



Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

Федеральное бюджетное учреждение
«Научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности»



ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЕРТИЗЫ И АТТЕСТАЦИИ ПРОГРАММ ДЛЯ ЭВМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОБОСНОВАНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

С.А. Шевченко

АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»
Обнинск, 27 июня 2019 г.

www.secnrs.ru

Правовая основа экспертизы программ для ЭВМ

- **ФЗ «Об использовании атомной энергии» - статья 26**

Если в целях подготовки документов, обосновывающих безопасность

ОИАЭ, необходимо построение расчетных моделей процессов,

влияющих на безопасность ОИАЭ, для их построения используются

программы для ЭВМ, прошедшие экспертизу

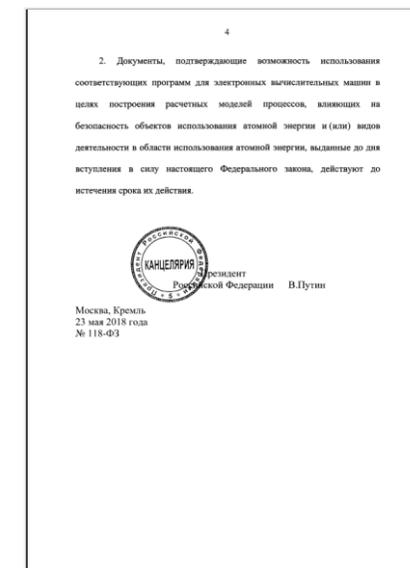
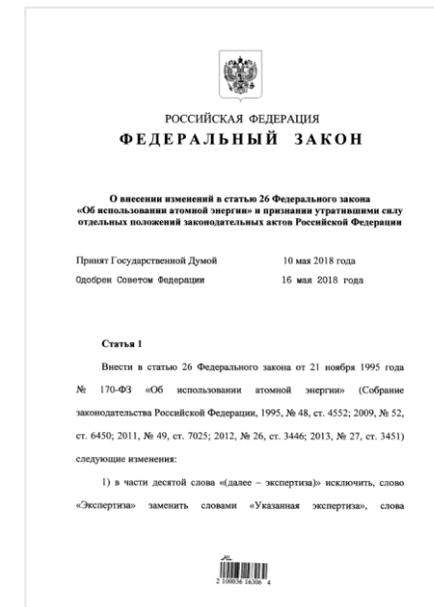
Предмет экспертизы – оценка возможности использования программ

для ЭВМ в целях построения расчетных моделей ОИАЭ

- Порядок экспертизы программ для ЭВМ утвержден приказом

Ростехнадзора от 30.07.2018 № 325

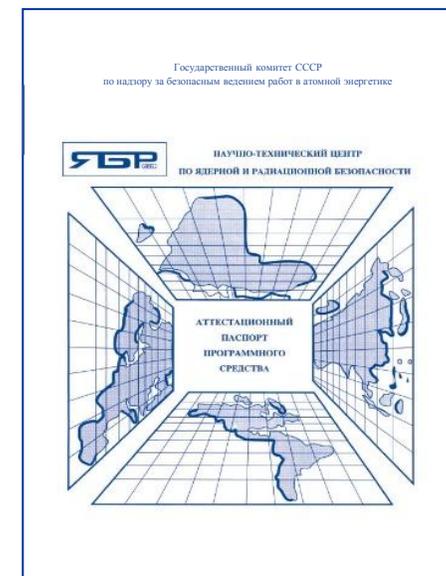
- Экспертизу проводит ОНТП Ростехнадзора – ФБУ «НТЦ ЯРБ»



Вехи экспертизы и аттестации программ для ЭВМ

1989 – 1991

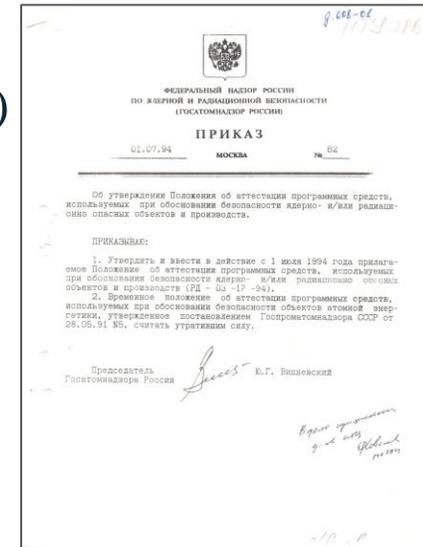
- ПБЯ РУ АС – 89: используемые программы должны быть аттестованы
- Минатомэнергопром – Отраслевой фонд алгоритмов и программ для ядерных реакторов ИАЭ им. Курчатова (ОФАП ЯР)
- Временное положение по экспертизе программных средств (приказ Госпроматомнадзора СССР от 28.05.1991 № 5)
- Экспертизу проводит НТЦ ЯРБ
- Образован экспертный совет по аттестации программных средств
- Аттестованы первые 16 программ для нейтронно-физических расчетов



Вехи экспертизы и аттестации программ для ЭВМ

1992 – 2000

- Положение по аттестации программных средств Госатомнадзора (РД-03-17-94)
- Аттестованы первые программы для расчетов строительных конструкций теплогидравлических расчетов, прочностных расчетов оборудования, для обоснования радиационной безопасности
- Требования к программам для теплогидравлических расчетов (РД-03-34-95)
- Требования к программам, предназначенным для обоснования безопасности (РД-03-34-2000)



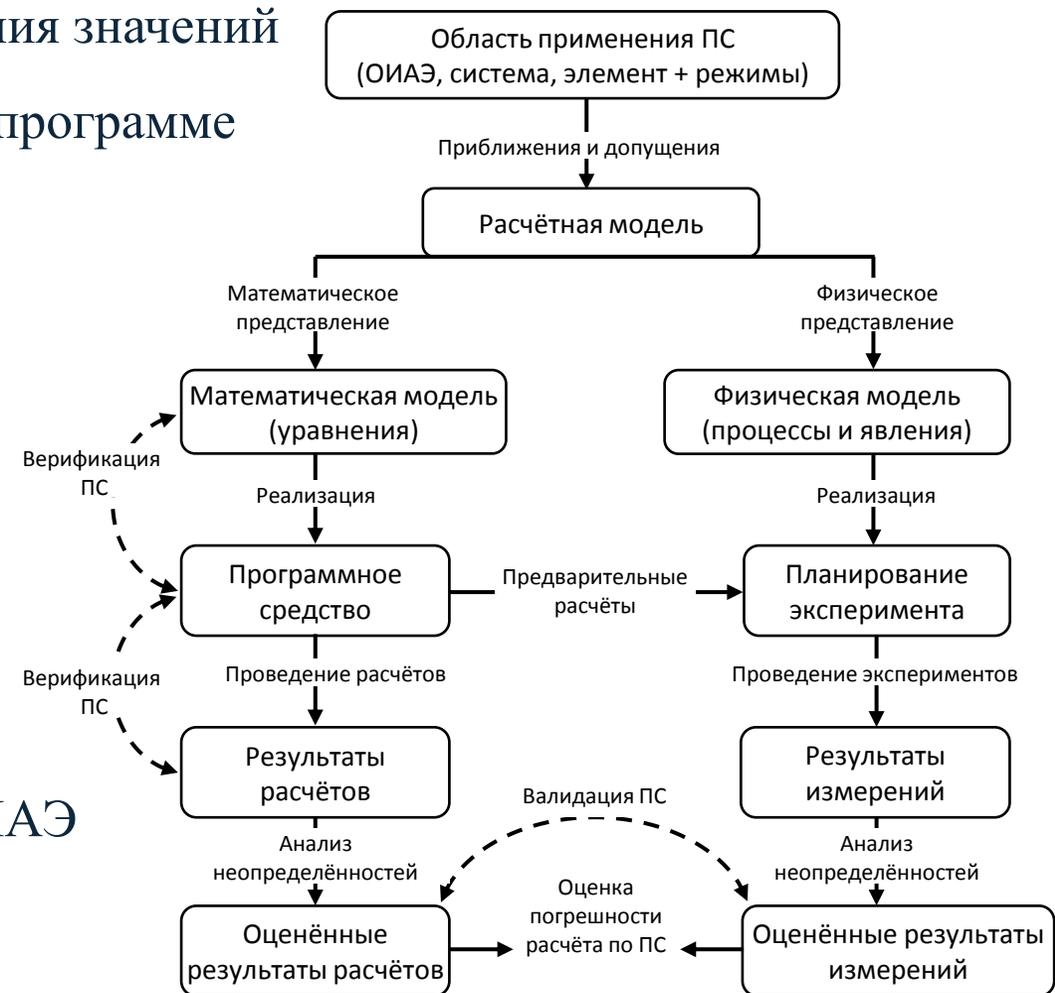
2001 – 2018

- Аттестованы первые программы для гидрогеологических расчетов и для анализов риска
- Инструкция по организации экспертизы (РД-03-33-2008)
- Рекомендации к обоснованию применимости программ (5 РБ, 2 МД)
- Изменения в 170-ФЗ, новый порядок экспертизы и новое положение об Экспертном совете

Требования к обоснованию применимости программ для ЭВМ

При верификации и валидации программы в целях обоснования значений погрешностей и неопределенностей результатов расчетов по программе осуществляется сравнение с:

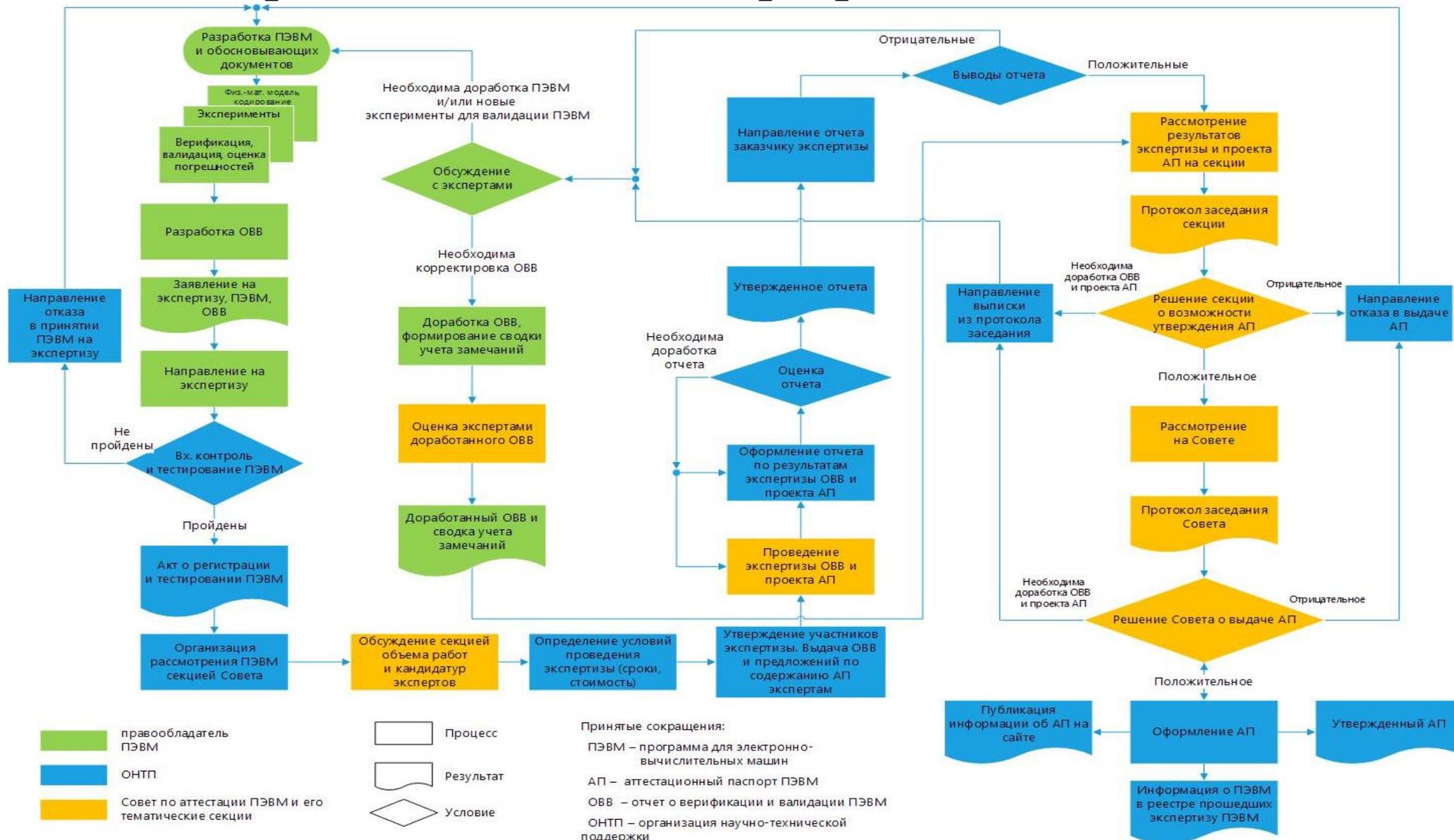
- результатами аналитических тестов
- расчетами по ранее аттестованным программам
- экспериментальными данными по отдельным процессам и явлениям (локальные эксперименты)
- данными интегральных экспериментов, полученных на экспериментальных установках, структурно подобных ОИАЭ
- измерениями на ОИАЭ



Приказом Ростехнадзора от 20.09.2018 № 450 определено, что экспертизу

программ для ЭВМ осуществляет ФБУ «НТЦ ЯРБ»

Блок-схема экспертизы и аттестации программ для ЭВМ



Порядок экспертизы программ для ЭВМ

Порядок экспертизы программ для ЭВМ утвержден приказом Ростехнадзора от 30.07.2018 № 325:

- цели проведения экспертизы программ для ЭВМ
- Экспертиза программ для ЭВМ должна завершиться до начала процесса лицензирования
- заказчиком экспертизы выступает правообладатель или обладатель неисключительных прав на программу для ЭВМ
- экспертиза включает в себя тестирование программы и оценку документов, обосновывающих применение программы для ЭВМ
- порядок действий и сроки выполнения этапов экспертизы программ для ЭВМ
- критерии оценки программ для ЭВМ
- результаты экспертизы рассматриваются Экспертным советом по аттестации программ
- ведение базы данных аттестационных паспортов

Экспертный совет по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре

Приказ Ростехнадзора от 27.12.2018 № 655

- Положение об Экспертном совете, состав, руководители
- Персональные составы Президиума и тематических секций Экспертного совета формируются с учетом предложений от организаций
- В Президиум включаются представители Ростехнадзора, ФБУ «НТЦ ЯРБ» и один представитель организации, имеющей опыт аттестации программ для ЭВМ
- В тематическую секцию включаются представители организаций, деятельность которых связана с разработкой, верификацией, валидацией и (или) использованием программ для ЭВМ в соответствии с тематическим направлением секции
- Руководитель рабочей группы экспертов назначается из числа работников ФБУ «НТЦ ЯРБ»

Экспертный совет по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре



Организацию деятельности Экспертного совета осуществляет ФБУ «НТЦ ЯРБ»

Структура аттестационного паспорта программы для ЭВМ

Общие сведения о программе:

название

разработчики

перечень документов, сопровождающих экспертизу

Область применения программы:

назначение (рассчитываемые параметры)

тип ОИАЭ

моделируемые режимы эксплуатации ОИАЭ

параметры расчетной модели

погрешность, обеспечиваемая ПС в области его применения

Сведения о методиках расчета, реализованных в программе:

описание составных частей модели, взаимодействие между ними

описание уравнений, численных методов решения

Базы данных о свойствах веществ и материалов (библиотеки констант), сведения об их аттестации в КАСД Госкорпорации «Росатом»

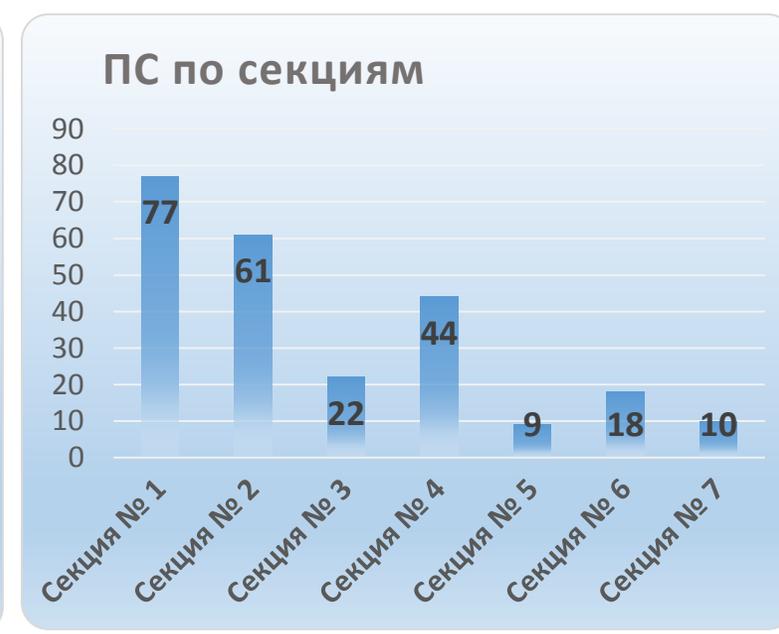
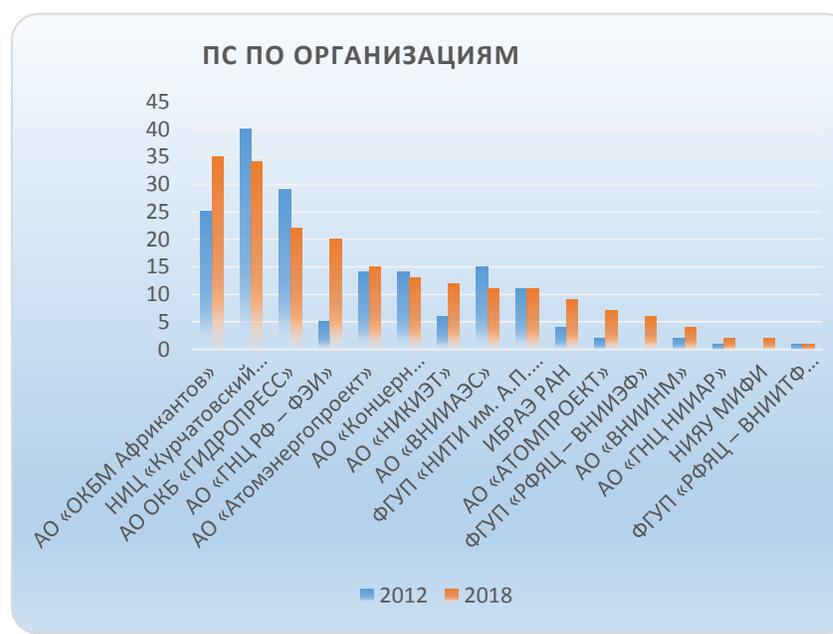
Организации, специалисты которых прошли обучение



Срок действия 10 лет
(с последующим
пересмотром)

Результаты по состоянию на 2019 год

- Всего аттестована 471 программа для ЭВМ
- Действуют 263 аттестационных паспорта



- Рекламаций на аттестованные программы не поступало
- Результаты аттестации программ для ЭВМ признаются органами регулирования стран, эксплуатирующих или выступающих заказчиками сооружения АЭС по российским проектам

Наиболее значимые «вызовы» на текущий момент

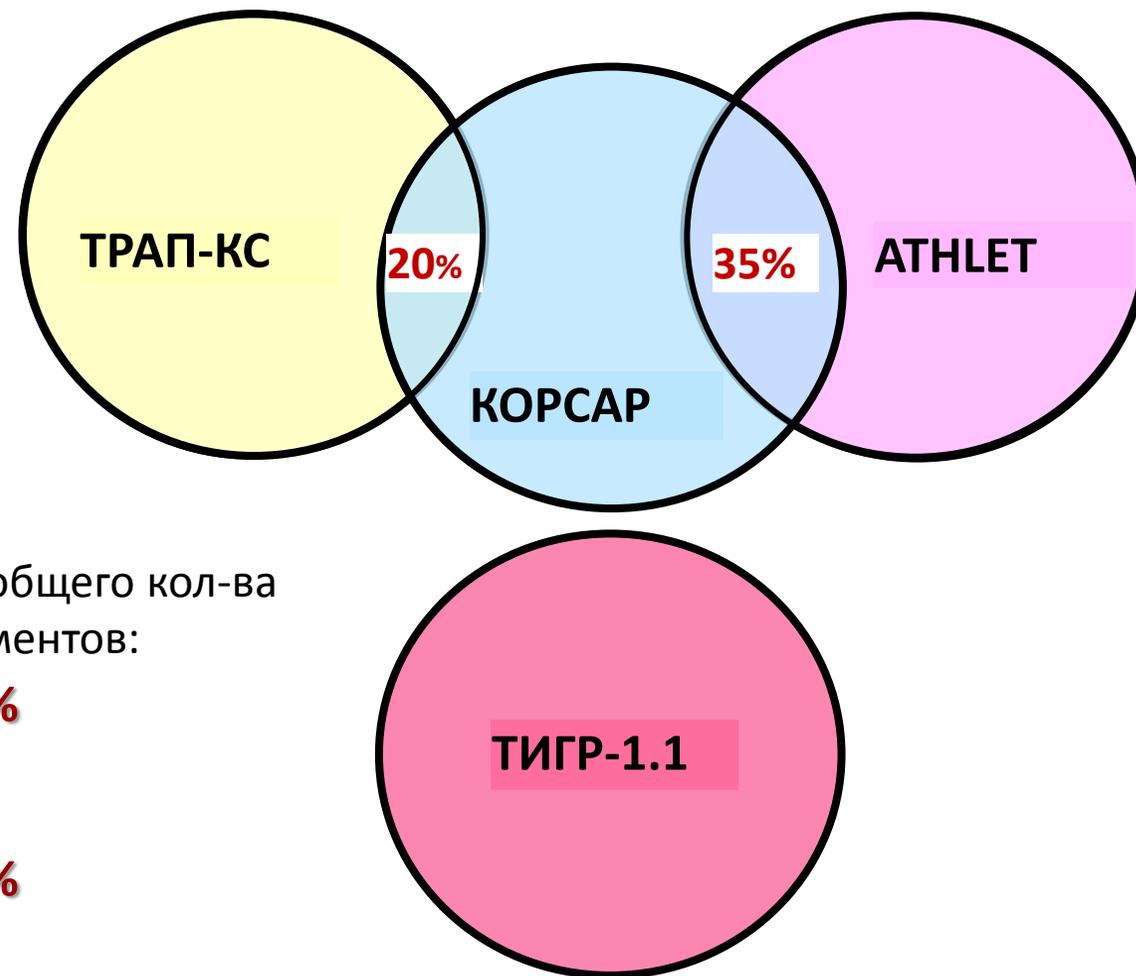
- Нормативные требования безопасности, учитывающие уроки аварии на АЭС Фукусима
- Изменение условий эксплуатации энергоблоков АЭС в целях повышения экономической эффективности (новые виды топлива, продление срока эксплуатации сверх проектного)
- Разработка инновационных проектов ОИАЭ, не имеющих предыдущего опыта эксплуатации
- Подготовка квалифицированных пользователей программ для ЭВМ
- Развитие инновационных методов расчетного моделирования (мульти-физическое моделирование, вычислительная гидро-газодинамика – CFD)
- Необходимость унифицированного подхода к оценке погрешностей и неопределенностей
- Необходимость наличия оцененных экспериментальных данных и аттестованных свойств веществ и материалов
- Внедрение современных цифровых технологий (машинное обучение, искусственные нейронные сети, виртуальные АЭС, цифровые двойники, on-line мониторинг риска и т.п.)

Оценка погрешностей и неопределённости расчётов

- Общие положения обеспечения безопасности атомных станций АС (НП-001-15): анализы безопасности АС должны сопровождаться оценками погрешностей и неопределенностей получаемых результатов
- По инициативе ФБУ «НТЦ ЯРБ» проведен ряд научно-технических семинаров по обсуждению существующих подходов к оценке погрешностей и неопределенностей
- В 2019 г. начата разработка Руководства по безопасности, содержащего рекомендации по оценке погрешностей и неопределенностей (совместно с НИЯУ МИФИ, ИБРАЭ РАН, ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»)

Экспериментальные данные, используемые для валидации программ для ЭВМ, обеспечивающих расчет динамики РУ с ВВЭР

Наименование	Организация-разработчик	Аттестационный паспорт
КОРСАР/ГП	НИТИ	№ 263 23.09.2009
ТРАП-КС	ОКБ ГП НИТИ	№ 369 18.03.2015
ТИГР-1.1	ОКБМ НИЦ КИ	№ 441 17.04.2018
ATHLET/ BIPR-VVER	НИЦ КИ	№ 455 24.10.2018



- НЕОЦЕНЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ**
- ОТСУТСТВИЕ ПОДРОБНОЙ ИНФОРМАЦИИ О МЕТОДИКАХ ИЗМЕРЕНИЙ**
- ДОЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ СОВЕТСКОГО ПЕРИОДА**

Экспериментальные данные для обоснования безопасности РУ с ТЖМТ

Результаты экспертизы программ для ЭВМ показали необходимость в проведении экспериментов:

- на экспериментальных установках с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем, структурно подобным РУ БРЕСТ-ОД-300
- по исследованию естественной конвекции тяжёлого жидкометаллического теплоносителя в больших полостях
- для условий, характерных при авариях с нарушением отвода тепла от активной зоны на РУ с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем, топлива, конструкционных материалов)

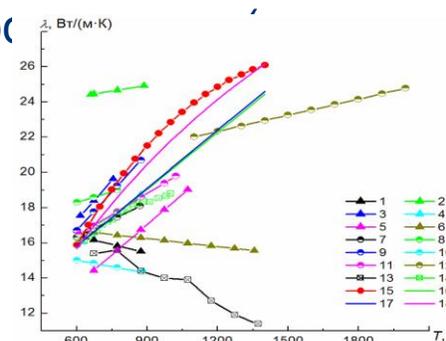


Рисунок 3.2.14.1 - Экспериментальные данные по теплопроводности свинца. 1 - [170], 2 - [171], 3 - [172], 4 - [173], 5 - [164], 6 - [174], 7 - [175], 8 - [176], 9 - [177], 10 - [178], 11 - [179], 12 - [180], 13 - [181], 14 - [182], 15 - [168], 16 - [38], 17 - [34], 18 – расчет по закону Видемана – Франца.

Требования к информационной базе оцененных экспериментальных данных

- БД должна обеспечивать не только сохранение уже существующих данных в цифровой форме, но и управление данными с использованием различных инструментов их оценки и взаимной интеграции (взаимная интеграция ЭД и ПС, интеграция в процессы взаимодействия организаций)
- За рубежом используются облачные технологии, предоставляющие удаленный доступ к базе данных и внедряются инструменты интеграции ЭД и ПС, инструменты анализа неопределенностей и оценки качества ЭД (проекты Tiethys, NE-KAMS и RSICC)

<http://www.oecd-nea.org/tiethysweb/>

TIETHYS | oecd-nea.org

Cooling modes for high-temperature surfaces (SET facility)

CCVM Key:	13.17
Country:	Russian Federation
Organization:	MPEI - Moscow Power Engineering Institute
Operating years:	2013 -
Reference reactor:	VVER
Availability:	Available
Objectives:	Experimental study of: - the regularities of a non-steady film, transition and nucleate boiling regimes; - the process of cooling of the reactor core elements in the mode of post-emergency flooding; - the processes, which can initiate a vapor explosion.

Pictures:

Experimental conditions

Test details:

The sealed housing of the experimental camera (6) is made of the stainless steel tube of 219 mm in an outer diameter with a wall thickness of 10 mm. During the experiments, the metallic sphere (1) firstly is placed inside the coil (2) of the high frequency (HF) induction heater (3). The HF inductor is cooled with circulating water that is chilled in its turn in the thermostat (16). All the experiments at elevated pressures were conducted with heating the test specimen in an atmosphere of inert gas (argon) fed from the balloon (9). The control valve (10) provides maintaining and measuring the necessary pressure in the camera. A metal diaphragm (5) separates the upper part of the camera, where the sphere is heated, from the lower volume filled with a tested coolant. A thermostat or a cryostat (8) maintains the coolant temperature at a predetermined level. The cryostat provided the temperature range from 20°C (until 200°C) alcohol being used as an intermediate coolant in the coil line (7) immersed in the volume...

- 09.08.2017 – соглашение о сотрудничестве между Госкорпорацией «Росатом» и Ростехнадзором
- ФБУ «НТЦ ЯРБ» разработаны требования к формату данных
- Собраны данные о 108 экспериментах

Искусственные нейронные сети

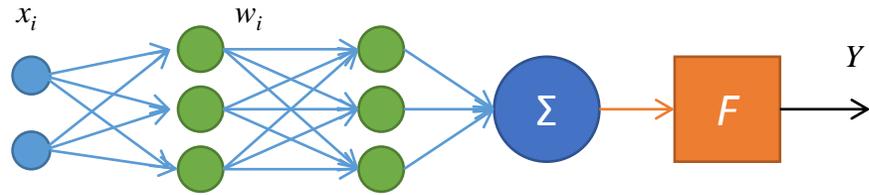
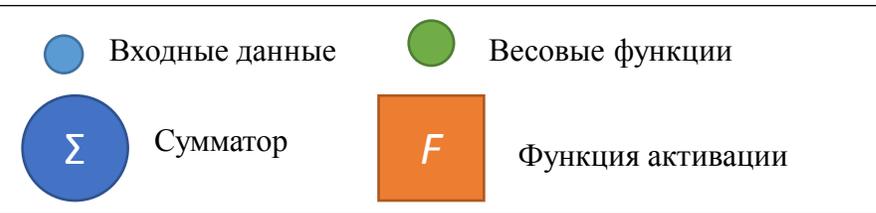


Рис.1 – Стандартная многослойная нейронная сеть



Математическая модель ИНС

$$Y = F\left(\sum_{i=1}^n x_i w_i\right)$$

Применение в атомной отрасли

Расчетное обоснование безопасности ОИАЭ	Использование алгоритмов нейронных сетей для нейтронно-физических расчетов, теплогидравлических расчетов т.д.
Системы поддержки оператора энергоблока	Идентификация аварии с использованием методов машинного обучения
Аварийное реагирование	Экспресс-модели для расчетов тяжелых аварий (RASTER в ИАЦ шведского регулятора)

Необходимы критерии оценки и рекомендации к обоснованию применимости использования ИНС, включая:

- алгоритмы обучения ИНС
- обоснование выбора весовых коэффициентов элементов ИНС
- топологию ИНС
- обоснование данных, используемых для «обучения» и тестирования ИНС

Заключение

- Ростехнадзор и ФБУ «НТЦ ЯРБ» имеют многолетний положительный опыт организации и проведения экспертизы программ для ЭВМ
- В 2018 году обязательная экспертиза программ для ЭВМ, применяемых при обосновании безопасности объектов использования атомной энергии, закреплена в федеральном законе «Об использовании атомной энергии»
- Разработаны и утверждены новые порядок проведения экспертизы и положение об экспертном совете по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре
- ФБУ «НТЦ ЯРБ» продолжает системный анализ результатов проведения экспертизы с целью выработки предложений по совершенствованию деятельности Ростехнадзора по экспертизе программ для ЭВМ



Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

Федеральное бюджетное учреждение
«Научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности»



ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

<http://www.secnrs.ru/expertise/software-review/>

www.secnrs.ru