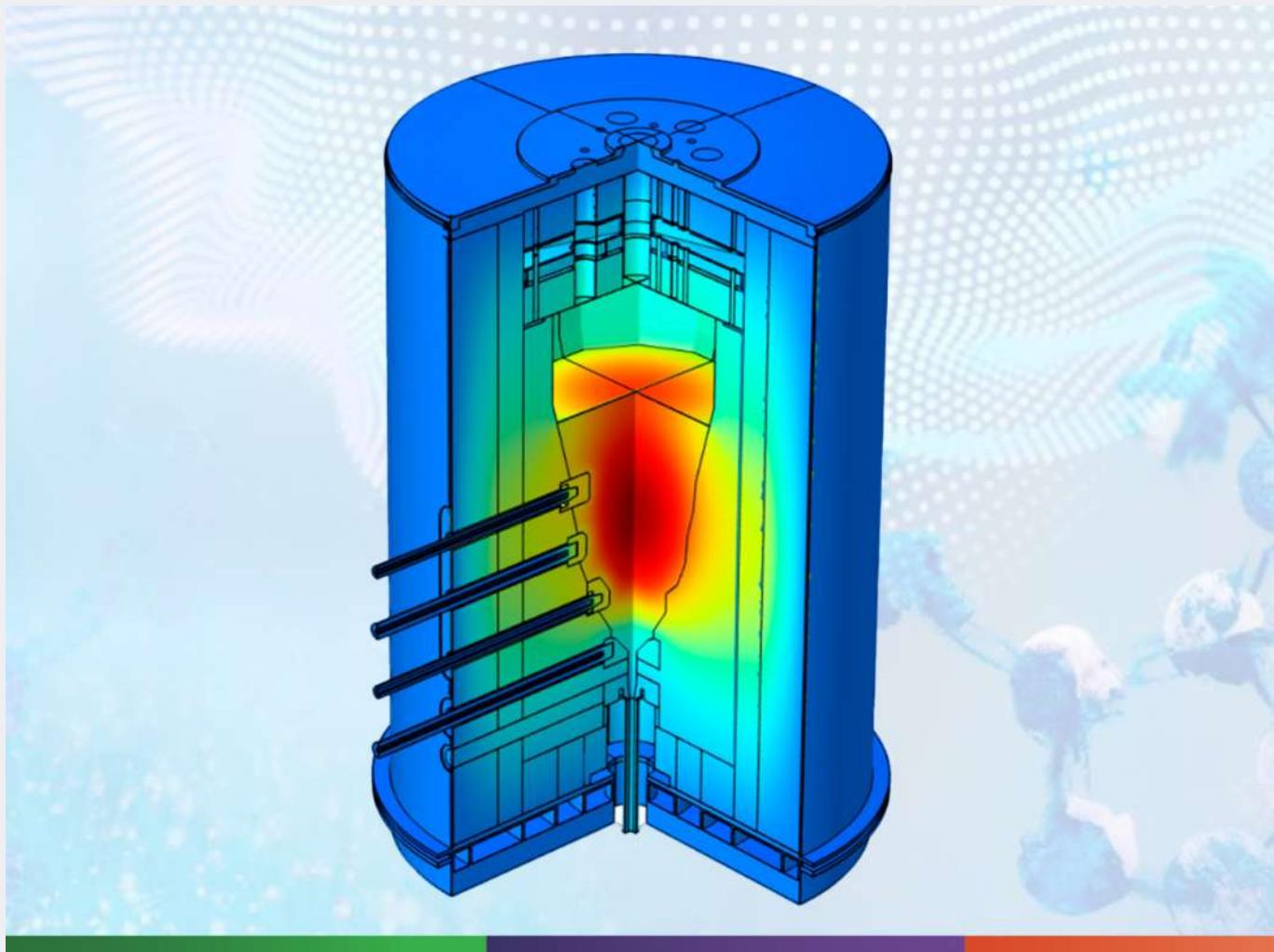


«Цифровая печь остекловывания» для безопасной утилизации ядерных отходов



Исследователи из Передовой инженерной школы «Цифровой инжиниринг» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого [REDACTED] Цифровая модель позволит инженерам быстрее, эффективнее и безопаснее планировать производственные циклы сложнейшего оборудования для утилизации ядерных отходов. Разработка ведется по заказу ФГУП «Производственное объединение «Маяк» (входит в ГК «Росатом») на базе цифровой платформы разработки и применения цифровых двойников CML-Bench® под руководством Алексея Ивановича Боровкова, главного конструктора по ключевому научно-технологическому направлению развития СПбПУ «Системный цифровой инжиниринг».

Технология остекловывания — это мировой стандарт утилизации жидких радиоактивных отходов. Спекание в специальной печи при температуре выше 1000 градусов превращает отходы в твёрдое стеклоподобное вещество. Такой подход решает две ключевые задачи: во-первых, сокращает исходный объём опасных материалов за счёт удаления жидкой составляющей, а во-вторых, заключает их в химически устойчивую и долговечную форму, идеальную для безопасного хранения на протяжении длительного периода времени. Это наиболее эффективный и безопасный из существующих методов.

Инженеры из ПИШ СПбПУ разработали цифровую модель печи остекловывания. Она позволяет инженерам «заглянуть внутрь» работающей установки и проводить сотни цифровых испытаний, что открывает новую эру в проектировании критически важных объектов атомной промышленности.

«Модель показывает, как перемещается стекломасса, как меняется температура в разных зонах и как оборудование реагирует на смену режимов. Это особенно важно для обеспечения эффективной работы такого сложнейшего оборудования, как печь остекловывания. Цифровая модель учитывает влияние сложных физических процессов, в т.ч. теплообмен, гидродинамику, электродинамику и т.д. Одновременное учитывание множества вводных параметров и их взаимодействие позволяет проводить сложнейшие исследования для оптимизации процесса остекловывания «в цифре», что дешевле и безопаснее, чем натурные испытания», — отметил *Дмитрий Евстратов*, ведущий инженер отдела кросс-отраслевых технологий Инжинирингового центра (CompMechLab®) ПИШ СПбПУ.

Технологией остекловывания высокоактивных радиоактивных отходов обладают ограниченное число стран, однако цифровую модель уникального оборудования создали впервые в мире.

«Главный практический результат разработки в том, что система позволяет проводить полномасштабные испытания на виртуальных испытательных стендах, многократно проверяя различные сценарии работы и конструктивные решения. Использование технологии цифровых двойников позволяет перенести основную часть инженерных рисков на стадию разработки. Это означает, что и разработчики, и эксплуатанты высокотехнологичного оборудования могут протестировать эффективность различных сценариев работы на цифровой платформе CML-Bench® и воплотить в реальной установке именно тот, что покажет лучшие результаты цифровых испытаний. Это резко снижает потребность в дорогостоящих и длительных натурных испытаниях и многочисленных переделках конструкций. В итоге общие затраты на жизненный цикл установки сокращаются, а её надежность растет в разы», — отметил *Юрий Горский*, начальник отдела кросс-отраслевых технологий Инжинирингового центра (CompMechLab®) ПИШ СПбПУ

Для создания модели ученые использовали передовые методы компьютерного моделирования: методы конечных элементов и конечных объемов, дополненные алгоритмами машинного обучения и регрессионного анализа. Цифровая модель уже прошла валидацию: её показатели сравнили с данными существующей опытной установки: расхождения по ключевым параметрам оказались минимальными, что подтвердило её адекватность.

Работы в этом направлении в СПбПУ ведутся несколько лет. В 2023 году команда Инжинирингового центра (CompMechLab®) ПИШ СПбПУ по заказу ФГУП «ПО «Маяк» (ГК «Росатом») разработала архитектуру будущего цифрового двойника — его подробный проект и систему математических и компьютерных моделей. Нынешняя работа является закономерным и качественно новым результатом: ранее созданная архитектура воплощена в полноценный работающий инструмент для цифрового инжиниринга.