

# REPEAT: практика применения и выгоды на примере создания динамической модели газовой турбины ТЭЦ

София Фреинт

Показан опыт практического применения отечественной платформы модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования REPEAT на объекте теплогенерации энергетической компании (Россия). Описаны возможности и основные особенности программного обеспечения (ПО), а также этапы работы над оцифровкой газовой турбины Alstom GT13E2 в рамках общего проекта «Цифровая сеть».

Продукт REPEAT, созданный российскими разработчиками АО «ИТЦ «ДЖЭТ»», позволил построить комплексную модель одной из ТЭЦ крупной российской энергетической компании в рамках программы создания цифровой станции. Продукт даёт возможность моделировать режимы работы объекта, выбирая оптимальный, что в перспективе может привести к снижению расхода топлива на 3% и уменьшению влияния человеческого фактора в управлении объектом.

Одним из блоков проекта, реализуемого инженерами АО «ИТЦ «ДЖЭТ»», стало моделирование газотурбинной установки.

Пятиступенчатая турбина Alstom GT13E2 с кольцевой камерой сгорания и мощностью 176 МВт производства GE имеет сложную систему управления с большим количеством обратных связей. Её цифровая версия должна полностью соответствовать реальным параметрам агрегата и с максимальной точностью воспроизводить на основе существующих математических моделей все происходящие физико-химические процессы, включая горение газозвоздушной смеси в камере сгорания.

Специфика платформы REPEAT позволила эффективно выполнить задачу благодаря находящемуся в основе си-

стемы теплогидравлическому коду CMS (Compressible Media Solver). Это аттестованный Ростехнадзором код для моделирования стационарных и переходных процессов в любых теплогидравлических сетях технических объектов – собственная разработка АО «ИТЦ «ДЖЭТ»».

Код построен на уравнениях материального баланса и сохранения энергии, что позволяет моделировать не только основные параметры движения среды, давление и расход, но и тепло-массообмен, межфазное взаимодействие, отследить нагрев однослойных или многослойных стенок объёмов. Расчётное ядро оптимизировано для сложных и ёмких вычислений, что позволяет кодогенератору легко справляться с такими многофакторными задача-

ми, а производительность сопоставима с продуктами ведущих мировых производителей ПО.

## ПРОЦЕСС МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЕГО РЕЗУЛЬТАТ

Проект подразумевал разработку уникальной модели, что потребовало время для сбора информации и ручного ввода в программу параметров. Помимо основной производственной документации, использовались архивные данные SCADA-системы станции (исходные состояния моделируемого энергообъекта), а также чертежи. Важно, что процесс моделирования шёл параллельно с работой команды разработки, которая оперативно дорабатывала ПО, кодогенерацию в соответствии с возникающими запросами.

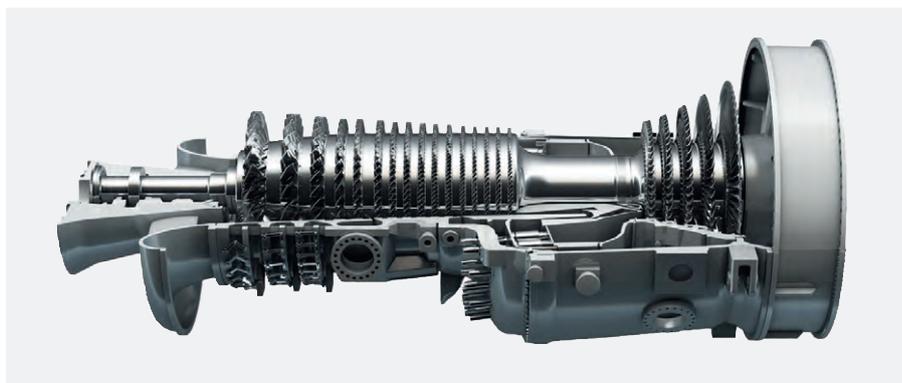


Рис. 1. Турбина Alstom GT13E2. Изображение с сайта ge.com (<https://clck.ru/329r9t>)

В дальнейшем цифровой двойник будет подключён к уже существующей SCADA-системе для автоматизированного получения данных. Ядро больших моделей, работающих в реальном масштабе времени, встроенная библиотека параллельных вычислений, реализация запуска многовариантных расчётов позволяют с помощью REPEAT с высокой точностью исследовать протекание физических процессов в любой системе на разных режимах, включая критические. Это даёт возможность эксплуатантам проводить испытания с изменением параметров, не останавливая расчёт.

Тесты, основанные на применении модуля, сопрягающего показания двух типов моделей, показали, что платформа позволяет описывать и предсказывать все протекающие в турбине процессы с погрешностью не более 2%, как и планировалось в техническом зада-

нии. При этом она имеет возможность подробного моделирования больших систем с сотнями и тысячами элементов и сигналов от их датчиков.

Так, на ТЭЦ, где выполнялся пилотный проект, используется около 4000 входных сигналов, а от модели REPEAT может идти сопоставимое количество выходных — их число зависит от потребности заказчика. То есть в процессе работы полученной модели — «цифровой тени» — происходит сбор информации в реальном времени со всех датчиков, затем она находит самый оптимальный вариант перенастройки оборудования и выдаёт полученный результат для применения на действующем физическом объекте. С учётом, что сквозная цифровая система будет включать и модули экономического анализа, такое моделирование позволяет оптимизировать работу даже очень сложных энергетических объектов с точки зре-

ния энергосбережения и коммерческой эффективности.

Созданная АО «ИТЦ «ДЖЭТ»» полноценная 1D-модель может лечь в основу разработки установок для других ТЭЦ заказчика в рамках корпоративного проекта «Цифровая сеть». Прототип со множеством изменяемых параметров позволит существенно оптимизировать сроки масштабирования.

Нужно отметить, что все средства интегрированной среды разработки платформы REPEAT также представлены в виде облачного сервиса. Кроссплатформенная среда предполагает доступ через веб-браузер или приложение с любого устройства. Возможности платформы позволяют использовать импортируемые из других систем модели, а также разрабатывать собственные модули. ●

**Автор – сотрудник  
АО «ИТЦ «ДЖЭТ»**

НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама

## BioSmart и Sigur объявляют о новом этапе технологического сотрудничества

Компании Sigur и BioSmart, отечественный разработчик и производитель систем биометрической идентификации, сообщают о старте нового этапа технологического сотрудничества. Результатом такой коллаборации уже стало расширение списка устройств BioSmart, которые могут быть использованы в качестве биометрических считывателей в рамках единой системы доступа на базе ПО Sigur, а также ревизия ранее заявленных интеграций между продуктами компаний.

Основная функциональная особенность интеграции заключается в полном администрировании биометрических шаблонов в ПО Sigur без необходимости задействования программного пакета BioSmart Studio (исключая работы по первичной настройке системы). В зависимости от модификации устройств в ПО Sigur также становятся доступны дополнительные логики прохода, подразумевающие использование нескольких признаков для идентификации в СКУД.

Взаимодействие Sigur с терминалами распознавания лиц BioSmart Quasag позволяет также получать данные о температуре идентифицируемого сотрудника. Данная информация в зависимости от установленных в системе пороговых значений может выступать дополнительным условием при предоставле-



нии доступа. Сам терминал надёжно защищён от подлога на аппаратном и программном уровне: он оборудован оптическим комплексом из трёх камер (RGB, IR, 3D) и встроенной системой liveness detection. При этом на этапе заказа устройства доступен выбор того или иного алгоритма, согласно логике которого будет осуществляться распознавание лиц в системе.

Так, на текущий момент доступны решения от компаний 3DiVi, NtechLab, РТЛабс и других. ●



## 3D NAND – надёжные накопители Innodisk

Технология 3D NAND настолько активно развивается, что за небольшой период времени выпущено уже третье её поколение — 112-слойные чипы от ведущих мировых производителей Samsung, Micron, Kioxia и Toshiba.

Компания Innodisk обновляет свои производственные линейки, сохраняя при этом ревизию на предыдущем поколении чипов в массовом производстве для поддержания текущих проектов.

Итак, обновлена самая популярная серия накопителей на флеш-памяти типа 3D TLC в форм-факторах SSD 2,5 дюйма и M.2 с интерфейсом подключения SATA — 3TG6-P.



Больше плотность — больше ёмкость. Главное преимущество использования последнего поколения 112-слойных чипов TLC — это увеличение ёмкости накопителя. Так, в серии 3TG6-P теперь можно заказать накопитель ёмкостью до 8 Тбайт в формате 2,5 дюйма и до 2 Тбайт в формате M.2. Помимо этого, использование чипов VICS5 позволяет значительно сокращать сроки поставки, так как производственные мощности ввиду мирового спроса заняты именно производством 112-слойных чипов.

Основные характеристики серии 3TG6-P:

- ёмкость от 256 Гбайт до 8 Тбайт;
- скорость чтения/записи 560/510 Мбайт/с;
- встроенный буфер ОЗУ для увеличения производительности;
- расширенный диапазон рабочей температуры  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ ;
- встроенный термодатчик, предотвращающий отказ работы системы;
- поддержка технологий ATA Security iSMART;
- интеллектуальная система коррекции ошибок;
- соответствие стандартам JESD218 и JESD219.

Одно из главных преимуществ серии 3TG6-P — это надёжность, выраженная в значении 2x DWPD, то есть изделие будет служить весь гарантийный срок, а именно 2 года, при условии полной перезаписи данных дважды в день или менее, что ощутимо увеличивает срок эксплуатации накопителя. ●

