

## **1. Повышение энергоэффективности распределенных объектов БГТУ им. В.Г. Шухова на основе АСДУ распределенными энергоресурсами**

Центральной проблемой в функционировании географически распределенных объектов ЖКХ, систем энергоснабжения и жизнеобеспечения зданий является проблема энергоэффективности. Энергоэффективность – это эффективное использование энергетических ресурсов, т.е. использование как можно меньшего количества первичных энергоресурсов для обеспечения того же качества процессов регулирования. Современная концепция энергоэффективности формируется на основе трех основных составляющих:

- экономия ресурсов (которая подразумевает минимизацию первичных энергоресурсов, получаемых традиционными способами);
- экономия энергозатрат (которая заключается в оптимизации энергетических затрат на процессы управления в автоматических и автоматизированных системах технологическими процессами);
- энергобезопасность.

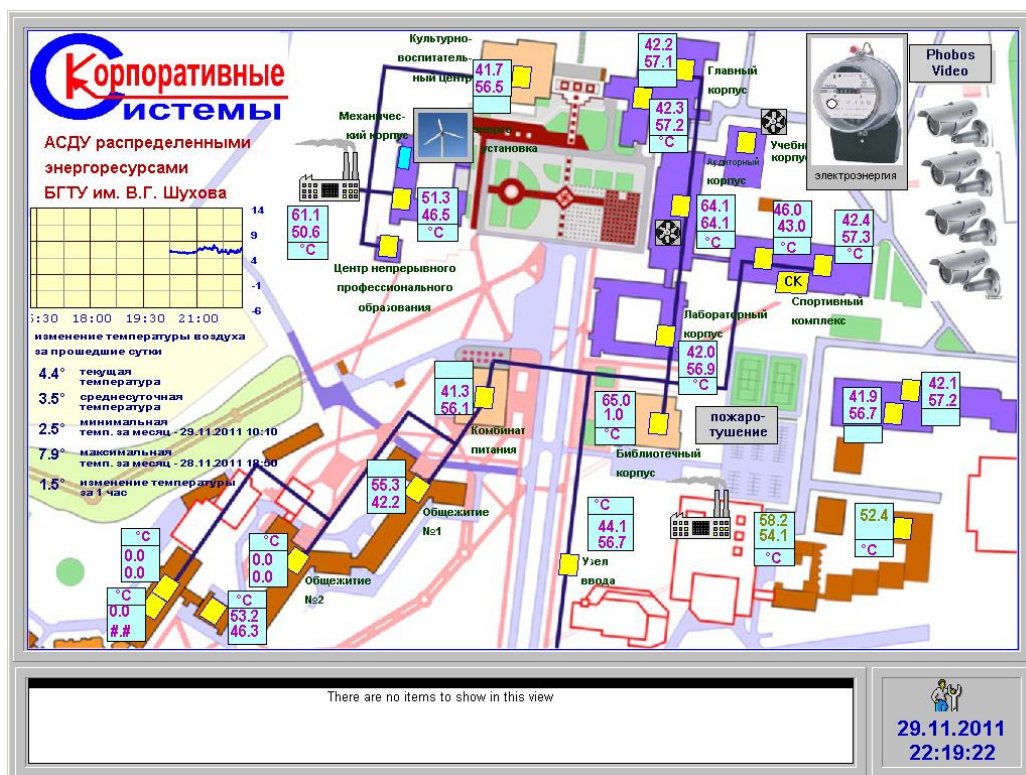
Мероприятия по повышению энергетической эффективности можно классифицировать на две группы: организационные и технологические. В ходе внедрения организационных методов основную роль играет административный ресурс. К организационным методам можно отнести меры по контролю за состоянием работы электроприборов (например, дополнительных электрообогревательных приборов), систем освещения, организацию работ, направленных на улучшение теплоизоляционных свойств конструкций. Технологические мероприятия подразумевают внедрение энергосберегающих инженерных систем: систем, использующих возобновляемые источники энергии, энергоэффективные системы управления жизнеобеспечением и др.

Одним из эффективных технологических методов является внедрение автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) распределенными объектами энергоснабжения и жизнеобеспечения. АСДУ представляет собой

*сложную инженерную систему, имеющую многоуровневую иерархическую структуру и позволяет в режиме реального времени осуществлять мониторинг, вести учет и централизованно управлять распределенными объектами.*

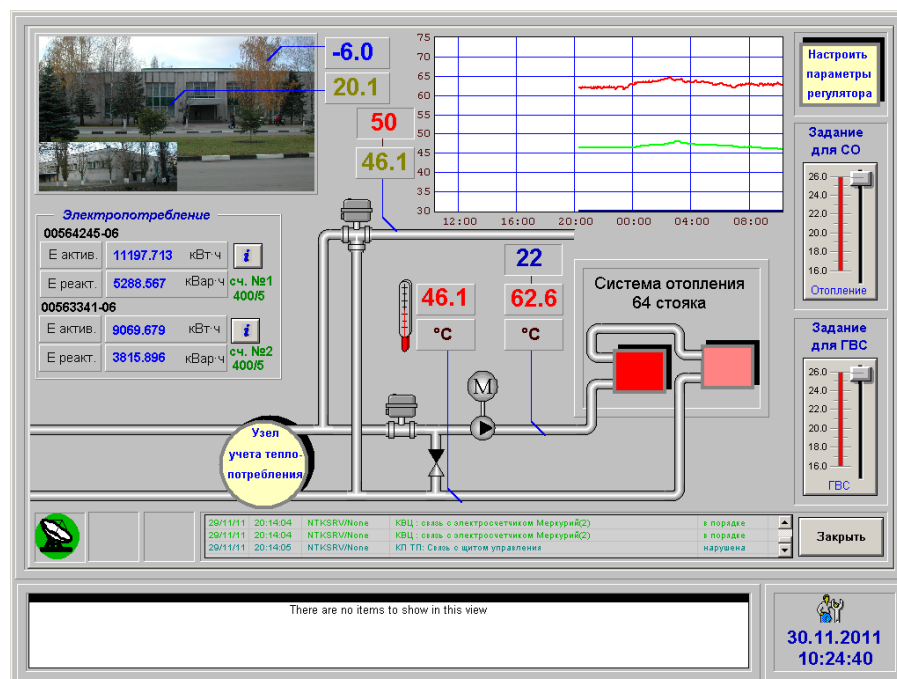
*На нижнем функциональном уровне АСДУ располагаются локальные системы управления (индивидуальные тепловые пункты, приточно-вытяжные установки, системы энергоснабжения и т.п.), первичные измерительные преобразователи (датчики температуры, расхода, давления и т.п.), исполнительные механизмы (электромагнитные клапаны, насосы и др.) и т.п. Средний функциональный уровень (СФУ) представлен коммуникационным оборудованием (программируемые контроллеры, преобразователи интерфейсов), посредством которого осуществляется взаимодействие между нижним и верхним функциональным уровнями (ВФУ). ВФУ состоит из серверного аппаратного и программного обеспечения – серверов баз данных, архивных SCADA-серверов и web-серверов, автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера.*

*АРМ диспетчера, как правило, представляет собой персональный компьютер с изображением на экране мнемосхемы: плана местности с нанесенными технологическими объектами, жилыми и производственными зданиями, учебными корпусами, общежитиями и т.п. Обычно на экране АРМ имеется область, в которой отражаются сообщения информационного и аварийного характера. Визуальная часть, которую представляет АРМ диспетчера внедренной АСДУ распределенными энергоресурсами БГТУ им. В.Г. Шухова представлена на рис. 1.1.*



*Рис. 1.1. АРМ диспетчера распределенными энергоресурсами  
 БГТУ им. В.Г. Шухова*

*При выборе объекта, например индивидуального теплового пункта (ИТП) учебного корпуса (рис. 1.2), открывается мнемосхема с основными технологическими параметрами. На экране отображаются графики в режиме реального времени, выводятся значения технологических переменных: давлений, температур, расходов и др. Диспетчер при помощи элементов формы может изменять уставки и параметры регуляторов, задавать расписание работы оборудования. В режиме реального времени доступны значения всех технологических параметров и переменных объектов энергоснабжения, а также графики их изменения и архивы распределения во времени.*



**Рис. 1.2. Мнемосхема энергоэффективного ИТП учебного корпуса**

Повышение эффективности функционирования распределенных объектов энергоснабжения и жизнеобеспечения внедрением АСДУ осуществляется в несколько этапов:

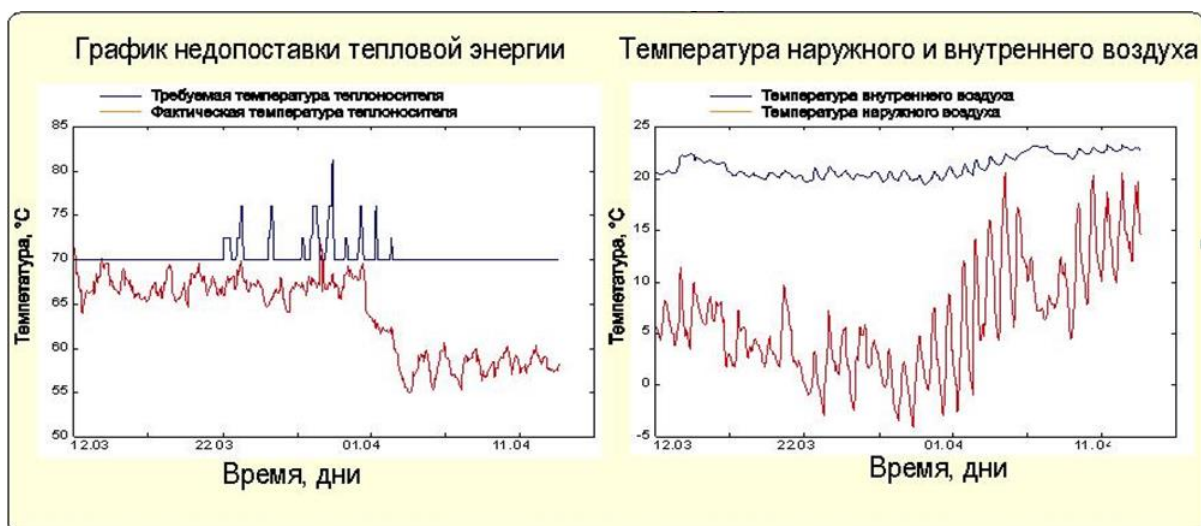
- 1) Производятся энергетические обследования зданий, производственных помещений и др., выявляются "проблемные места".
- 2) Разрабатывается проектно-сметная документация.
- 3) Производится повышение уровня автоматизации локальных систем управления технологическими процессами энергоснабжения и жизнеобеспечения, например, внедрение энергоэффективных ИТП.
- 4) Создается "ядро АСДУ".
- 5) При помощи коммуникационного оборудования среднего уровня "ядро АСДУ" стыкуется с технологическим оборудованием нижнего функционального уровня локальных САУ объектами первой очереди внедрения системы диспетчеризации
- 6) Производится расширение АСДУ путем подключения к ядру новых объектов (второй и последующей очередей внедрения АСДУ), причем система позволяет гибко наращивать функциональность с минимальными изменениями на

верхнем функциональном уровне системы.

Как было указано, внедрение АСДУ осуществляется в несколько этапов. Самым затратным и наиболее важным мероприятием является внедрения ядра системы – серверного аппаратного и разработка программного и алгоритмического обеспечения ВФУ АСДУ. На последующих шагах система позволяет постепенно наращивать функциональность с минимальными конструктивными изменениями. Первая очередь: внедрение ядра и АСДУ ИТП зданий; вторая очередь: внедрение АСДУ ПВУ зданий, КНС; и т.д.

В чем же все-таки преимущество внедрения АСДУ распределенными объектами? В первую очередь – это, конечно же, централизация управления распределенными энергоресурсами, позволяющая, например, динамически перераспределять тепловую энергию между функционирующими объектами, переводя тем самым объекты энергоснабжения в эффективный режим/

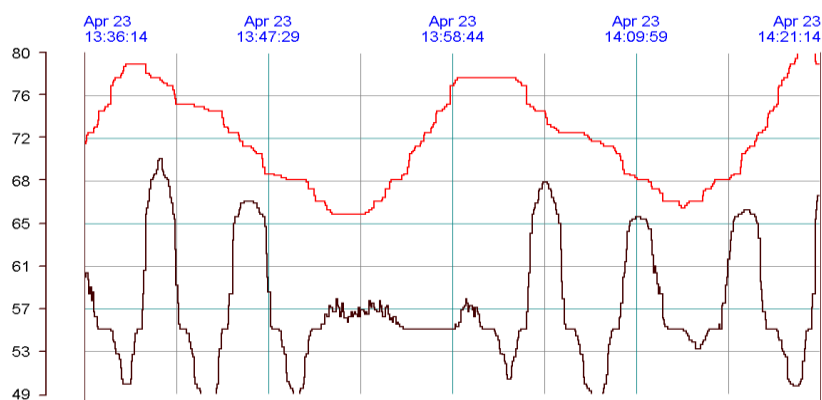
На рис. 1.3 проиллюстрирован пример, когда в условиях недопоставки тепла со стороны энергоснабжающей организации благодаря интеллектуальному централизованному управлению и динамическому распределению энергии обеспечивается комфортная температура внутри помещения.



**Рис. 1.3. Графики изменения технологических параметров в условиях недопоставки тепловой энергии**

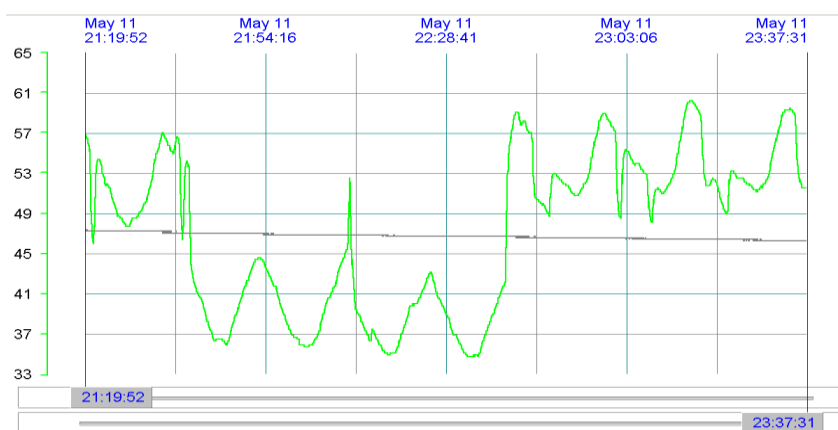
АСДУ позволяет производить контроль качества работы оборудования

нижнего уровня и настройки регуляторов локальных систем автоматического управления. На рис. 1.4 в виде графика изменения температуры котла (верхний тренд) и контура горячего водоснабжения (ГВС) (нижний тренд) представлен пример некачественного функционирования оборудования автономной котельной, когда температура воды в контуре ГВС отличается периодическими изменениями от 50 до 70 °С с интервалом в 10 минут. Причины – некорректные настройки регулятора температуры контура.



**Рис. 1.4. График изменения температуры котла (верхний тренд) и контура горячего водоснабжения (ГВС) (нижний тренд)**

На рис. 1.5 видно, как в моменты пиковых нагрузок не выдерживается температурный график подачи горячей воды, температура горячей воды снижается на выходе до 35 °С.



**Рис. 1.5. График изменения температуры контура ГВС**

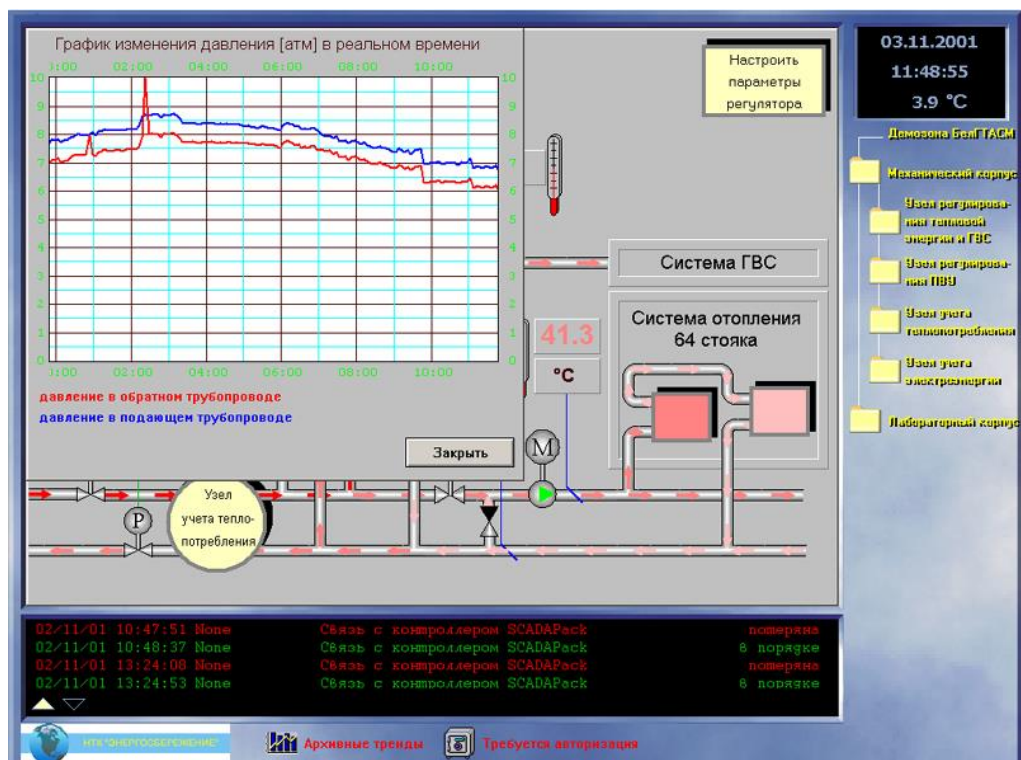
АСДУ информирует оператора о нештатных и аварийных ситуациях на распределенных объектах, позволяет их предотвращать и проводить подробный анализ. На рис. 1.6 представлены тренды изменения температуры воды и воздуха

ПВУ здания, когда вследствие аварийного прерывания электропитания контроллера управления, температура воздуха упала ниже 0°C, что привело к повреждению (разморозке) теплообменника. Причина аварии – не сработала защитная автоматика.



**Рис. 1.6. Тренды изменения температуры воды и воздуха ПВУ здания во время аварийной ситуации**

На рис. 1.7 приводится ситуация, когда по вине энергоснабжающей организации вследствие увеличения давления в обратном трубопроводе более чем в три раза произошло повреждение системы отопления учебного корпуса.



### Рис. 1.7. Аварийная ситуация в системе отопления здания

Расширением АСДУ является использование систем управления энергоустановками, использующими ВИЭ. На рис. 1.8 и 1.9 представлены АРМ оператора экспериментальной энергоустановки БГТУ им. В.Г. Шухова и низкотемпературной гелиоустановки горячего водоснабжения соответственно.

Важной особенностью является расширение АСДУ внедрением технических средств контроля и учета энергоносителей: подключение счетчиков электроэнергии, расхода горячей и холодной воды, газа, тепловой энергии. Непосредственно мониторинг затрат первичных энергоресурсов как технологический метод не дает экономии, но является мощным инструментом разработки и внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности. На рис. 1.10 представлена экранная форма АСДУ распределенными энергоресурсами БГТУ им. В.Г. Шухова, на которой отображаются параметры электроснабжения здания.

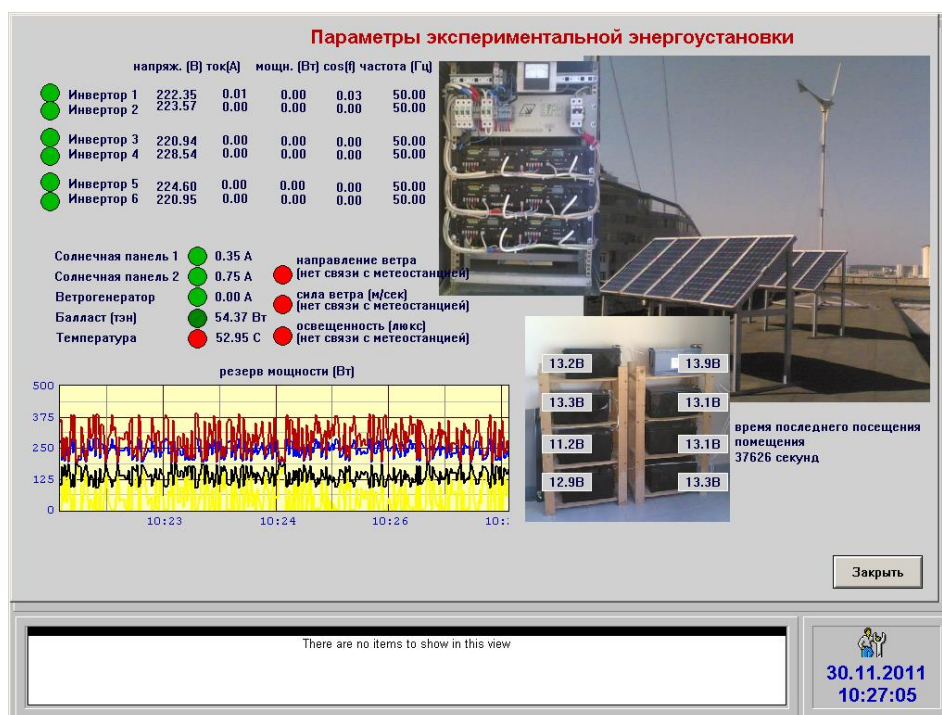
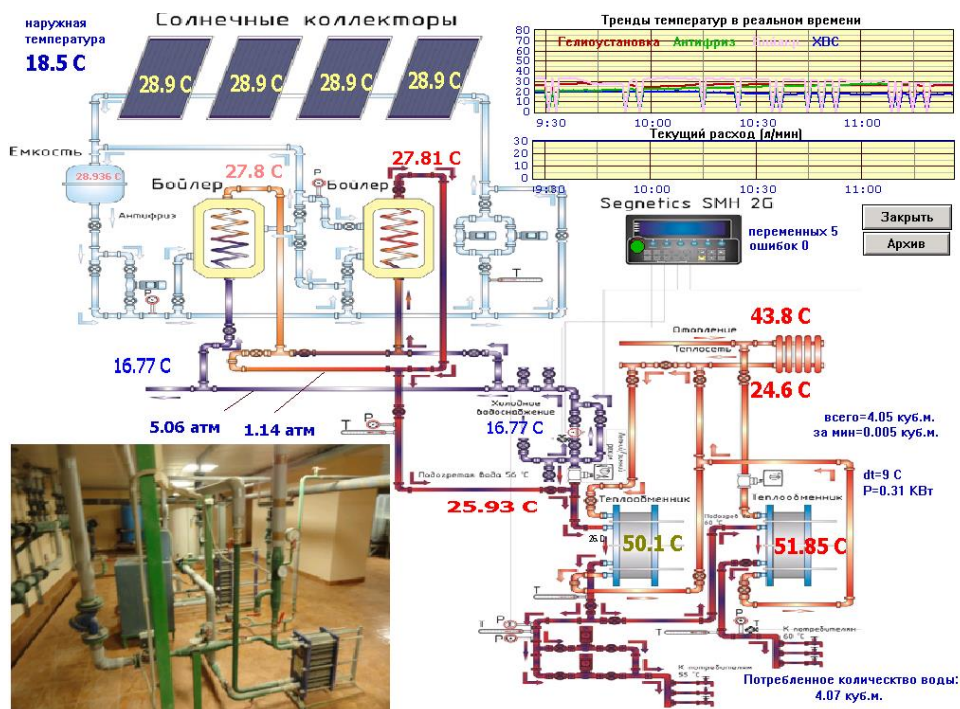
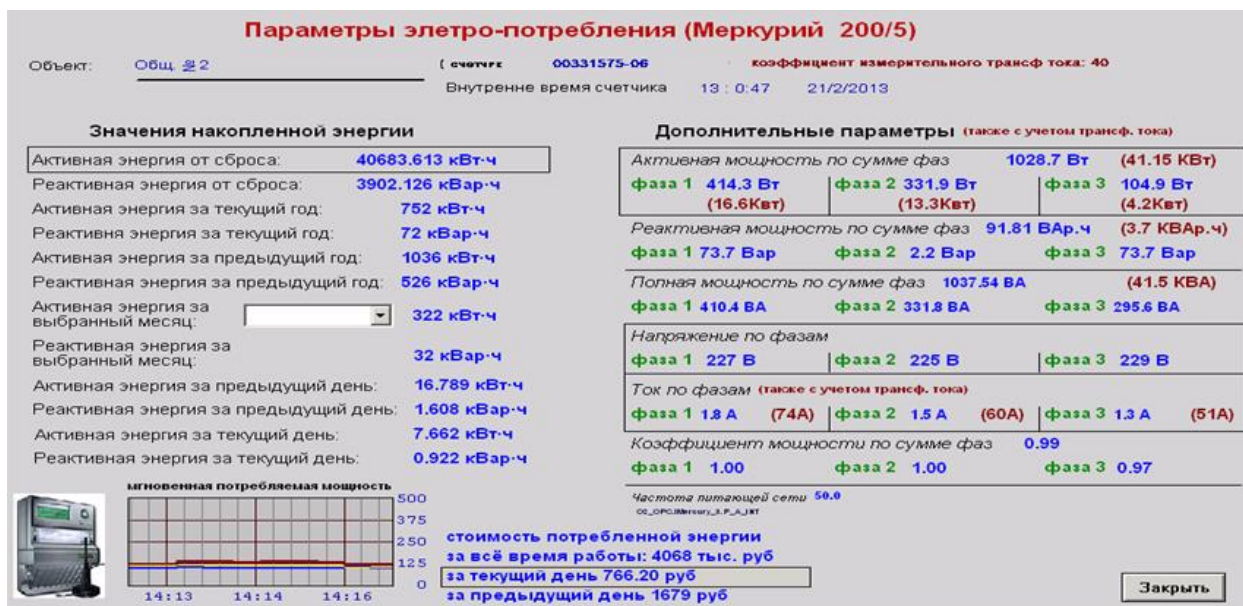


Рис. 1.8. АРМ оператора экспериментальной энергоустановки БГТУ им. В.Г. Шухова





*Рис. 1.9. АРМ оператора низкотемпературной гелиоустановки горячего водоснабжения*



*Рис. 1.10. Параметры системы электроснабжения здания*

Высокий уровень телекоммуникационной составляющей дает возможность мониторинга и управления с практически любых, в том числе мобильных устройств, оборудованных функцией выхода в интернет.

Таким образом, применение АСДУ распределенными объектами энергоснабжения и жизнеобеспечения позволяет следовать современной

*концепции энергоэффективности. Использование АСДУ распределенными энергоресурсами является мощным технологическим мероприятием по повышению энергоэффективности, позволяющим обеспечивать высокие показатели качества функционирования распределенных объектов и уровня энергобезопасности. При сравнительно небольших затратах на внедрение, АСДУ показывает высокие показатели экономии энергоресурсов при относительно малых сроках окупаемости таких систем.*

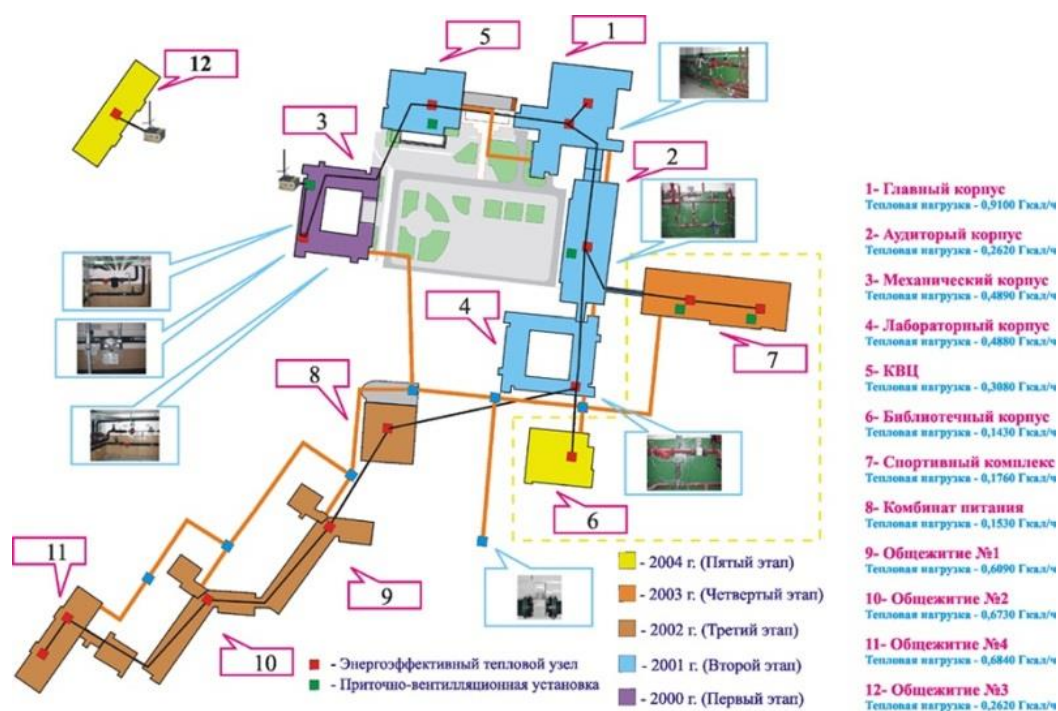
## *2. Демонстрационная зона по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова*

*В 1999–2012 годах в рамках автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) распределенными энергоресурсами Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова создана демонстрационная зона по энергосбережению (Рис. 2.1), которая на данный момент охватывает два университета, ряд средних учебных заведений области, а также жилые микрорайоны г.Старый Оскол и промышленные объекты ОАО "Кмапроектжилстрой".*



*Рис. 2.1. Структура распределенной демонстрационной зоны по энергосбережению*

*Структура автоматизированной системы диспетчерского управления распределенными энергоресурсами университета в составе демонстрационной зоны по энергосбережению представлена на рис. 2.2.*



**Рис. 2.2. Структура АСДУ распределенными энергоресурсами  
БГТУ им. В.Г. Шухова**

Объектами АСДУ распределенными энергоресурсами БГТУ являются энергоэффективные тепловые узлы, приточно-вытяжные установки, системы электроснабжения учебных корпусов и технологических зданий. Автоматизированная система диспетчерского управления позволяет с рабочего места диспетчера эффективно управлять энергоресурсами БГТУ им. В.Г. Шухова, при этом достигаются две основные цели:

- комфорт в помещениях, температура в помещениях поддерживается в диапазоне от 19 до 22 градусов вне зависимости от температуры воздуха на улице;
- экономия энергоресурсов, за счет исключения явления перетопа в "переходные сезоны" года, когда от теплосети подается теплоноситель с высокой температурой;
- снижение электропотребления и повышение уровня электробезопасности за счет системы оперативного мониторинга и анализа электропотребления.

Экранная форма АРМ диспетчера АСДУ представляет собой план местности

кампуса со схематически нанесенными технологическими объектами (Рис. 2.3). На главной экранной форме выводятся значения температур питающей теплосети по каждому объекту.

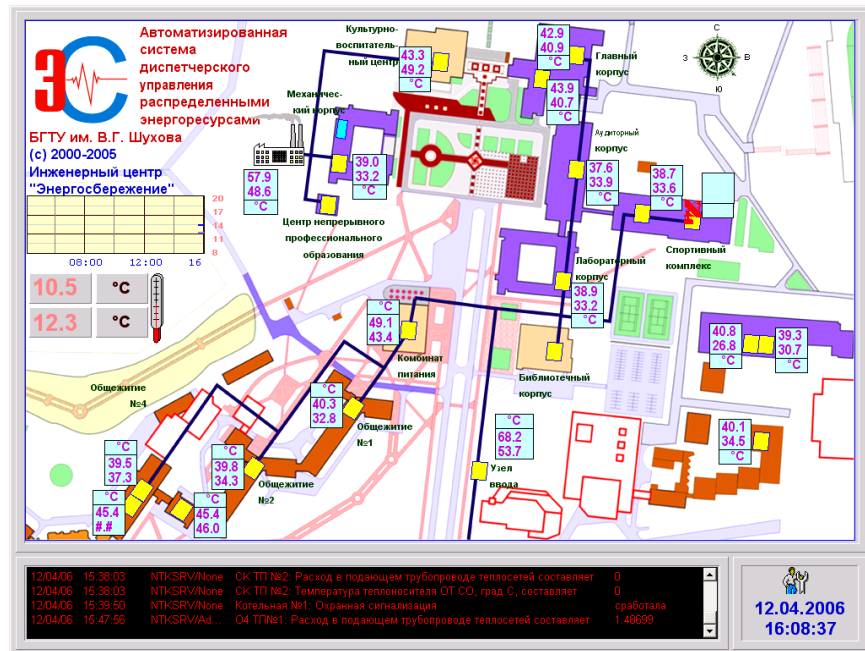
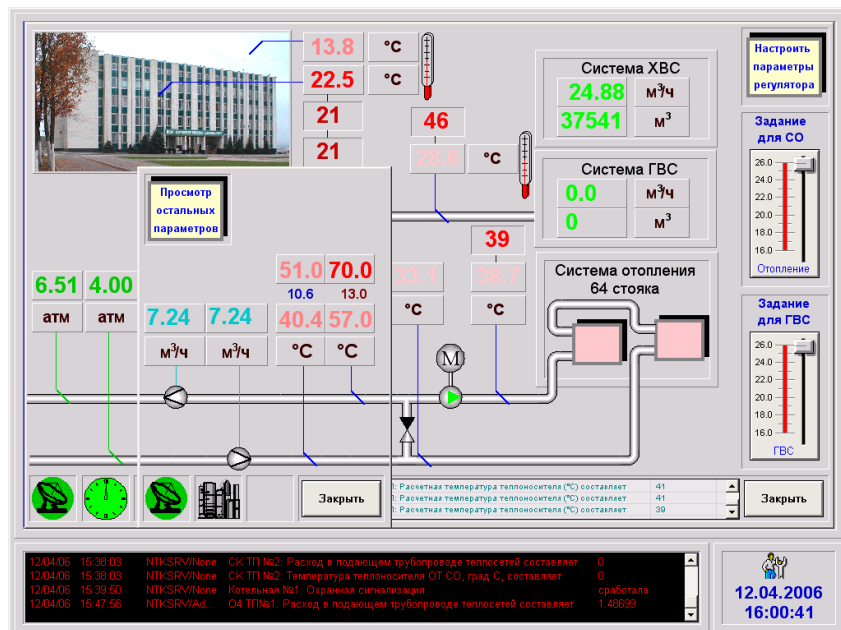


Рис. 2.3. Интерфейс АРМ диспетчера АСДУ

Оператор имеет доступ к просмотру и управлению технологическими параметрами регуляторов энергоэффективных тепловых узлов учебных корпусов и технологических зданий (Рис. 2.4).



*Рис. 2.4. Технологические параметры энергоэффективного теплового узла учебного корпуса БГТУ им. В.Г. Шухова*

*Диспетчеру доступна информация о теплопотреблении объектов, которая поступает от теплосчетчиков.*

*Также в состав распределенной демонстрационной зоны по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова входит система диспетчеризации НИУ БелГУ (Рис. 2.5). Это позволяет проводить межвузовские научные исследования в области энергосбережения и расширяет сферу применения демозоны в регионе. АСДУ распределенными энергоресурсами НИУ БелГУ включает в состав тепловые узлы объектов университета, приточно-вытяжные установки и систему электроснабжения.*

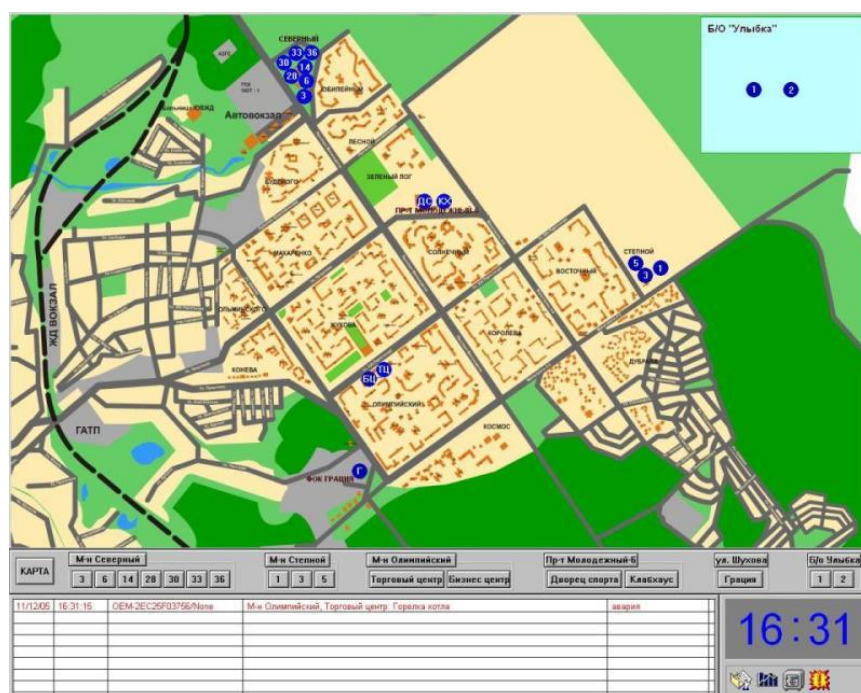


*Рис. 2.5. Интерфейс АРМ оператора АСДУ распределенными энергоресурсами НИУ БелГУ*

*В состав демозоны по энергосбережению включена комплексная система диспетчеризации теплоснабжения микрорайонов Северный и Степной г. Старый Оскол, а также технологических объектов ОАО "Кмапроектжилстрой", которая позволяет централизованно контролировать и управлять распределенными*

технологическими объектами энергоснабжения и жизнеобеспечения, повышая тем самым уровень энергобезопасности и энергоэффективности. Экранная форма АРМ диспетчера представлена в виде мнемосхемы (Рис. 2.6) – карты жилого микрорайона (Степной и Северный и др.) с обозначенными технологическими объектами. АСДУ распределенными энергоресурсами в составе демонстрационной зоны по энергосбережению объединяет следующие инженерные системы:

- индивидуальные тепловые пункты жилых домов (мкр. Северный, мкр. Степной);
- тепловые узлы ФОК "Грация";
- газовые котельные жилых домов;
- канализационную насосную станцию.



**Рис. 2.6. Экранная форма АРМ диспетчера АСДУ ОАО Кмпроектжилстрой в составе демозоны**

Структура системы является иерархической и объединяет множество локальных САР (температуры, давления и т.п.). По функциональному назначению в структуре АСДУ можно выделить три уровня:

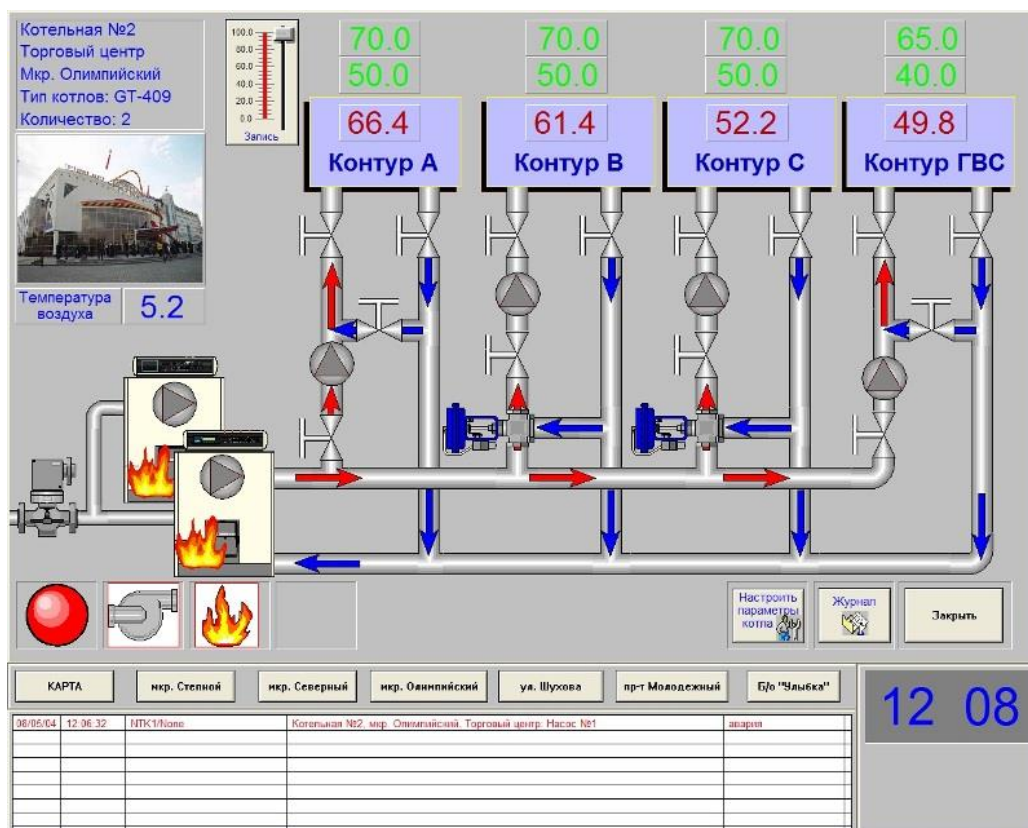
- Нижний уровень – контролируемые объекты (оборудование ИТП, тепловых

узлов, газовые котлы).

- Средний уровень – коммуникационные контроллеры.

- Верхний уровень – диспетчерский пункт.

На рис. 2.7 представлена экранная форма АРМ диспетчера в режиме просмотра состояния параметров котельной.



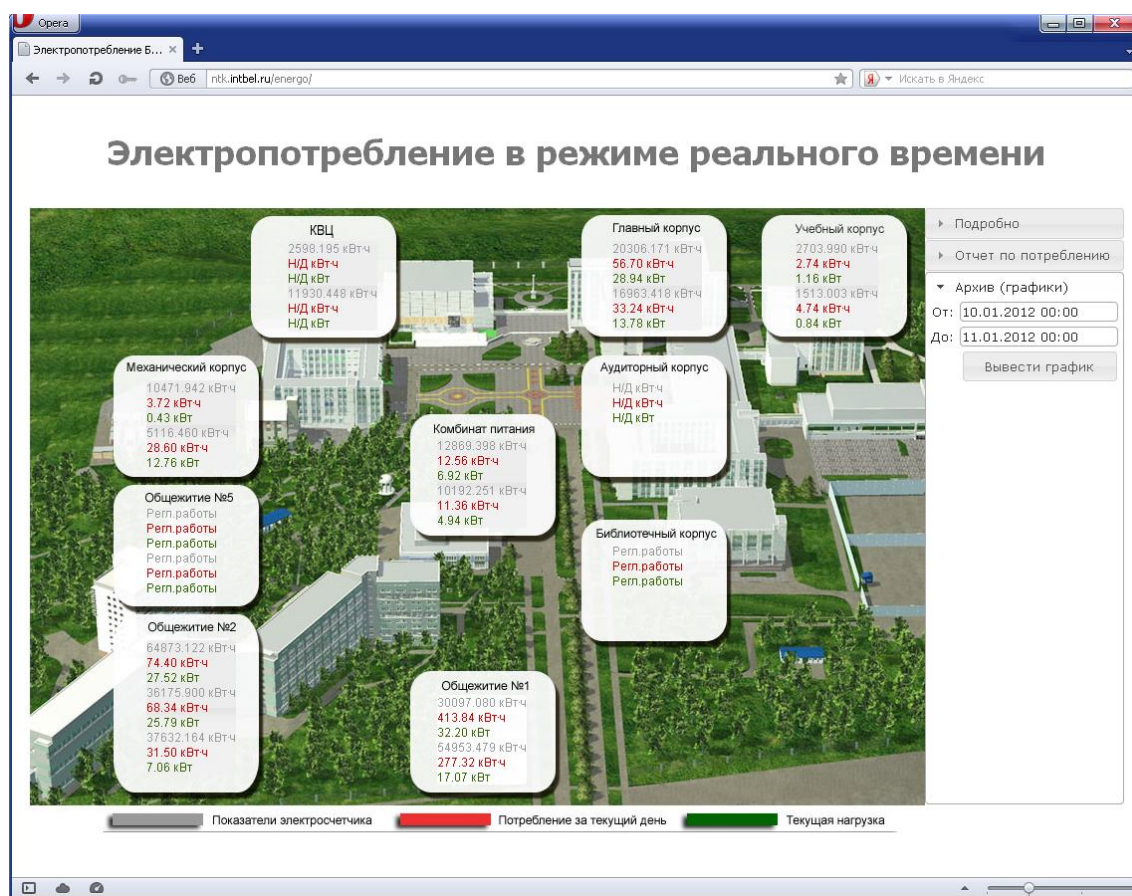
**Рис. 2.7. Мнемосхема котельной в составе АСДУ  
распределенными энергоресурсами**

Важной особенностью демонстрационной зоны по энергосбережению является возможность доступа через интернет. Разработанная технология WEB-базируемого доступа к технологической информации позволяет осуществлять мониторинг и управление с любых, в том числе мобильных устройств, имеющих возможность подключения к сети интернет. Электронный ресурс расположен по адресу <http://ntk.intbel.ru>.

Система мониторинга и оперативной визуализации на основе WEB-базируемого доступа в составе демонстрационной зоны по энергосбережению (Рис. 2.8) позволяет при помощи интернет-браузера оператора осуществлять



контроль в режиме реального времени. Система способна оценивать энергоэффективность функционирования оборудования, сигнализировать о перерасходе и формировать отчеты о потреблении энергии.



**Рис. 2.8. Экранная форма системы визуализации и мониторинга технологических параметров систем энергопотребления на основе WEB-базируемого доступа**

Система мониторинга и оперативной визуализации технологических параметров распределенных объектов электропотребления на основе WEB-базируемого доступа в полной мере соответствует требованиям современных автоматизированных систем контроля и учета энергии и обеспечивает:

- автоматический сбор данных учета потребления энергии по каждой точке учета на заданных интервалах;
- хранение параметров учета в базе данных;
- вывод расчетных параметров на терминал и на устройство печати по требованию оператора;

- ведение единого системного времени с возможностью его корректировки.

На основе технологии WEB-базируемого доступа к параметрам распределенных технологических объектов разработан комплекс виртуальных лабораторий с удаленным доступом.

Перспективным направлением является применение возобновляемых источников. Использование солнечной энергии для теплоснабжения является одним из наиболее перспективных направлений использования возобновляемых источников энергии. Гелиоустановка в составе системы теплоснабжения является частью комплексной распределенной демонстрационной зоны по энергосбережению университета.

Гелиоустановка входит в состав автоматизированной системы диспетчерского управления распределенными энергоресурсами БГТУ им. В.Г. Шухова и является частью комплексной распределенной демонстрационной зоны по энергосбережению БГТУ. Последний факт позволяет расширить область применения возобновляемого источника энергии, интегрировав его в учебный процесс. Использование WEB-базируемого доступа к технологическим параметрам гелиоустановки позволяет использовать её как интерактивное учебное пособие – лабораторию с удаленным доступом для проведения практических занятий в режиме реального времени. Интерфейс АРМ оператора энергоэффективной системы энергоснабжения представлен на рис. 2.9.

Программное обеспечение верхнего функционального уровня автоматизированной системы позволяет:

- оперативно оценивать состояние технологических параметров гелиосистемы по показаниям датчиков;
- анализировать нештатные и аварийные ситуации;
- своевременно принимать решения по ликвидации аварийных режимов;
- осуществлять аудио-визуальный контроль за индивидуальным тепловым

пунктом;

- проводить опыты, изменяя режимы работы установки для получения максимальной эффективности работы как системы в целом, так и отдельных узлов.

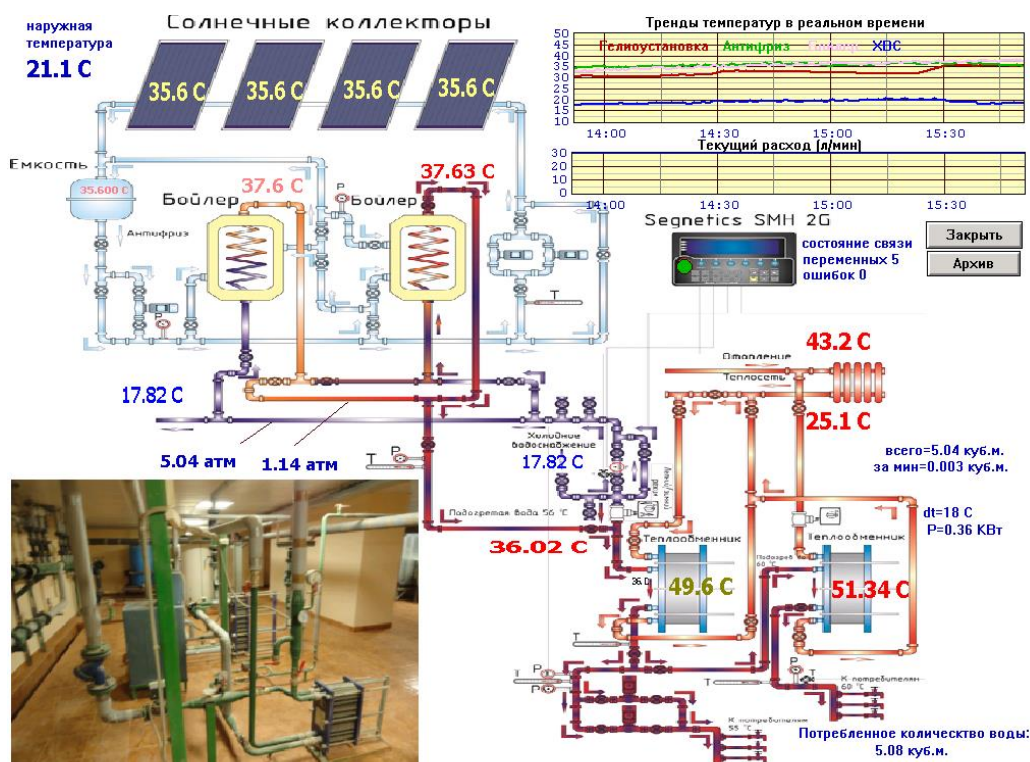


Рис. 2.9. Экранная форма АРМ диспетчера гелиоустановки

Применение гелиоколлекторов в составе системы энергоснабжения БГТУ им. В.Г.Шухова позволяет не только следовать современной концепции энергоэффективности, но и построить мощную основу для получения практических навыков по техническим дисциплинам. Гелиоустановка входит в состав комплекса виртуальных лабораторий БГТУ им. В.Г.Шухова.

Демозона по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова является распределенной интерактивной системой в масштабе региона, демонстрирующей результаты мероприятий по повышению энергоэффективности, в состав которой входят технологические объекты учебных заведений, жилых массивов и

*промышленных предприятий. Демонстрационная зона по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова позволяет:*

*1) следовать современной концепции энергоэффективности и энергобезопасности;*

*2) разрабатывать новые энергоэффективные решения в энергетике;*

*3) получать практические навыки по техническим дисциплинам.*

*Таким образом, демонстрационная зона по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова является мощной базой для развития энергоэффективных проектов в регионе.*