

**ОАО «КРАСНОЯРСКЭНЕРГО»
КРАСНОЯРСКАЯ ТЭЦ-1**

УТВЕРЖДАЮ

Гл. инженер КрасТЭЦ-1

_____ А.И. Клюев

«__» _____ 2002 г.
М.П.

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕР КОТЛОАГРЕГАТА
ПК-10Ш (ст. №5) КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-1
РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

на 25 листах

Действует с

Красноярск 2002 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)	22
9. Анализ результатов решения	24
10. Редактор режимных и аварийных задач	26
11. Согласование	31

1. Структура программы

Имитационный компьютерный тренажер для отработки оперативных задач управления котельным агрегатом ПК-10Ш (ст. №5) 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.

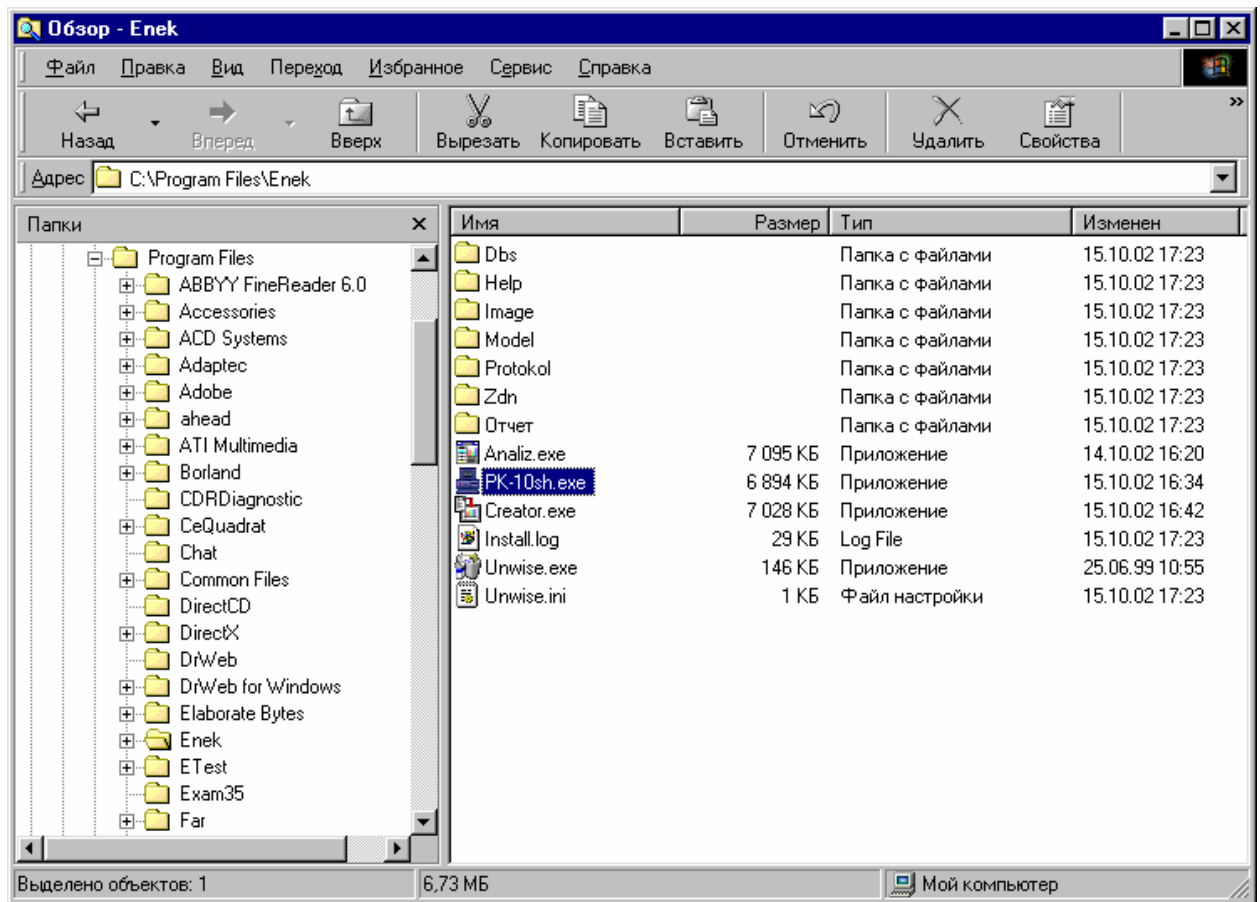


Рис. 1. Структура файлов составляющих имитационный тренажер котла

Стартовым файлом, необходимым для запуска тренажера является файл *PK-10sh.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. Каталог **DBS** предназначен для хранения базы данных по результату решения оперативной задачи с целью ее дальнейшего просмотра, анализа и составления экспертных оценок. В папке **Model** находятся файлы шаблоны для создания оперативных режимных и аварийных задач.

2. Технические требования

Имитационный, компьютерный тренажер котлоагрегата ПК-10Ш (ст. №5) 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 4 МВ; 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 органи-

зации 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>. При удалении пользователя из списка программа запрашивает пароль – *Admin*, при вводе которого выполняется действие.

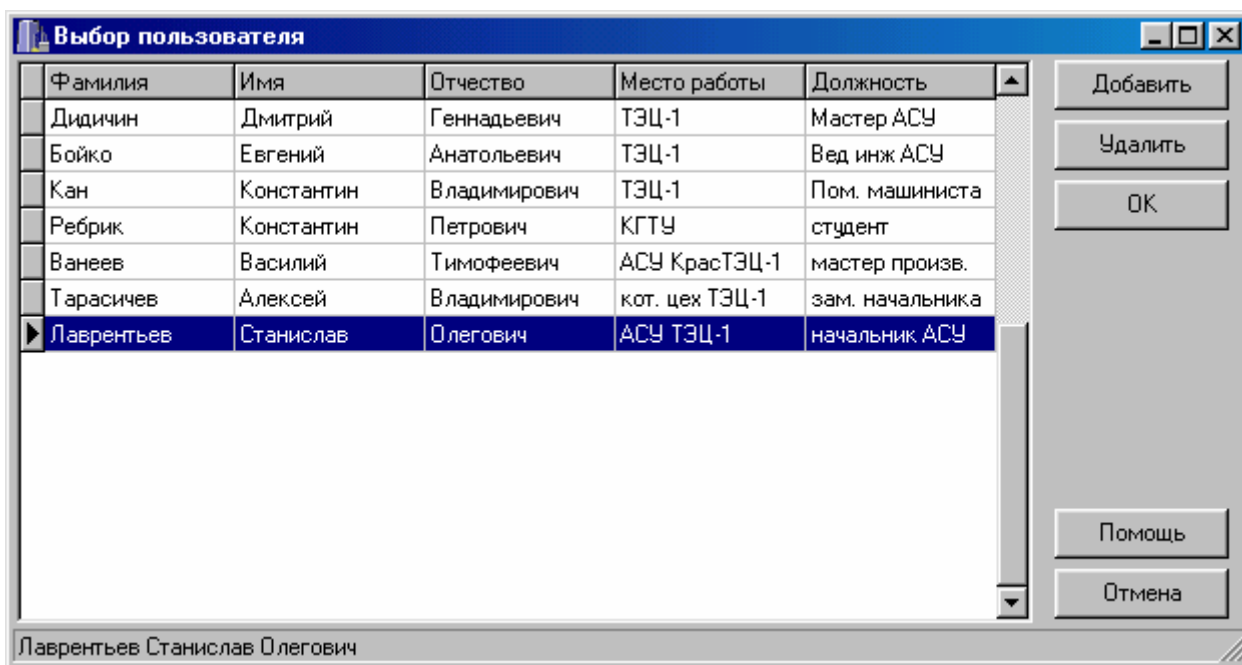


Рис. 2. Меню выбора пользователя

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, дымо-

сосов и т.д.), решение которых, сопряжено с выполнением режимных мероприятий и переключений вспомогательного оборудования.

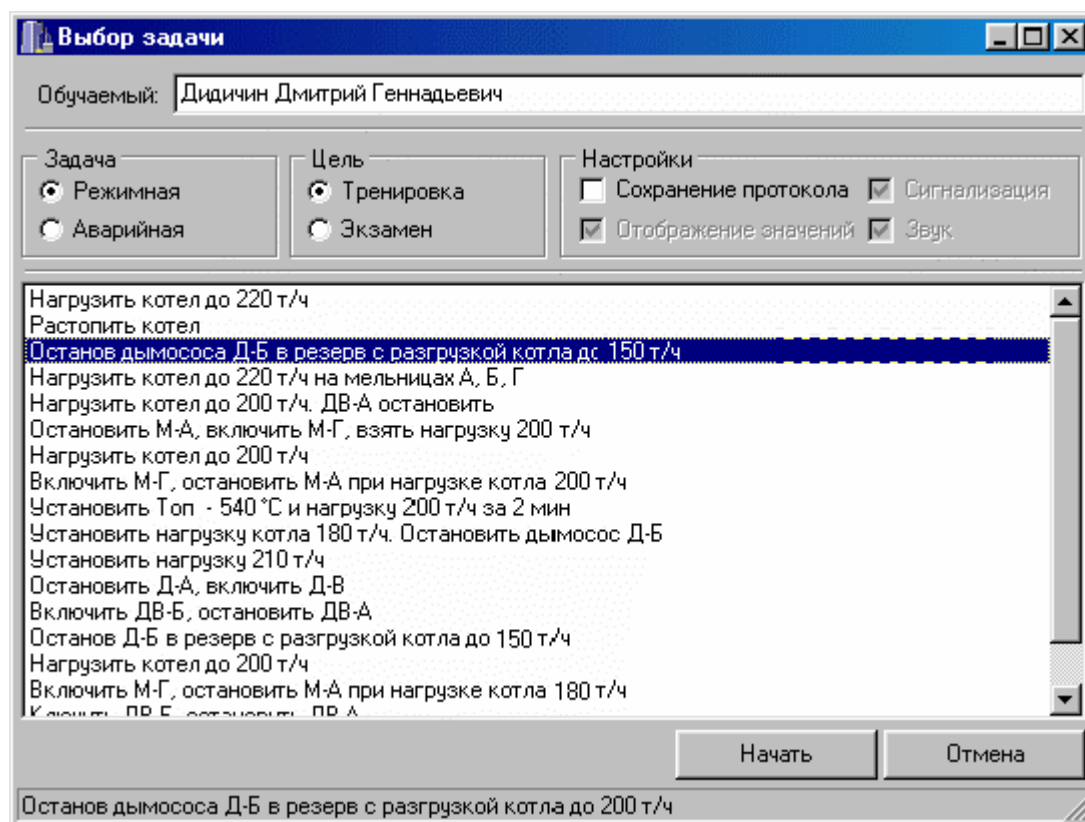


Рис. 3. Меню выбора решаемой задачи

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 необхо-

димосьть 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
Гоп	расход острого пара, т/ч
Роп,	давление острого пара, кгс
Топ	температура острого пара, °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
Ст	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
венМА, венМБ, венМВ, венМГ	УП вентиляции мельниц
Д-А, Д-Б	дымососы котла
ДВ-А, ДВ-Б	дутьевые вентиляторы котла
ВШ, НШ	верхние и нижние шлицы подачи вторичного воздуха
РВШ, РНШ	давление вторичного воздуха на верхних и нижних шлицах

Обозначение на мнемосхеме	Пояснения
ППИТ-А, ППИТ-Б	растопочные пылепитатели
xВозд-А, xВозд-Б	задвижки подачи воздуха на растопочные пылепитатели
Рец. л., Рец. пр.	рециркуляция водяного экономайзера
ИПК лев, ИПК пр.	Импульсные предохранительные клапана
РРОУ	растопочное РОУ
Авар. сл.	аварийный слив
Впр, Впр1, Впр2,	соответственно, регулирующий впрыск, 1-ый и 2-ой отсечные шиберы впрыска
Пр-ка	непрерывная продувка котла
Н. точ	нижние точки (периодическая продувка)
ГПЗ, 1ПП	главная паровая задвижка
2ПП	задвижка на паропроводе острого пара
Ппер3	пар на барботер
РПК	регулятор питания котла
АвтРПК	Автомат регулятора питания котла водой
4ВП, 5ВП	Задвижки на линии подачи питательной воды
КП	Клапан подпора
1ВР, 2ВР	Отсечные задвижки клапана подпора
РПП	Регулятор пит. воды на пароохладитель
1ВО	Отсечная задвижка РПП
1ВР, 2ВР	Отсечные задвижки РК
РК	Регулятор пит. воды на конденсатор пара
2ВО	Отсечная задвижка на РК
3Р, 4Р	Рециркуляция водяного экономайзера
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
N _{ox} , S _{ox} , 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"*.

Переключение между функциональными группами осуществляется посредством выбора их из списка изображенного в виде дерева и расположенного справа от окна изображения мнемосхем. Относительное расположение друг друга двух этих окон можно изменить с помощью кнопки **"Настройка"**. 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.

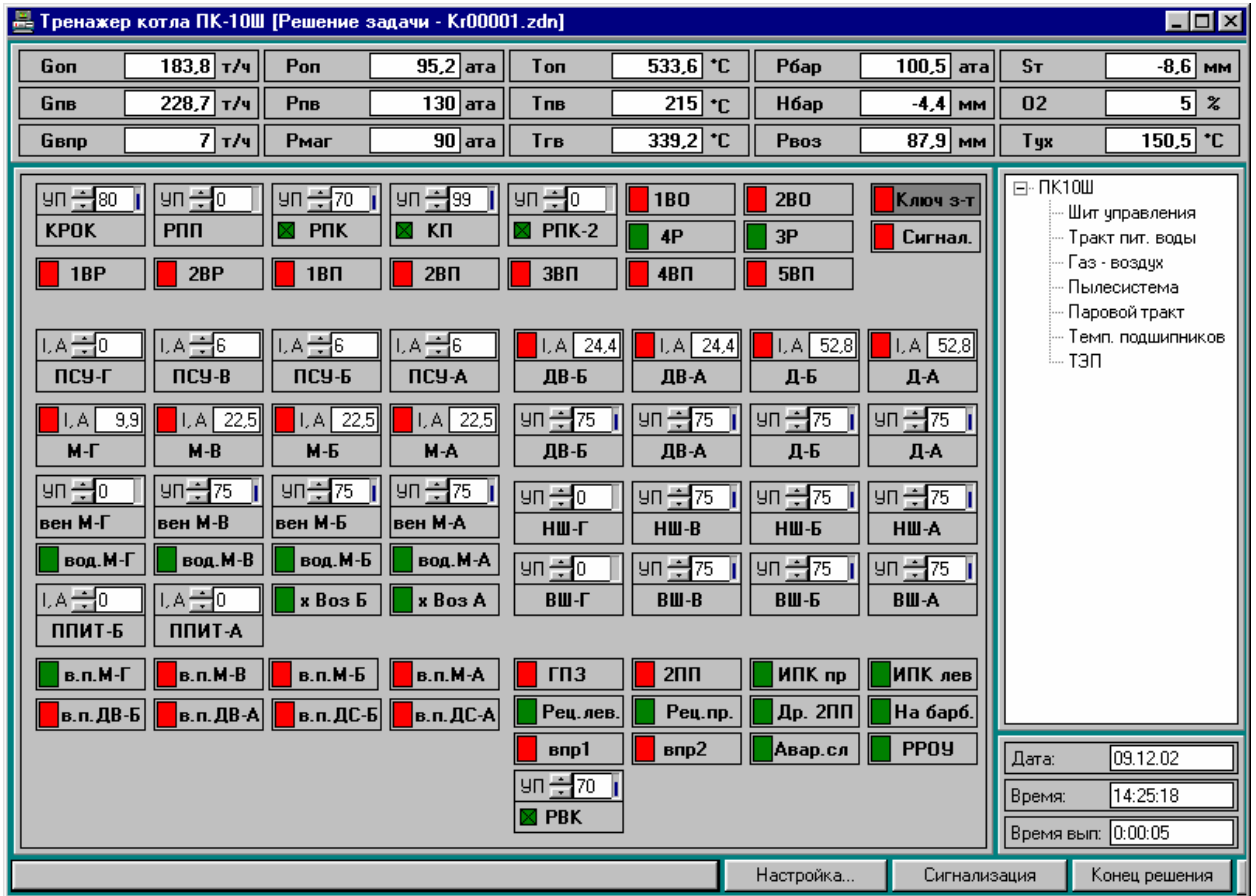


Рис. 4. Общий вид экранной формы отображения тренажера

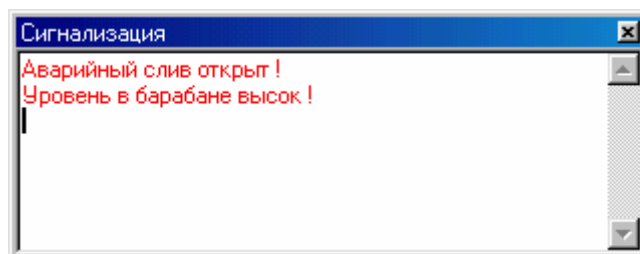


Рис. 5. Вид окна "Сигнализация"

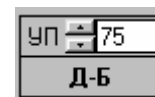
Все органы управления в функциональных группах разделяются на три основных типа:

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), зе-

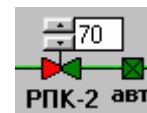


ленный – что выключен (или закрыт). Управление таким элементом осуществляется нажатием на нем левой клавиши манипулятора мышь.

2. Кнопки изменения степени открытия/закрытия положения регулирующего органа (например, положения шибера). 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 ПК-10Ш 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 8-ти параметров контроля и 19-ти органов управления тракта питания котельного агрегата водой. На котле применена однониточная схема питания. Узел питания состоит из основной питательной линии с регулирующим клапаном Ду-175 мм и обводной линии с регулирующим клапаном Ду-100.

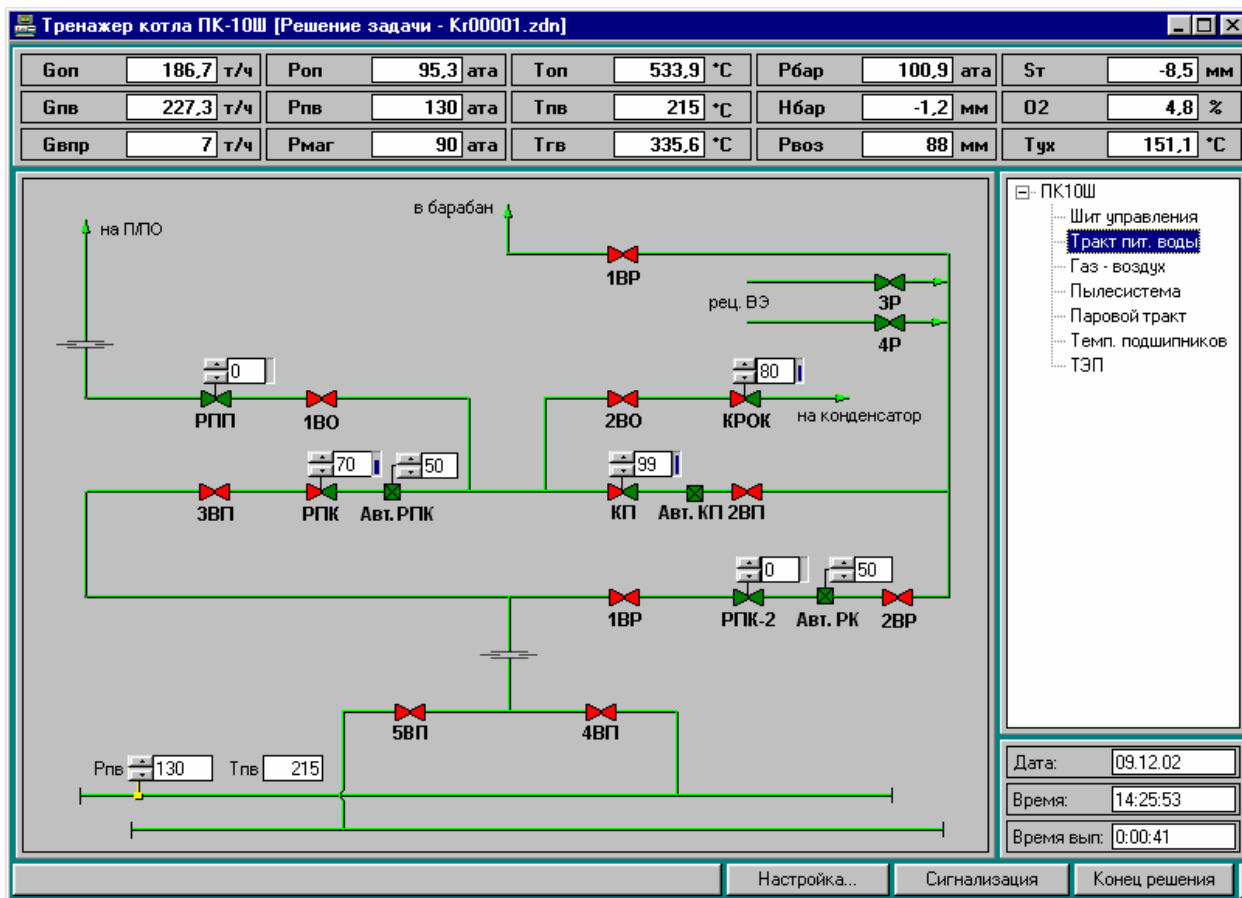


Рис. 6. Мнемосхема узла питания котла водой

Обводная линия Ду-100 включается при повышении параметров при растопке котла. 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 (**РК**), который управляется регулирующим клапаном обводной линии Ду-100 и включается при растопке котла. Одновременно с переводом питания котла на автоматическое управление, должны быть включены защиты по уровню воды в барабане котла.

7.3. Газовоздушный тракт

Общий вид мнемосхемы "газовоздушного тракта" котла представлен на рис. 7. Включает 25 параметров контроля и 16 органов управления.

Котел оборудован четырьмя амбразурами с вводом вторичного воздуха через нижние и верхние шлицы. Амбразуры расположены на фронтальной стене топочной камеры. Для отключения и регулировки вторичного воздуха шиберов верхних и нижних шлиц соответственно верхнего и нижнего ярусов.

Конвективная шахта представляет собой опускной газоход котла с размещенными в нем 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 змеевикового типа состоит из двух ступеней, расположенных по высоте газохода в рассечку с воздухоподогревателем. Каждая ступень, в свою очередь, состоит из двух самостоятельных групп, расположенных по ширине газохода. Водяной экономайзер выполнен из стальных углеродистых труб марки ст.20 на котлах № 4-7 диаметром 38x4,5 мм, на котлах № 8-16 - диаметром 32x4,5 мм. Подвод питательной воды к правой и левой группам экономайзера осуществляется от питательной линии котла. Обе ступени водяного экономайзера соединяются 8 трубами (по 4 трубы с каждой стороны). Левая и правая группа водяного экономайзера соединяются уравнивающей линией на выходном коллекторе 1-й ступени. Подогретая питательная вода из экономайзера отводится по 10 необогреваемым трубам в чистый отсек основного барабана.

Дутьевые вентиляторы предназначены для подачи воздуха в топку котла. На котле установлено по два дутьевых вентилятора типа ВДН-18-II. Характеристика дутьевого вентилятора: производительность – 130000 м³/час; число оборотов – 985 об/мин; полный напор – 235 кгс/м². Электродвигатель: мощность – 310 кВт; напряжение – 6 кВ; сила тока – 39 А.

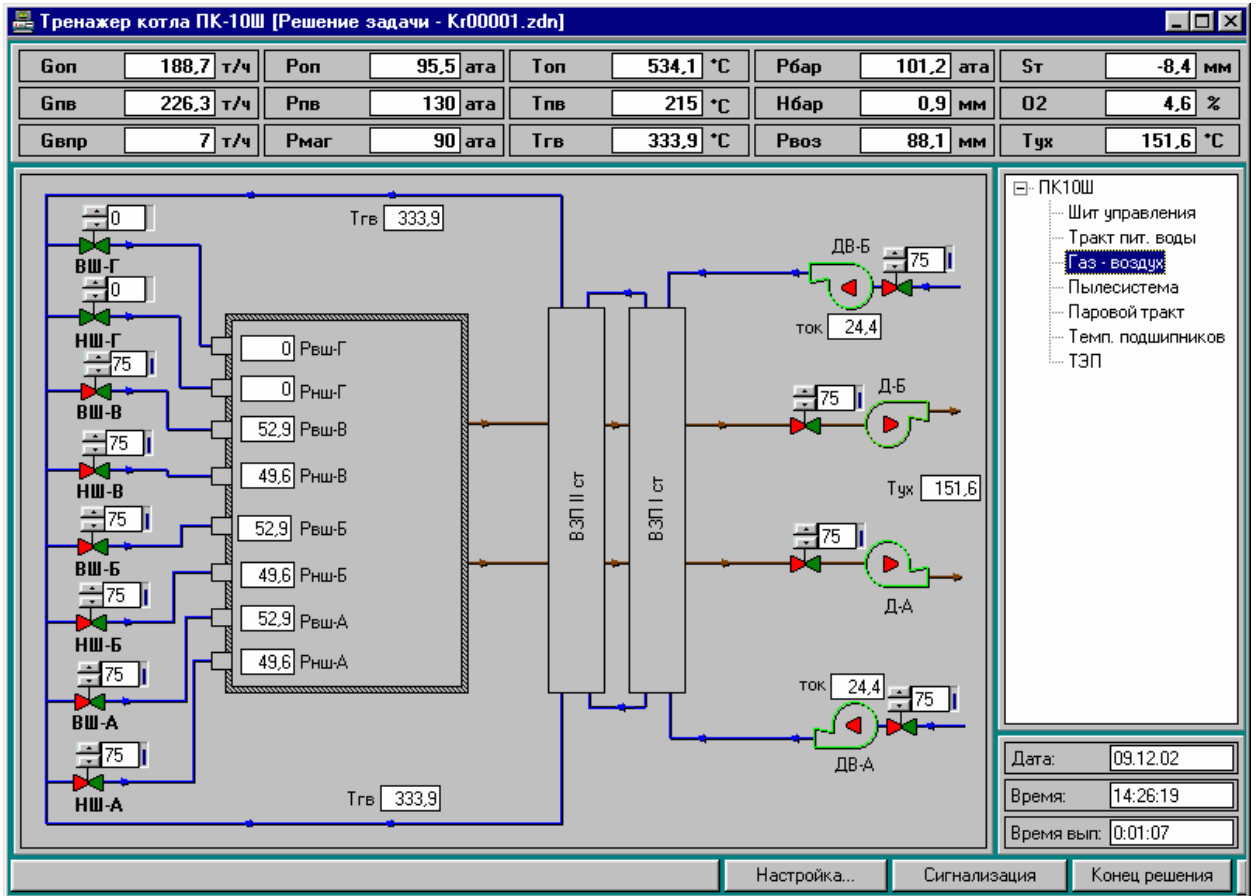


Рис. 7. Мнемосхема газовоздушного тракта котла

Дымососы предназначены для отсоса продуктов сгорания топлива из топки котла и нагнетания их в дымовую трубу. На котлах установлено по два дымососа типа Д – 300/400. Характеристика дымососа: производительность – 300000 м³/час; число оборотов – 740 об/мин; полный напор – 400 кгс/м². Электродвигатель: тип ДАЗО 15-59-8У1, мощность – 650 кВт; напряжение – 6000 В; число оборотов – 740 об/мин; сила тока – 78 А.

7.4. Система пылеприготовления котла

Мнемосхема тракта пылеприготовления котла представлена на рис. 8. Данная функциональная группа насчитывает 22 параметра отображения информации и 20 органов управления.

Котел ПК-10Ш ст. № 5 оборудован индивидуальной системой пылеприготовления с воздушной сушкой и прямым вдуванием аэросмеси в топку через шахтный сепаратор и амбразуры горелочных устройств. В систему пыле-

приготовления котла входят: два бункера сырого угля (БСУ) емкостью по 100 м³, четыре питателя сырого угля (ПСУ) скребкового типа А, Б, В, Г, с электродвигателями постоянного тока и числом оборотов 500-1450 об/мин уголь на которые поступает собственно из БСУ А, Б, В, Г; четыре молотковые мельницы типа ШМТ-1500/1668/740 с гравитационными сепараторами пыли. Высота шахты – 7560 мм, глубина – 1,5 м.

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 подается горячий воздух с температурой до 400°С, забираемый на выходе из второй ступени воздухоподогревателя. Пыль из мельницы под давлением воздуха 40-50 мм.в.ст. подается в гравитационный шахтный сепаратор. В сепараторе за счет гравитационных сил тяжести крупные частицы сепарируют вниз, а мелкая пыль вместе с отработанным сушильным агентом поступает в амбразуры грелочных устройств.

Котел ПК-10Ш ст. №5 оборудован двумя растопочными муфельными горелками, расположенными по обеим сторонам котла на высоте выхода пыли из амбразур. Угольная пыль в муфельные горелки подается из растопочных бункеров котла шнековыми питателями (по одному на горелку). Производительность пылепитателя 1,5-3 т/ч.

Питатели сырого угля предназначены для равномерной подачи топлива, в соответствии с нагрузкой котла, от бункера сырого угля до мельниц. На каждом котле установлено по четыре питателя СПУ-700/5040. Производительность питателей сырого угля: 5-32,6 т/час, Электродвигатель ПСУ: мощность – 4 кВт; напряжение – 220 В (постоянный ток); число оборотов – 500/1450 об/мин.

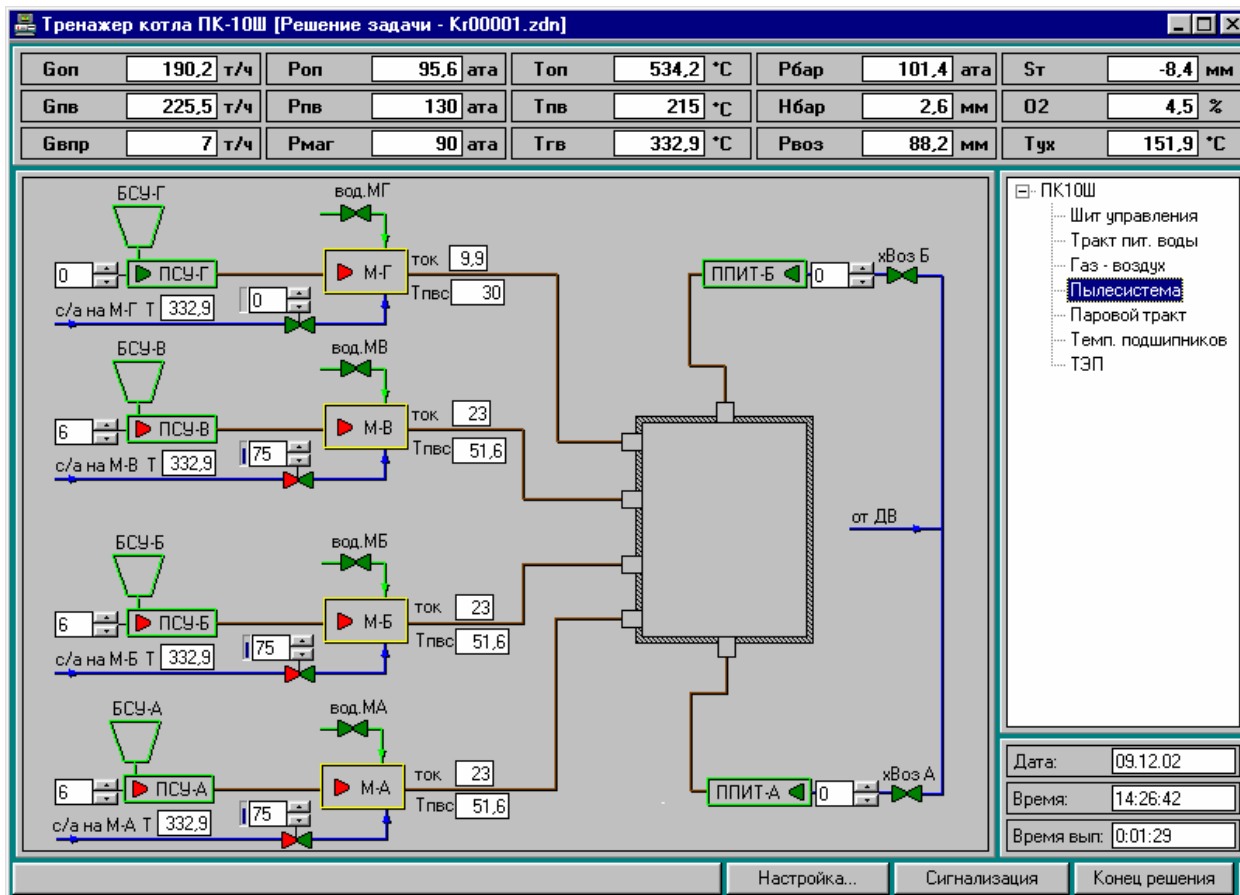


Рис. 8. Мнемосхема системы пылеприготовления котла

Мельницы предназначены для размола топлива в пылевидное состояние и его подсушки. На каждом котле установлено по четыре тангенциальных молотковых мельницы типа ШМТ-1500-1668-740. Характеристика мельниц: производительность – 13-15 т/час; диаметр ротора – 1500 мм; длина рабочей части ротора – 1668 мм; число оборотов – 735 об/мин. Электродвигатель мельницы: мощность – 320 кВт; напряжение – 6000 В, сила тока – 41 А.

7.5. Паровой тракт котла

Мнемосхема парового тракта котла представлена на рис. 9.

Данная функциональная группа насчитывает 3 параметра отображения информации и 13 органов управления.

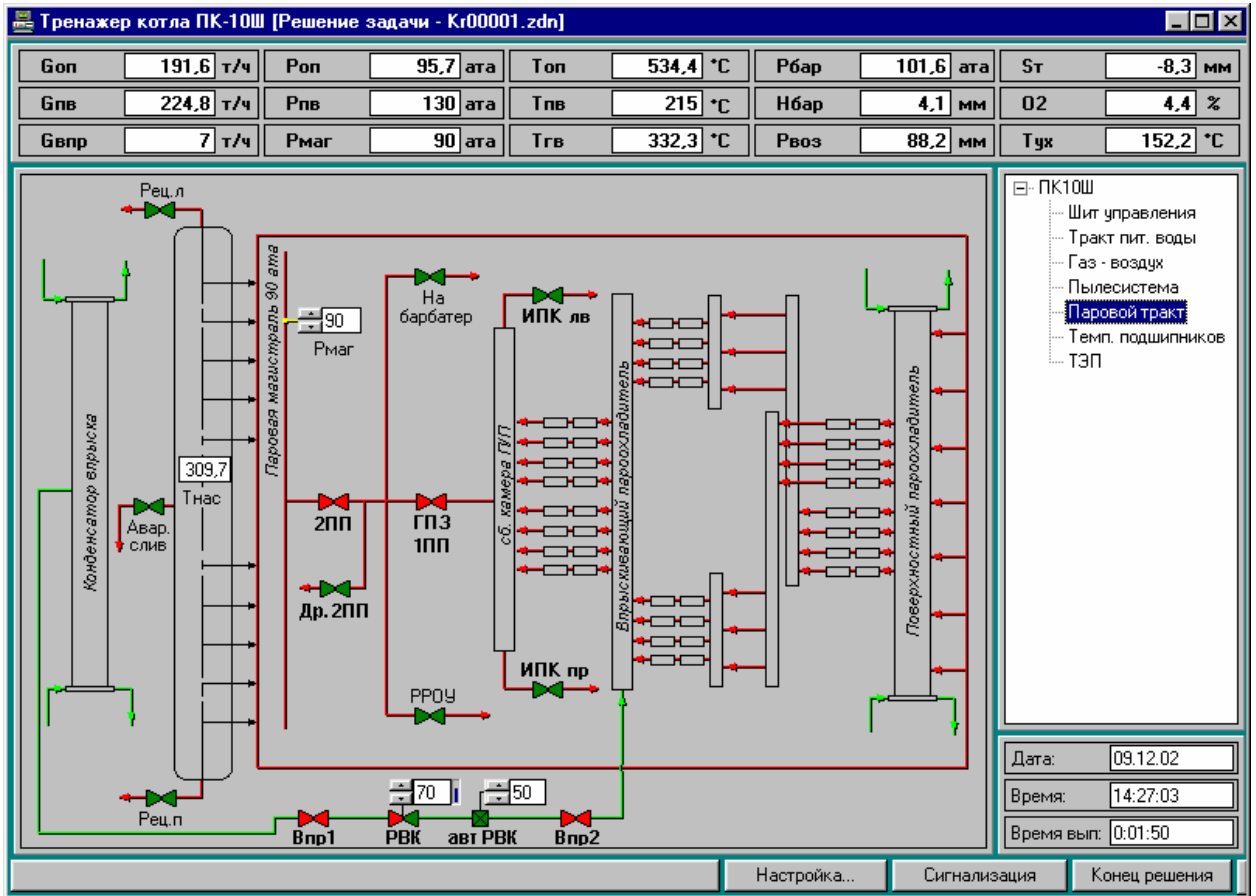


Рис. 9. Мнемосхема парового тракта котла

Пароперегреватель вертикальный змеевикового типа, состоящий из 6 камер (котел №12-16 из 8 камер) и 104 двойных змеевиков расположен в соединительном газоходе. Пароперегреватель выполнен из двух ступеней. Первая ступень (по ходу пара) выполнена из труб диаметром 38x4,5 мм (ст.20) движение пара в ней противоточное газам.

Во входном коллекторе I ступени пароперегревателя размещается пароохладитель поверхностного типа, состоящий из двух групп змеевиков диаметром 25x3 мм (ст. 20), общей поверхностью 23 м². Пароохладитель служит для регулирования температуры перегретого пара путем частичной конденсации насыщенного пара. На котлах № 4-7,9,10,11-16 установлены дополнительно пароохладители впрыскивающего типа. Линия подвода воды к пароохладителям врезана в питательную магистраль котла между клапаном автомата питания котла и клапаном подпора. Подогретая в пароохладителе

котла, вода сбрасывается в питательную линию, непосредственно перед водяным экономайзером котла.

Вторая ступень (по ходу пара) пароперегревателя состоит из двух крайних пакетов по 28 двойных змеевиков и одного среднего пакета из 48 двойных змеевиков диаметром 42x5 мм. Все змеевики 2-й ступени пароперегревателя выполнены из стали 12Х1МФ. Пакеты пароперегревателя соединены между собой при помощи 10 труб (котлы № 12-16 по 8 труб), по которым осуществляется "переброс" пара с одной стороны пароперегревателя на другую. Необходимость "переброса" пара вызывается неодинаковой температурой газов по ширине газоходов, а следовательно, и неравномерностью температурных напряжений змеевиков пароперегревателя. Движение пара во 2-й ступени пароперегревателя прямоточное (параллельно движению газов). Такое движение пара обеспечивает снижение температурных напряжений змеевиков в лобовой части пароперегревателя.

7.6. Мнемосхема температур подшипников вращающихся механизмов

Данная мнемосхема представлена на рис. 10. В настоящее время эта мнемосхема насчитывает 16 информационных полей и 16 органов управления. У каждого вращающегося механизма отслеживается температура полевого и коренного подшипника, а также состояние задвижки подачи технической воды на охлаждение (включено/выключено). К числу основных механизмов, к которым подается техническая вода на охлаждение, относятся: мельничные устройства, дымососы, дутьевые вентиляторы. По мере повышения температуры подшипника (>80 °С) срабатывает предупредительная сигнализация, по истечении какого-то времени моделируется аварийный выход механизма из строя.

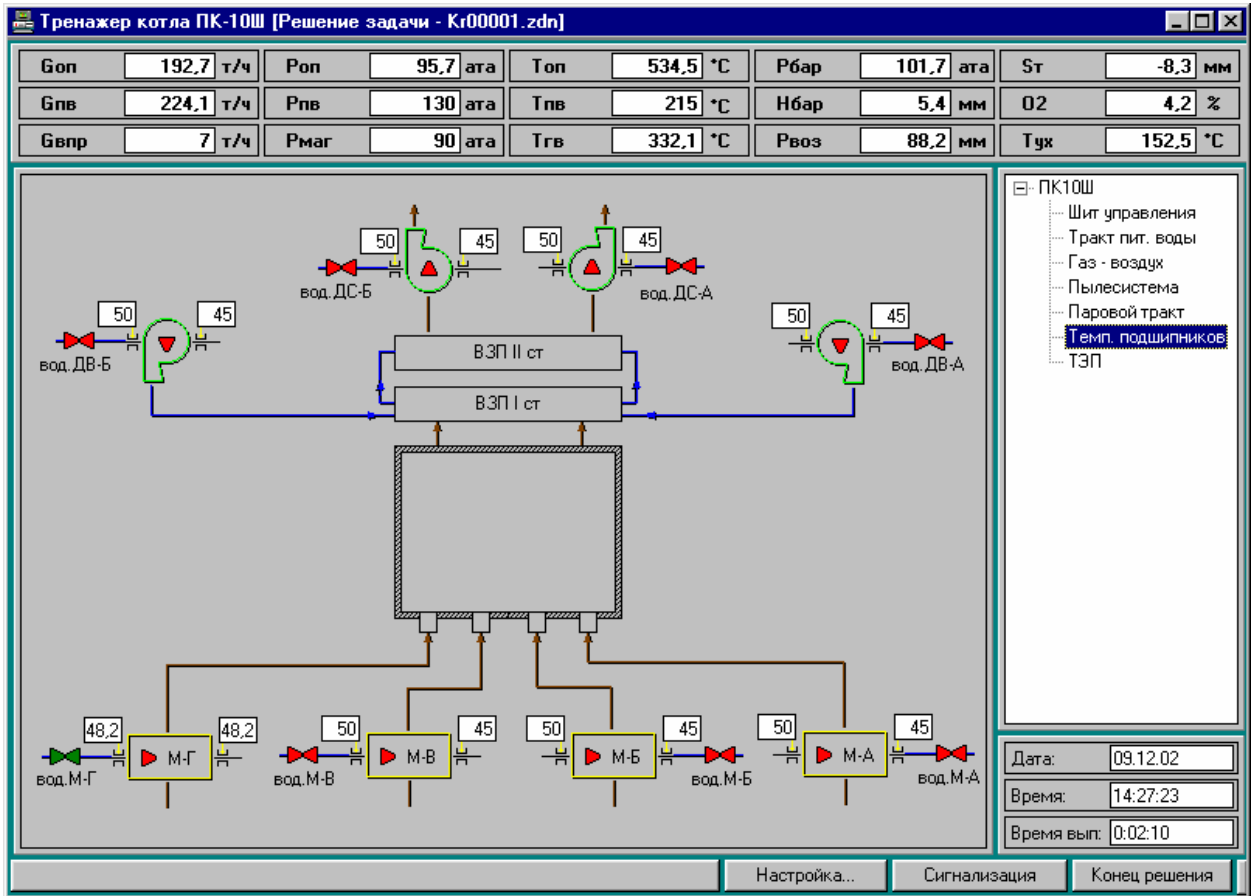


Рис. 10. Мнемосхема контроля температур подшипников механизмов

7.7. Мнемосхема технико-экономических показателей работы котла

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

пла 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 :

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

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

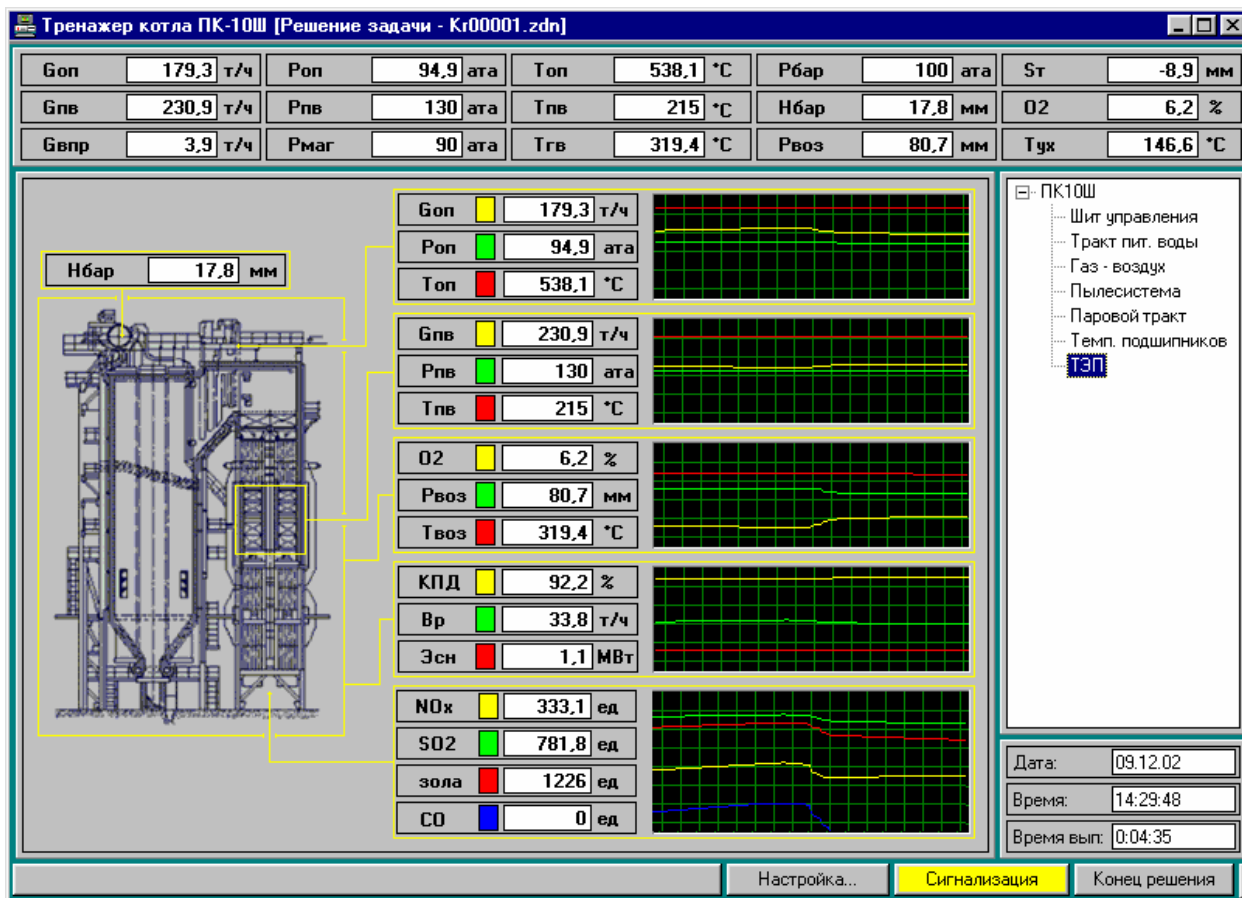


Рис. 11. Мнемосхема технико-экономических показателей работы котла

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 ПК-10sh.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.

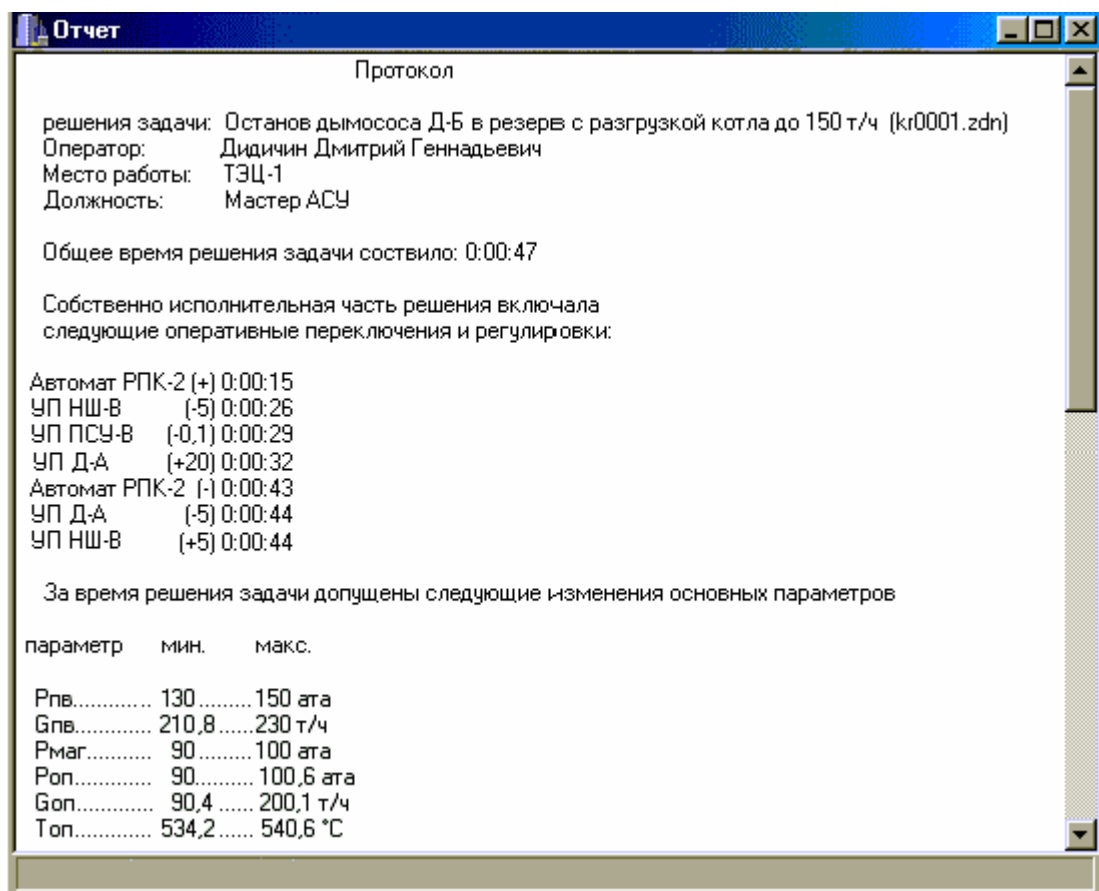


Рис. 12. Общий вид протокола решения задач на тренажере

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

Собственно результаты исполнительской 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, характера 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).

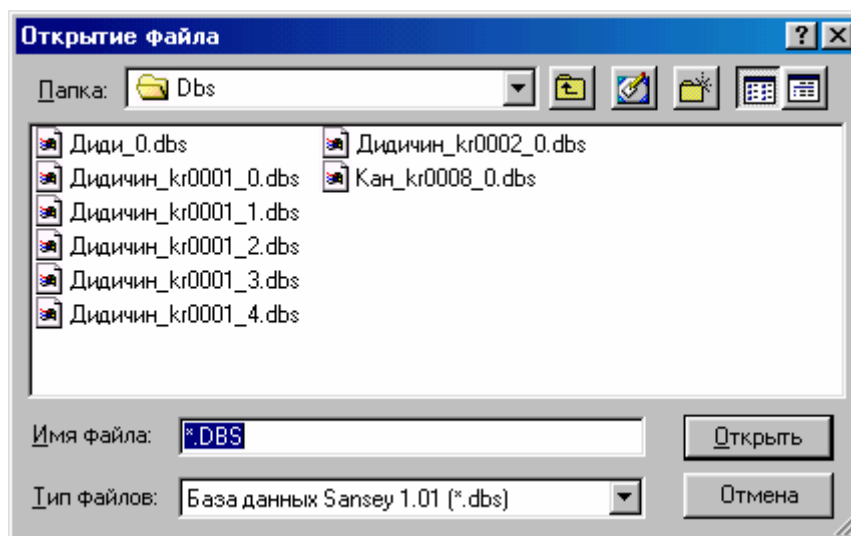


Рис. 14. Меню выбора базы данных с результатами решения задачи

Файл базы данных представлен в списке так, чтобы имелась возможность определить фамилию оператора, шифр решенной им задачи и номер попытки, например: *Иванов_kr0006_1.dbs*, *Петров_ka0012_8.dbs* и т.д. По-

сле чего происходит загрузка рабочей формы анализатора по интерфейсу дружественному с интерфейсом компьютерного тренажера (см. рис. 15).

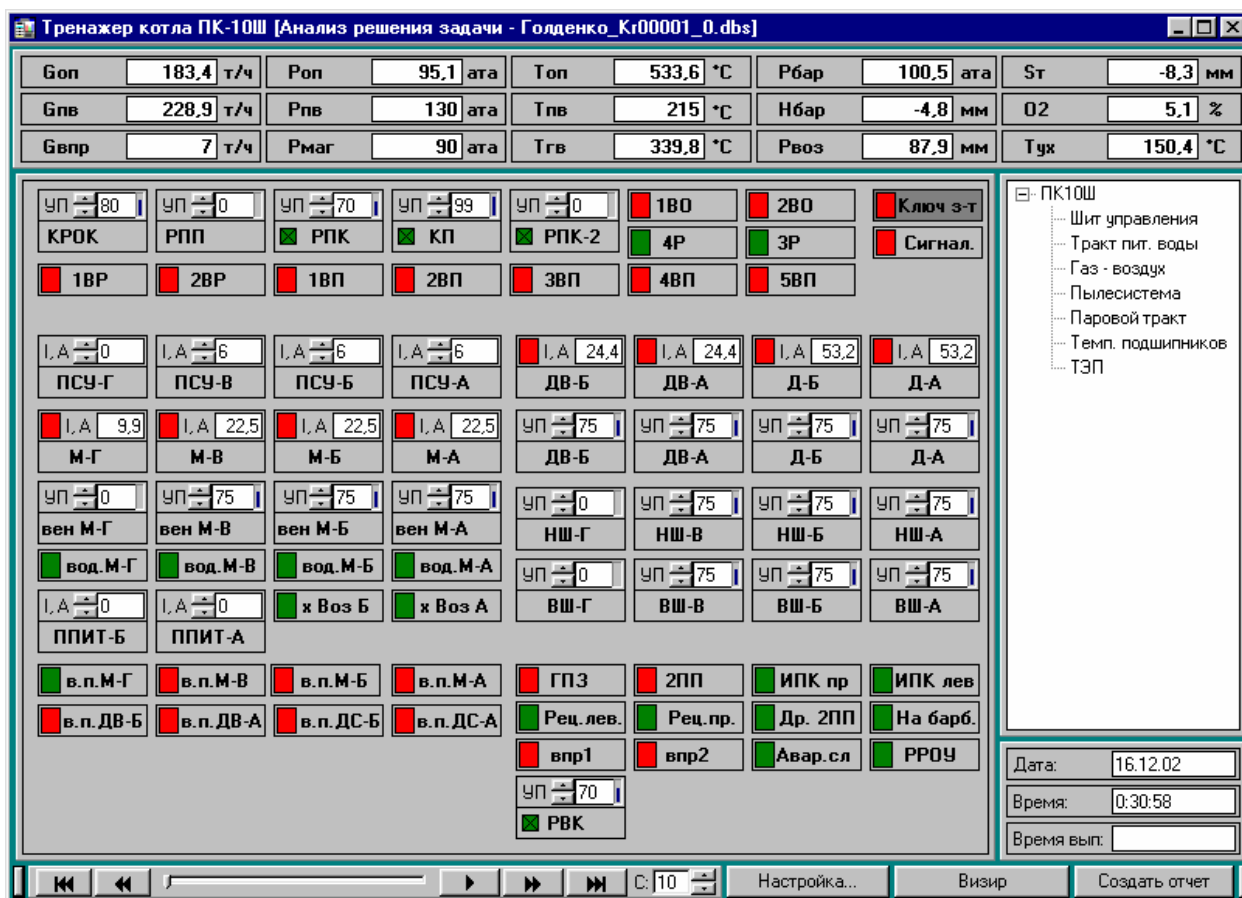


Рис. 15. Вид программы, предназначенной для анализа результатов решения

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.

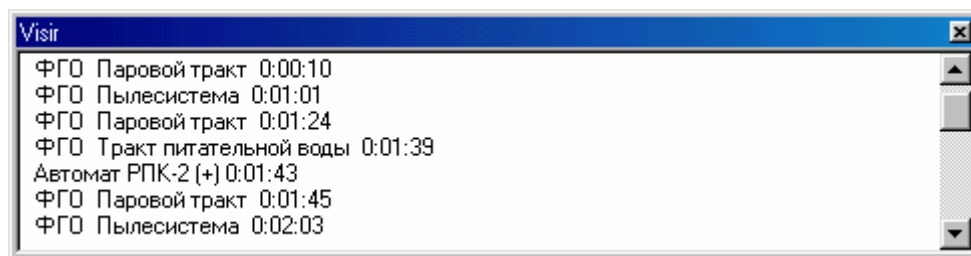


Рис. 16. Вид окна регистрации событий

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.

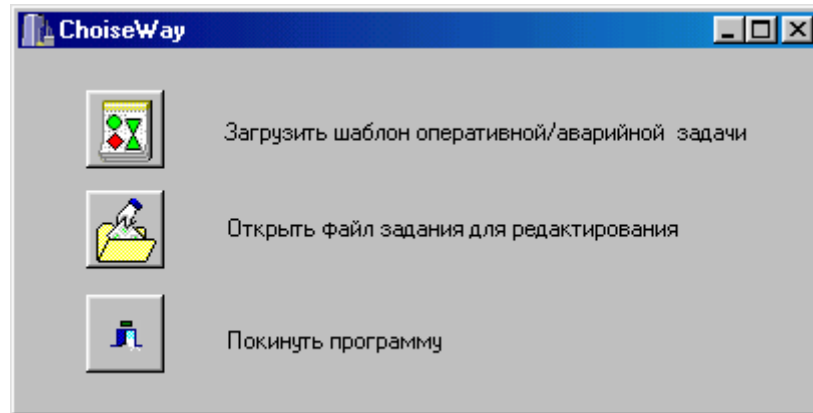


Рис. 17. Окно выбора способа редактирования оперативной задачи

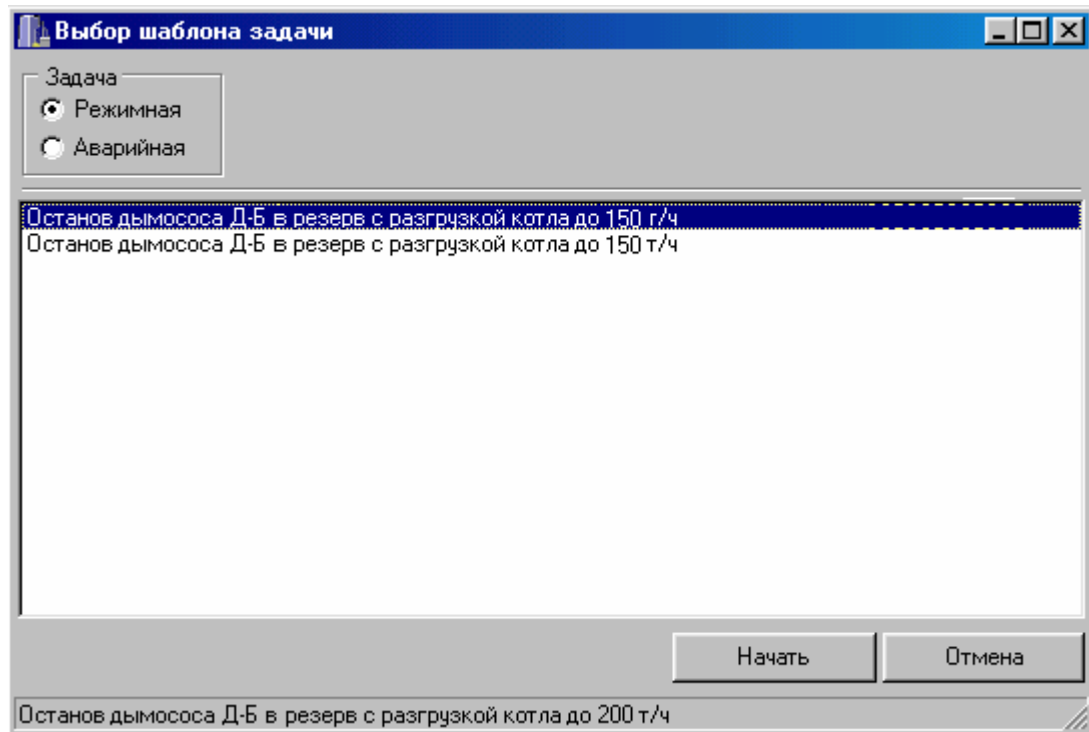


Рис. 18. Окно выбора шаблона оперативной задачи

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

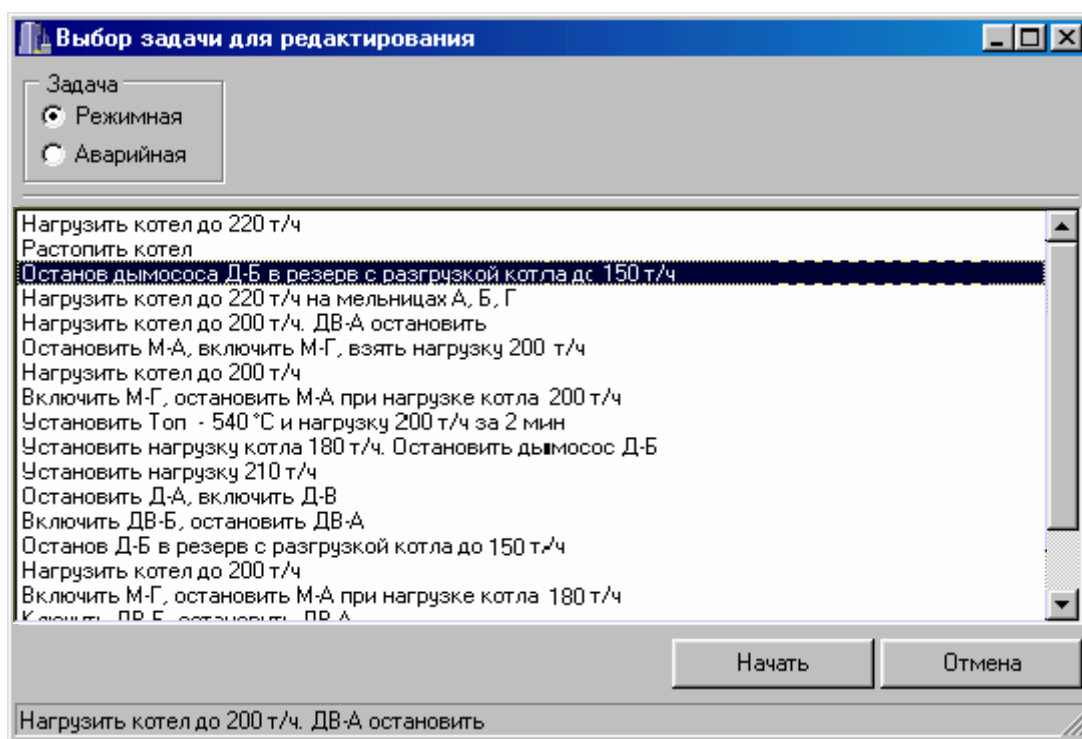


Рис. 19. Окно выбора существующих задач для редактирования

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.

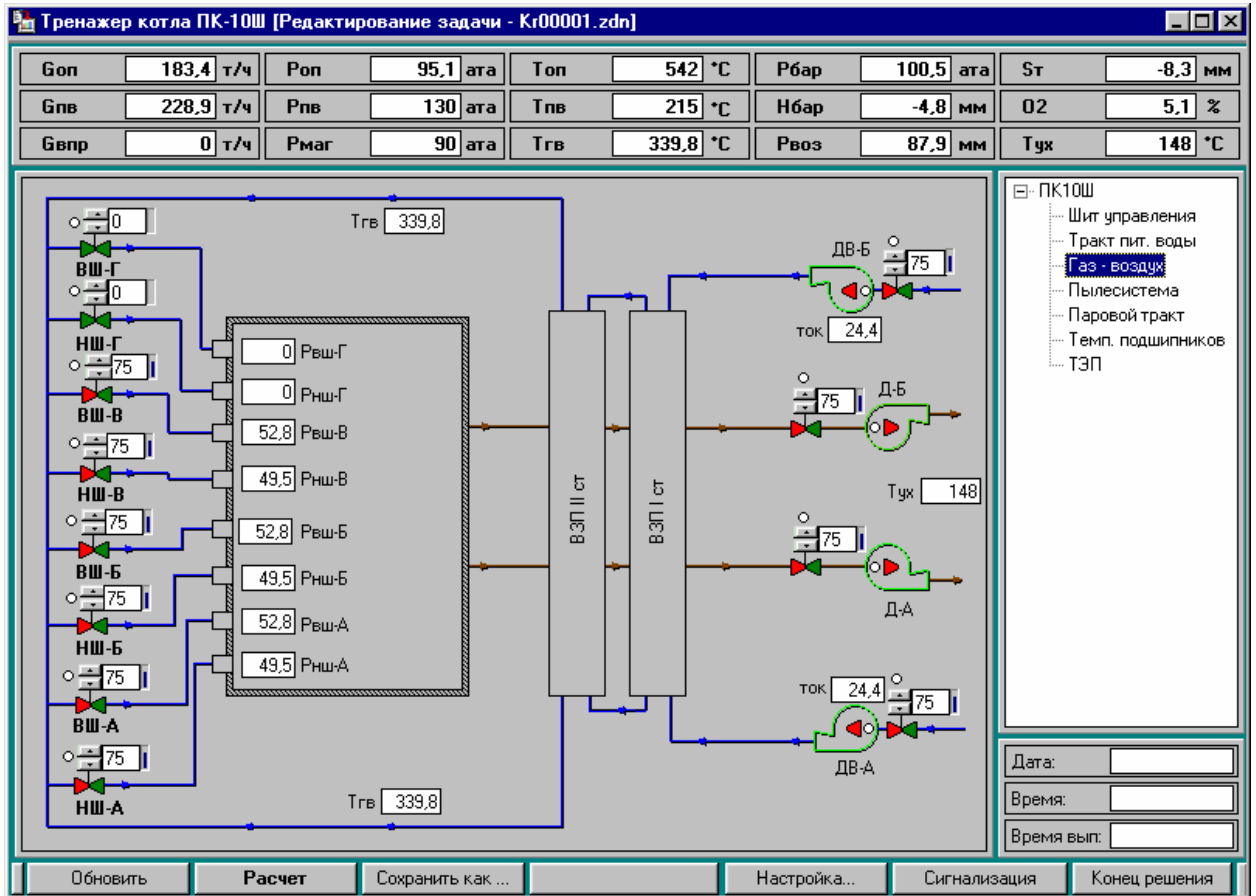


Рис. 20. Вид рабочего окна редактора оперативных задач

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

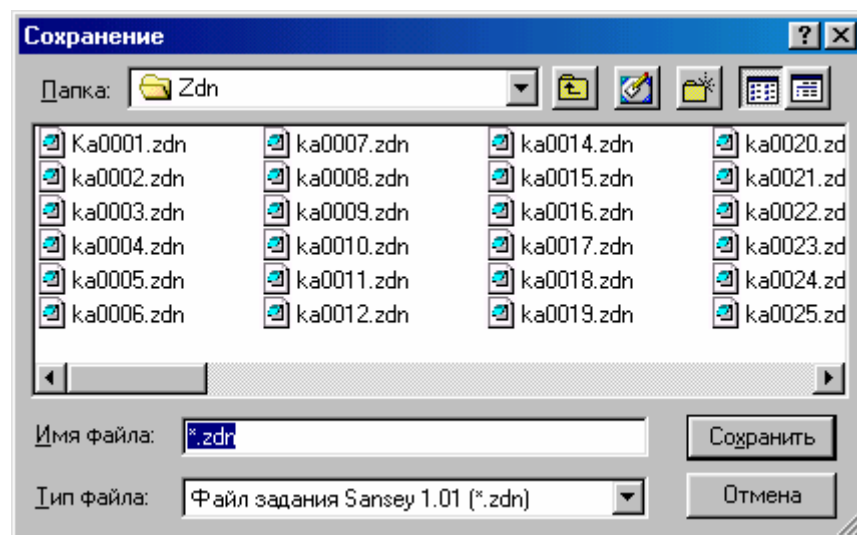


Рис. 22. Окно сохранения файла с исходными данными

РАЗРАБОТАЛИ:

Наименование организации, предприятия	Должность исполнителя	Фамилия, имя, отчество	Подпись	Дата
Красноярский государственный технический университет (КГТУ)	Научный руководитель, доц. каф. ТЭС, к.т.н.	Бойко Е.А.		
КГТУ	Ответственный исполнитель, инженер-программист	Дидичин Д.Г.		
КГТУ	инженер-программист	Шишмарев П.В.		

СОГЛАСОВАНО:

Наименование Организации, предприятия	Должность исполнителя	Фамилия, имя, Отчество	Подпись	Дата
Красноярская ТЭЦ-1	Начальник котельного цеха	Литвинов А.В.		
Красноярская ТЭЦ-1	Зам. начальника котельного цеха	Тарасичев А.В.		
Красноярская ТЭЦ-1	Начальник ОАСУ	Лаврентьев С.О.		
Красноярская ТЭЦ-1	Ведущий инженер-программист ОАСУ	Кириллова Е.В.		