



ООО Научно-производственное предприятие

«Политех-Автоматика»



ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный Исследовательский Университет)

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ПТК «ПОЛИТЭР»:
МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ, ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ**

Презентация к докладу на всероссийском форуме
«Технологии Энергоэффективности 2015»

Абдуллин Вильдан Вильданович

Начальник отдела автоматизации коммерческого учета энергоресурсов

ООО НПП «Политех-Автоматика»

Челябинск - 2015

Управление отоплением в здании

Существующие системы:

- Управление по основному возмущающему воздействию — температуре наружного воздуха
Надёжно, проверено, НО не оптимально

Управление по температуре воздуха в помещениях здания:

- $T_{\text{внут.}}$ — основной показатель качества отопления
- Максимальный комфорт в здании

ПОЧЕМУ НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ



Управление отоплением в здании

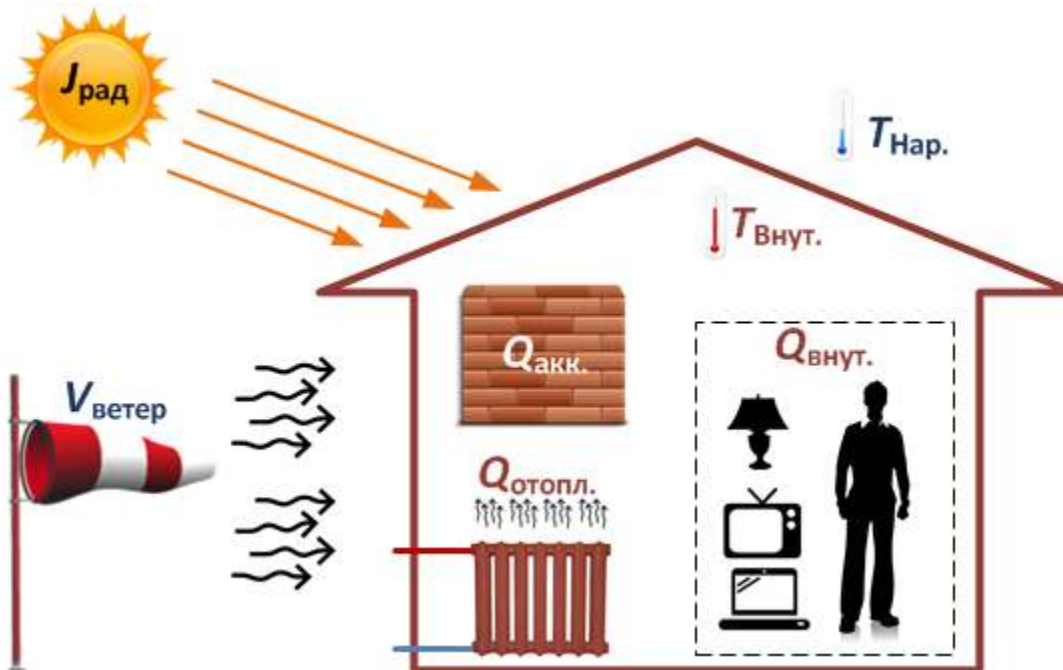
ПОЧЕМУ НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ УПРАВЛЕНИЕ ПО $T_{внут}$



- в различных помещениях многоэтажного здания **температура воздуха различается;**
- система отопления здания **обладает большой инерционностью** и проявляет свойства **нелинейного распределенного объекта;**
- на температуру воздуха в здании влияет множество **возмущающих факторов**, влияние которых затруднительно измерить или оценить на практике.

Обобщенное темпер. возмущение

Факторы влияющие на здание



Легко измерить:

$T_{\text{внут.}}$, $Q_{\text{отопл.}}$, $T_{\text{наруж.}}$

T_z

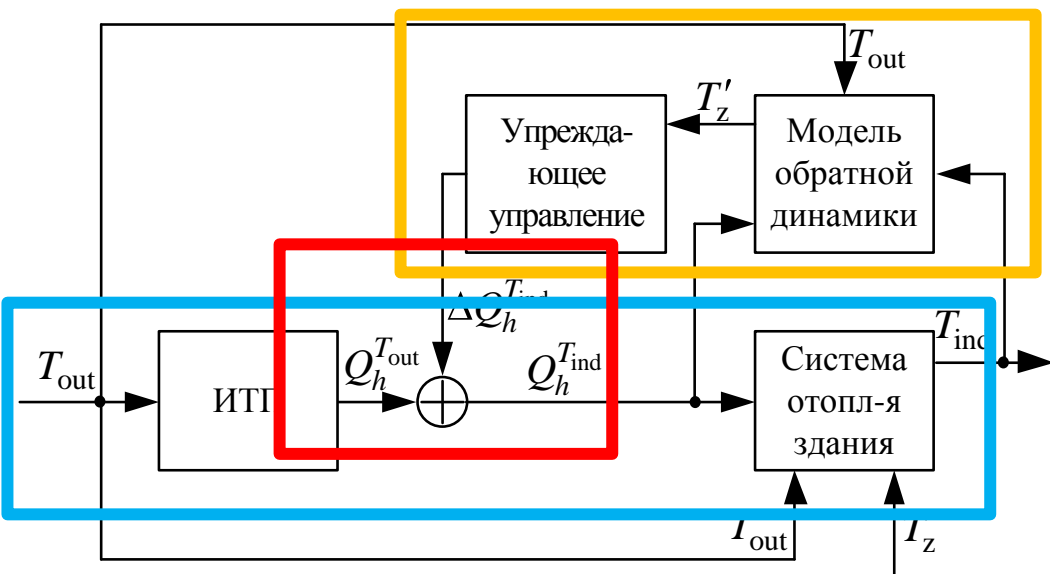
Сложно измерить:

$J_{\text{рад.}}$, $V_{\text{ветер}}$, $Q_{\text{внут.}}$, $Q_{\text{акк.}}$

Структура алгоритма

Структура упреждающего управления отоплением здания

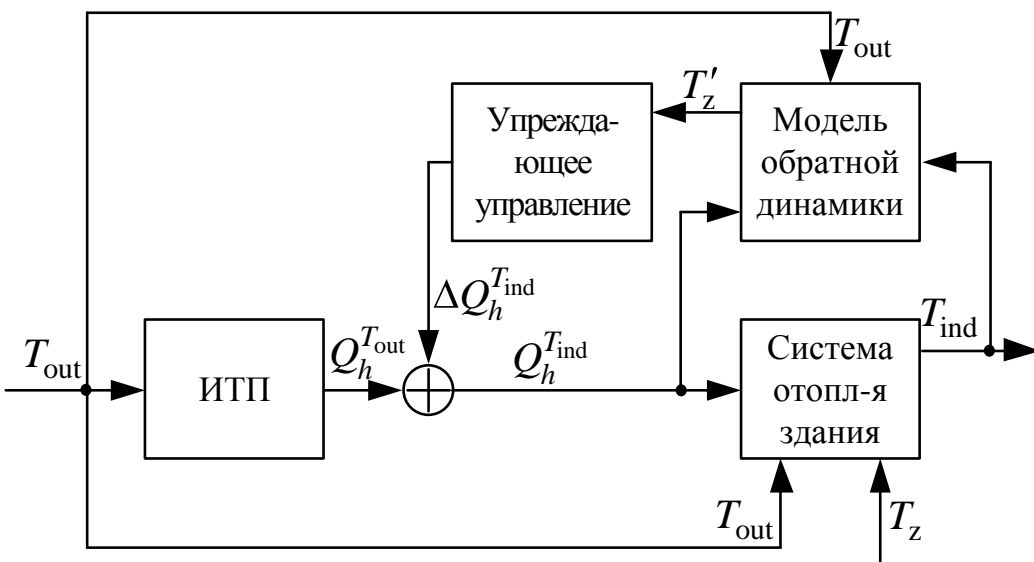
В базовом управлении мощность воздействия на систему управления, сформированная в виде сигнала $Q_h^{T_{out}}$ в ИТП, корректируется (переносной) оценкой T'_{ind} в обобщенной модели температуры воздуха в помещении в зависимости от модели обратного воздействия $Q_h^{T_{ind}}$ на температуру наружного воздуха.



T_{ind} – температура воздуха в помещении,
 T'_{ind} – прогнозная оценка температуры воздуха в помещении,
 Q_h^b – базовое управляющее воздействие (теловая мощность),
 $\Delta Q_h^{corr.}$ – величина коррекции базового управляющего воздействия, формируемого контуром упреждающего управления,
 $Q_h^{corr.}$ – откорректированное управляющее воздействие.

Структура алгоритма

Структура упреждающего управления отоплением здания



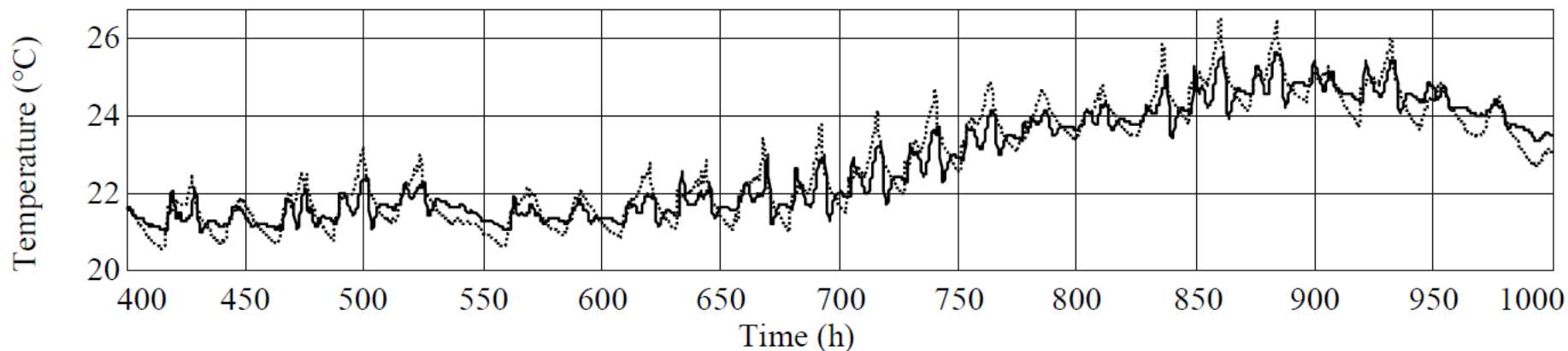
T_{ind} – температура воздуха в помещении,
 T'_{ind} – прогнозная оценка температуры воздуха в помещении,
 Q_h^b – базовое управляющее воздействие (теловая мощность),
 $\Delta Q_h^{corr.}$ – величина коррекции базового управляющего воздействия, формируемого контуром упреждающего управления,
 $Q_h^{corr.}$ – откорректированное управляющее воздействие.

Преимущества

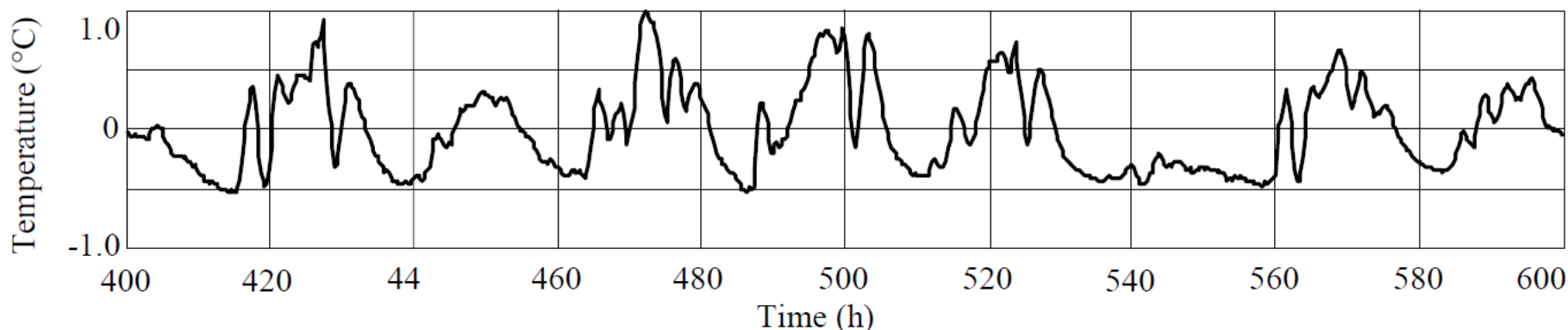
- Повышение комфорта и снижение энергопотребления.
- Полностью готовое к решению «из коробки», не требующее сложной настройки.
- Работа в реальном времени на существующих недорогих промышленных контроллерах.
- Позволяет в реальном времени видеть энергосберегающий эффект.

Модель реального времени

Температура воздуха в помещении:



Пунктирная линия – реальное значение; сплошная линия – результаты моделирования, нижний график – ошибка моделирования.

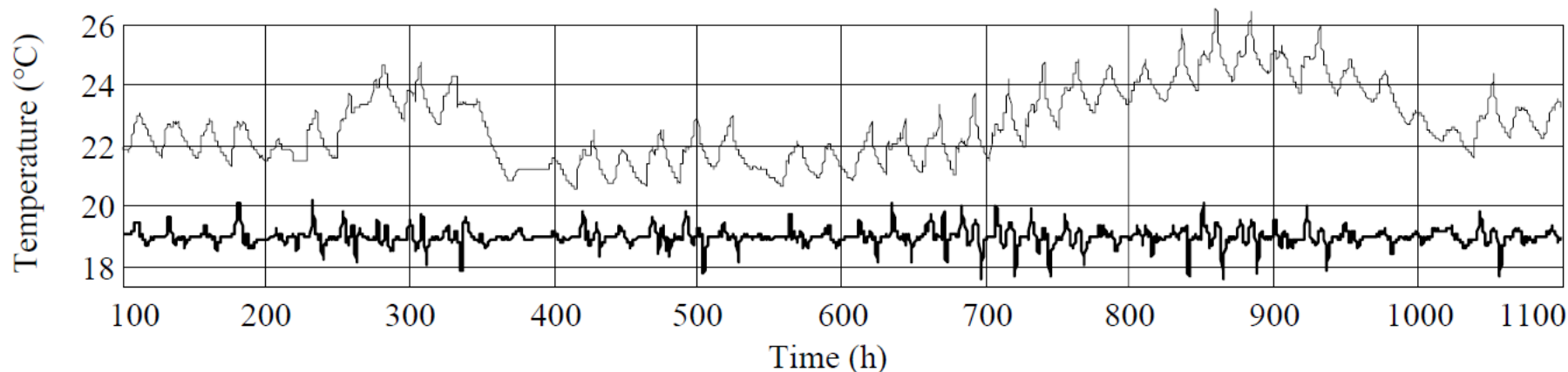


Величина ошибки $\delta T_{\text{внут.}} \leq \pm 1^\circ\text{C}$

С.К.О. ($T_{\text{внут.}}$) = 0.263°C

Модель реального времени

Эффект от внедрения предлагаемого алгоритма
на примере 10-этажного учебного корпуса университета:
/результаты моделирования/

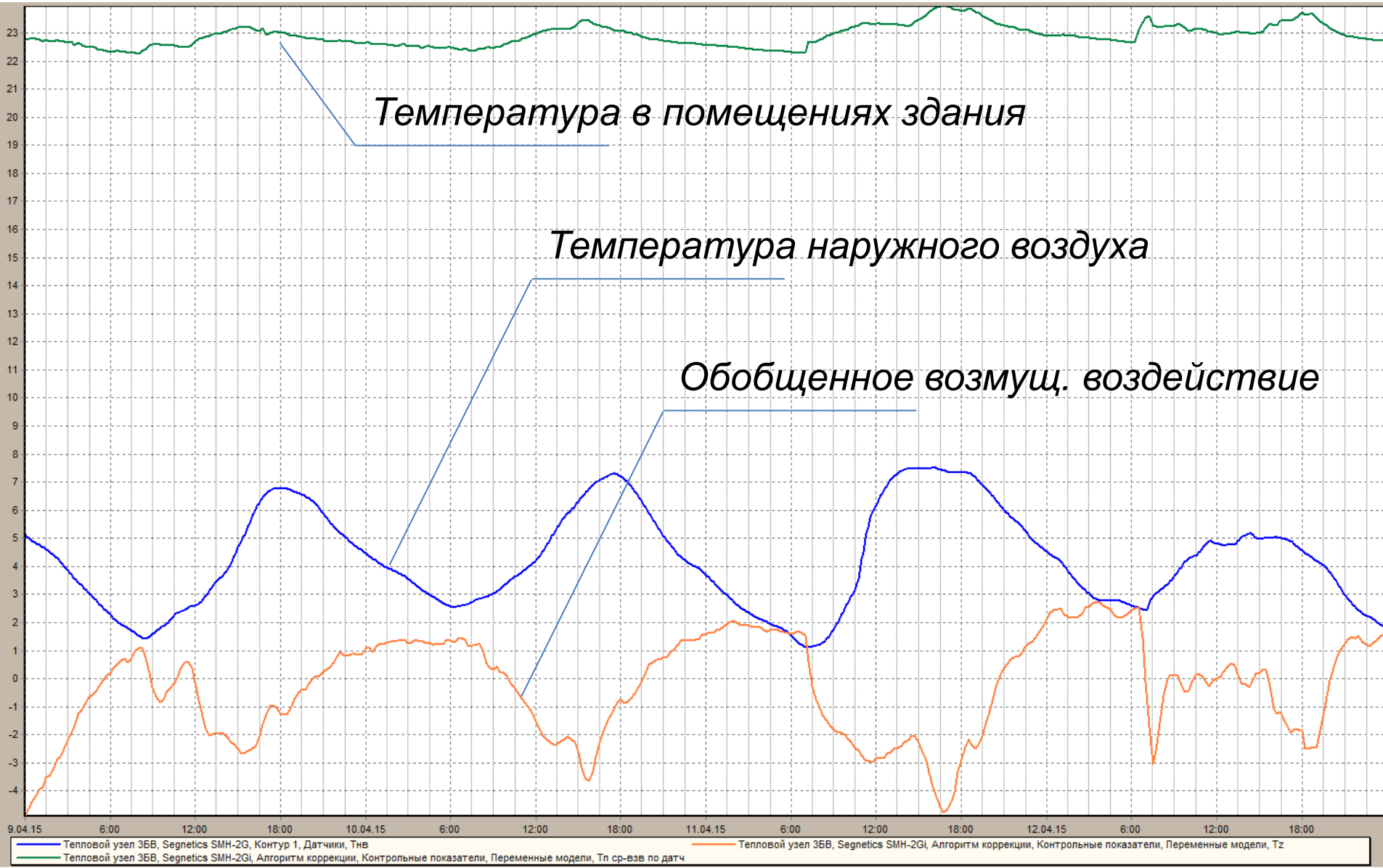


Тонкая линия – средняя температура в здании при регулировании по $T_{\text{наруж}}$.

Толстая линия – средняя температура в здании при внедрении предложенного подхода.

Результаты внедрения

Температура наруж. и внутр. воздуха, возмущ. факторы



Результаты внедрения

Коррекция температурного графика



Внедрение на объекте

Мнемосхема автоматизированного теплового пункта здания

> ЮУрГУ / Корпус 3БВ / АИТП

Закрыто

Доступ: Зима
Тнар: 7.22 °C

КАРАТ-307

Авто
1

T1c: 59.3 °C
P1c: 4.1 атм
G1c: 15.03 т/ч

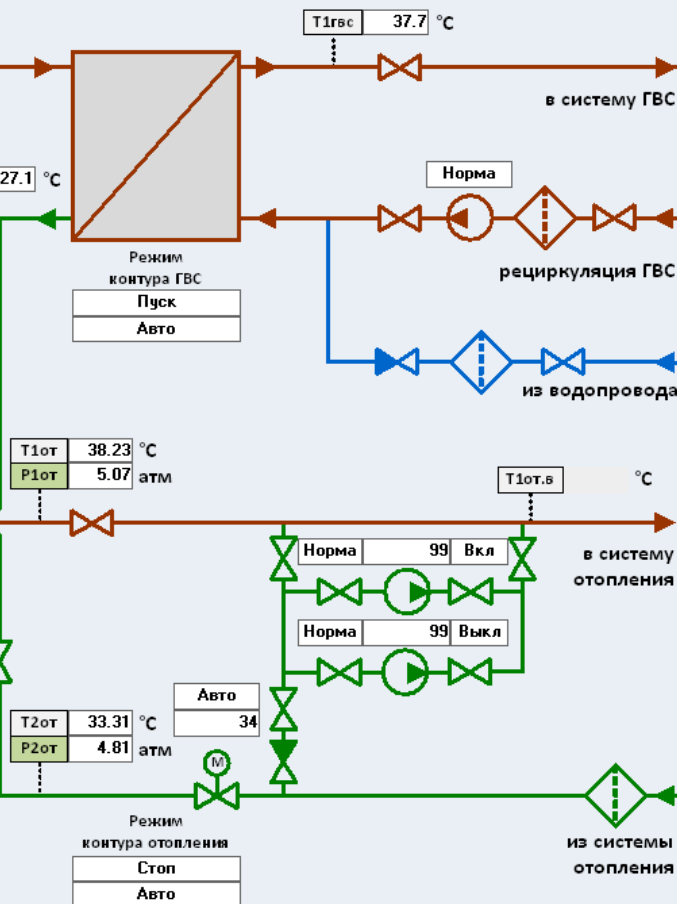
из теплосети
Qпотр: 0.180 Гкал/ч

в ВТЗ

T2c: 47.5 °C
P2c: 3.1 атм
G2c: 14.96 т/ч

в теплосеть

из ВТЗ



Текущие Заданные

ГВС

Выбранная уставка: День/Ночь День: 55 °C
Ночь: 40 °C

Температура в подаче: 37.7 °C Эконом: 30 °C

Отопление

Температура нар. воздуха: 7.22 °C

Температура в подаче: 38.23 °C 40.58 °C

Температура в обратке: °C 38.5 °C

Температурный график подачи

T1от.в, °C

Tнар, °C

Внедрение на объекте

Сбор данных по температуре в помещениях здания



Внедрение на объекте

Настройки алгоритма упреждающего управления

> ЮУрГУ / Корпус 3БВ / АИТП / Контроллер Segnetics SMH-2Gi / Алгоритм коррекции

>> Основные параметры работы АИТП:

Задание		Значение		Задание		Значение	
Режимы и уставки				ПИД-регулятор блока коррекции			
Режим работы алгоритма коррекции	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Коэффициент Кп	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>		
Уставка температуры в помещении, °С	<input type="text" value="20.8"/>	<input type="text" value="20.8"/>	Коэффициент Ти	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Работа при ручном режиме контура 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Коэффициент Тд	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Смещение темп. графика отопл-я, °С	<input type="text"/>	<input type="text"/>					

>> Параметры модели и фильтра:

Задание		Значение		Задание		Значение	
Параметры модели здания				ПИД-регулятор контура ГВС			
Постоянная времени Тз1 (большая)	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="20"/>	Постоянная сглаживающ. фильтра Тt1	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>		
Постоянная времени Тз2 (меньшая)	<input type="text" value="1.2"/>	<input type="text" value="1.2"/>	Постоянная сдвигающ. фильтра Тt1	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="0.5"/>		
Чистое запаздывание τ z	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	Интервал ретроспективы λ	<input type="text" value="-1.07"/>	<input type="text" value="-1.07"/>		
Характеристики здания				Параметры моделирования			
Внешний объем здания, x 10 куб. м	<input type="text" value="7157"/>	<input type="text" value="7157"/>	Шаг моделирования Δt	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>		
Гидравлич. сопр-е системы отопл-я, атм.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Минимальное время перех. процесса, ч	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
			Подключение сдвигающего фильтра	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

>> Настройки ограничений:

Задание		Значение		Задание		Значение	
Настройки ограничений коррекции				Настройки максимального рассогласования модели и здания			
Максимальная коррекция в "+", °С	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	Вкл коррекции при Тп(оц) > Тп(д) на, °С	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Максимальная коррекция в "-", °С	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	Вкл коррекции при Тп(оц) < Тп(д) на, °С	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

>> Контрольные показатели

Показатели коррекции уставки контура отопления	
Выход температурного графика (То1), °С	<input type="text" value="40.61"/>
Коррекция ΔТо1 (выход алгоритма), °С	<input type="text" value="-1.91"/>
Коррекция ΔТо1 (после ограничителя), °С	<input type="text" value="-1.91"/>
Откорректированная То1, °С	<input type="text" value="38.71"/>
Конечная уставка То1 для контура 1, °С	<input type="text" value="38.71"/>
Режим работы алгоритма коррекции и модели	
Переходный / Установившийся режим	<input type="text"/>
Сработка ограничителя коррекции	<input type="text" value="норма"/>
Время работы алгоритма (текущий сеанс), ч	<input type="text" value="153"/>
Температура воздуха в помещении	
Ср./взвеш. значение Тп (по датчикам), °С	<input type="text" value="23.8"/>
Оценочное значение Тп по модели, °С	<input type="text" value="22.88"/>
Прогнозное значение Тп*, °С	<input type="text" value="22.71"/>
Обобщенное возмущ. воздействие Тz, °С	<input type="text" value="1.1"/>
Оценка энергосбережения	
Теплопотребление по теплосчетчику, Гкал/ч	<input type="text"/>
Оценка теплопотр-я без коррекции, Гкал/ч	<input type="text"/>
Оценка теплопотр-я без коррекции, Гкал/ч	<input type="text"/>
Оценка теплопотр-я при коррекцией, Гкал/ч	<input type="text"/>
Потребление на прочие нужды, Гкал/ч	<input type="text"/>
Прочие показатели и переменные	
Оценка удельн. теплопотр-я q0, Гкал/куб.м	<input type="text" value="0.18"/>
Оценка расхода теплоносителя, т/ч	<input type="text"/>

Экономический эффект

Эффект от внедрения системы (на академическом здании):

Базовое управление по АИТП:

- Экономия тепла после запуска АИТП составила 25% по сравнению с ручным управлением.

Алгоритм упреждающего управления:

- Дополнительная экономия от внедрения предлагаемого подхода составляет 10...11%

Заключение

Предложенный подход позволяет:

при минимальных затратах повысить энергоэффективность и комфортность отопления существующего жилого фонда, при этом обеспечить близкую к нормативной температуру воздуха в помещениях,

учитывать естественное старение здания, энергосберегающие мероприятия и другие факторы, влияющие на характеристики здания.

компенсировать недостаточную квалификацию персонала и неточную настройку параметров АИТП.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Абдуллин Вильдан Вильданович

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

ООО НПП «Политех-Автоматика»

тел. (351) 777-56-67 e-mail: vildan.abdullin@gmail.com