

КРЫЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР



196158, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московское ш., 44.

Тел.: +7(812)415-46-07. Факс: +7(812)727-96-32.

E-mail: krylov@krylov.spb.ru; http://www.krylov-center.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Крыловский государственный научный центр» (ФГУП «КГНЦ») — один из крупнейших мировых исследовательских центров в области кораблестроения. Основан в 1894 г. Носит имя Алексея Николаевича Крылова — одного из первых руководителей Опытного бассейна (1900) — первого научно-исследовательского учреждения в области кораблестроения в России.

За более чем вековой период деятельности в области инновационных разработок для отечественного судостроения в интересах обороноспособности и развития экономики страны КГНЦ накоплен уникальный опыт по созданию совершенных кораблей, судов и средств океанотехники.

Основные направления деятельности Крыловского государственного научного центра:

- фундаментальные исследования в области морской и речной техники;
- разработка и обоснование программ кораблестроения и судостроения;
- разработка и экспертиза проектов морских и речных кораблей, судов и сооружений;
- исследования в области гидродинамики, прочности, энергетики и электроэнергетических систем, физических полей, гидроакустики;
- проектирование электротехнического оборудования, гребных винтов, движительных комплексов;
- проектные решения и разработки по созданию платформ для добычи нефти и газа на морском шельфе;
- стандартизация и унификация, классификация и кодирование, сертификация продукции и систем менеджмента качества предприятий отрасли, каталогизация продукции, метрологическое обеспечение, специализация и координация производств;
- исследования на экспериментальных устройствах ИЯР У-3 как на стационарном источнике нейтронного и гамма излучения.

По факту, научно-технический потенциал (экспериментальная база КГНЦ и его научный персонал) является уникальным и единственным в России.

Экспериментальная база — это глубоководный бассейн, ледовый бассейн, циркуляционный бассейн, мореходный бассейн, маневренно-мореходный бассейн, мелководный бассейн, комплекс кавитационных труб, большая аэродинамическая труба, эллинг ресурсных и статических испытаний, комплекс больших испытательных машин, док-камеры, тренажерный комплекс, суперкомпьютер, производство гидроакустических покрытий, лаборатория 48 — комплекс с исследовательским ядерным реактором У-3.



*Крылов Алексей
Николаевич
(1863–1945)*



*Генеральный директор
КГНЦ
Никитин
Владимир
Семенович*

Наиболее существенными практическими результатами деятельности КГНЦ явились:

- обеспечение наилучших в мире скоростных и мореходных качеств кораблей и судов;
- создание надежных средств защиты по электромагнитным полям;
- разработка и внедрение конструктивных мероприятий по снижению шумности подводных лодок;
- обеспечение высочайших стандартов прочности подводных лодок, боевых надводных кораблей и судов всех типов;
- разработка средств физической защиты экипажа атомных подводных лодок от радиационного излучения и защиты по радиационным полям;
- создание высокоэффективных гребных винтов для отечественных кораблей и зарубежных судов;
- обеспечение лидирующего положения в мире в области создания кораблей и судов принципиально новых типов или с новыми качествами.

Совокупность исследований по основным направлениям судостроительных наук позволяет институту прогнозировать развитие и обосновывать программы строительства отечественных кораблей и судов.

Исследовательская ядерная установка Крыловского ГНЦ

Тип ИЯУ	Название ИЯУ	Мощность тепловая, кВт	Год физического пуска	Состояние	Длительность эксплуатации, лет*
ИР	У-3	50	1964	Действующий	51

* — на 2015 г.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР У-3



Здание реактора У-3

Исследовательский ядерный реактор У-3, физический пуск которого осуществлен 13.12.1964 г., предназначен для исследования широкого круга вопросов, связанных с взаимодействием ионизирующих излучений с веществами, материалами, изделиями и формированием радиационной обстановки в экспериментальных объемах. У-3 неоднократно реконструировался и модернизировался; срок эксплуатации продлен до 2024 г.

Исследовательский ядерный реактор У-3 — гетерогенный реактор бассейнового типа на тепловых нейтронах с обогащенным до 10% по ^{235}U ядерным топливом (ТВЭЛы типа ЭК-10/У-3), замедлителем, теплоносителем, верхним и нижним торцевым отражателем. Верхней биологической защитой является вода (дистиллят), боковой отражатель — графит.



Центральный реакторный зал У-3

Активная зона реактора, собранная из отдельных тепловыделяющих элементов ЭК-10/У-3, размещается в нижней части бака на глубине 5 м от верхнего зеркала воды. Высота корзины активной зоны — 816 мм. В центре активной зоны расположена шестигранная бериллиевая втулка, которая является источником фотонейтронов.

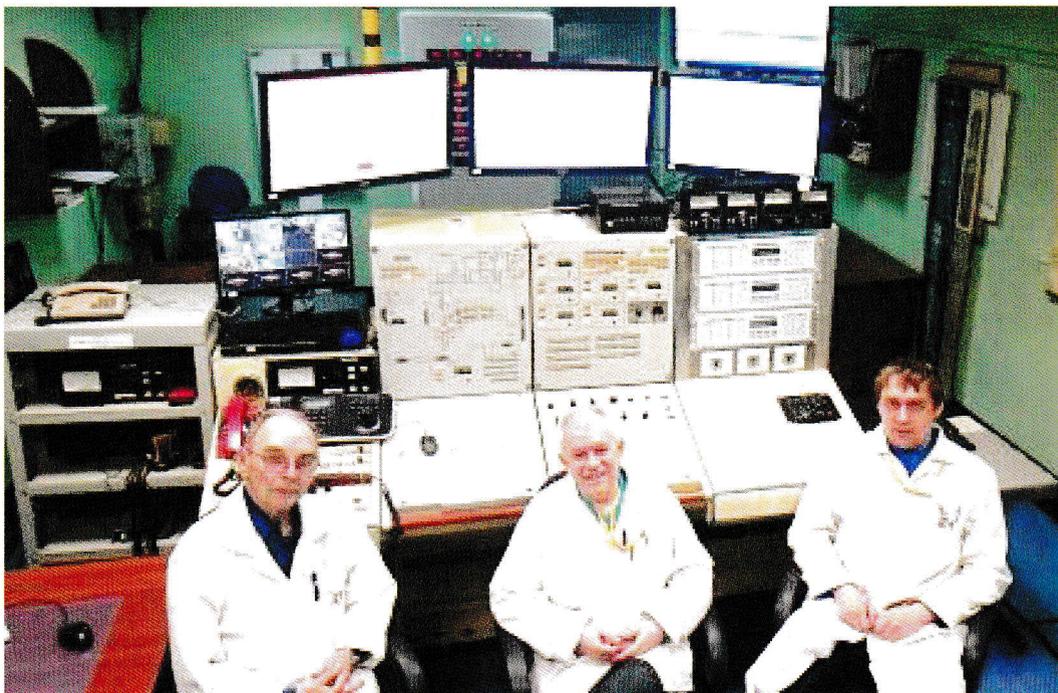
Основные технические характеристики реактора У-3

Мощность ИЯУ (тепловая), МВт	0,05
Теплоноситель	вода
Отражатель	графит, вода
Замедлитель	вода
Давление теплоносителя в 1-м контуре, макс., МПа	0,0625
Расход теплоносителя, м ³ /ч	естественная циркуляция
Температура теплоносителя на выходе из активной зоны, макс., °С	39

Обогащение топлива по ^{235}U , %	10
Выгорание топлива по ^{235}U , %:	
— среднее	2,2
— максимальное	3,92
Энергонапряженность активной зоны, Вт/см ³ :	
— средняя	0,75
— максимальная	1,34
Плотность теплового потока на поверхности твэл, макс., кВт/м ²	13,22
Плотность потока нейтронов, макс., см ⁻² ·с ⁻¹ :	
— тепловых	$5,3 \cdot 10^{11}$
— быстрых	$1,24 \cdot 10^{12}$
Число тепловыделяющих элементов, макс.	468
Конструкция твэлов	ЭК-10/У-3
Число органов:	
— аварийной защиты (АЗ)	2
— регулирования (РО)	4: 3 АР и 1 РР

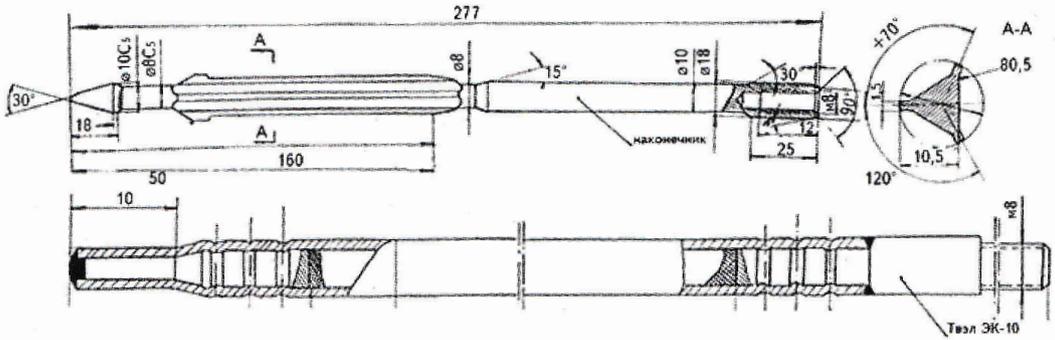
По оси активной зоны проходит центральный экспериментальный канал (ЦЭК), на периферии активной зоны установлены шесть каналов, предназначенные для соединения верхней и нижней трубных досок. В периферийных каналах размещены органы регулирования и аварийной защиты.

Режим работы реактора определяется согласно требованиям экспериментальной программы.



Пультывая реактора У-3

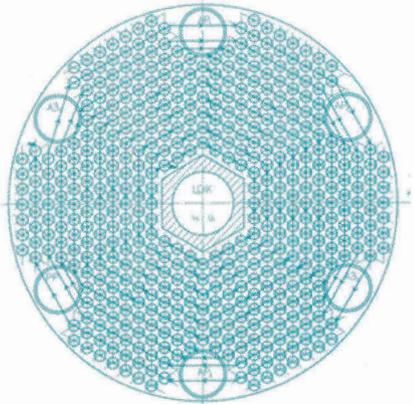
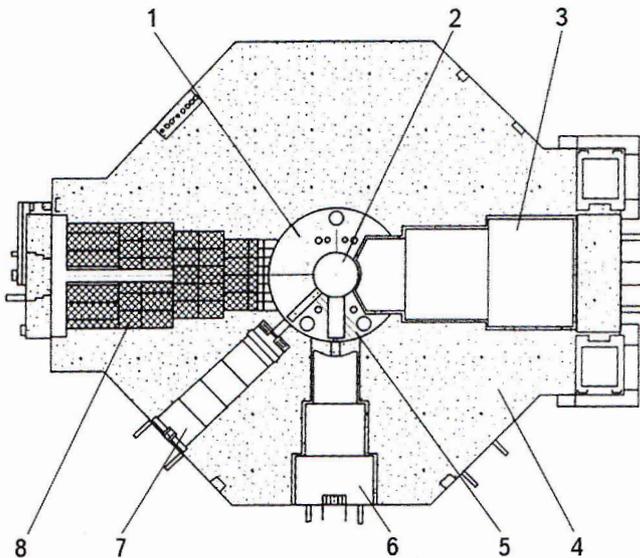
Ядерное топливо



ТВЭЛ ЭК-10/У-3

В бескассетной активной зоне реактора У-3 с вертикальной загрузкой используются стержневые твэлы типа ЭК-10/У-3 с диаметром сердечника 7 мм.

Топливная композиция $UO_2 + Mg$ с алюминиевым покрытием, толщина стенки покрытия — 1,5 мм. Обогащение по ^{235}U — 10%. Количество ^{235}U в 1 твэле составляет $8 \pm 0,8$ г. Диаметр твэла — 10 мм, высота активной части — 500 мм.



Горизонтальный разрез реактора У-3: 1 — графитовый отражатель; 2 — активная зона реактора; 3 — выкатной короб; 4 — биологическая защита; 5 — шибер тангенциальный; 6 — шибер радиальный, откатной; 7 — шибер радиальный; 8 — тепловая колонна

Картограмма активной зоны реактора У-3

Охлаждение активной зоны

Теплосъем в реакторе осуществляется за счет естественной циркуляции теплоносителя. Нагретый дистиллят охлаждается в трех теплообменниках кожухотрубного типа технической водой и по трем опускающим трубам $\text{\O}160 \times 10$ мм поступает под активную зону реактора. Теплообменники расположены на глубине 0,95 м от верхнего зеркала воды (и на 4 метра выше активной зоны), что при нормальной работе реактора приводит к образованию устойчивой застойной зоны в верхней части бака (над теплообменниками), которая препятствует выходу активной воды и растворенных в ней активных газов на поверхность бассейна.

Реактор располагается в бетонной шахте (бетонном месиве), являющейся стационарной биологической защитой. В нижнем поясе биологической защиты, в фильтровой яме, размещена система внутриконтурной очистки воды 1 контура ИЯР У-3, которая состоит из 4-х ионообменных фильтров, насоса типа ЭСН-1/2, запорно-регулирующей арматуры и трубопроводов.

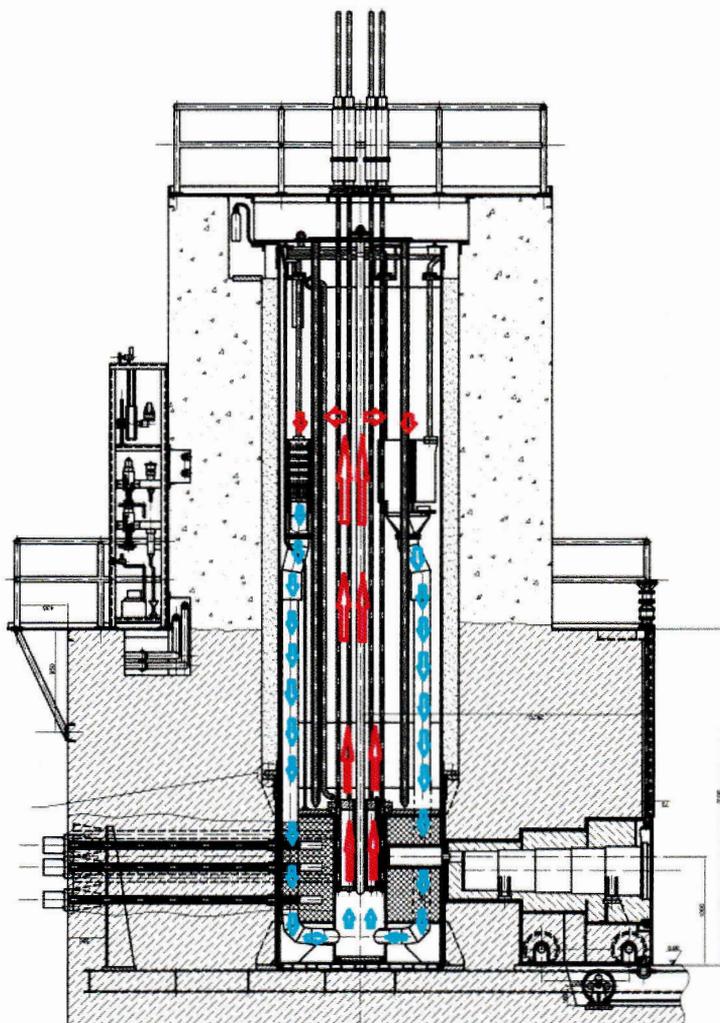
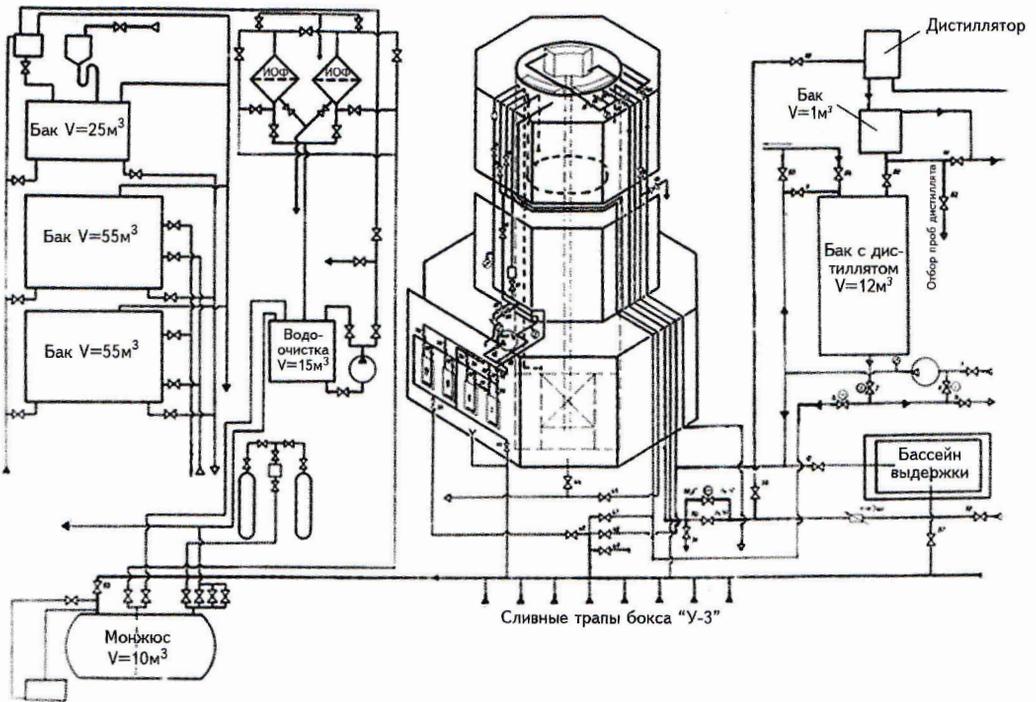


Схема охлаждения активной зоны реактора У-3



Технологическая схема реактора У-3

Экспериментальные возможности реактора У-3

Основные экспериментальные средства и устройства реактора расположены в нижнем поясе биологической защиты:

- трехступенчатый выкатной короб для испытания макетов биологической защиты. Размер носика выкатного короба у активной зоны — 800×800 мм, 2-й секции — 1000×1000 мм и 3-й секции (на выходе из биологической защиты) — 1200×1200 мм. Выкатной короб имеет трехскоростной привод вдвигания в массив установки. Время выкатывания тележки короба составляет 2,5 мин. со скоростью 23,1 мм/с;
- тангенциальный канал, $\varnothing 100$ мм, (шибер № 1). В канале смонтирован пятисекционный стандартный шибер с отверстием $\varnothing 100$ мм;
- откатной радиальный шибер на тележке с электроприводом, имеющий выходное отверстие, $\varnothing 100$ мм, (шибер № 2). Отверстие радиального канала, проходящего через отражатель, диаметром 200 мм позволяет монтировать на тележке либо шибер, $\varnothing 100$ мм, либо трехсекционный короб с размерами 500×500 мм на границе отражателя и 900×960 мм на выходе из биозащиты;
- радиальный канал, $\varnothing 100$ мм, (шибер № 3), также перекрываемый пятисекционным защитным шибером;
- тепловая колонна, начинающаяся в отражателе и имеющая размеры 800×800 мм на границе отражателя и 1200×1200 мм на выходе из биозащиты. Длина тепловой колонны — 2300 мм. Для снижения уровня гамма-фона на входе тепловой колонны (со стороны зоны) установлен висмутовый фильтр размером 100 мм. Тепловая колонна имеет также вертикальный выход, на котором установлен экспоненциальный бак, $\varnothing 1040$ мм;

- 14 вертикальных экспериментальных каналов: 10 каналов, $\varnothing 100$ мм, 3 канала, $\varnothing 110$ мм, 1 канал (ЦЭК), $\varnothing 52$ мм;
- ускоритель УЭЛ-10-ДМ. Используется в качестве экспериментального устройства для самостоятельной работы или работы совместно с исследовательским ядерным реактором У-3 для создания электро-ядерного подкритического стенда.



Ускоритель УЭЛ-10-ДМ

Отличительные черты реактора У-3:

- отсутствие «йодной ямы»;
- низкие значения температуры и давления при работе на мощности;
- отсутствие принудительного охлаждения активной зоны;
- наличие большого количества экспериментальных устройств различного назначения.

Направление исследований:

- исследование противорадиационной защиты кораблей и судов;
- исследование радиационного ресурса приборов и изделий корабельных и судовых комплексов;
- исследование процессов массопереноса и активации продуктов коррозии в современных корабельных и судовых водоохлаждаемых установках;
- исследование систем управления корабельными и судовыми реакторами;
- изучение методами радиационной техники вопросов диагностики и ресурса корабельного и судового оборудования;
- исследование вопросов физики перспективных реакторов;
- исследование вопросов дозиметрии излучений и радиационной метрологии.

Наиболее значимые работы

Испытания на радиационную стойкость аппаратуры, электронных компонентов и различных материалов.

Исследование процессов активации, переноса и осаждения продуктов коррозии в контурах охлаждения судовых и корабельных ЯЭУ.

Исследования эффективности выведения радиоактивного йода спринклерной системой в условиях моделирования аварий типа LOCA судовых ЯЭУ.

Испытания материалов, типовых композиций и узлов биологической защиты атомных объектов морской техники различного назначения, содержащих проходки для труб, кабелей и другие неоднородные элементы, направленные на выбор оптимальной с точки зрения ослабления излучения эффективности.

Исследования процессов выхода активности за пределы АПЛ с целью разработки технологии герметизации межбортовых цистерн корабля.

Исследования в обеспечение создания аппаратурных комплексов контроля радиоактивного поля АПЛ.

Исследования в обеспечение создания аппаратурных комплексов обнаружения и идентификации опасных веществ в затопленных объектах.

Проведение метрологической аттестации погружных спектрометрических комплексов для измерения радиоактивного загрязнения морской среды.

Исследования информативности радиационных полей корабельных ядерных реакторов и оценка возможности их обнаружения с помощью специально разработанной аппаратуры в целях противодействия ИТР.

Перспективы использования реактора

Реактор может быть использован для изучения:

- радиационного ресурса приборов и изделий;
- процессов массопереноса и активации продуктов коррозии в корабельных водоохлаждаемых установках;
- радиационной защиты кораблей и судов;
- формирования радиационной обстановки в замкнутых отсеках кораблей и способы выведения радиоактивных веществ;
- способов совершенствования процессов и средств водоподготовки корабельных и судовых АЭУ;
- систем управления корабельными реакторами;
- физики перспективных реакторов;
- дозиметрии излучений и радиационной метрологии;
- ресурса корабельного оборудования методами радиационной техники;
- диагностики ресурса оборудования методами радиационной техники;
- дозиметрии излучений и радиационной метрологии;
- ресурса радиоэлектронных приборов и изделий;
- модификации материалов с целью получения нового качества;
- отработка вопросов экологической, ядерной, радиационной безопасности объектов использования атомной энергии;
- подготовки руководящего и оперативного персонала объектов использования атомной энергии;
- практическое обучение студентов профильных специальностей.

Реконструкции

За время эксплуатации У-3 было проведено три модернизации:

- в 1979 г.;
- в 1988–1990 гг.;
- в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2014 гг. по государственным контрактам были выполнены работы по техническому перевооружению ком-

плекса с многоцелевым исследовательским реактором У-3 и подготовке к продлению срока его эксплуатации.

Назначенный срок эксплуатации реактора У-3 составлял 30 лет, но проведенные работы 2009–2014 гг. позволили продлить срок эксплуатации до 2024 г.

История

Исследовательский ядерный реактор У-3 ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (бывшее ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова») был введен в строй в 1964 г. как экспериментальное средство для изучения: биологической защиты корабельных атомных энергетических установок, радиационной стойкости элементов систем управления, процессов развития и ликвидации радиационных аварий на кораблях с АЭУ.

За полувековую эксплуатацию на реакторе У-3 было выполнено большое количество работ, результаты которых внесли заметный вклад в создание современных корабельных АЭУ. За весь период эксплуатации реактора У-3 не было ни одного случая ядерной и радиационной аварии. Для обеспечения и поддержания безопасной эксплуатации реактор У-3 оснащен комплексом технических средств, соответствующих требованиям нормативных документов по ядерной и радиационной безопасности.

Персоны



Струев Вячеслав Петрович

Начальник отделения корабельной энергетики, ядерной и радиационной безопасности — заместитель генерального директора, д. ф-м. н., профессор

Тел.: +7(812)368-67-22, +7(812)415-65-14, +7(812)415-46-48.

Факс: +7(812)386-67-65.

E-mail: struevvp@krylov.spb.ru



Киселев Юрий Васильевич

Начальник лаборатории 48 — комплекса с исследовательским ядерным реактором

Тел.: +7(812)587-74-56.

E-mail: 48lab@mail.ru

Контакты



Кондратьев Кирилл Борисович

Главный инженер исследовательского ядерного реактора У-3

Тел.: +7(812) 587-87-30.

E-mail: 48lab@mail.ru