

УДК 681.3:62-52.621.311.25

ТРЕНАЖЕР ЭНЕРГОБЛОКА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПТК «КВИНТ»

РАБЕНКО В. С., канд. техн. наук.

В работе представлены результаты пилотного проекта создания сетевого компьютерного тренажера нового поколения газомазутного энергоблока 300 МВт на базе программно-технического комплекса (ПТК) «Квинт». Тренажер предназначен прежде всего для совершенствования и расширения возможностей нового поколения АСУ ТП энергоблоков, а также для противоаварийной подготовки оперативного персонала блока и обеспечивает воспроизведение различных режимов работы блока, включая и аварийные, в темпе протекающих процессов на реальном оборудовании. Отличительная особенность тренажера – полномасштабность модели блока, АСУ ТП энергоблока на базе программно-технического комплекса (ПТК) «Квинт».

Тренажеры УНЦТЭ ИГЭУ. Учебно-научный центр тренажеров в энергетике при кафедре паровых и газовых турбин научно-исследовательского сектора ИГЭУ **создал и внедрил в эксплуатацию на ведущих ГРЭС РФ ряд тренажеров энергоблоков на сверхкритические параметры пара** под конкретные условия заказчиков.

1) 2001 г. – по заказу ОАО «Костромская ГРЭС» разработан впервые в РФ тренажер газомазутного моноблока 300 МВт (*блок-прототип ст. № 5: котлоагрегат ТГМП-314, турбина К-300-240 ЛМЗ, смешивающий ПНД-2, Д-10 ата, топливо: газ/мазут/в смеси*);

2) 2003 г. – по заказу ОАО «Рязанская ГРЭС» впервые в РФ разработан тренажер пылеугольного энергоблока 300 МВт (*блок-прототип ст. № 1: котлоагрегат ПП-990/255 (П-59), турбина К-300-240 ЛМЗ, поверхностные ПНД, Д-7 ата, РОУ прогрева, схема пылеприготовления прямого вдувания с молотковыми мельницами, топливо: бурый уголь (несколько наименований)/мазут/газ/в смеси*);

3) 2004 г. – по заказу ОАО «Новочеркасская ГРЭС» впервые в РФ разработан тренажер пылеугольного блока 300 МВт с турбиной ХТГЗ (*котлоагрегат ТПП-210А, турбина К-300-240 ХТГЗ, система пылеприготовления с промежуточным бункером и шаровыми мельницами, топливо: Донецкий АШ/мазут/газ/в смеси*);

4) 2004 г. – на ОАО «Конаковская ГРЭС» вводится в эксплуатацию тренажер газомазутного моноблока 300 МВт для противоаварийной подготовки и адаптации персонала к дисплейному способу управления энергоблоком перед модернизацией блоков АСУ ТП с ПТК КВИНТ;

5) 2005 г. – впервые в РФ по заказу ОАО «Рязанская ГРЭС» разработан тренажер энергоблока 800 МВт с воспроизведением операторского информационно-управляющего интерфейса программно-технического комплекса (ПТК) КВИНТ (*котлоагрегат ТГМП-204П, турбина К-800-240 ЛМЗ, топливо: мазут/газ/в смеси*);

6) 2005 г. – на ОАО «Костромская ГРЭС» проводится модернизация тренажера газомазутного моноблока 300 МВт с воспроизведением операторского информационно-управляющего интерфейса программно-технического комплекса КВИНТ (*блок-прототип ст. № 5: котлоагрегат ТГМП-314, турбина К-300-240 ЛМЗ, смешивающий ПНД-2, Д-10 ата, топливо: газ/мазут/в смеси*);

7) 2005 г. – впервые до пуска блока разработан тренажер энергоблока 300 МВт для ОАО «Конаковская ГРЭС» с воспроизведением операторского информационно-управляющего интерфейса ПТК КВИНТ (*блок-прототип ст. № 2: кот-*

лоагрегат ПК-41, турбина К-300-240 ЛМЗ, смешивающие ПНД-1,2, топливо: газ/мазут/в смеси);

8) 2005 г. – на тренажере ОАО «Костромская ГРЭС» проведены соревнования профмастерства оперативного персонала энергоблоков 300 МВт ОГК-3;

9) 2006 г. – на тренажере ОАО «Конаковская ГРЭС» успешно проведены соревнования профмастерства оперативного персонала ОГК-5.

Все тренажеры выполнены под конкретные условия заказчиков и воспроизводят режимы работы энергоблоков-прототипов на серийных ПЭВМ под управлением ОС Windows. Тренажеры адекватно воспроизводят протекание управляемых технологических процессов блоков-прототипов в режимах: нормальных, с нарушениями и аварийных.

Математические модели процессов, протекающие в оборудовании и технологических системах энергоблока (гидравлика, тепломассообмен, алгоритмы АСУ ТП, дистанционное и ручное управление оператором оборудованием, операторский интерфейс, модели отказов и нарушений в работе оборудования), выполнены преимущественно в классах дифференциальной и непрерывно-дискретной математики. Модели автоматических регуляторов энергоблока, включая турбинный контроллер, выполнены на базе математического описания теории САУ. Алгоритмы работы защиты, блокировок, сигнализации реализованы во всех проектах по документации заказчика.

Такое построение математической модели позволяет в реальном времени воспроизводить стационарные и переходные режимы для всего диапазона режимов работы реального блока, взятого за прототип при разработке модели (заполнение систем, пуск из любого теплового состояния, прогрев, переход по оборудованию, нагружение/разгружение, останов штатный/аварийный и т. д.). Следует отметить, что операторы энергоблока на тренажере выполняют действия в соответствии с положениями местных инструкций по эксплуатации оборудования энергоблока.

Верификация модели тренажера энергоблока по методике стандарта на разработку тренажеров для АЭС (верификация – процедура установления соответствия модели реальному объекту) по отношению к реальному блоку-прототипу позволяет в дальнейшем на тренажере вести экспертные исследования различных режимов, совершенствовать эксплуатацию оборудования и опробовать новые технологические решения вплоть до пуска блока «от кнопки».

В связи с внедрением на ряде ТЭС РФ нового поколения АСУ ТП энергоблоков на базе ПТК

«Квинт» по заказам Костромской, Рязанской, Конаковской ГРЭС, нами были созданы тренажеры энергоблоков с воспроизведением операторского информационно-управляющего интерфейса ПТК «Квинт».

Следует отметить, что внедрение АСУ ТП на базе современных ПТК (табл. 1) меняет функции операторов в сторону слежения за работой АСУ ТП при работе блока под нагрузкой, так как уровень автоматизации значительно возрос, вплоть до выполнения некоторых подготовительных и пусковых операций. Однако до настоящего времени пуски блоков из различных тепловых состояний являются прерогативой операторов, так как АСУ ТП на базе современного поколения ПТК еще не доведена до

пусков блоков «от кнопки». Наш анализ показывает, что при ведении операторами пусковых режимов нагрузка на них существенно возросла. Это объясняется дисплейным способом управления блоком и значительно возросшим потоком информации. Безусловно, возросла ответственность и соответственно нагрузка на операторов при возникновении на блоке нештатных ситуаций.

В этих условиях всесторонняя подготовка специалистов на тренажерах энергоблоков с АСУ ТП на основе дисплейного способа управления блоком позволяет не только сократить количество отказов и аварий в работе оборудования по вине персонала, но и снизить возможные финансовые потери поставщиков энергии и мощности.

Таблица 1. Перечень конкурентоспособных поставщиков полномасштабных АСУ ТП энергоблоков на базе современных ПТК для электростанций РФ

Фирма	Страна	Наименование ПТК	Основные объекты внедрения в РФ
Westinghouse	США	WDPF-2	Заинская ГРЭС
Westinghouse	США	Ovation	Ставропольская ГРЭС
ABB	Германия	PROCONTROL-P	Пермская ГРЭС
ABB	Германия	Freelance 2000	1) 'Владимирэнерго' ТЭЦ-2 2) ТЭЦ ОАО 'Калужский Турбинный Завод' 3) Тепловые сети МОСЭНЕРГО'
Siemens	Германия	Teleperm XP-R, ME	1) Пермская ГРЭС: блоки №1, 2 (800 МВт) 2) Березовская ГРЭС: бл. №1, 2 (800 МВт) 3) Рефтинская ГРЭС: бл. №10 (500 МВт)
НИИТеплоприбор	РФ	Квинт	1) Рязанская ГРЭС: блоки №5, 6 (800 МВт) 2) Костромская ГРЭС: блоки 300 МВт 3) Конаковская ГРЭС: блоки 300 МВт

На данном этапе создания тренажеров была выполнена достаточно качественная копия операторского интерфейса ПТК «Квинт». При этом алгоритмы, математика и программное обеспечение АСУ ТП энергоблока (автоматика, защиты, блокировки, сигнализация) реализованы собственно разработчиками модели тренажера.

Наш анализ показывает, что такой подход к созданию тренажеров для энергоблоков с АСУ ТП нового поколения вполне достаточен для подготовки оперативного персонала всех должностей котло-турбинного цеха. Тренажер с имитацией операторского интерфейса АСУ ТП на базе ПТК не перегружен программным обеспечением контроллерной группы, архивами, редакторами, поэтому разворачивается и запускается от «кнопки» на минимальном количестве серийных ПЭВМ, что обеспечивает доступность операторам и простоту работы на нем.

АСУ ТП энергоблоков на базе современных ПТК совершенствуется и развивается, постепенно двигаясь в сторону полной автоматизации пусков блоков из различных тепловых состояний и автоматизации приведения блока в границы безопасного состояния при возникновении нештатных ситуаций. Такие попытки уже делались, однако закончились в целом неудачей, кроме автоматизации управления некоторыми технологическими системами. Пошаговое, функционально-групповое управление всем блоком можно реализовать, проведя предварительные исследования и пусконаладочные работы на полномасштабной модели блока.

При современном уровне развития вычислительной техники и САУ эта задача давно была бы решена, если бы разработчики АСУ ТП блоков имели в своем распоряжении так называемый виртуальный энергоблок. Иначе говоря, речь идет о такой математической модели, реализованной на программно-технических средствах, которая позволила бы, работая на ней как на блоке, забыть, что это модель, а не блок.

Наличие виртуального энергоблока на базе ПТК дает возможность решить широкий круг задач, вплоть до полной автоматизации управления блоком в различных режимах его работы.

Работы в направлении создания виртуального энергоблока велись и ведутся рядом организаций, но до настоящего времени задача не была решена.

Сложившийся в ИГЭУ (Учебно-научный центр тренажеров в энергетике научно-исследовательского сектора ИГЭУ) и признанный энергетикой высокий уровень разработки математических моделей и программного обеспечения для тренажеров энергоблоков на сверхкритические параметры пара, позволил вновь подойти к этой задаче вплотную.

Три организации: ИГЭУ (1. Разработка все-режимной модели реального времени энергоблока. 2. Модернизация ПО модели тренажера под ПТК КВИНТ. 3. Подключение ПО модели тренажера блока к ПТК КВИНТ (совместно с АЭН-Партнер). 4. Верификация модели тренажера на базе ПТК КВИНТ); ООО «Квинтсистема» (Разработка ПО виртуальных контроллеров (ВК)) и ООО «АЭН

(автоматизация энергетики)-Партнер» (1. Разработка ПО системы связи виртуального ПТК КВИНТ с моделью тренажера. 2. Подключение БД АСУ ТП блока к модели тренажера (совместно с ИГЭУ). 3. Настройка тренажера с виртуальными контроллерами и БД АСУ ТП блока.) объединили свои усилия и на базе модели тренажера энергоблока 300 МВт (блок-прототип ОАО «Костромская ГРЭС») успешно решили эту задачу в кратчайшие сроки. В настоящее время к математической модели энергоблока в полном объеме подключен виртуальный ПТК «Квинт», включая и турбинный контроллер (рис. 1, 2).

Компьютерный тренажер, а точнее полигон, на базе ПТК с виртуальными контроллерами, включая турбинный, позволит:

1. Получить полную идентичность работы автоматики на блоке и на тренажере.
2. Производить предварительную проверку и тестирование новых систем автоматики на тренажере до реализации их на блоке.
3. Тестировать работу действующей автоматики на тренажере в различных технологических режимах.
4. Без доработки, автоматически учитывать изменения графического интерфейса ПТК «КВИНТ» в тренажере. Интерфейс систем управления реального блока и тренажера будет полностью идентичен, что позволит классифицировать тренажер как полномасштабный.

Наличие реального интерфейса, реальных алгоритмов работы электроники, реальной коммутации (при достаточно высоком качестве математической модели) позволит использовать тренажер для опробования и отработки новых алгоритмов автоматического управления.

5. Расширить перечень имитации отказов автоматики на тренажере путем введения отказов первичных датчиков и УСО.

6. Значительно расширится перечень категорий оперативных работников, подготавливаемых на тренажере.

7. Использование реальных алгоритмов системы контроля и управления (СКУ) энергоблока позволит значительно улучшить качество подготовки на тренажере. При этом становится реальной задачей подготовки оперативного персонала до начала пуско-наладочных работ на строящихся энергообъектах, включая газотурбинные ТЭС.

8. Модель реального блока при постановке соответствующей задачи позволит до пуска блока отработать предстоящие режимы работы, определить наиболее оптимальные из них, разработать режимные карты и энергетические характеристики, которые актуализируются после корректировки на работающем оборудовании, существенно сокращая время освоения блока.

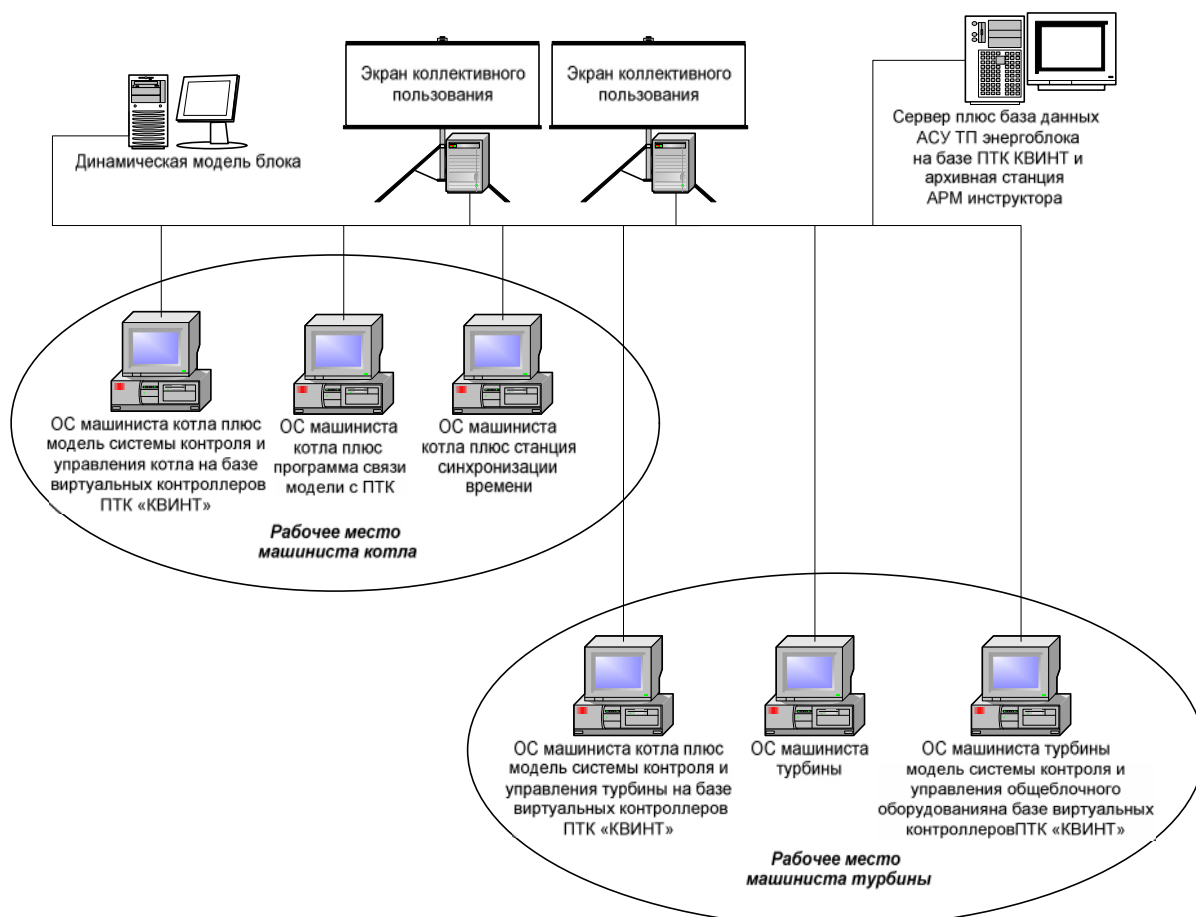


Рис. 1. Тренажер энергоблока с АСУ ТП на базе виртуального ПТК «Квинт»

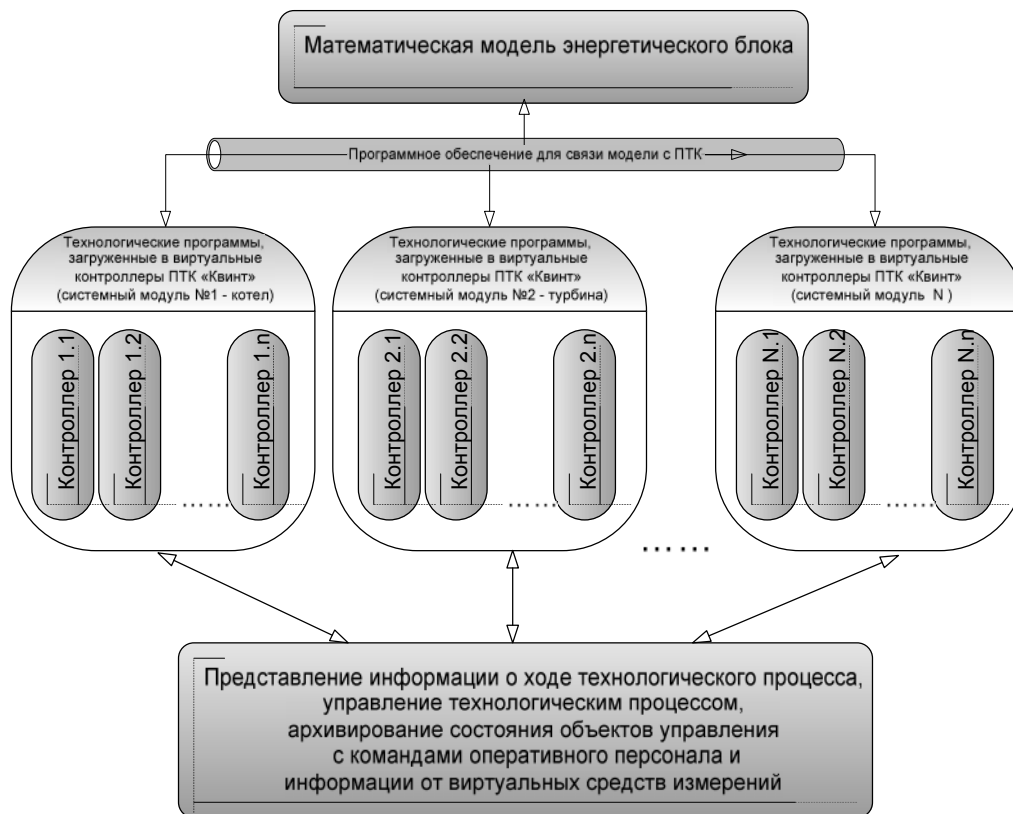


Рис. 2. Структура тренажера нового поколения на базе виртуального ПТК АСУ ТП энергоблока

Таким образом, тренажер превращается в «полигон» на котором кроме подготовки и повышения квалификации широкого спектра категорий персонала блока, можно проводить опробование и отладку различных инновационных технологий и новые технологии управления оборудованием.

Для цеха АСУ полномасштабный тренажер позволит готовить персонал по следующим направлениям:

1. Опробование технологических защит энергетического блока, блокировок взрывобезопасности в автоматическом и ручном режимах, АВР механизмов собственных нужд.
2. Совершенствование навыков наладки контуров авторегулирования.
3. Приобретение навыков работы с базой данных ПТК «Квинт» (Аркада) и с технологическими программами ПТК «Квинт», их корректировки и загрузки в контроллеры.

Для проектных и пусконаладочных организаций появляется возможность проверки проектных решений на стадии проектирования АСУ ТП. В частности, возможна проверка объема и правильности работы технологических защит, технологических блокировок, в том числе блокировок взрывобезопасности. Возможна предварительная оценка настроечных коэффициентов автоматических регуляторов.

Выводы

1. Впервые в РФ создан тренажер энергоблока ТЭС на базе технологий ПТК «Квинт».
2. Создан программно-технический полигон для совершенствования АСУ ТП газомазутных энергоблоков 300 МВт.

3. Решение задачи полной автоматизации управления энергоблоками ТЭС в различных режимах их работы становится реальностью.

Свидетельства на программное обеспечение тренажеров

1. **Свидетельство ПАО «ЕЭС России» № 19** о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» компьютерного тренажера энергоблока 300 МВт / Регистр. 31.08.02.

2. **Свидетельство ПАО ЕЭС № 33** о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» автоматизированной системы проверки знаний «ДОПУСК» / Регистр. 15.04.2004г.

3. **Свидетельство ПАО ЕЭС № 41** о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» тренажера газомазутного энергоблока мощностью 300 МВт с ПТК КВИНТ/ Регистр. 29.11.2005г.

4. **Свидетельство ПАО ЕЭС № 42** о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» тренажера машиниста энергоблока 300 МВт (котел ТГМП 314 и турбина К-300-240 ЛМЗ) / Регистр. 29.11.2005г.

5. **Свидетельство ПАО «ЕЭС России» № 48** о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» автоматизированной системы проверки знаний «ДОПУСК» / Регистр. 22.03.2006г

6. **Свидетельство ПАО «ЕЭС России» № 49** о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» компьютерного тренажера пылеугольного дубль-блока 300 МВт / Регистр. 22.03.06.