



# Тренажер блока №3(500МВт) Экибастузской ГРЭС-1



## СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ:

- котел П-57-3М;
- турбина К-500-240-2ХТГЗ;
- генератор ТГВ-500;

Акционерное общество  
«Тренажеры электрических станций и сетей»

117587, г. Москва,  
Варшавское шоссе, д. 125 Ж, корп. 6  
Тел. (495) 665-76-00, факс (495) 382-79-74  
e-mail: [magid@testenergo.ru](mailto:magid@testenergo.ru), [www.testenergo.ru](http://www.testenergo.ru)

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

### Описание объекта.

**Полное наименование системы:** Полномасштабный тренажерный комплекс высокой точности, рабочее место оператора энергоблока, оборудованного ПТК «ОВАЦИЯ», с котлом П-57-3М и турбиной К-500-240-2 ХТГЗ, генератором ТГВ-500, для обучения оперативного персонала, и анализа динамических режимов.

**Год выпуска:** 2013 год.

Полномасштабный тренажерный комплекс высокой точности 500 МВт, построен на основе программно-технического комплекса ПТК «ОВАЦИЯ» и моделирует работу основного и вспомогательного оборудования блока 500 МВт, алгоритмов управления и защиты, имитирует управление с операторских станций, является средством обучения, предэкзаменационной подготовки и экзаменационного тестирования оперативного персонала электростанции.

В функциональном отношении данный тренажер является одним из самых прогрессивных обучающих средств, так как является объединяющим звеном в работе двух операторских интерфейсов – реальной АСУ ТП, имеющейся на электростанции, и модели АСУ ТП, копирующей реальную.

То есть, в первом случае, математическая модель энергетического объекта интегрируется с реальной АСУ ТП на базе ПТК «Овация» и тренажер работает в режиме подключения к реальной АСУ ТП. Во втором случае математическая модель подключается не к реальной АСУ ТП, а к ее копии (модели), разработанной АО «ТЭСТ». Оба варианта снабжены учебно-методическим обеспечением.

Таким образом решаются задачи по обучению не только персонала котельного и турбинного цехов, но и персонала, обслуживающего систему АСУ ТП.

Тренажер представляет из себя копию рабочего места оператора энергоблока, средство подготовки персонала, реализующее логико-динамическую и (или) функциональную модель оборудования (блок, котел, турбина, генератор, и т.д.) и осуществляющее контроль качества подготовки персонала.

Для повышения уровня профессионализма и дальнейшей аттестации данный тренажер предполагает обучение, тренировку и тестирование персонала по следующим специальностям:

- начальник смены станции;
- начальник смены КТЦ;

- машинист блока;
- машинист обходчик основного оборудования.

В состав объекта-прототипа тренажера блока 500 МВт входят:

- котел П-57-3М, турбина К-500-240-2 ХТГЗ, генератор ТГВ-500, вспомогательное оборудование энергоблока;
- автоматизированная система управления и контроля ПТК «ОВАЦИЯ».

### Краткое описание объекта-прототипа.

Энергоблок 500 МВт представляет собой технологический комплекс для производства электроэнергии, включающий прямоточный котел СКД Пп 1650/255 (П57-3М), работающий в блоке с паровой турбиной типа К-500-240-2 ХТГЗ с генератором ТГВ-500.

Котел производства Подольского машиностроительного завода им. Орджоникидзе паропроизводительностью 1650 т/ч и давлением острого пара на выходе 255 кгс/см<sup>2</sup>, предназначен для сжигания твердого топлива — экибастузского каменного угля. В качестве растопочного топлива применяется мазут.

Котельный агрегат включает в себя следующие основные системы:

- котёл П-57-3М;
- систему пылеприготовления с 8 молотковыми мельницами ММТ 2600/2550/590К;
- газоздушный тракт и тягодутьевую установку, состоящую из:
- 2-х осевых дымососов ДОД-43;
- 2-х осевых вентиляторов ВДОД-31,5;
- 2-х вентиляторов первичного воздуха ВДН-24-ПУ;
- 2-х вентиляторов рециркуляции воздуха ВГДН-15;
- 2-х воздуходувок ТВВ-80-1,2;
- систему внутреннего и внешнего ГЗУ;
- двухступенчатую систему золоулавливания (скруббера и электрофильтры).

Произведенный котельной установкой пар по паропроводам направляется в турбину.

Паровая конденсационная одновальная турбина типа К-500-240-2 ХТГЗ им. С. М. Кирова (П.О. ЛМЗ), номинальной мощностью 500 МВт на 3000 об/мин. Предназначена для привода генератора типа ТГВ-500 Харьковского завода «Электротражмаш» (ТВВ-500-2У8 ЛЭО «Электросила»).

## Состав тренажера:

1. Операторский интерфейс реальной системы управления и контроля ПТК «ОВАЦИЯ» (52 мнемосхемы).
2. Математическая интегральная модель котла П-57-3М;
3. Математическая интегральная модель турбины К-500-240-2.
4. Математическая интегральная модель генератора ТГВ-500.
5. Математические интегральные модели вспомогательного оборудования блока.
6. Модель реальной АСУ ТП блока (защит, блокировок, сигнализаций, автоматики, пошаговых программ).
7. Развитая конфигурация сети (подключение любого количества компьютеров).
8. Пульт инструктора.
9. Контролирующая программа, позволяющая фиксировать неправильные действия оператора энергообъекта (несоответствие логике и смыслу правил технической эксплуатации).
10. Комплект нештатных ситуаций (задание с помощью специальной таблицы вводных).
11. Комплект автоматизированных сценариев тренировок с оценкой выполнения задания.
12. Возможность построения любых диспетчерских графиков и работа по этим графикам.
13. Сохранение режимов и запуск тренажера из любого сохраненного состояния.
14. Протоколирование: действий оператора, ошибок, сигнализаций, защит, блокировок.
15. Контроль ТЭП, графопостроение для всех параметров, состояния механизмов и арматуры.
16. Система поддержки оператора.
17. Ускорение и замедление процессов, замораживание ситуаций, возврат ситуаций.
18. Эксплуатационная документация, в том числе описание тренажера, справочные материалы, задания, пошаговые инструкции и т.д.
19. Оптимизация программного обеспечения (с применением современных информационных технологий и современных методов моделирования) с возможностью установки тренажера как на одном компьютере, а так и на любом количестве компьютеров.

## Математическое описание тренажера.

Математическая модель теплогидравлической части объекта состоит из дифференциальных уравнений, основанных на рассмотрении физической природы процессов, то есть стандартных балансовых уравнений, а количественные

зависимости и направленность процессов определяются законами термодинамики, гидродинамики, аэродинамики и т.д. Зависимости между параметрами связей однозначно и единообразно описываются уравнениями энергетического, расходного и гидравлического балансов в элементах оборудования, а также уравнениями изменения энтальпии каждого из видов теплоносителя.

В состав тренажера входят математические модели генератора, системы возбуждения, электрической цепи, средств РЗА, трансформаторов, коммутационных аппаратов, электродвигателей и упрощенная модель энергосистемы при работе на длинную линию;

Модель генератора реализована на основе системы дифференциальных уравнений Парка-Горева и описывает работу генератора в синхронном, асинхронном и двигательном режимах с непрерывным переходом из одного режима в другой.

Модель электрической цепи основана на системе дифференциальных уравнений, выражающих законы Кирхгофа, и описывает динамику напряжения, токов и частоты во всех режимах, включая аварийные.

В состав математического описания тренажера входят следующие подсистемы:

### 1. Котел:

- Пароводяной тракт.
- Пароводяной тракт 1.
- Пароводяной тракт 2.
- ПВТ вторичный пар.
- Температуры металла балки.
- Температуры металла пароперегревателя (первичный тракт).
- Температуры металла пароперегревателя (вторичный тракт)
- Температуры металла НРЧ.
- Температуры металла впрысков, ИПК.
- Мощность механизмов.
- Мощность механизмов, напряжения КРУ.
- Газовоздушный тракт 1.
- Газовоздушный тракт 2.
- Мельница А.
- Мельница Б.
- Мельница В.
- Мельница Г.
- Мельница Д.
- Мельница Е.

- Мельница Ж.
- Мельница З.
- Нагнетатели сжатого воздуха А, Б.
- Управление ДС, ДВ.
- Автоматическая загрузка бункеров.

## 2. Паровая турбина:

- Маслосистема и циркуляционные насосы.
- Основной конденсат.
- ПНД, ЦВД, ЦСД, КИС.
- Обогрев фланцев, шпилек, температуры металл ТГ.
- ПТН А, Б.
- Точки замера генератора.
- Температура горячего дистиллята на сливе из статора.
- Температуры меди, стали генератора.
- Температуры газов, водяного охлаждения.
- ПВД.
- БНТ, бойлера.
- Деаэраторы 7 ата, Р-20, КСН.
- ПНД.
- Управление САР ТГ.
- Осевой сдвиг и вибрация.
- Температуры металла ТГ.
- Уплотнения ТГ.
- БНС-1, ЦН-А,Б.
- НПМ, ОГЦ.
- Химконтроль.
- ТЭП.

## 3. Технологические защиты:

- Защиты котла.
- Турбины.
- Защиты генератора..
- Защиты блока.

## 4. Сигнализация:

### 4.1. Предупредительные сообщения оператора (ПСО).

### Состав моделируемых режимов.

В тренажере моделируются следующие режимы:

1. Пуск блока из любого теплового состояния.
2. Останов блока.
3. Работа блока в любом диапазоне нагрузок.
4. Включение и отключение теплофикационной установки.
5. Работа блока с различным составом оборудования.
6. Синхронизация и включение в сеть генераторов.
7. Работа блока с автоматическим и(или) ручным регулированием.
8. Работа блока в нештатных режимах.

### Состав базовых сценариев тренировок.

Каждое задание составлено на основе эксплуатационных инструкций, действующих на электростанции, и представляет собой одну из стандартных технологических операций. Тренажер снабжен стандартным набором заданий для тренировок, после выполнения которых автоматически выставляется оценка.

1. Подготовка системы маслоснабжения к пуску.
2. Пуск конденсационной установки.
3. Подготовка к пуску питательно-деаэрационной установки.
4. Подготовительные операции перед пуском котлоагрегата.
5. Пуск ПДУ. Заполнение и прокачка котлоагрегата водой.
6. Подготовка к пуску турбины. Растопка котла из холодного состояния.
7. Подготовка к пуску турбины.
8. Пуск турбины.
9. Пуск блока из неостывшего состояния.
10. Пуск блока из горячего состояния.
11. Включение ПВД на работающей турбине.
12. Останов блока без расхолаживания оборудования.
13. Нагружение блока.
14. Перевод возбуждения с тиристорного на машинное и отключение тиристорного возбудителя.
15. Перевод возбуждения с машинного на тиристорный возбудитель.
16. Синхронизация генератора.

### Состав нештатных ситуаций.

В тренажере включен стандартный набор нештатных ситуаций, служащих для подготовки оперативного персонала к парирующим действиям в таких ситуациях. С помощью таблиц вводных задаются отказы в работе технологического оборудования, арматуры, систем автоматики, электрооборудования.

Имеется функция задержки по времени на ввод любой из ситуаций в действие. Задержка указывается в правом нижнем углу поля каждой аварийной вводной.

## 1. Отказы в работе.

### 1.1. Отказы в работе арматуры:

- самопроизвольное открытие без возможности управления;
- самопроизвольное закрытие без возможности управления;
- самопроизвольное зависание без возможности управления;
- отказ команды на закрытие в ручном режиме;
- отказ команды на открытие в ручном режиме;
- полная потеря управления объектом.

### 1.2. Отказы в работе механизмов:

- несанкционированное отключение;
- несанкционированное включение (невозможность действия защит, автоматики, управления).

### 1.3. Регулирующие клапаны:

- самопроизвольное открытие без возможности управления;
- самопроизвольное закрытие без возможности управления;
- самопроизвольное зависание без возможности управления;
- отказ команды на закрытие в ручном режиме;
- отказ команды на открытие в ручном режиме;
- полная потеря управления объектом;
- отказ в работе автоматики: полное открытие;
- отказ в работе автоматики: полное закрытие;
- отказ в работе автоматики: зависание.

## 1.4. Отказ в работе любой защиты.

### Технические требования

Для функционирования тренажера необходимы:

процессор с частотой не мене 2ГГц;

оперативная память емкостью не менее 4Гб;

свободная дисковая память емкостью не менее 2 Гб;

видеокарта с внутренней памятью не менее 128 Мб;

монитор с разрешением не менее 1920×1080 (рекомендуемое разрешение 1920×1200), для удобства возможно использование нескольких мониторов;

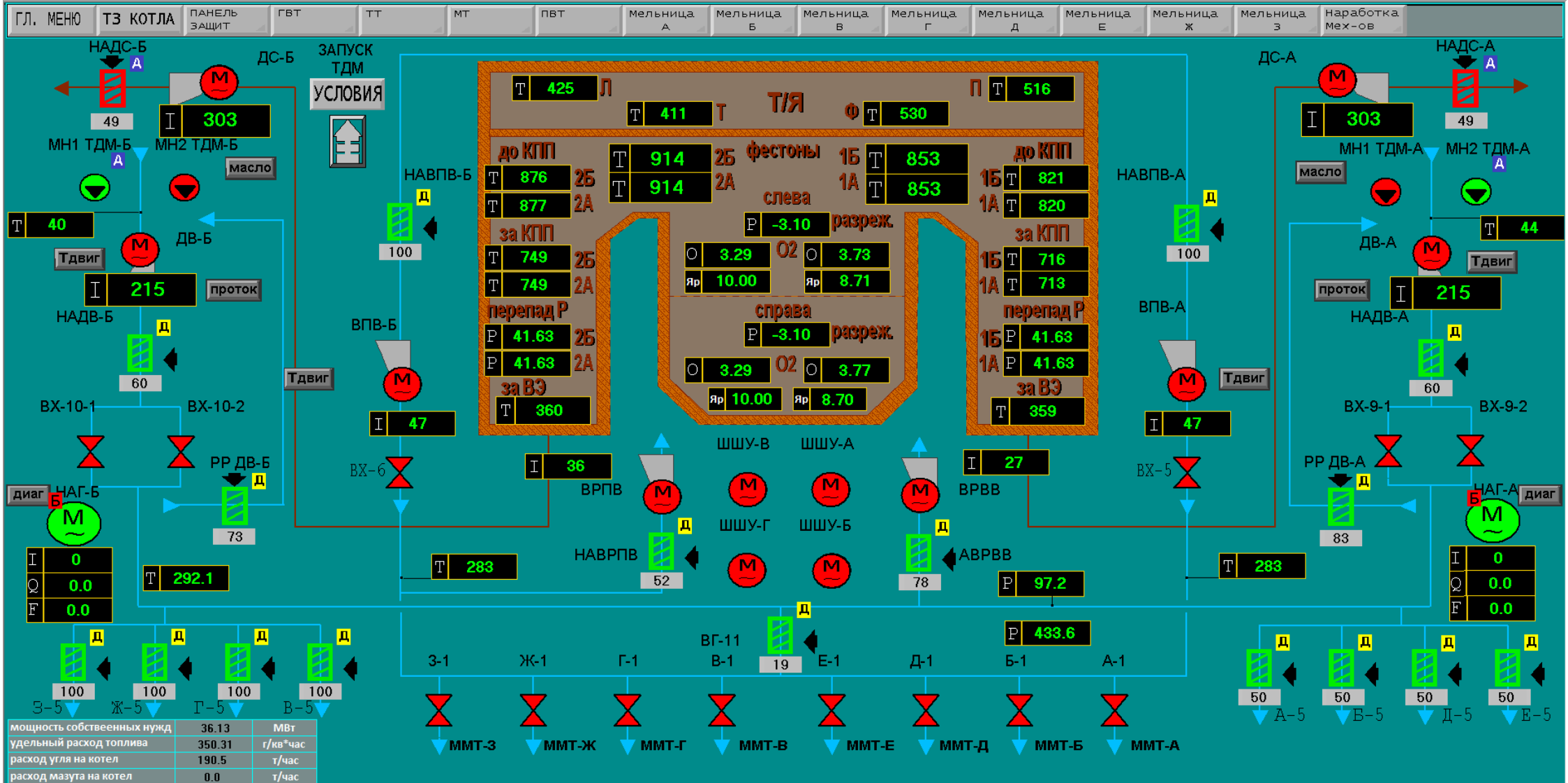
звуковая карта и колонки;

клавиатура, мышь;

сетевая карта 100Мбит (для сетевого варианта Тренажера);

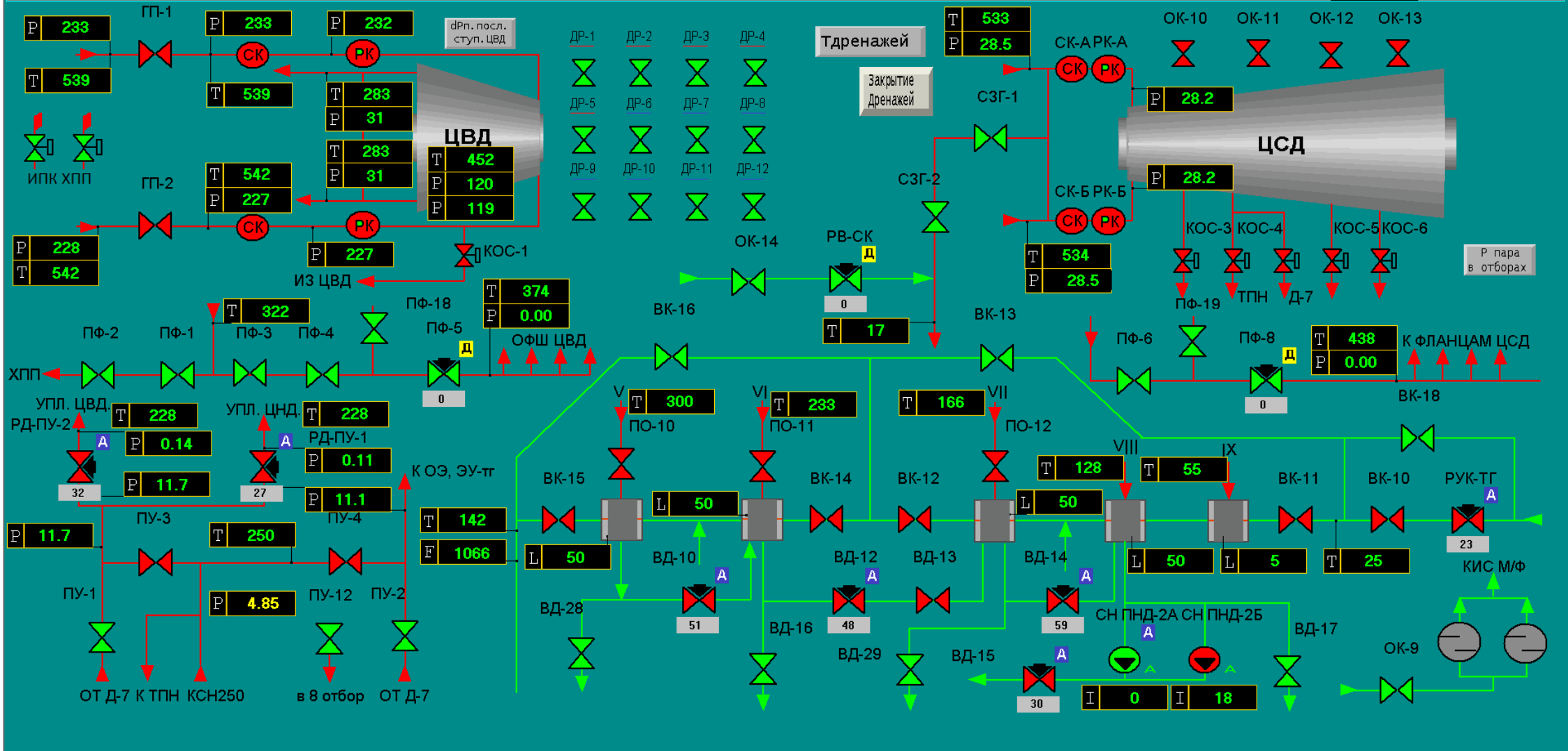
В случае, если требуется печать выходных документов (протоколов, графиков и т.п.), подключите к компьютеру принтер;

Тренажер предназначен для работы в среде Microsoft Windows 10/8/7/Vista/XP. Для работы Тренажера необходимо установить сервер баз данных MySQL.

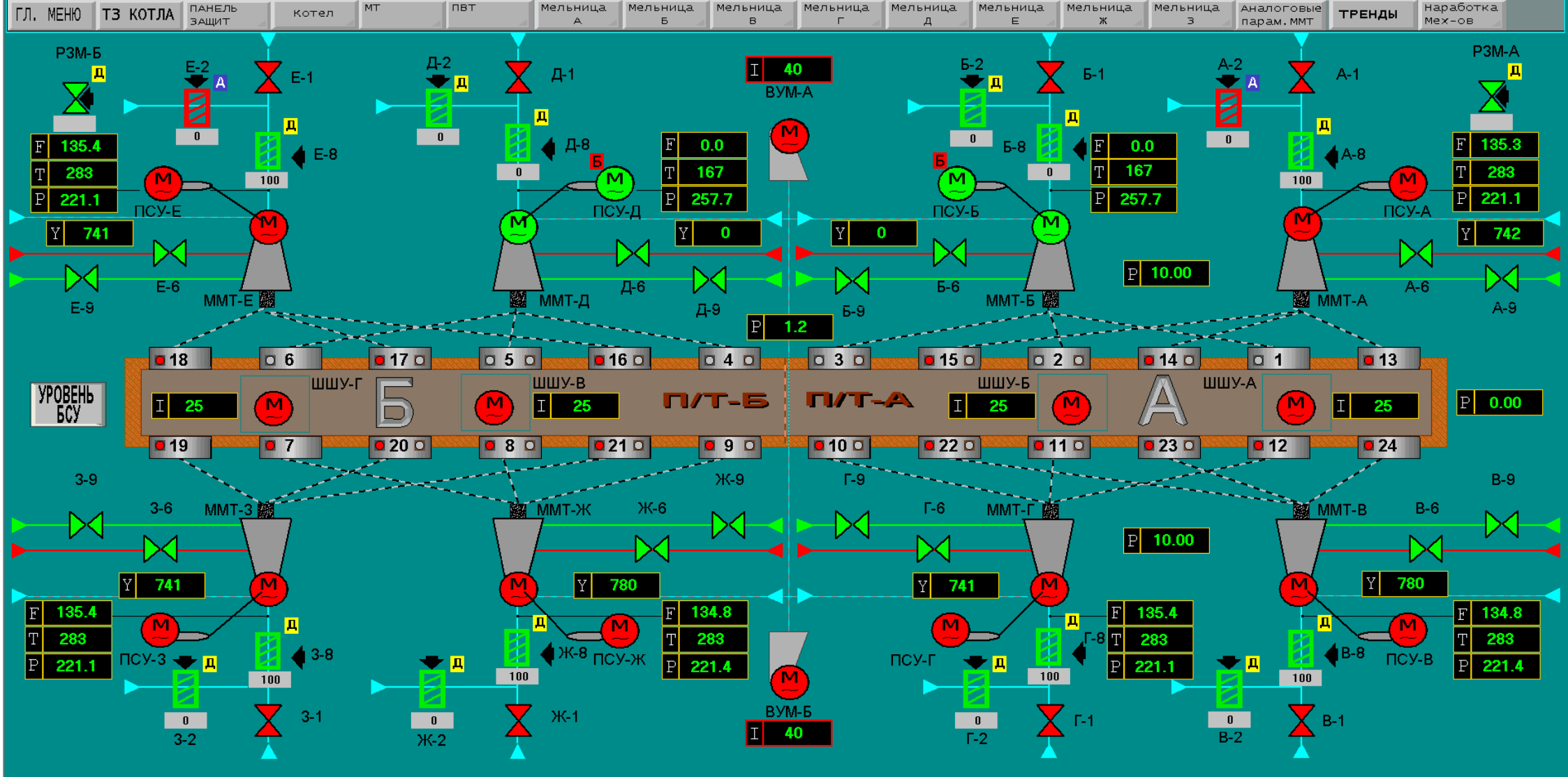


мощность собственных нужд	36.13	МВт
удельный расход топлива	350.31	г/кв*час
расход угля на котел	190.5	т/час
расход мазута на котел	0.0	т/час

ПИТ. ВОДА		ПАР ДО ВЭ		ОСТРЫЙ ПАР			ГРП			Т ПАРА. ПРОМПЕР		ХПТ		РАЗ. КОТЛА		МОЩНОСТЬ		ВОЗДУХ		КИСЛОРОД, %		Т ЗА СКРУББЕРАМИ				
Q т/ч	P кг/см <sup>2</sup>	P кг/см <sup>2</sup>	P кг/см <sup>2</sup>	P кг/см <sup>2</sup>	T °C	Q т/ч	P кг/см <sup>2</sup>	T °C	P кг/см <sup>2</sup>	T °C	T °C	P мм	N МВт	P кг/м <sup>2</sup>	ПРАВЫЙ	ЛЕВЫЙ	T °C	T °C	T °C	T °C	T °C	T °C				
А	570	0.0	А	253.4	А	236.9	540	598	А	28.9	534	30.1	283	ТБЛ	-3.10	Р	407.9	ПЕРВ	433.6	ТБЛ	3.7	3.8	А	108	В	77
Б	570	0.0	Б	247.9	Б	231.5	544	595	Б	28.9	534	30.1	283	ФР	-3.10	Р	97.2	ВТОР	97.2	ФР	3.3	3.3	Б	92	Г	109



ОСТРЫЙ ПАР			РВП			Т ПАРА ПРОМБЕР		ХПП		ВАКУУМ Т.Г.			ТНН			КСН			Д-7		ПНД-5									
Р	кг/см <sup>2</sup>	Т °С	Q	т/ч	Р	кг/см <sup>2</sup>	Т °С	Р	кг/см <sup>2</sup>	Т °С	Р	кг/см <sup>2</sup>	Т °С	Р	кг/см <sup>2</sup>	Q	т/ч	РОУ	РУ	БРОУ	Р	кг/см <sup>2</sup>	Q	т/ч	Т	°С	Л	см	Т	°С
А	236.9	540	598		А	28.87	534	30.65	283	А	-0.98	17		А	331.00	601		Р	0.00	12.00	Р	-0.98	6.00	192	1066					
Б	231.5	544	594		Б	28.87	534	30.65	283	Б	-0.98	17	11.86	Б	331.00	601		Т	20	0	Т	20	192	142						



П/Т. ВОДА		ПАР ДО ВЗ		ОСТРЫЙ ПАР		Г/П			Х/П		РАЗ. КОТЛА		МОЩНОСТЬ		ВОЗДУХ		КИСЛОРОД, %			Т ЗА СКРУББЕРАМИ						
Q	Р	Q	Р	Q	T	Q	T	Р	Q	T	Р	мм	N	Р	ПЕРВ	ВТОР	ПРАВЫЙ	ЛЕВЫЙ	А	Б	Г					
т/ч	кг/см <sup>2</sup>	кг/см <sup>2</sup>	кг/см <sup>2</sup>	кг/см <sup>2</sup>	°C	т/ч	°C	кг/см <sup>2</sup>	т/ч	°C	кг/см <sup>2</sup>		МВт	кг/м <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C					
А	570	0.0	А	253.3	А	236.9	540	598	А	28.9	534	30.1	283	ТЫЛ	-3.10	Р	407.5	ПЕРВ	433.6	ТЫЛ	3.7	3.8	А	108	Б	77
Б	570	0.0	Б	247.9	Б	231.5	544	594	Б	28.9	534	30.1	283	ФР.	-3.10	Р	407.5	ВТОР	97.2	ФР.	3.3	3.3	Б	92	Г	109