

**Национальный исследовательский университет
«МЭИ»**

Кафедра Автоматизированных Систем Управления Тепловыми Процессами

**V Международная Научно-Практическая Конференция
«Автоматизированные системы управления технологическими процессами» (Control-2025)**

Доклад

**На тему: ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТИ АСУТП ТЭС
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Подготовили:

д.т.н., профессор Аракелян Э.К.,
д.т.н., профессор Андрушин А.В.,
к.т.н., доцент, зав.каф. Мезин С.В.,
к.т.н., доцент Косой А.А.,
аспирант Красненко Д.М.

Москва, 2025 г

- Проблемы повышения интеллектуальности современных АСУТП сложных технологических объектов, в том числе тепловых и атомных электростанций, являются *дискуссионными*, а оценка степени интеллектуальности связана с их *сложностью и разнообразием*.
- Ситуация в современных АСУТП, построенных на базе ПТК, складывается так, что заложенные в ПТК широкие возможности программного и информационного обеспечения используются далеко *не в полном объеме*.
- Отсутствие в прикладном программном обеспечении алгоритмов оптимального управления приводит к тому, что сроки их окупаемости значительно *превышают* нормативную длительность жизненного цикла АСУТП.
- Анализ техногенных аварий последних десятилетий показывает, что традиционные АСУТП не всегда способны обеспечить подготовку и принятие управленческих решений в условиях *неопределенности* поведения управляемого объекта и *быстрого изменения* его структуры.
- В этих условиях возникает резонный вопрос – *достаточен* ли достигнутый уровень интеллектуальности (автоматизации) и эффективности АСУТП на базе ПТК и что нужно делать на пути дальнейшего совершенствования систем управления сложными технологическими объектами, к которым относятся современные электростанции как на органическом, так и на других видах топлива.

Методы повышения интеллектуальности АСУТП



Направления исследований интеллектуальных технологий включают в себя системы, которые:

1. Думают подобно людям

2. Действуют подобно людям

2. Думают рационально

4. Действуют рационально и оптимально

Иерархическая система ИАСУ

№ п/п	Уровень управления	Описание подсистемы
1	Верхний, станционный	Организационная подсистема с функциями: <ul style="list-style-type: none">• рассуждения• планирования• решения оптимизационных задач с учетом внешних и внутренних текущих условий
2	Средний, блочный	Координационная подсистема с функциями: <ul style="list-style-type: none">• согласования по взаимодействию между верхним и нижним-блочным уровнями интеллектуализации с функциями, направленными на планирование работы нижнего уровня
3	Нижний, агрегатный	Исполнительная подсистема с функциями: <ul style="list-style-type: none">• управления аппаратными средствами, решающими сведенную к конкретным алгоритмам поставленную задачу с высокими требованиями к точности и функциями, которые базируются на методах теории автоматического управления

Основные результаты работы над методикой повышения интеллектуальности АСУ ТП ТЭС



- Разработана методика и алгоритм на ее основе по экспертной оценке уровня интеллектуальности систем управления применительно к АСУТП тепловых электростанций.
- Для оценки уровня интеллектуальности введен условный термин «коэффициент интеллектуальности».
- Результаты проведенных расчетов по разработанному алгоритму позволили оценить степень повышения уровня интеллектуальности за счет внедрения комплекса оптимизационных задач, предлагаемых к реализации от исходного уровня 0,3-0,35 для традиционных ТЭС и 0,35-0,44 для электростанций на базе современных ПГУ до уровня соответственно 0,45-0,5 и 0,45-0,52.
- На основе этих исследований разработана методика выбора приоритетных для реализации функциональных задач станционного уровня в рамках интеллектуализации АСУТП на базе ПТК.
- Выделены критерии эффективности для возможности оценки очередности внедрения.
- Рассмотрена структурная схема модели конфигурирования и расчета управления эффективностью Интеллектуальной АСУТП.
- Рассчитана оптимальная последовательность по реализации моделей в полном объеме, а также карта рангов при необходимости определения предпочтительной к реализации последовательности моделей функциональных задач в общем виде.

Актуальность использования цифровой модели и цифровой копии (двойника) реальной станции



Описание цифровой модели и цифрового двойника

- Цифровая модель энергоблока представляет собой совокупность математических и компьютерных моделей и цифровой информации, необходимой для решения определенной задачи в системе автоматизированного управления и представленной в форме графиков, таблиц, регрессионных и балансовых уравнений, ограничений и т.д. Цифровые модели применительно к отдельным свойствам объекта/энергоблока, режимам его работы, энергетическим характеристикам позволят повысить качество и эффективность проведения расчетов и принятия оптимальных решений.
- Цифровой двойник энергоблока представляет собой систему, состоящую из цифровой модели энергоблока и двусторонних информационных связей. Цифровой двойник станции базируется на цифровых двойниках энергоблоков и двусторонних информационных связей по общестанционным коммуникациям.
- При отсутствии возможности проведения экспериментальных исследований на реальных теплоэнергетических объектах предлагается использовать тренажерные модели и современные компьютерные тренажеры для получения исходной информации, необходимой для разработки цифровых моделей оборудования и режимов их работы. Помимо этого, при адекватных моделях технологических процессов и систем управления ими, тренажер, при соответствующем информационном обеспечении, может выполнять функции виртуального цифрового двойника.

Актуальность использования цифровой модели и цифровой копии (двойника) реальной станции



Возможности цифрового двойника

Достоверное описание технологических процессов производства энергии

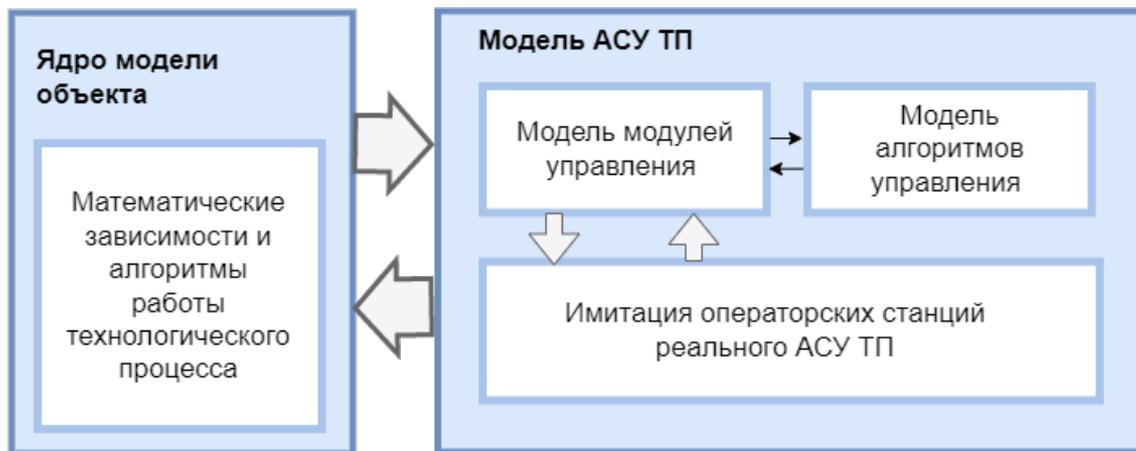
С помощью цифрового двойника возможно подбирать состав генерирующего оборудования, проводить оптимальное распределение текущей и прогнозируемой нагрузки, выбирать оптимальные параметры работы различных установок, добиваться оптимизации производства с учетом всех факторов влияния.

Оптимизация времени обработки новых задач и повышение интеллектуальности АСУТП на цифровой копии реальной станции

Уменьшение временных, людских и финансовых ресурсов, и после проработки методик решения очередной группы задач по повышению уровня интеллектуализации на цифровой копии станции – процесс обратится, и уже с цифровой модели будут копировать технологические решения на реальную станцию. Тем самым подтягивая степень интеллектуализации АСУТП реальной станции до уровня виртуальной интеллектуализации АСУТП виртуальной станции.

Типы компьютерных тренажеров

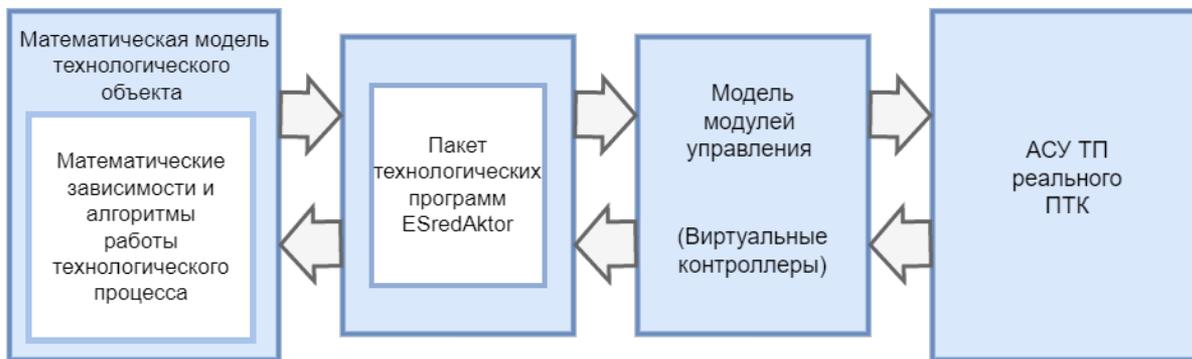
Технологический тренажер. Предназначен для выполнения исследовательских работ, связанных с технологическим процессом (исследование режимов на частичных нагрузках, при останове и пуске, изменение параметров и т.д.). Преимущества такого тренажера – возможность изменения масштаба времени (ускорение, замедление), фиксация промежуточных состояний с возможностью возврата и т.д.



Упрощенная схема технологического тренажера

Типы компьютерных тренажеров

Интегрированный тренажер. Тренажер, в котором математическая модель интегрирована в эмулятор контроллера ПТК, что позволяет использовать возможности прикладного программного обеспечения ПТК в полном объеме, отображать режимы работы всего оборудования энергоблока максимально близко к действительным. Преимущества – возможность использования всех прикладных программ ПТК и при хорошей модели технологического процесса – максимальное приближение к реальному объекту; возможность проведения реальных исследований и т.д.



Упрощенная схема интегрированного тренажера

Выводы



- Рассмотрены проблемы повышения интеллектуальности АСУТП на базе создания единой системы оптимального управления технологическими и производственными процессами во всех режимах работы оборудования, энергоблоков и станции в целом.
- Особое внимание уделено методу повышения интеллектуальности АСУТП, основанному на применении цифровой модели реальной станции, которая полностью описывает все технологические процессы производства энергии.
- Приведены основные результаты, которые были достигнуты в процессе работы над методиками и алгоритмами повышения интеллектуальности систем управления применительно к АСУТП тепловых электростанций различного типа, как на отдельных уровнях управления, так и по АСУТП станции в целом.
- В рамках представленного исследования приведены схемы технологических и интеграционных тренажеров, которые могут выполнять функции виртуального цифрового двойника. Предложены варианты использования тренажеров для выполнения исследовательских работ и различных задач АСУТП.

Спасибо за внимание!