРТ-Т



За пультом управления реактора ИРТ-Т А. Н. Герасименко



Ветераны в строю



Коллектив реакторной установки ИРТ-Т