

**ОАО «КРАСНОЯРСКЭНЕРГО»
КРАСНОЯРСКАЯ ТЭЦ-1
ОТДЕЛ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

УТВЕРЖДАЮ

Гл. инженер КрасТЭЦ-1

_____ Н.В. Сидоров

«__» _____ 2001 г.
М.П.

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕР КОТЛОАГРЕГАТА
БКЗ-320/270-140ПТ2 (ст. №18) КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-1**

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

на 32 листах

Действует с

Красноярск 2001 г.

Содержание

	стр.
1. Структура программы	3
2. Технические требования	4
3. Регистрация пользователя	4
4. Выбор режима условий работы с тренажером	5
5. Принципиальные обозначения	7
6. Принципы управления тренажером	9
7. Описание функциональных групп	12
8. Экспертная оценка результатов решения (протокол)	24
9. Анализ результатов решения	26
10. Редактор режимных и аварийных задач	28

1. Структура программы

Компьютерный тренажер управления котельным агрегатом БКЗ-320-140 Красноярской ТЭЦ-1 представляет собой интерактивную оболочку, работающую под операционной системой Windows 9x/NT.

Структура программы в виде дерева каталога представлена на рис. 5.1.

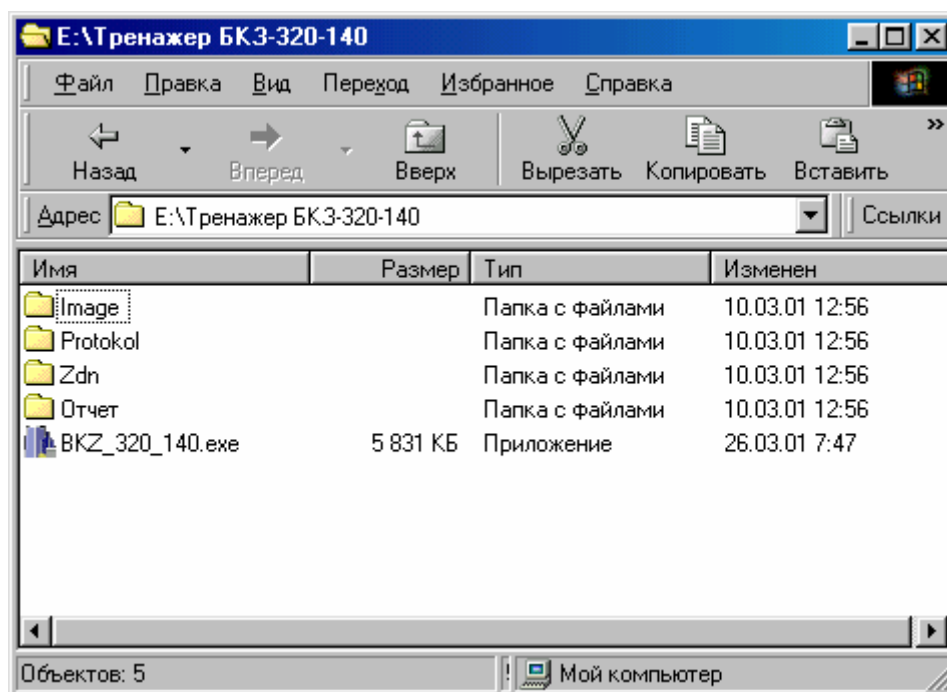


Рис. 1. Структура файлов составляющих имитационный тренажер котла

Стартовым файлом, необходимым для запуска тренажера является файл *BKZ_320_140.exe*. В папке *Image* располагаются графические файлы в формате **.bmp* с изображением функциональных групп и элементов мнемосхем. В папке *Protokol* располагаются файлы базы данных в формате **.db* со списками основных параметров, используемых в тренажере с указанием уставок на их изменение. В папке *Zdn* находятся файлы заданий, с расширением **.zdn*, в которых определяются начальные значения переменных, используемых в математической модели тренажера, определяя тем самым характер решаемой задачи (аварийная или режимная). В папке *Отчет* расположены текстовые файлы **.txt* содержащими протокол и анализ результатов решаемой задачи.

2. Технические требования

Имитационный, компьютерный тренажер котлоагрегата БКЗ-320-140 Красноярской ТЭЦ-1 представляет собой самостоятельный программно-методический комплекс, работающий на персональной ЭВМ под операционной системой Windows 9x/NT.

Требования к системе: процессор – Pentium – II и выше с частотой не менее 300 МГц; размер оперативной памяти – 32 МВ (рекомендуемая – 64 МВ); видеокарта SVGA не менее 1 МВ (рекомендуемая S3, View Top и т.д.); монитор – 15" и выше поддерживающего разрешающую способность 800x600 (рекомендуемое 1024x768). Управление в программе осуществляется с помощью манипулятора – мышь.

Вид и компоновка интерфейса программы соответствует требованиям эргономики и технической эстетики, регламентированными РД 153-34.0-12.305-99.

3. Регистрация пользователя

Перед началом тренировки с помощью тренажера осуществляется регистрация пользователя посредством выбора соответствующей фамилии из списка или путем добавления нового пользователя (см. рис. 2).

В меню указываются фамилия, имя, отчество пользователя, его место работы и должность. Эта информация необходима в дальнейшем для организации протокола результатов работы на тренажере. Редактирование списка в меню осуществляется с помощью кнопок <Добавить> и <Удалить>. После выбора необходимой фамилии (выделяется цветом) необходимо нажать клавишу <Ок>.

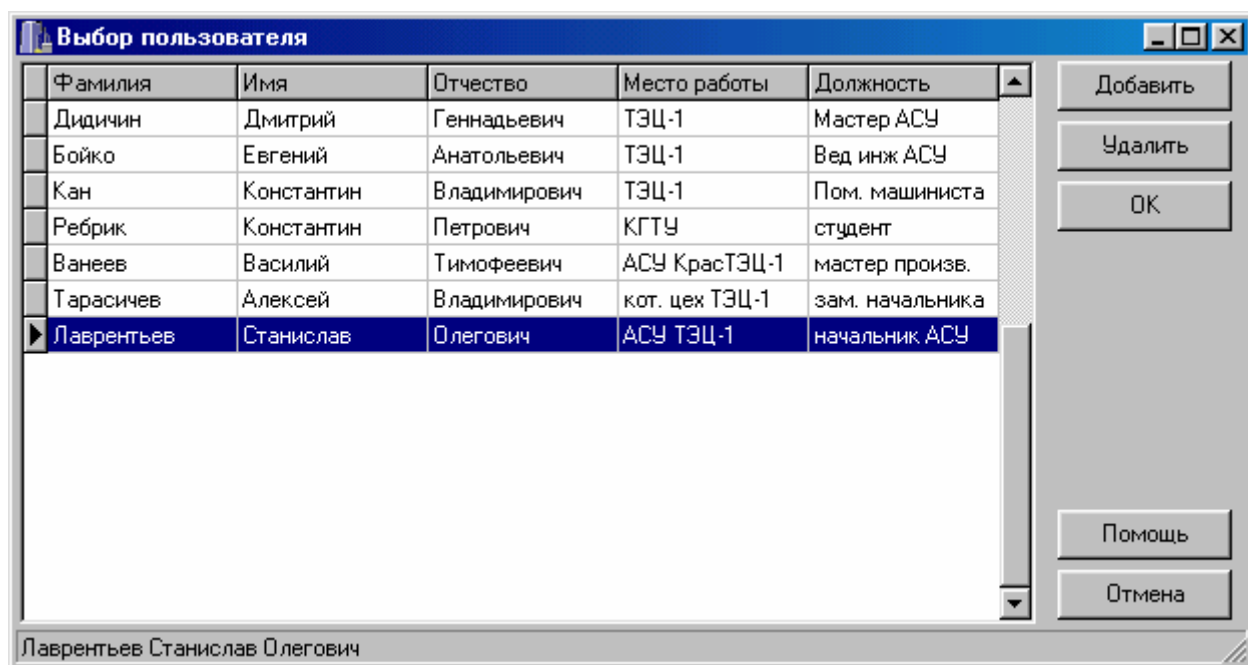


Рис. 2. Меню выбора пользователя

4. Выбор режима условий работы с тренажером

Инициализация программы начинается с выбора варианта задания, которое необходимо решить в результате работы над программой. Окно списка заданий представлено на рис. 3.

В поле данного меню указывается выбранное ранее имя пользователя и имеется возможность определить тип решаемой задачи (режимная или аварийная) с указанием цели занятия (тренировка или экзамен). Также имеются дополнительные опции позволяющие выполнять отключение или включение протокола тестирования, аварийной сигнализации и звуковых сообщений.

Любая режимная задача имеет формулировку заданий связанных с изменением режима работы котельного агрегата (изменение паровой производительности, переключение мельничных устройств, дутьевых вентиляторов, дымососов и т.д.), решение которых, сопряжено с выполнением режимных мероприятий и переключений вспомогательного оборудования.

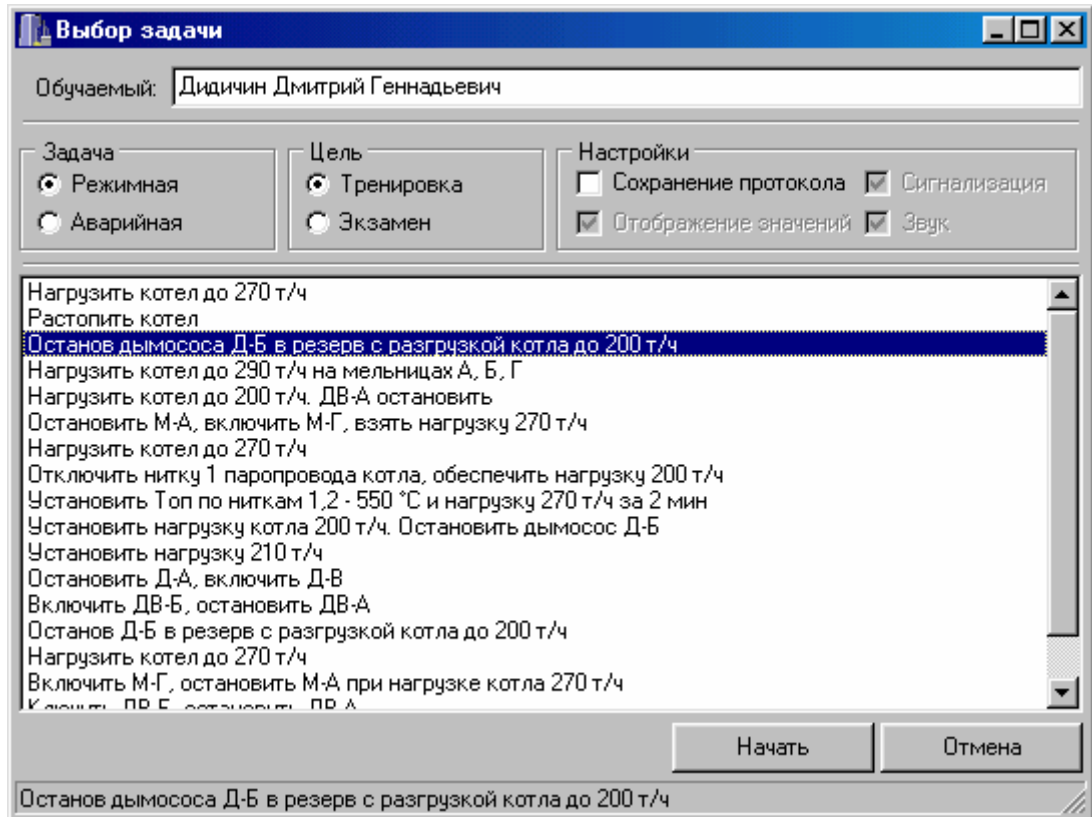


Рис. 3. Меню выбора решаемой задачи

Также режимные задачи охватывают пусковые операции и мероприятия, связанные с остановом котла. Аварийная задача сформулирована в виде общего указания без расшифровки текущей аварийной ситуации. Идентификация и устранение причин аварийной ситуации является задачей оператора. В некоторых аварийных и режимных задачах реализована система запретов на использование и управление оборудования и регулирующих органов. Таким образом, моделируются ситуации вывода оборудования в ремонт, аварийные поломки и неполадки КИП. Характер всех задач определяется набором исходных данных переменных, задействованных в математической модели котла, размещенных в файле-задании *.zdn. Настоящая редакция программы включает 60 аварийных и 20 режимных задач.

Принципиальным отличием режимов "тренировка" и "экзамен" заключается в том, что в режиме "тренировка" пользователь сам определяет необходимость записи результатов работы на тренажере в протокол тестирования

путем указания опции "сохранение протокола", то в режиме "экзамен" сохранение результатов тестирования в виде протокола осуществляется автоматически, в обязательном порядке. Результаты тестирования сохраняются в так называемом файле-протоколе **.txt*.

5. Принципиальные обозначения

Для указания значений режимных величин, а также состояния основного и вспомогательного оборудования принята следующая система условных обозначений:

Обозначение на мнемосхеме	Пояснения
ГопА, ГопБ	расход острого пара по ниткам А и Б, т/ч
РопА, РопБ	давление острого пара по ниткам А и Б, кгс
ТопА, ТопБ	температура острого пара по ниткам А и Б, °С
Гпв, Рпв, Тпв	соответственно расход, давление и температура питательной воды
Рбар, Рмаг	давление в барабане котла и паровой магистрали
Нбар	уровень воды в барабане котла, мм
St	разряжение дымовых газов на выходе из топки, мм. вод. ст.
О2	содержание кислорода в дымовых газах, %
Рвоз	давление воздуха за ВЗП, мм. вод. ст
ПСУ-А, ПСУ-Б, ПСУ-В, ПСУ-Г	питатели сырого угля по индивидуальным пылесистемам А, Б, В, Г
М-А, М-Б, М-В, М-Г	мельничные устройства
вод М-А, вод М-Б, вод М-В, вод М-Г	вода на залив мельниц
ВВСМ-А, ВВСМ-Б, ВВСМ-В, ВВСМ-Г	мельничные вентиляторы
пВВСМ-А, пВВСМ-Б, пВВСМ-В, пВВСМ-Г	пар на запаривание мельничных вентиляторов

Обозначение на мнемосхеме	Пояснения
венВВСМ-А, венВВСМ-Б, венВВСМ-В, венВВСМ-Г	шибер регулирования вентиляции ВВСМов
Д-А, Д-Б	дымососы котла, соответственно по ниткам А и Б
ДВ-А, ДВ-Б	дутьевые вентиляторы котла
ВШ, НШ	верхние и нижние шлицы подачи вторичного воздуха
ТД	задвижки третичного дутья
1ПС, 2ПС	шибера на линии подачи первичной аэросмеси
ДРГ-А, ДРГ-Б	дымососы рециркуляции газов
прис-А, прис-Б, прис-В, прис-Г	шибера присадки газов рециркуляции
ППИТ-А, ППИТ-Б	растопочные пылепитатели
хВозд-А, хВозд-Б	задвижки подачи воздуха на растопочные пылепитатели
Рец. лев., Рец. пр.	рециркуляция водяного экономайзера
ИПК лев, ИПК пр	рециркуляция водяного экономайзера
РРОУ	растопочное РОУ
Авар. сл.	аварийный слив
Впр1лев, Впр2лев, Впр1пр, Впр2пр	соответственно, регулирующие впрыски левый и правый 1-ой и 2-й ступени
Пр-ка	непрерывная продувка котла
Н. точ	нижние точки (периодическая продувка)
ГПЗ-1, ГПЗ-2	главные паровые задвижки на нитках А и Б
2ПП-1, 2ПП-2	задвижки на паропроводе острого пара на нитках А и Б
Др2ПП-1, Др2ПП-2	дренажи задвижек 2ПП по ниткам А и Б
Ппер3	пар на барботер
ПарБн	пар на прогрев барабана
РПК-1, РПК-2, РПК-3	регуляторы питания котла 1, 2, 3
4ВП	регулятор давления питательной воды

Обозначение на мнемосхеме	Пояснения
1ВП, 2ВП, 3ВП, 5ВП, 6ВП, 7ВП, 8ВП	задвижки на питательном узле
Шнт. лев, Шнт. пр	байпасы водяного экономайзера
Конс	задвижка подачи воды с турбинного цеха на консервацию
водД-А, водД-Б	вода на охлаждение подшипников вращающихся механизмов котла
Ключ з-т	ключ защит котла
Сигнал	кнопка съема звуковой сигнализации
КПД	коэффициент полезного действия котла, %
Вр	расход топлива на котел, т/ч
Эсн	затраты энергии на собственные нужды, МВт
Нох, Sox, зола, СО	концентрация выбросов оксидов азота, серы, золы и оксида углерода в дымовых газах

6. Принципы управления тренажером

Основной экран компьютерного тренажера выполнен в виде трех окон и нижней командной строки (см. рис. 4). В верхнем неизменном горизонтальном окне отображены показания всех штатных приборов парового котла. С помощью этого окна можно судить и контролировать изменение всех основных параметров при выполнении процессов управления котлом.

Снизу под окном регистрирующих приборов располагается окно с содержимым одной из функциональной групп, представляющей собой схематичное изображение связей трактов основных потоков пара, питательной воды, а также пылегазовоздухопроводов с соответствующими органами управления (задвижками, шиберами и т.д.). К числу основных функциональных групп относятся: *"щит управления"*, *"узел питания котла водой"*, *"газовоздушный тракт"*, *"система пылеприготовления"*, *"паровой тракт"*, *"температура подшипников вращающихся механизмов"*, *"техно-экономических показателей (ТЭП) котла"*.

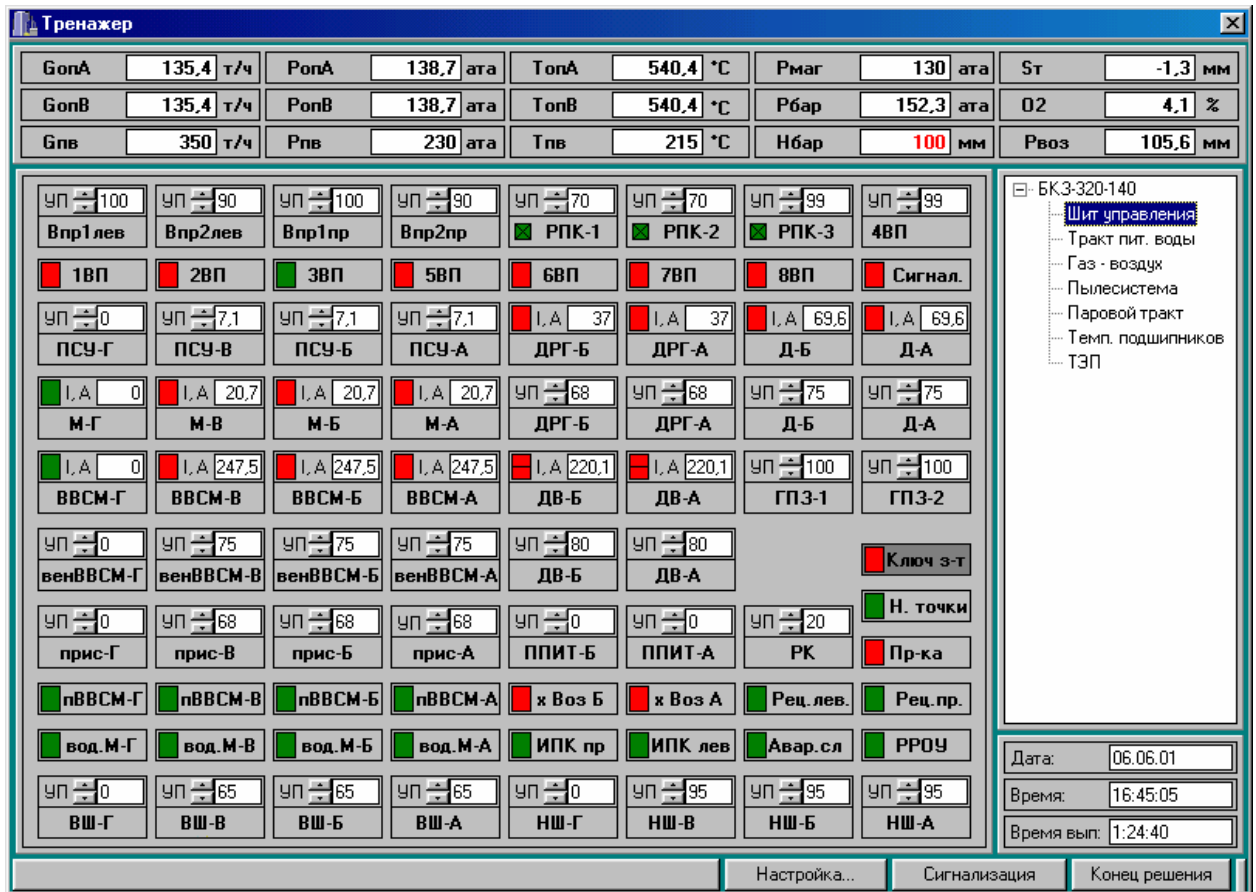


Рис. 4. Общий вид экранной формы отображения тренажера

Переключение между функциональными группами осуществляется посредством выбора их из списка изображенного в виде дерева и расположенного справа от окна изображения мнемосхем.

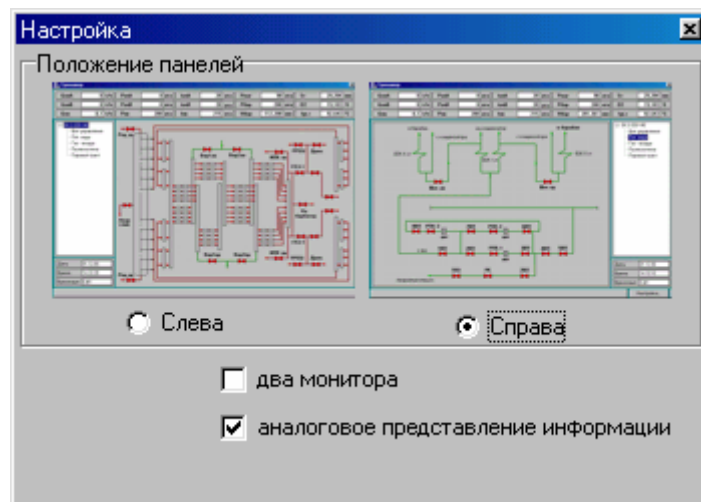


Рис. 5. Меню настройки интерфейса тренажера

Относительное расположение друг друга двух этих окон можно изменить с помощью кнопки "**Настройка**". Здесь же осуществляется настройка на одно- и двух мониторий режим отображения информации, а также имеется возможность изменить индикацию значений на мнемосхемы с цифровой на аналоговую (в виде столбчатой диаграммы).

Системные время и дата, а также текущее время, затраченное на решение задачи, отображается под окном выбора функциональных групп.

Для вызова предупредительных сообщений о нарушениях режимов работы котла предусмотрена кнопка "**Сигнализация**". Внешний вид окна сообщений представлен на рис. 5. Появление новых сообщений сопровождается миганием кнопки "**Сигнализация**" желтым цветом со звуковым оформлением.

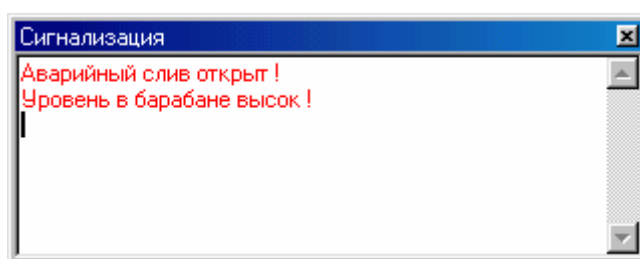


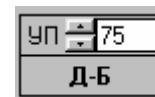
Рис. 6. Вид окна "Сигнализация"

Все органы управления в функциональных группах разделяются на три основных типа:

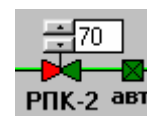
1. Кнопки включения/выключения элементов управления котельным агрегатом. Если это задвижки, то такие кнопки характеризуют их состояние, как открыто/закрыто. Такие элементы изображены на экране в виде прямоугольников или задвижек красного или зеленого цвета. Красный цвет обозначает, что элемент включен (или открыт), зеленый – что выключен (или закрыт). Управление таким элементом осуществляется нажатием на нем левой клавиши манипулятора мышь.



2. Кнопки изменения степени открытия/закрытия положения регулирующего органа (например, положения шиберов). Как правило, такие элементы изображены вместе с полем отображения численного значения степени открытия органа. Такое поле находится напротив букв **УП** (указатель положения) и является аналогом указателя колонки дистанционного управления на действующем агрегате. Изменение степени открытия осуществляется путем совмещения курсора мыши с так называемым элементом UpDown и нажатием левой кнопки мыши на соответствующий указатель: уменьшение - **⏮**, увеличение - **⏭**.



3. Кнопки управления автоматическими регуляторами, которыми снабжены, например, регуляторы питания котла водой (**авт**). Автоматические регуляторы изображены на экране тренажера в виде перечеркнутых по диагонали прямоугольников красного или зеленого цвета в зависимости от их текущего состояния. Включение автоматического регулятора выполняется после совмещения с ним курсора мыши и нажатием левой клавиши, при этом прямоугольник меняет свой цвет на красный. И, наоборот, если необходимо отключить автомат и перевести на ручное управление элементом, то необходимо нажать левую кнопку мыши, а цвет элемента изменится с красного на зеленый.



Окончание работы на тренажере осуществляется нажатием кнопки "**Конец решения**", расположенной на нижней управляющей строке. Если ранее не использовалась опция "**Сохранение протокола**", то программа возвращается в меню выбора имени пользователя. Если такая опция была использована, то при нажатии кнопки "**Конец решения**" на экране монитора появляется окно протокола решения задачи с данными анализа и обработки результатов тестирования с последующей возможностью их распечатки на принтере.

7. Описание функциональных групп

В данной версии имитационного компьютерного тренажера котлоагрегата БКЗ-270-140 Красноярской ТЭЦ-1 реализована возможность работы с

семью основными функциональными группами (ФГО), представленными в виде мнемосхем:

- щит управления котлом;
- узел питания котла водой;
- газоздушный тракт котла;
- система пылеприготовления;
- паровой тракт котла;
- температура подшипников вращающихся механизмов;
- технико-экономических показателей (ТЭПы) котла.

7.1. Щит управления котлом

Вид этой функциональной группы представлен на рис. 4. Он максимально точно отражает структуру пульта управления машинистом реального котла и включает необходимый и достаточный набор контролирующих приборов и органов управления. Число контролируемых параметров на этой функциональной группе составляет 68, а число органов управления – 80.

7.2. Узел питания котла

Вид этой функциональной схемы представлен на рис. 6.

Функциональная группа “узел питания котла” состоит из 9-ти параметров контроля и 22-х органов управления тракта питания котельного агрегата водой. На котле применена одноточечная схема питания. Узел питания состоит из основной питательной линии с регулирующим клапаном Ду-225 мм и трех байпасов с регулирующими клапанами Ду-225, 100, 65. Байпас Ду-65 включается при повышении параметров при растопке котла. Байпас Ду-100 предназначен для работы при сниженных нагрузках. Во время растопки контроль за уровнем воды в барабане (**Нбар**) котла ведется по показаниям водоуказательных колонок. Переход на контроль по сниженным указателям уровня производится лишь после совпадений их показаний с показаниями водомерных колонок. Схемой автоматики кроме основного регулятора питания предусмотрен растопочный регулятор, который управляется регулирую-

щим клапаном байпаса Ду-65 и включается при растопке котла. Одновременно с переводом питания котла на автоматическое управление, должны быть включены защиты по перепитке и уменьшению уровня воды в барабане котла.

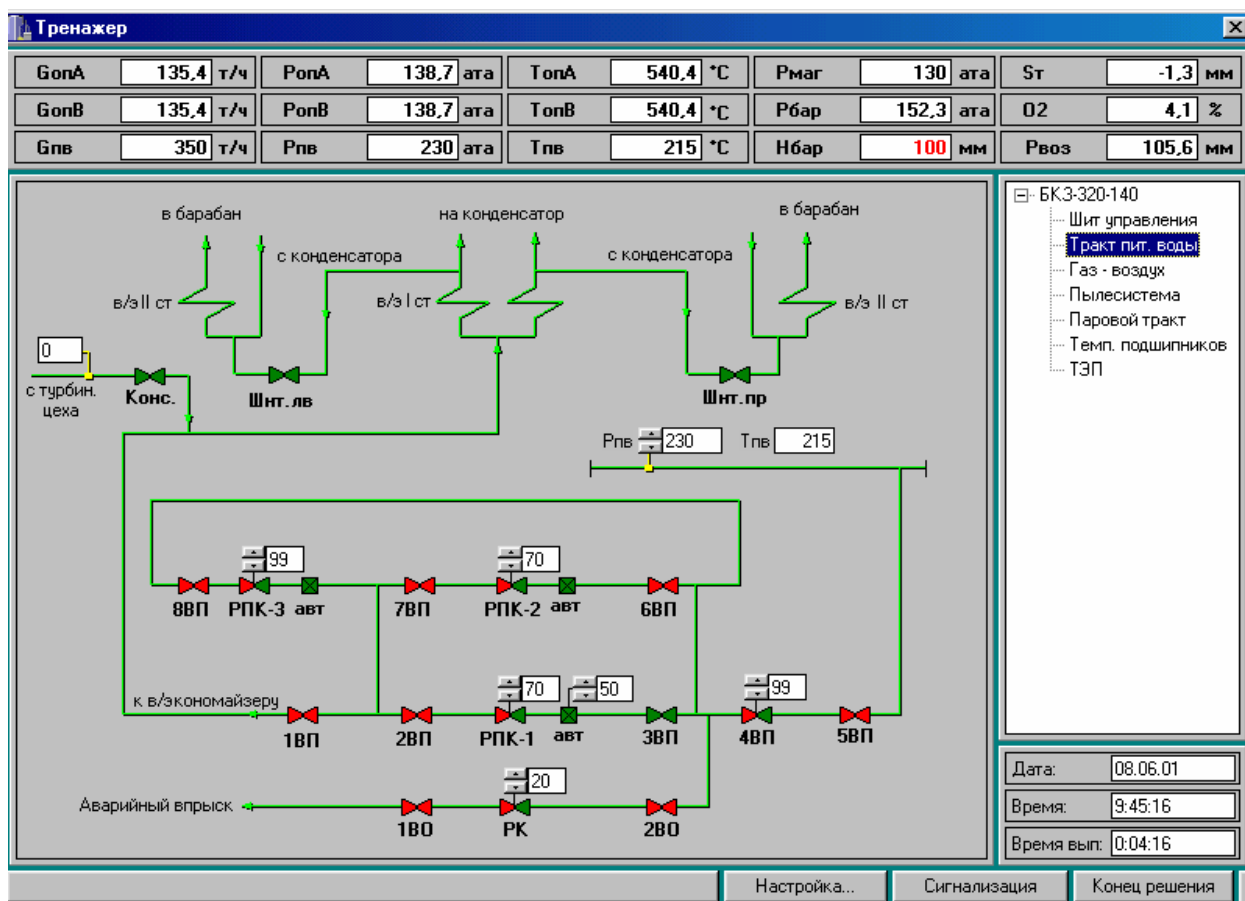


Рис. 7. Мнемосхема узла питания котла водой

7.3. Газовоздушный тракт

Общий вид мнемосхемы "газовоздушного тракта" котла представлен на рис. 7. Включает 37 параметров контроля и 36 органов управления.

Котел оборудован восемью прямоточными горелками с периферийной подачей аэросмеси и центральным вводом вторичного воздуха. Горелки расположены на боковых стенах в два яруса. По вертикали горелки образуют четыре двухъярусных блока, каждый из которых работает от своей пылесистемы. Для отключения верхнего яруса горелки служит шибер **2ПС** по пыли,

для отключения и регулировки вторичного воздуха шибера верхних и нижних шлиц соответственно верхнего и нижнего ярусов.

Воздушные сопла третичного дутья установлены в три яруса на задней и фронтальной стенах топки, по четыре на каждой, на отметках 11750, 14350, 15880мм. Насадка на соплах направляет струи воздуха в топку в горизонтальной плоскости под углом 9 градусов к фронтальному и заднему экранам в направлении горелок. Воздушные сопла третичного дутья предназначены для создания в топке четырехвихревой аэродинамики движения топочных газов при взаимодействии с горелочными струями, а также для организации ступенчатого сжигания топлива.

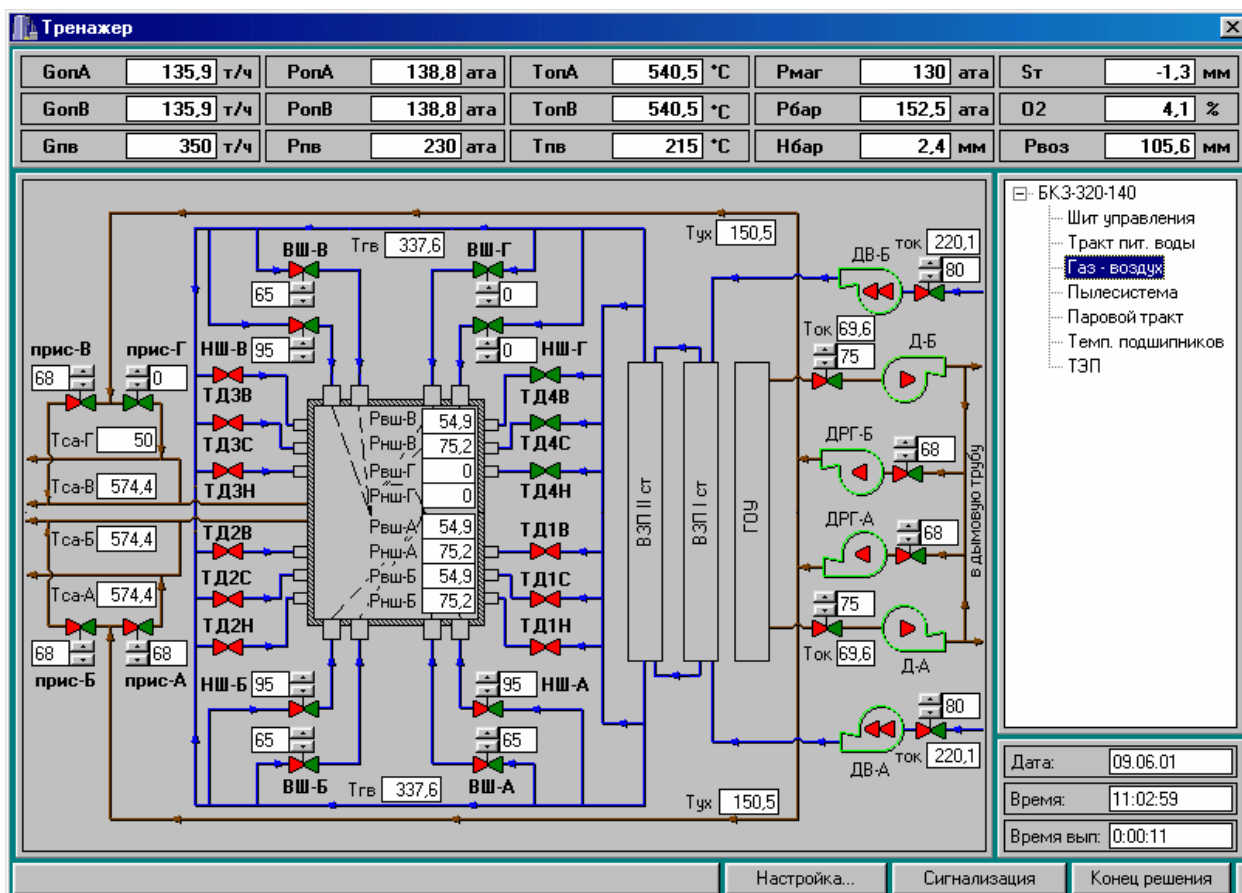


Рис. 8. Мнемосхема газозвушного тракта котла

Конвективная шахта представляет собой опускной газоход котла с размещенными в нем 1-ой ступени пароперегревателя, водяным экономайзером и воздухоподогревателем. Водяной экономайзер и воздухоподогреватель

размещены в "рассечку". 2-я ступень водяного экономайзера (по ходу воды) занимает всю глубину газохода. За водяным экономайзером 2-й ступени конвективная шахта разделяется на два симметричных газохода, где последовательно размещены 2-я по ходу воздуха ступень воздухоподогревателя, 1-я ступень водяного экономайзера и 1-я ступень воздухоподогревателя.

Водяной экономайзер выполнен в виде пакетов змеевиков из труб 32x4 ст. 20. Воздухоподогреватель выполнен по 2-х поточной схеме, четырехходовым из труб 40x1.5 ст. 2СП.

Дымососы рециркуляции газов (ДРГ) служат для подачи уходящих газов, забираемых из нагнетательных коробов после дымососов котла в газозаборные шахты мельниц для снижения температуры сушильного агента перед мельницами. На котле установлено по два дымососа рециркуляции газов типа Д-12. Характеристика дымососов рециркуляции газов: производительность – 40000 м³/час; полный напор – 130 кгс/м².

Дутьевые вентиляторы предназначены для подачи воздуха в топку котла. На котле установлено по два двухскоростных дутьевых вентилятора типа ВДН-18-Пу. Характеристика дутьевого вентилятора: производительность – 120000/160000 м³/час; число оборотов – 750/1000 об/мин; полный напор – 230/390 кгс/м². Электродвигатель: 1-я скорость ДАЗО 12-42-8М-У1, мощность – 85 кВт; напряжение – 380 В; число оборотов – 740 об/мин; сила тока – 177 А. 2-я скорость ДАЗО 12-42-8М-У1, мощность – 200 кВт; напряжение – 380 В; число оборотов – 988 об/мин; сила тока – 378 А.

Дымососы предназначены для отсоса продуктов сгорания топлива из топки котла и нагнетания их в дымовую трубу. На котлах установлено по два дымососа типа Д - 21,5x2. Характеристика дымососа: производительность – 346000 м³/час; число оборотов – 744 об/мин; полный напор – 450 кгс/м². Электродвигатель: тип ДАЗО 15-59-8У1, мощность – 700 кВт; напряжение – 6000 В; число оборотов – 744 об/мин; сила тока – 82 А.

7.4. Система пылеприготовления котла

Мнемосхема тракта пылеприготовления котла представлена на рис. 8. Данная функциональная группа насчитывает 26 параметров отображения информации и 36 органов управления.

Котел БКЗ-320(270)-140 ПТ-2 № 18 оборудован индивидуальной системой пылеприготовления с газовой сушкой и прямым вдуванием аэросмеси в топку. В систему пылеприготовления котла входят: два бункера сырого угля (БСУ) емкостью по 280 м³, каждый из которых в средней части разделен на два "А", "Б" и "В", "Г"; четыре питателя сырого угля (ПСУ) скребкового типа А, Б, В, Г, уголь на которые поступает собственно из БСУ А, Б, В, Г; четыре молотковые мельницы типа ММТ-1500/2510/740 М с инерционными сепараторами пыли; четыре мельничных вентилятора типа ВВСМ-3У (ВВСМ-3-1) со слоистыми пыледелителями (конструкции АО СибВТИ).

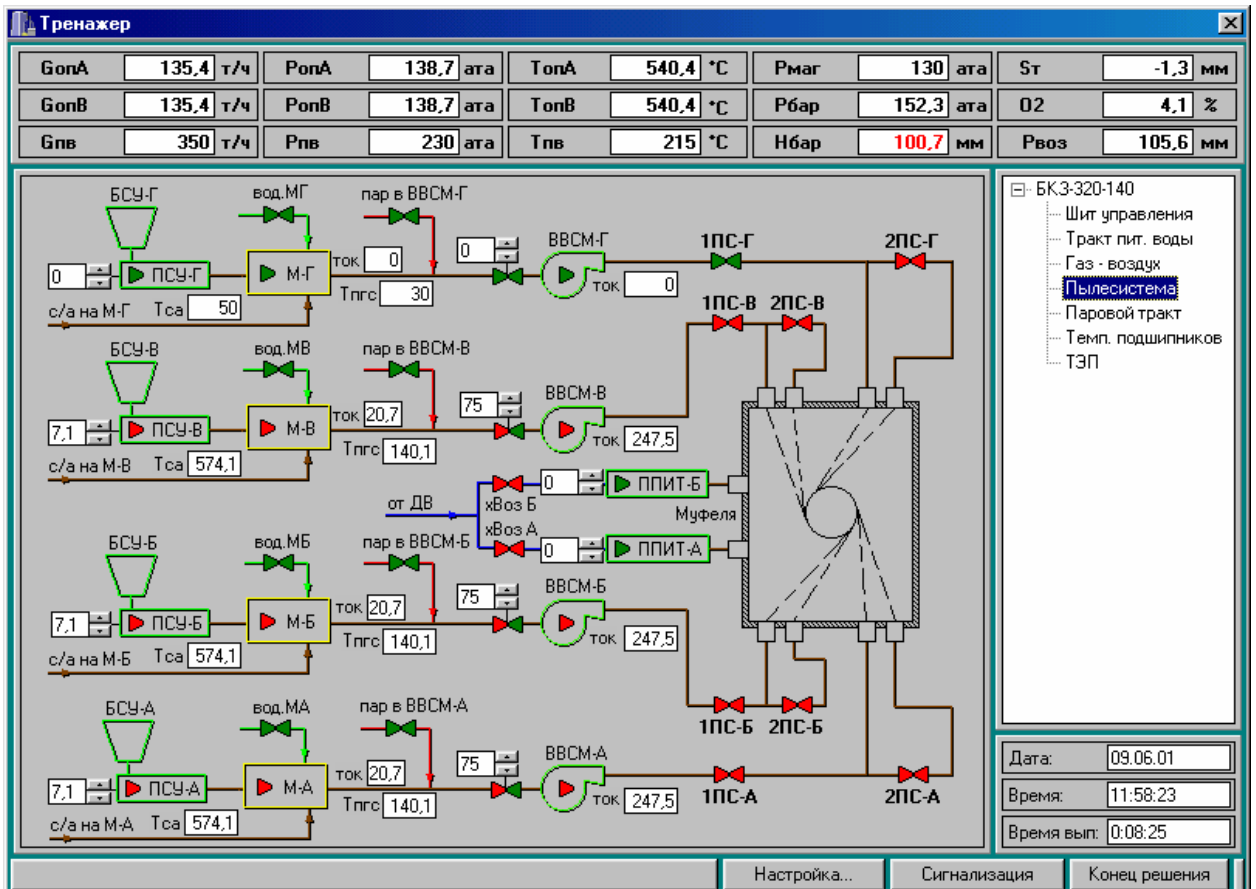


Рис. 9. Мнемосхема системы пылеприготовления котла

Система пылеприготовления работает следующим образом: топливо из бункера сырого угля скребковым питателем подается в мельницу. На каждую мельницу установлен свой питатель угля. В мельницу одновременно с подачей угля подаются горячие газы с температурой до 700°С, забираемые из верхней части топки посредством газозаборных шахт. Для понижения температуры сушильного агента перед мельницей используются холодные газы, забираемые дымососами газовой рециркуляции (ДРГ) из напорного короба основных дымососов и нагнетаемые в газозаборную шахту. Пыль из мельницы разрежением, создаваемым мельничным вентилятором, подается в инерционный сепаратор, установленный на корпусе мельницы. В сепараторе за счет падения скорости пылегазовой смеси и изменения направления потока крупные частицы сепарируют вниз, а мелкая пыль вместе с отработанным сушильным агентом поступает в мельничный вентилятор, где она доизмельчается и подается под давлением в двухъярусные горелки котла через слоистый делитель пыли.

Котел БКЗ-320/270-140ПТ-2 ст. №18 оборудован двумя растопочными пылесистемами (РПС-18А, РПС-18Б) с газовой сушкой и промежуточными бункерами пыли (БР-18А, БР-18Б). По пыли и газам РПС-18А и РПС-18Б связаны с рабочими пылесистемами котла СПП-18Б и СПП-18В, основные горелки которых поджигаются от факелов муфельных горелок (МГ-18А, МГ-18Б), установленных на фронтальной стене котла на отметке 11,75 м. Характеристика оборудования растопочной пылесистемы котла ст. №18: пылепитатель шнековый – тип МОСЭНЕРГО, производительность - 2 т/ч, скорость вращения шнека – 90-200 об/мин; горелка муфельная – размер 1400x800x500.

Питатели сырого угля предназначены для равномерной подачи топлива, в соответствии с нагрузкой котла от бункера сырого угля до мельниц. На каждом котле установлено по два питателя типа СПУ-700/9800 и по два питателя СПУ-700/5040. Производительность питателей сырого угля – Б, В: 5-32,6 т/час, питателей сырого угля – А, Г: 3,2-34 т/час. Электродвигатель

ПСУ: мощность – 4 кВт ; напряжение – 220 В (постоянный ток) ; число оборотов – 500/1500 об/мин.

Мельницы предназначены для размола топлива в пылевидное состояние и его подсушки. На каждом котле установлено по четыре тангенциальных молотковых мельницы типа ММТ-1500-2510-740М. Характеристика мельниц: производительность – 24 т/час; диаметр ротора – 1500 мм; длина рабочей части ротора – 2510 мм; число оборотов – 735 об/мин. Электродвигатель мельницы: мощность – 400 кВт; напряжение – 6000 В, сила тока – 50 А.

Мельничные вентиляторы предназначены для подачи пылегазовой смеси из мельниц через пыледелители в основные горелки. На котле установлено четыре мельничных вентилятора типа ВВСМ - 34 (ВВСМ-3-1). Характеристика мельничных вентиляторов: производительность – 60000 м³/час; полный напор – 510 кгс/м²; число оборотов – 1000 об/мин. Электродвигатель ВВСМ: мощность – 320 (200) кВт; напряжение – 6000 (380) В.

7.5. Паровой тракт котла

Мнемосхема парового тракта котла представлена на рис. 9.

Данная функциональная группа насчитывает 8 параметров отображения информации и 20 органов управления.

Пар из барабана по 12 трубам диаметром 133x10 мм (сталь 20) поступает в 4 камеры диаметром 219x25 мм, расположенные над конвективной шахтой. Выходящие из этих камер 300 труб диаметром 32x4 мм (сталь 20) образуют 100 горизонтальных подвесных пакетов "холодной" ступени пароперегревателя (ПП-1), расположенной в конвективной шахте котла. Потолок и задняя стена поворотной камеры экранированы трубами входящими и выходящими из ПП-1. Пар из ПП-1 поступает в потолочную часть пароперегревателя (300 труб диаметром 32x4 мм, сталь 12Х1МФ), из которой входит в 4 камеры

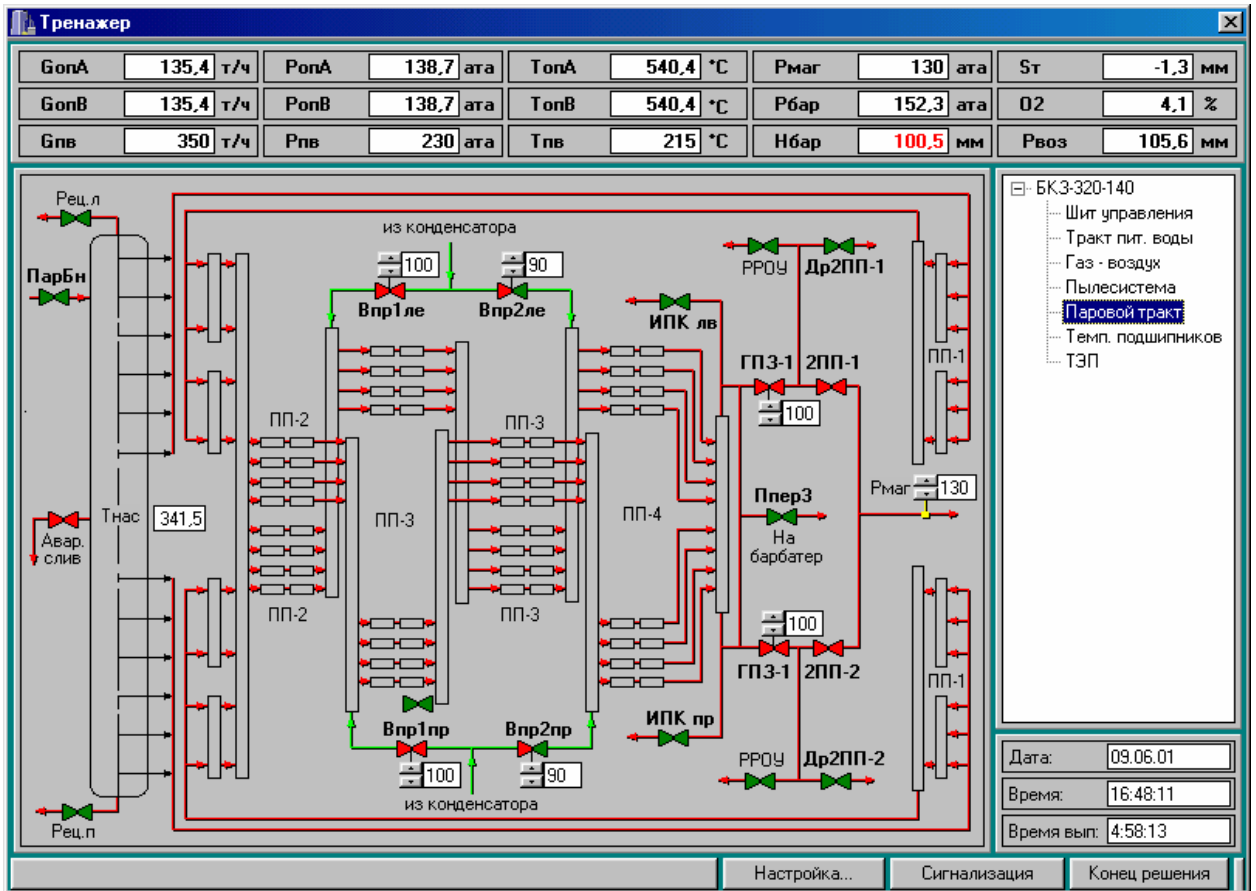


Рис. 10. Мнемосхема парового тракта котла

диаметром 273x36 мм (12X1МФ), расположенные у фронтальной части топки. Из этих камер пар по 8 трубам диаметром 133x10 мм (12X1МФ) поступает в два соосных промежуточных коллектора диаметром 273x36 мм (12X1МФ), где установлен растопочный впрыск питательной воды, предусмотренный для защиты металла ширм второй ступени пароперегревателя ПП-2 в период пуска котла. После этого пар (без переброса) проходит 8 средних ширм ПП-2, выполненных из труб диаметром 32x4 мм (12X1МФ) и направляется в впрыскивающий пароохладитель 1 ступени, смонтированный в двух камерах диаметром 273x25 мм (12X1МФ). В двухпоточном пароперегревателе котла БКЗ-320 в таких камерах наряду с регулированием температуры среды осуществляется переборс пара слева направо и наоборот для снижения температурных разворотов в условиях перекоса температур по газовому тракту. После впрыска-1 пар 10-ю трубами диаметром 133x10 мм (12X1МФ) направляется в

крайние 10 ширм ПП-2 (по 5 с каждой стороны горизонтального газохода котла), выполненные из труб 32x5 мм (12X1МФ). Из крайних ширмовых блоков пар по 10 трубам диаметром 133x10 мм (12X1МФ) поступает в две промежуточные камеры диаметром 273x35 мм (12X1МФ), откуда в 10 средних ширм третьей ступени пароперегревателя ПП-3, изготовленных из труб 32x5 мм (12X1МФ). Далее пар по 10 трубам диаметром 133x13 мм (12X1МФ) проходит через две камеры диаметром 273x36 мм (12X1МФ) с впрыскивающим пароохладителем 2 ступени. После впрыска-2 пар 10-ю трубами диаметром 133x13 мм (12X1МФ) подводится к крайним 10 выходным ширмам четвертой ступени пароперегревателя ПП-4 (по 5 ширм с каждой стороны горизонтального газохода котла), выполненным из труб диаметром 32x5,5 мм (12X1МФСР). Из ширм ПП-4 10 трубами диаметром 133x17 мм (12X1МФ) пар подается в паросборную камеру диаметром 273x45 мм (12X1МФ) с выходом на обе стороны. С паросборной камерой соединены 2 предохранительных клапана, установленных на трубах диаметром 133x17 мм (12X1МФ). Во время работы котла регулирование температуры перегретого пара осуществляется в пароохладителях первой и второй ступени впрыском конденсата, получаемого в змеевиковых конденсаторах. Охлаждение насыщенного пара в конденсаторах производится питательной водой после первой ступени водяного экономайзера. После конденсатора вода направляется во вторую ступень водяного экономайзера. Через конденсатор проходит вся питательная вода. Образующийся конденсат поступает в конденсатосборник, а затем в пароохладители первой и второй ступени. Конденсаторы работают в незатопленном режиме, поскольку расположены выше уровня воды в барабане и при малых расходах на впрыски избытки конденсата сливаются в барабан. Подача конденсата на впрыск в пароохладители первой ступени осуществляется с помощью паровых эжекторов, расположенных в камерах пароохладителей первой ступени. В пароохладители второй ступени конденсат поступает за счет перепада давления между пароохладителем и конденсатором.

7.6. Мнемосхема температур подшипников вращающихся механизмов

Данная мнемосхема представлена на рис. 10. Функциональная группа за контролем температуры подшипников вращающихся механизмов реализована на котле с помощью контролеров Ш-711 с выводом информации на экран монитора SCADA-системой Trace Mode. В настоящее время эта мнемосхема насчитывает 24 информационных поля и 24 органа управления. У каждого вращающегося механизма отслеживается температура полевого и коренного подшипника, а также состояние задвижки подачи технической воды на охлаждение (включено/выключено).

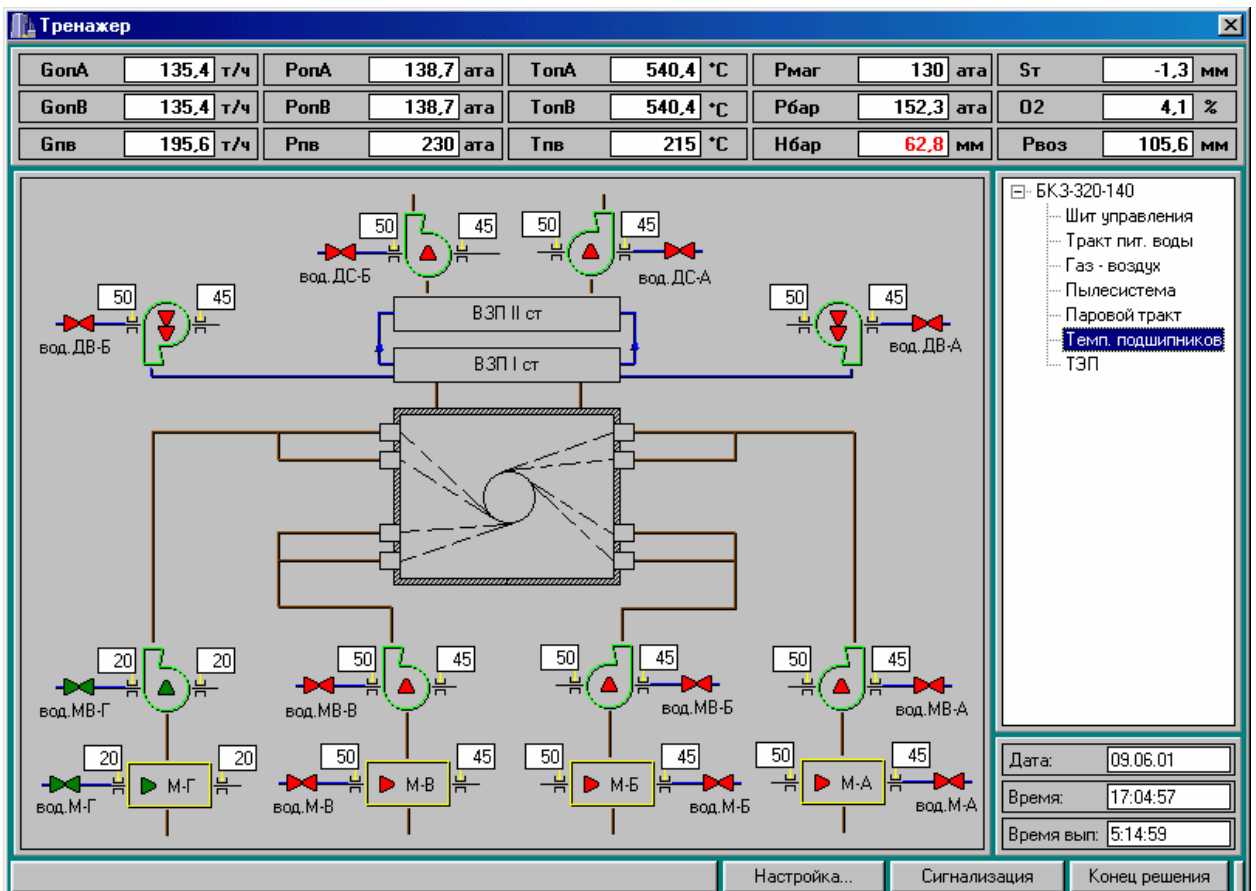


Рис. 11. Мнемосхема контроля температур подшипников механизмов

7.7. Мнемосхема технико-экономических показателей работы котла

Расчет технико-экономических показателей работа котельного агрегата осуществляется с целью определения тепловых потерь, коэффициента полезного действия, расхода топлива на котел, а также затрат энергии на собст-

венные нужды. При этом выполняется расчет выбросов вредных веществ, к основному числу которых относятся образование оксидов азота, оксидов серы, оксида углерода и золовых частиц.

При оценке коэффициента полезного действия используется известное уравнение обратного теплового баланса [7], согласно которому величина к.п.д. определяется по формуле:

$$h_{ka} = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6, \quad (46)$$

где q_2 - потеря тепла с уходящими газами; q_3 - потеря тепла с химическим недожогом; q_4 - потеря тепла с механическим недожогом; q_5 - потеря тепла в окружающую среду через обмуровку котла; q_6 - потеря тепла с физическим теплом шлака.

Затраты энергии на собственные нужды котла определяются в зависимости от состава работающего вспомогательного оборудования с учетом его токовой загрузки I и напряжения привода U :

$$E_{sn} = \sum_{i=1}^n U_{mel} I_{mel} + \sum_{i=1}^n U_{psu} I_{psu} + \sum_{i=1}^n U_{wwsm} I_{wwsm} + \sum_{i=1}^n U_{dc} I_{dc} + \sum_{i=1}^n U_{dv} I_{dv} + \sum_{i=1}^n U_{drg} I_{drg} \quad (49)$$

Расчет выбросов вредных веществ осуществляется по нормативным методикам, согласно которым концентрации вредных выбросов в продуктах сгорания определяются по уравнению:

$$C_i = \frac{M_i}{B_p V_{\partial z}}, \quad (50)$$

где M_i - количество образовавшихся выбросов i -х веществ; B_p - расход топлива на котел; $V_{\partial z}$ - объем дымовых газов.

Общий вид функциональной группы технико-экономических показателей работы котла представлен на рис. 11. Данная мнемосхема содержит 19 информационных параметров, численные значения которых продублированы динамическими графиками (трендами) изменения по времени регистрируемых характеристик. Значения переменных сгруппированы по пяти трендам и представлены в процентной зависимости от номинальных значений. Хронология представления данных на графиках составляет 15 мин. Тренды позво-

ляют пользователю отслеживать темп и характер изменения контролируемых характеристик с их одновременным качественным и количественным сопоставлением.

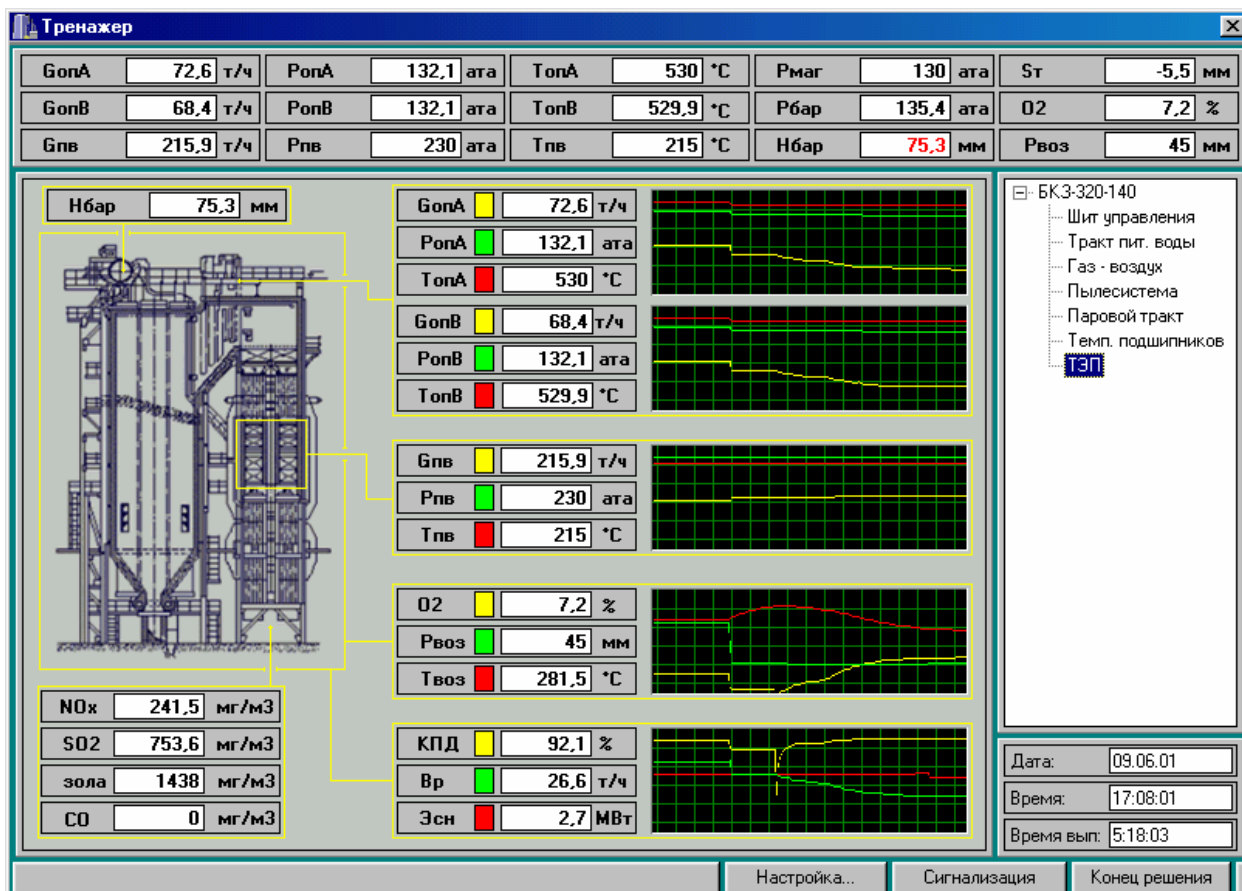


Рис. 12. Мнемосхема технико-экономических показателей работы котла

8. Экспертная оценка результатов решения (протокол)

Результат тестирования оформляется в виде протокола и появляется на экране после нажатия кнопки "**Конец решения**" при условии, если предварительно отмечалась опция "**Сохранение протокола**" или если в качестве цели указывался "**Экзамен**". Формирование протокола осуществляется путем считывания информации из базы данных файла с именем *протокол БКЗ_320-140(м).db* из папки *Protokol*. Анализ результатов осуществляется в автоматическом режиме с сохранением их в файле **.txt* расположенном в папке *Отчет*. Имя файла-протокола сформировано следующим образом: сначала указывается имя пользователя, а затем имя файла-задания (**.zdn*). Например,

Иванов_kr0006.txt или *Петров_ka0012.txt*. Структура протокола представлена на рис. 12.

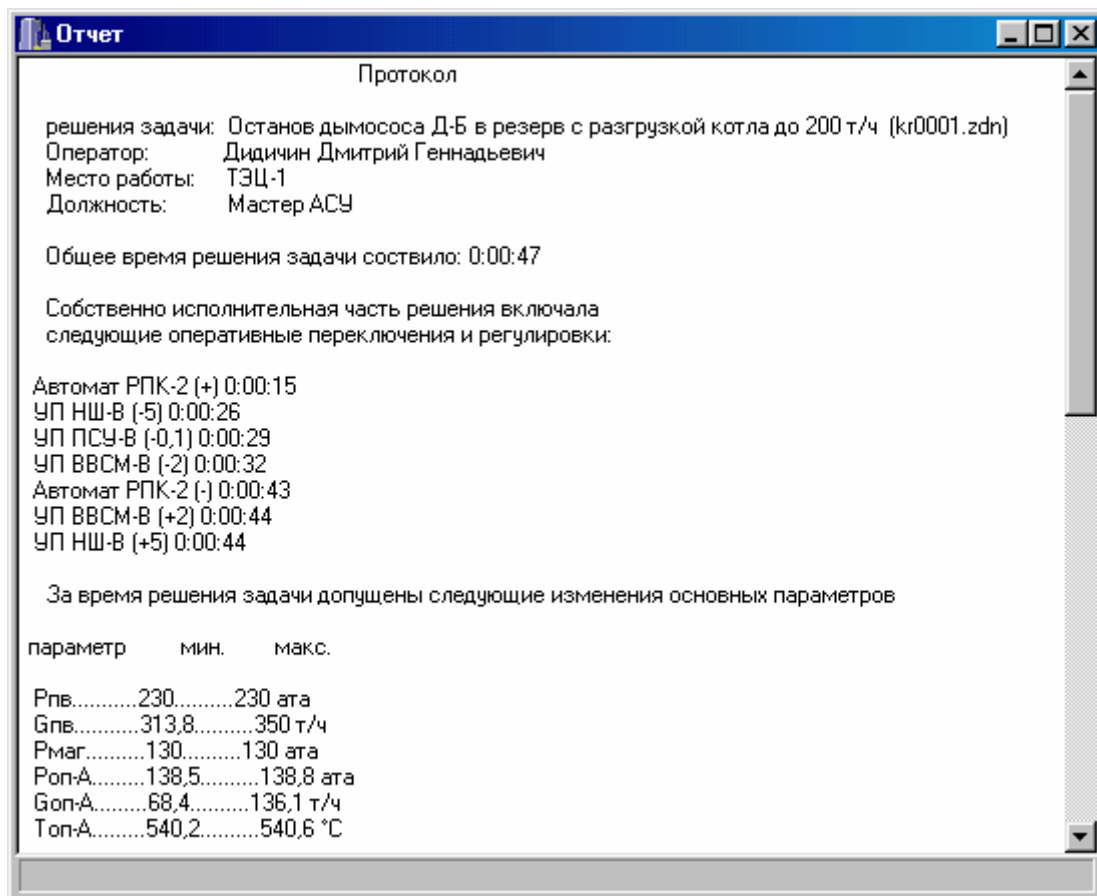


Рис. 13. Общий вид протокола решения задач на тренажере

В протоколе указывается формулировка поставленной задачи с указанием имени файла исходных данных, Ф.И.О. оператора решавшего задачу, место и должность работы.

Собственно результаты исполнительной части решения включают:

- общее время решения задачи;
- список оперативных переключений и управляющих воздействий;
- максимальные и минимальные значения основных параметров за период решения задачи;
- фиксированные значения основных параметров на момент окончания решения;
- сообщения о сработавшей сигнализации с указанием количества, ха-

рактера и продолжительности нарушения режима;

- оценка решения с указанием количества набранных условных штрафных баллов;
- список замечаний, на основании которых выполнялось начисление штрафных баллов.

9. Анализ результатов решения

В процессе решения задачи на изложенном выше компьютерном тренажере вся модельная информация с определенной частотой сохраняется в файле базы данных (*.dbs) на жестком диске в каталоге **DBS**. В дальнейшем в случае необходимости все решения, которые принимались оператором в соответствии со значениями текущих параметров, могут быть подвергнуты тщательному разбору или анализу. Данная возможность реализована в самостоятельной программной утилите *analizator.exe*.

Процесс работы с этой утилитой сводится к следующему. При загрузке программы первоначально появляется меню выбора необходимой базы данных (см. рис. 14).

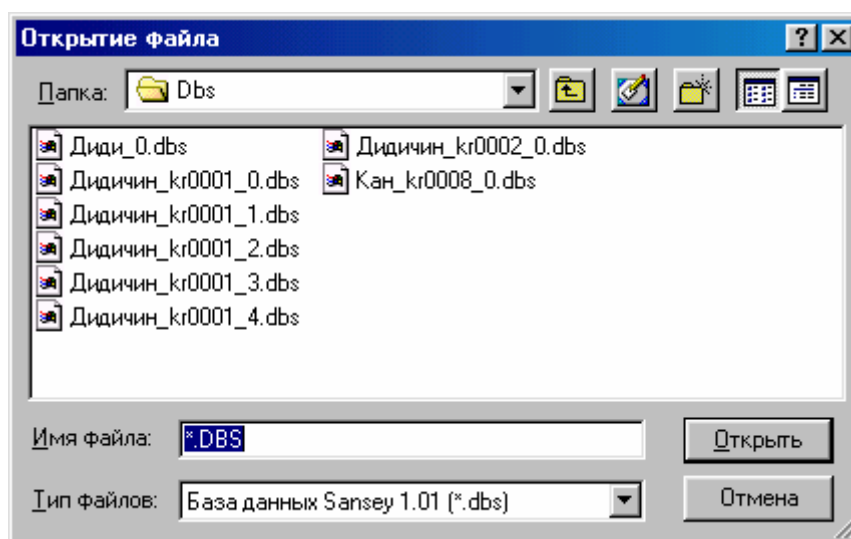


Рис. 14. Меню выбора базы данных с результатами решения задачи

Файл базы данных представлен в списке так, чтобы имела возможность

ность определить фамилию оператора, шифр решенной им задачи и номер попытки, например: *Иванов_kr0006_1.dbc* , *Петров_ka0012_8.dbc* и т.д. После чего происходит загрузка рабочей формы анализатора по интерфейсу дружественному с интерфейсом компьютерного тренажера (см. рис. 15).

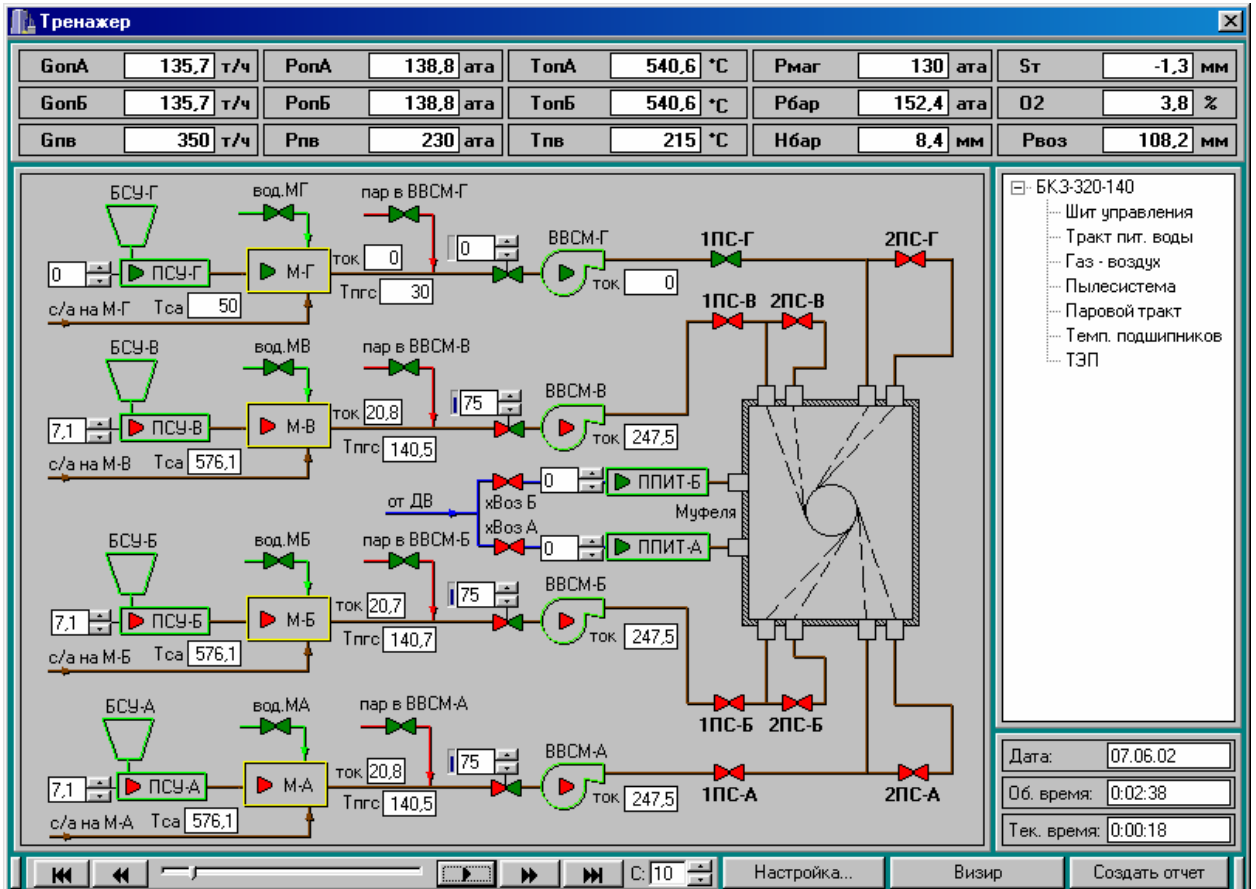


Рис. 15. Вид программы, предназначенной для анализа результатов решения

Данная программа обеспечивает все без исключения функциональные возможности основного имитационного тренажера, но при этом дополнительно позволяет «проигрывать» результаты решения с одновременным их анализом. «Проигрыватель» ситуаций оформлен в виде традиционных кнопок, позволяющих включать режим *«воспроизведение»*, *«прокрутку на шаг вперед и на шаг назад»*, *«возврат в начало и конец файла»*, *«принудительный останов»*. Мониторинг и контроль событий происходящих при проигрывании оперативной ситуации из базы данных осуществляется непосредственно на функциональных мнемосхемах тренажера или через меню *«Визир»* внешний вид, которого представлен на рис. 16.

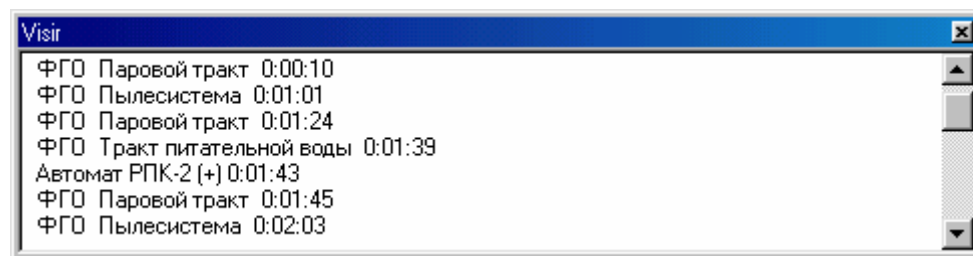


Рис. 16. Вид окна регистрации событий

В данном окне фиксируются события связанные с регистрацией переключений между функциональными группами с указанием ФГО и временем переключения, а также набора действий и переключений в процессе решения задачи.

При проигрывании ситуаций в данной программе реализованы индикатор положения решения по времени (в виде бегунка) и возможность изменения (ускорение и замедление) скорости проигрывания.

10. Редактор режимных и аварийных задач

Данный редактор предназначен для автоматизированной разработки исходных режимных и аварийных задач в формате присущему изложенному выше имитационному тренажеру.

Редактор позволяет выполнять редактирования исходных данных либо посредством шаблона, либо путем редактирования существующих оперативных задач. Выбор способа организации работы осуществляется в окне представленному на рис. 17. Если выбирается первый способ, то происходит загрузка файла-шаблона исходных данных с возможностью выбора типа задачи (режимная или аварийная) (см. рис. 18). К числу основных шаблонов относятся: растопка котла из холодного состояния, номинальный режим работы, частичная нагрузка (50% от номинала) и т.д. Если выбирается второй способ, то происходит загрузка существующих файлов с исходными данными (*.zdn), которые в последствии можно подвергнуть коррекции.

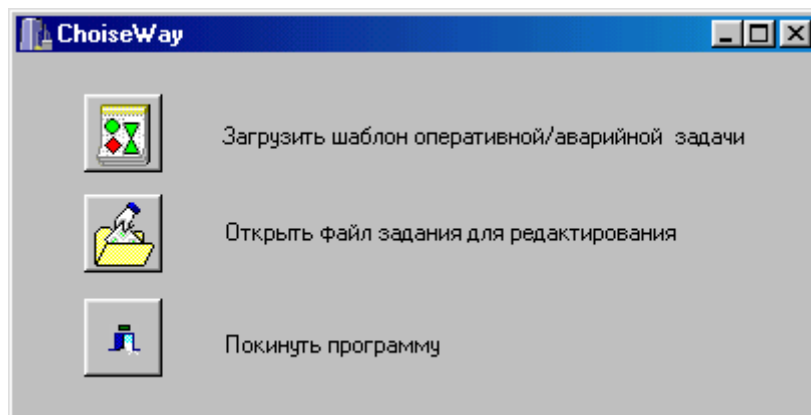


Рис. 17. Окно выбора способа редактирования оперативной задачи

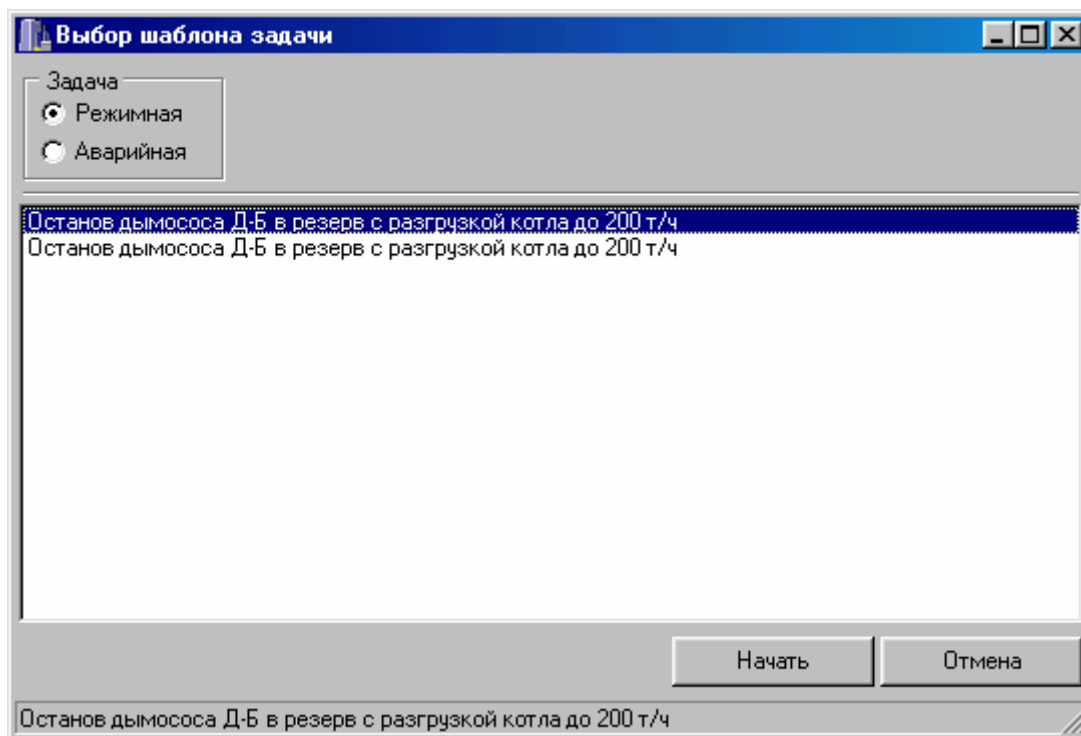


Рис. 18. Окно выбора шаблона оперативной задачи

Окно выбора задачи для редактирования по второму способу представлено на рис. 19. В этом случае также имеется возможность выбора режимной или оперативной задачи.

После выбора задачи для редактирования происходит загрузка исходных данных непосредственно в редакторе. Рабочее окно редактора, также как и окно программы для анализа результатов решения задачи представляет со-

бой интерфейс имитационного тренажера с полной возможностью его управления и отображения управляющих воздействий и режимной информации.

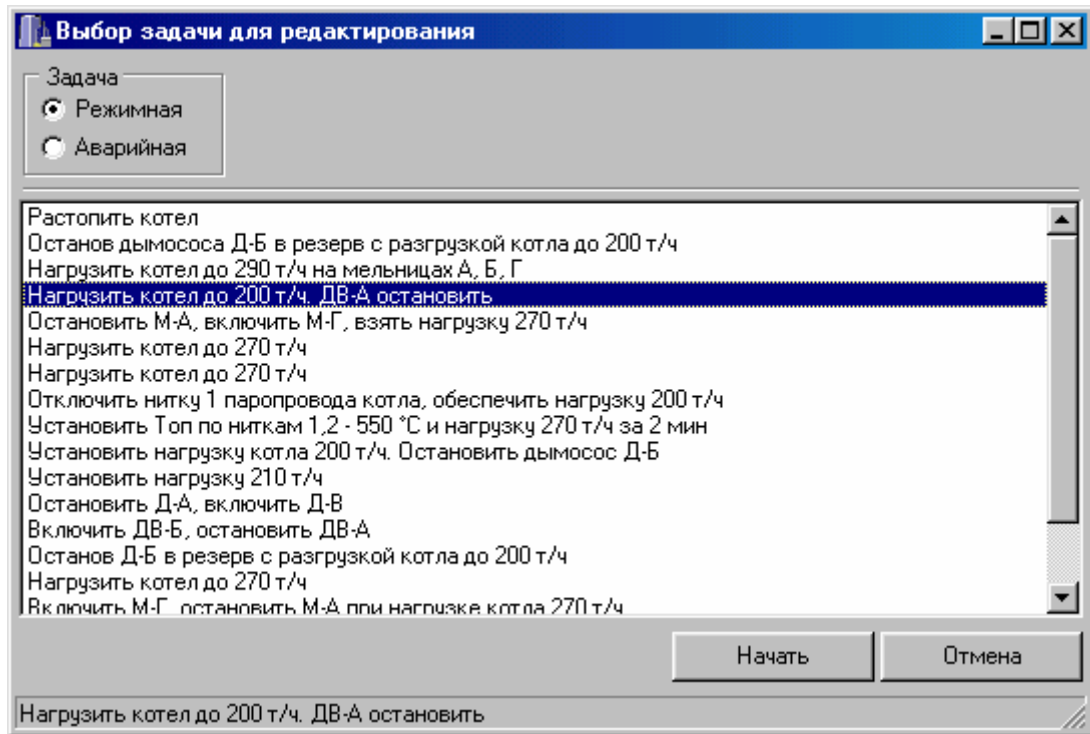


Рис. 19. Окно выбора существующих задач для редактирования

Вид окна редактирования представлен на рис. 20. В этом окне также как и в тренажерном окне имеется возможность изменения настроек интерфейса программы и вывода сигнализационных сообщений. Дополнительно на нижней панели находятся кнопки «**Обновить**», «**Воспроизведение**» и «**Сохранить как...**». Кнопка «**Воспроизведение**» позволяет в режиме реального времени запустить математическую модель тренажера и увидеть результат изменения исходных данных. Непосредственно сами изменения исходных данных осуществляются посредством оперативных переключений и редактировании их значений в соответствующих окнах на функциональных группах. Результат изменения исходных данных можно проследить, нажав на кнопку «**Обновить**». Происходит пересчет всех режимных параметров котлоагрегата с указанием новых значений, что в свою очередь позволяет итеративным подбором сформулировать постановку новой оперативной задачи.

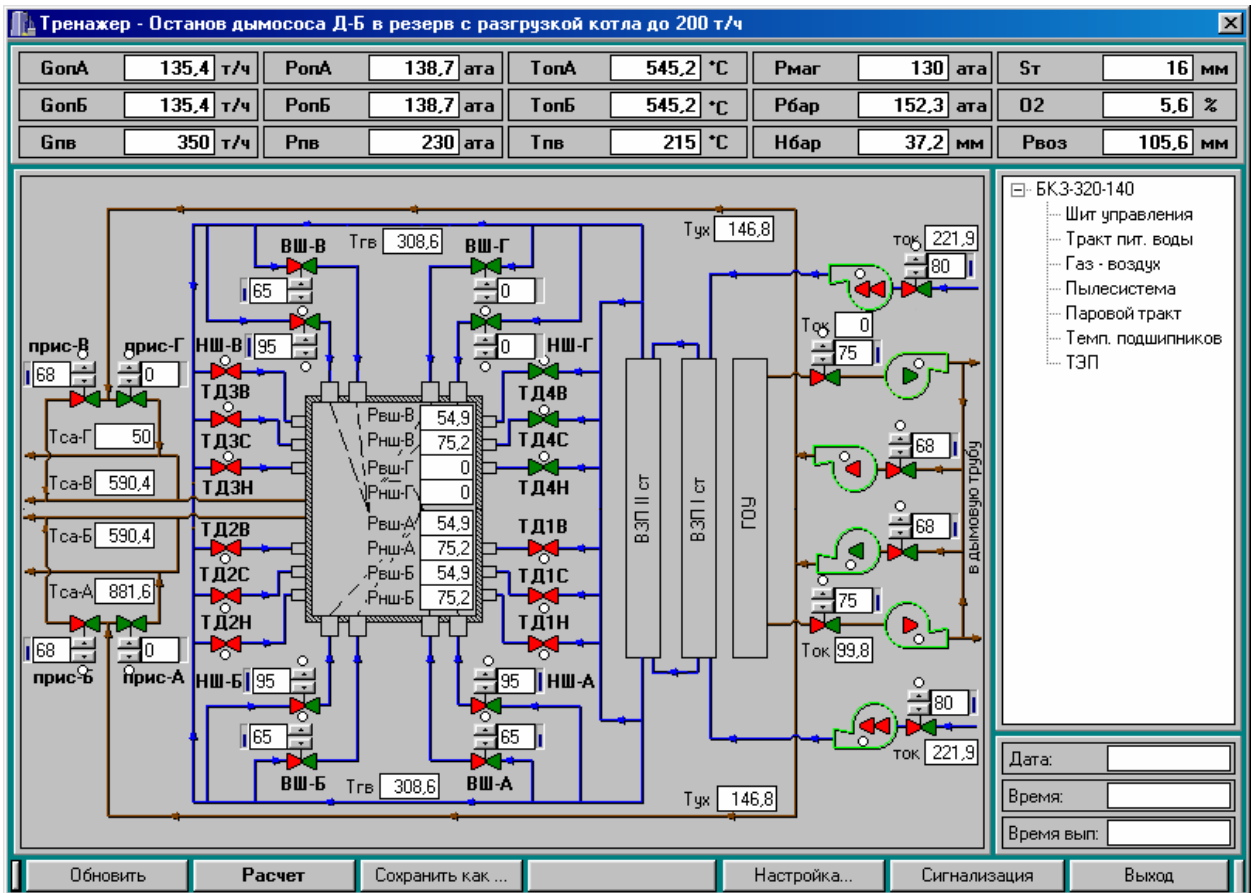


Рис. 20. Вид рабочего окна редактора оперативных задач

Фиксация набора исходных и текущих параметров осуществляется посредством нажатия кнопки «*Сохранить как...*». При этом появляется окно (см. рис. 21), позволяющее сформулировать заголовок файла-задания (*.zdn) с указанием его основных свойств, в частности: номер и тип (режимная или аварийная) задачи, ее наименование и описание, автора задачи и структурное подразделение. После чего при нажатии кнопки «*Принять*» появляется стандартное окно (см. рис. 22) сохранения файла в каталог *Zdn* с указанием имени будущего файла.

Нажатием правой кнопки мыши на органах управления в любой функциональной группе можно вызвать меню свойств органа управления и подвергнуть их редактированию (процент открытия, состояние и т.д.).

Описание задачи

Номер задания:

Тип:

Название:

Описание:

Организация:

Составитель:

Рис. 21. Вид окна, в котором задается описание задачи

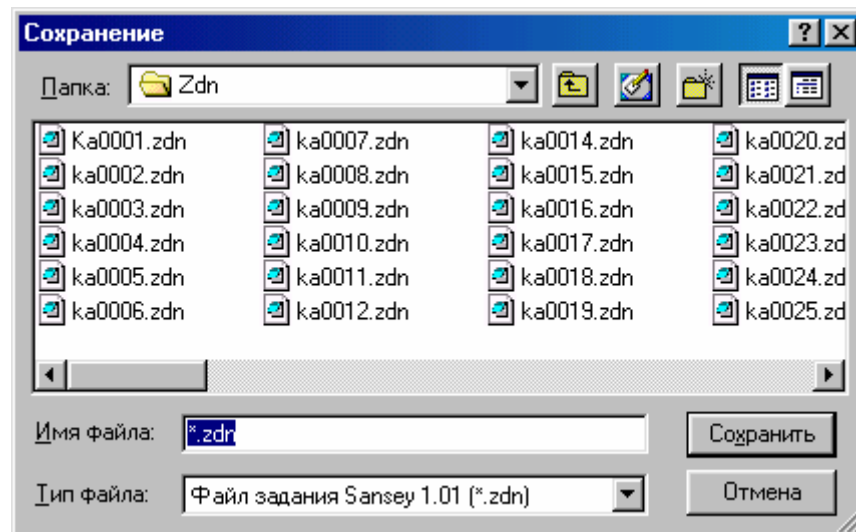


Рис. 22. Окно сохранения файла с исходными данными