



РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР ВНИИЭФ

Фундаментальные и прикладные научные исследования в ЯОК Госкорпорации «Росатом»

ДОКЛАД НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ РФЯЦ-ВНИИЭФ,
ПРЕДСЕДАТЕЛЯ НТС ЯОК ГК «РОСАТОМ»
АКАДЕМИКА РАН Р.И.ИЛЬКАЕВА
НА КОНФЕРЕНЦИИ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: 70-ЛЕТНИЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

24 сентября 2015 года. Москва
Выставочный комплекс «Манеж»

Сохранение и развитие научно-технического потенциала ЯОК ГК «Росатом», необходимого для сопровождения ядерного боевого оснащения Российской Федерации, решение вопросов обеспечения его эффективности, безопасности и надежности в условиях действия ДВЗЯИ, в том числе, на долгосрочную перспективу.

Достижение стратегической цели обеспечивается современными методами физико-математического моделирования, технологиями и средствами физического эксперимента, проектирования и отработки конструкций на основе:

- передовой вычислительной, экспериментальной и лабораторно-испытательной базы;
- уникального объема данных, полученных в период натуральных испытаний ядерных и термоядерных зарядов, их трансформации в новые научно-технические знания и умения;
- компетенций научных и конструкторских школ;
- высокопрофессиональных кадров.

Развитие в ЯОК новых разделов физики высоких плотностей энергии и получение уникальных знаний явилось базисом для таких прорывных достижений в области обеспечения гарантий ядерного сдерживания, как:

- создание первых образцов ядерного и термоядерного оружия;
- создание нескольких поколений ядерного и термоядерного оружия для практически всех видов Вооруженных сил нашей страны;
- создание специализированных видов ядерных и термоядерных зарядов, обладающих особыми характерными качествами;
- создание специальных технологий для натурных испытаний образцов ядерного и термоядерного оружия;
- создание уникальных технологий и устройств для проведения ядерных взрывов в мирных целях;
- решение сложнейшей задачи обеспечения зажигания и горения термоядерных материалов в условиях их инерционного удержания, создаваемого радиационной имплозией;
- исследование особенностей воздействия различных факторов ядерных и термоядерных взрывов на различные виды военной техники;
- обеспечение безопасности ядерного оружия.

В основе реализации работ в ЯОК ГК «Росатом» лежат научно и технически обоснованные решения.

Создание ядерного и термоядерного боевого оснащения неразрывно переплелось с созданием и развитием нового направления физики – физики высоких плотностей энергии, которая изучает поэлементно и в комплексе:

- процессы детонации: формирование, распространение и передачу детонационных волн;
- ударно-волновое нагружение гетерогенных структур, газодинамику, разрушение и компактирование материалов, развитие гидродинамических неустойчивостей;
- формирование надкритических состояний делящихся материалов;
- обеспечение термоядерного горения в ядерных зарядах;
- процессы нейтронной кинетики;
- процессы радиационной газодинамики;
- термоядерное зажигание и горение;
- уравнения состояния различных материалов в широких диапазонах давлений, плотностей и температур.

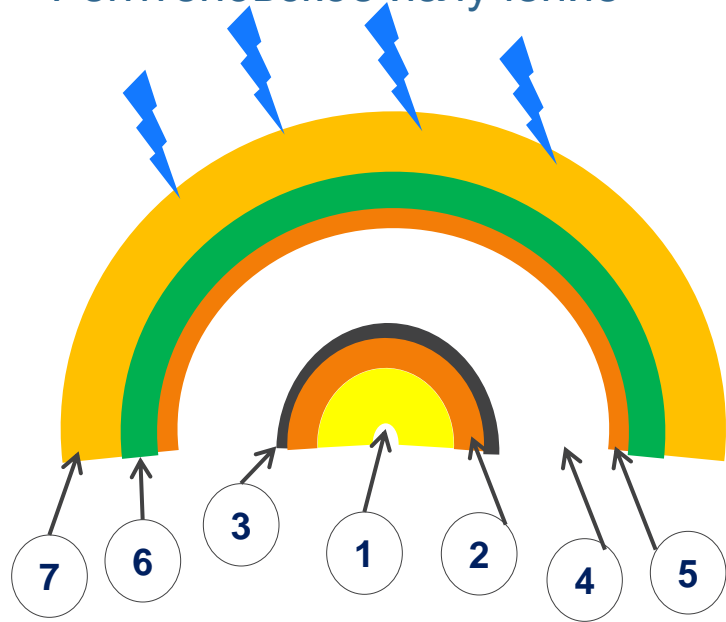
На основе этих знаний обеспечивается управление детонационными и ударно-волновыми процессами, кинетикой излучения, гидродинамикой плотной и разреженной высокотемпературной и низкотемпературной плазмы в условиях работы ядерных и термоядерных зарядов.

Масштабные общенациональные задачи потребовали новых организационных форм – концентрации усилий специалистов различного профиля в десятках созданных городов, комплексов и объектов для разработки ЯО, для получения ядерных оружейных материалов, для добычи сырья, для производства ядерно-оружейных компонентов, объединенных в систему ядерной отрасли нашей страны. Именно в ЯОК впервые в качестве новой формы организации науки и производства появились наукограды. Ключом к успеху деятельности этой гигантской системы явилось создание новых научно-технических решений и их эффективное внедрение.

Рентгенографический комплекс



Рентгеновское излучение



В РФЯЦ-ВНИИЭФ проблема была решена в 1962 году в условиях радиационной имплозии.

1. Твёрдое термоядерное горючее – дейтерид лития
2. Оболочка из золота
3. Инертная оболочка
4. Материал с малым Z
5. Оболочка из материала с большим Z
6. Слой из материала с средним Z
7. Слой из материала с малым Z

Зажигание термоядерного горючего было получено при температуре $Rl \sim 1\text{keV}$
Регистрация термоядерного зажигания получена по анализу активации золота термоядерными нейтронами

Это – уникальное достижение, основанное на фундаментальных выводах об исключительной роли симметрии обжатия термоядерного горючего и возможности ее практического обеспечения.

В конце 1962 года это достижение было использовано для инициирования термоядерного заряда мощностью $\sim 1\text{Mt}$

В ЯОК впервые в мире созданы уникальные облучательные комплексы на основе сильноточных ускорителей электронов и импульсных ядерных реакторов, позволяющие моделировать в лабораторных условиях действие гамма- и нейтронного излучений.



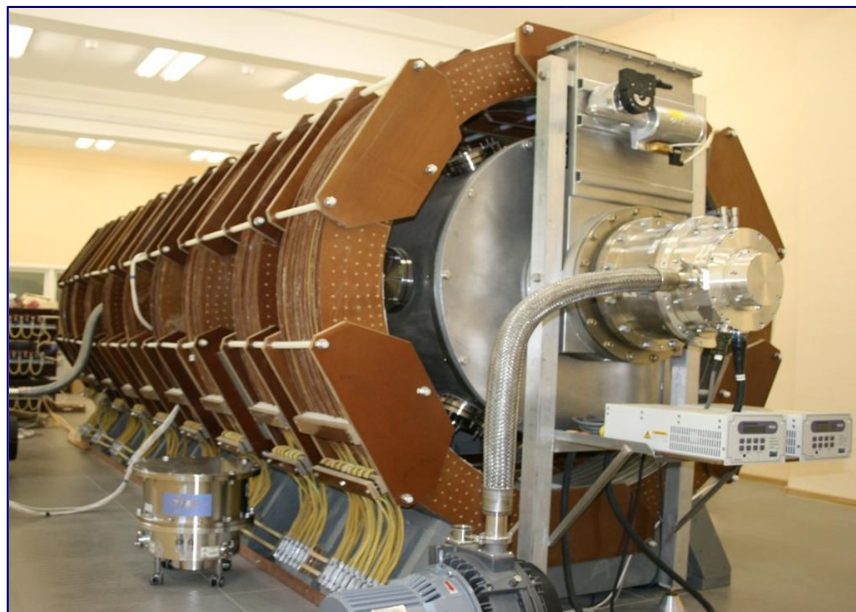
Линейный индукционный ускоритель ЛИУ-30 комплекса «Пульсар»



Линейный индукционный ускоритель ЛИУ-10 для комплексных испытаний ВТ с реактором ГИР-2



Уникальный импульсный реактор БИГР



Электрофизический комплекс НПМ-01



Электрофизический комплекс НПМ-01

Электрофизический комплекс НПМ-01 предназначен для изучения фундаментальных физических процессов в околоземном и межпланетном космическом пространстве, в гелиосфере и магнитосфере планет.

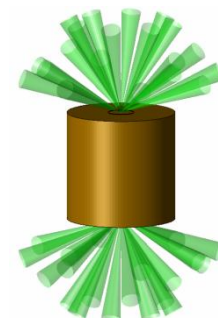
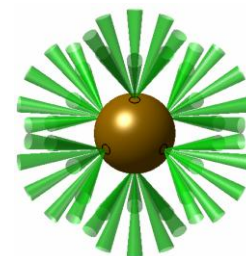
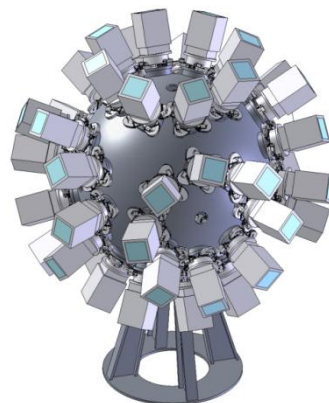
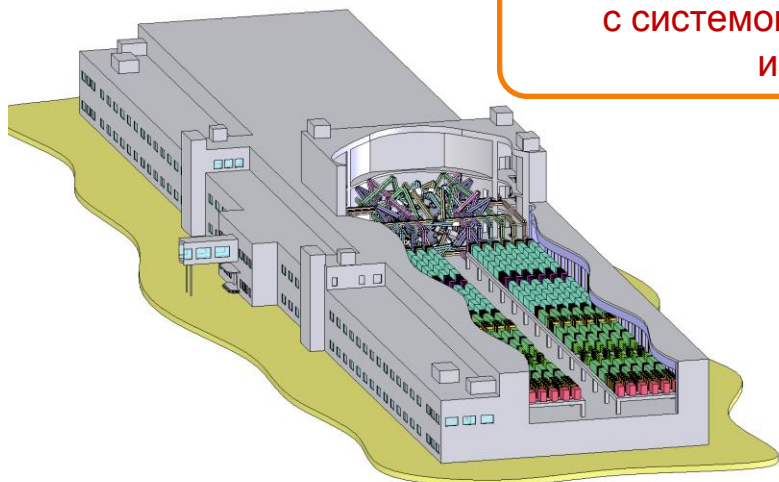
- В прошлом надежность большого, часто обновляемого и разнородного ядерного потенциала обеспечивалась проведением натуральных испытаний, дававшими однозначную проверку влияния конструктивных особенностей, изменения материалов или средств обеспечения безопасности, которые не могли быть адекватно рассчитаны или испытаны другими способами. В настоящее время эта возможность отсутствует.
- Экспериментальная база Федеральных ядерных центров и компьютерное моделирование в прошлом вполне удовлетворительно позволяли подготовить заряд к натурным испытаниям. Влияние пробелов (порой весьма существенных) в нашем понимании отдельных деталей происходящих процессов и неточности базы данных о свойствах веществ могли быть выявлены в полигонном эксперименте, и в конструкцию заряда могли быть внесены необходимые изменения.
- С прекращением испытаний задачи, стоящие перед компьютерным моделированием и экспериментальной базой принципиально изменились. Необходимо уметь предсказывать эволюцию явлений, происходящих при работе зарядов, во всех деталях и с высокой точностью.

Требуется создание качественно новой экзафлопсной технологии предсказательного компьютерного моделирования работы ЯЗ и ЯБП, воздействия поражающих факторов ЯВ на объекты военной техники. Данные работы требуют проведения большого объема фундаментальных и поисковых исследований, направленных на:

- внедрение новых или усовершенствованных физико-математических моделей, верификация и валидация их на имеющиеся экспериментальные данные;
- создание качественно нового поколения математических методик, обеспечивающих многоуровневое моделирование;
- дальнейшее развитие математических методов моделирования в приближениях молекулярной и кластерной динамики;
- создание численных методик и высокопараллельного программного обеспечения для решения задач на принципиально новых архитектурах с использованием миллионов и десятков миллионов процессорных элементов.

Создание мощной лазерной установки в ЯОК

3D модель камеры взаимодействия
с системой ввода лазерного
излучения



Обоснован выбор системы ввода лазерной энергии в камеру взаимодействия, обеспечивающей высокую степень симметрии облучения термоядерной мишени $e_{rms} < 1\%$ и позволяющей работать как с рентгеновскими мишенями в сферическом или цилиндрическом боксах, так и с мишенями прямого воздействия

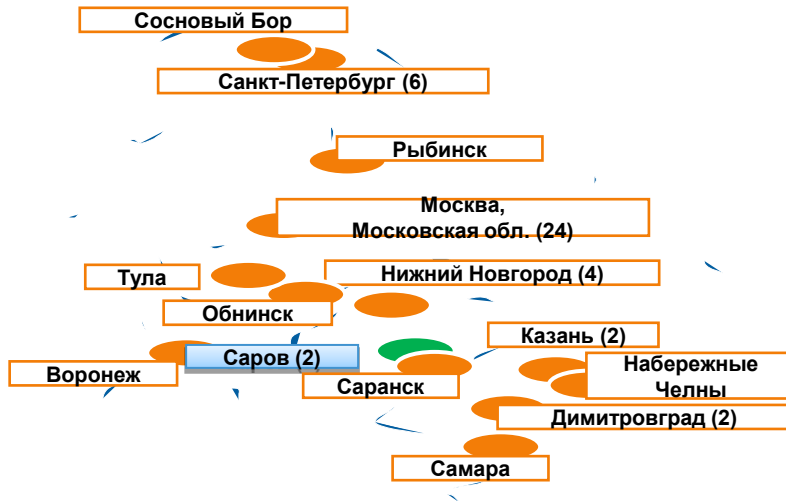
- Хотя с термоядерными зарядами были проведены сотни натуральных испытаний, нам необходимы новые знания на основе УФЛ, поскольку практика создания термоядерных зарядов включала ограниченный объем физических измерений, а также немало неудачных и не понятых до настоящего времени результатов натуральных экспериментов.
- Создание УФЛ позволит проводить прямые измерения спектрального распределения энергии излучения вокруг микромишеней (аналогов термоядерных узлов). Эти измерения предоставят уникальную информацию для характеристик процессов радиационной имплозии.
- Создание УФЛ предполагает проведение непосредственных измерений имплозии микромишеней в асимметричных условиях, создающих различные виды гидродинамических неустойчивостей имплозии. Эти результаты должны непосредственно использоваться для верификации физико-математических моделей работы термоядерных зарядов.

Для современных высокопроизводительных супер-ЭВМ разработаны программные комплексы, включающие газодинамику, радиационную газодинамику, нейтронно-ядерные процессы, процессы развития неустойчивостей и турбулентного перемешивания, неравновесный многотемпературный характер горения.

В широкой кооперации с учреждениями РАН и крупнейшими предприятиями промышленного комплекса создаются математические модели и отечественные пакеты программ для имитационного моделирования в интересах проектирования и создания сложных инженерных систем. Пакеты предназначены для решения задач:

- статической, динамической и вибрационной прочности;**
- аэро-, гидро-, газо-динамики;**
- тепломассопереноса;**
- горения газовых смесей;**
- многофазной фильтрации.**

Созданные математические методики и программы обеспечивают возможность эффективного решения задач на супер-Эвм с массовым параллелизмом.



«География» организаций,
использующих
вычислительные ресурсы
ВЦКП РФЯЦ-ВНИИЭФ

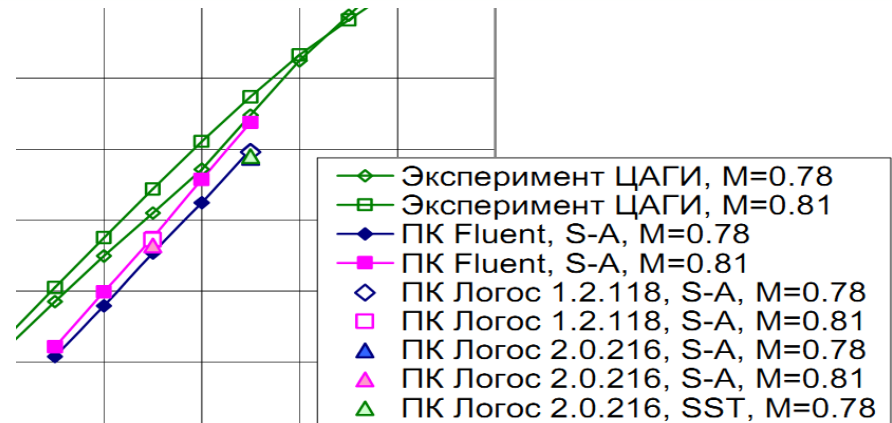
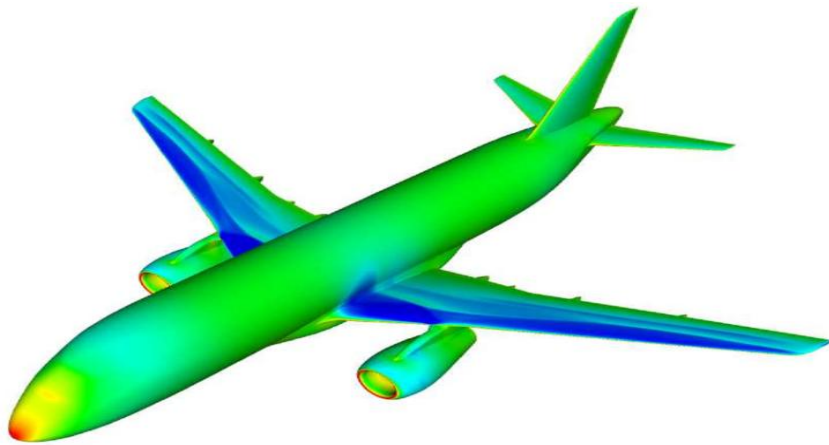
На базе выделенных и вновь приобретенных вычислительных ресурсов в 2008 году был образован вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП) РФЯЦ-ВНИИЭФ и предоставлен удаленный доступ к нему внешним предприятиям и организациям.

В настоящее время производительность ЭВМ ВЦКП составляет 320 Тфлопс, доступ к нему для проведения расчётов имеют более 40 организаций, максимальная скорость доступа к ресурсам ВЦКП составляет 10Гбит/с, которую вместе с существенным увеличением производительности ЭВМ далее планируется увеличить.

В рамках проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий» (2010-2012 гг.) началось развитие ряда компактных супер-ЭВМ (КС-ЭВМ) для оснащения предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности РФ недорогими высокопроизводительными вычислительными средствами и прикладным программным обеспечением инженерного анализа.

КС-ЭВМ представляют собой многофункциональные высокопроизводительные вычислительные машины производительностью от 1 до 5 Тфлоп/с, (предназначенные для численного имитационного моделирования).

К началу 2015 года уровень внедрения КС-ЭВМ – более 100 образцов на 40 предприятиях и научных организациях РФ, суммарная производительность которых превышает 200 Тфлоп/с. К пользователям КС-ЭВМ относятся предприятия ГК «Росатом», предприятия авиакосмической и автомобильной отраслей, организации РАН, высшие учебные заведения, Министерство обороны РФ, нефтегазовая отрасль и предприятия авиастроения.



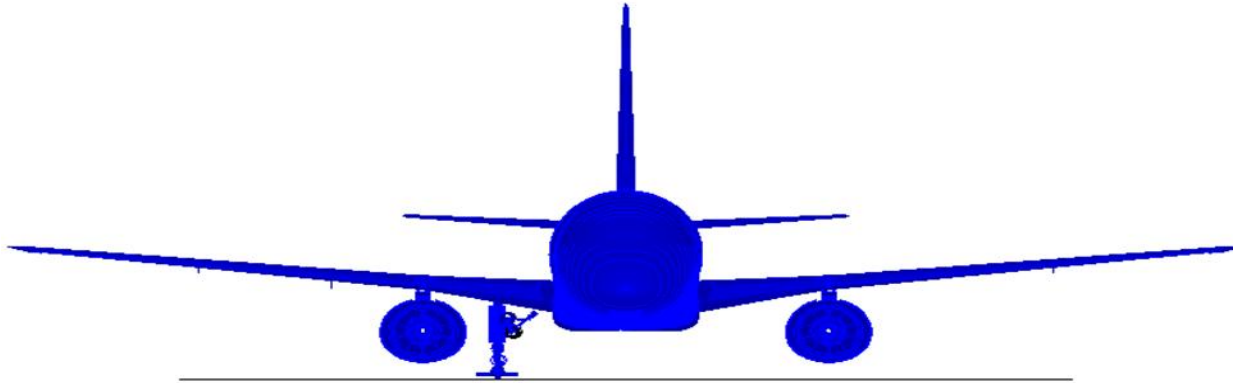
Расчет аэродинамических характеристик отечественного пассажирского лайнера нового поколения SSJ-100 ОАО «Компания Сухой»

Важным направлением работ стало наращивание функционала разработанных программ, их верификация и валидация, а также внедрение созданного ПО в работы выделенных предприятий базовых отраслей промышленности. Так в рамках совместных работ с ОАО «ОКБ Сухого» и НПО «Сатурн» проводилось внедрение пакета программ ЛОГОС в производственную деятельность предприятий авиационной промышленности.

Использование супервычислений. Моделирование безопасности аварийной посадки



Time = 0



При частичном выпуске шасси самолета SSJ 100 обеспечена безопасность топливных баков и отсутствие возгорания и взрыва топлива. Соответствует международным европейским правилам.



Сегодня в Технопарке ведут деятельность 57 компаний-резидентов (в которых работает более 630 человек), суммарный оборот которых по итогам 2014 года составил более 1,5 млрд. рублей.

Реализуемые проекты Технопарка «Саров»:

Центр компетенций, обучения и сертификации по суперкомпьютерному имитационному моделированию

Создание генераторов синтез-газа

Создание наземно-космического центра информационно-управляющих систем различного назначения

Национальный центр лазерных систем и технологий

Создание центра гидродинамических исследований

Новые технологии переработки и транспортировки угля в рамках угольного технологического кластера

Создание производства трубопроводной арматуры для тепловых и атомных электростанций

Проблемные вопросы реализации исследований и развития научно-технической базы ЯОК РФ, которые требуют межведомственной поддержки и которые существенны для других секторов ОПК, систематически рассматриваются в рамках НТС ВПК.

Одно из важнейших практических решений относится к поддержке НТС ВПК создания лазерной мегаустановки с целью ликвидации критического отставания в этой важнейшей области исследований и моделирования термоядерных процессов.

НТС ВПК эффективно поддерживает создание современного ПО для моделирования работы и проектирования сложнейших образцов новой ВТ различного назначения, развитие новых видов информационных систем.

К числу важнейших задач ЯОК относится выполнение Государственной программы вооружений и Государственного оборонного заказа, обеспечение поддержания и развития ядерного арсенала на уровне, гарантирующем реализацию политики РФ в области ядерного сдерживания. Государственная корпорация «Росатом» и Министерство обороны РФ ежегодно представляют Президенту РФ доклад о состоянии ядерного оружия и ЯОК РФ.

К конкретным направлениям решения ключевых задач, стоящих перед ЯОК РФ относятся:

- практическая реализация научно-технического сопровождения и воспроизводства ядерного арсенала в условиях отсутствия натуральных испытаний на данном историческом этапе развития;
- развитие новых технологий сопровождения ядерного арсенала на основе определяющего вклада совершенствования вычислительной и экспериментальной базы ЯОК, проведения разрешенной деятельности в условиях ДВЗЯИ;

- создание и внедрение новых средств обеспечения безопасности ЯЗ, ЯБП и ядерных оружейных систем как в отношении техногенных аварий, так и в отношении угрозы несанкционированных действий;
- создание новых видов и модернизация ЯБП и ЯЗ, необходимых для боевого оснащения новых ядерно-оружейных средств;
- создание новых наукоемких образцов неядерного оружия на основе достижений технологий в ядерно-оружейной деятельности;
- сохранение и развитие критических знаний и технологий разработки и производства ядерных зарядов и ядерных боеприпасов;
- развитие общенаучного и общетехнического уровня ядерного оружейного комплекса;
- поддержание и обновление кадрового потенциала ядерного оружейного комплекса, повышение его социальной защищенности, развитие высшего и профессионально-технического образования для кадрового обеспечения ядерной оружейной деятельности;

Для сохранения и укрепления лидирующих позиций в мире по фундаментальным и поисковым научным исследованиям в области физики высоких плотностей энергии – научного базиса ядерно-оружейной деятельности необходимо:

- **Создание экспериментальной базы и новых средств диагностики мирового уровня;**
- **Обеспечение финансирования исследований на установках на достаточном уровне;**
- **Развитие программ ГК «Росатом» для исследований по отдельным научным направлениям, необходимым для деятельности ЯОК;**
- **Развитие открытых научных подразделений в ключевых организациях ЯОК для сопряжения ядерно-оружейной науки с фундаментальными достижениями передовой мировой науки и исключения неприятных технологических сюрпризов**

Результаты фундаментальных и прикладных научных исследований ЯОК ГК «Росатом» обеспечивают научную достоверность работ и имеют прямую направленность на обеспечение условий сопровождения ядерного боевого оснащения, обеспечения его безопасности, надёжности и эффективности в условиях действия Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний и совершенствование качеств ядерного оружия, необходимых в XXI веке.