УДК 621.565:001.92

ТРЕНАЖЕР «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ФРЕОНОВАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА»

Б. И. ОЛЕЙНИКОВ
"ТРАНЗАС – электронные технологии", С.-Петербург
В. В. ОЛЕЙНИК, Е. Н. ИГНАТЕНКО
Дальрыбвтуз, Владивосток

A complex of computer simulators (refrigerating installation) developed by the company Transac together with Dalrybvtuz is designed for study of operation principle and control of refrigerating installations under different operating conditions and with different consumers. Simulators «refrigerating installation of provision stores» and «automatic refrigerating installation of air conditioning system» are considered in detail.

Компания "ТРАНЗАС" совместно с Дальневосточным государственным техническим рыбохозяйственным университетом (Дальрыбвтуз) разрабатывает компьютерный тренажерный комплекс "Холодильная установка" из нескольких модулей (тренажеров), включающих холодильные машины и разные группы потребителей (морозильные аппараты, охлаждаемые помещения, бункера предварительного охлаждения, льдогенераторы, системы кондиционирования воздуха), использующих различные хладагенты, системы охлаждения и подачи хладагента. Каждый тренажер может работать как автономно, так и в комплексе, составляющем единую холодильную установку.

Тренажеры предназначены для изучения состава, принципа действия и регулировки холодильных установок, а также для приобретения навыков управления ими в нормальных условиях эксплуатации и при возникновении неисправностей и аварийных ситуаций в их работе.

Состав аппаратных средств для организации работы тренажера представлен на рис. 1.

Программное обеспечение (ПО) тренажеров состоит из ПО рабочего места инструктора (преподавателя) и ПО рабочих мест обучаемых (от 1 до 12).

Тренажеры позволяют проводить индивидуальное обучение, обучение группы, тренинг команды и могут работать как в сетевом режиме, так и автономно.

Кроме того, в каждом тренажере имеется встроенная автоматическая система оценки деятельности обучаемого.

Тренажер может быть дополнен презентационной техникой (проектор, экран и др.) для проведения лекций, практических занятий, разбора выполненных упражнений и т.п. с большими группами обучающихся.

По желанию заказчиков тренажеры могут быть дополнены муляжами реальных панелей управления агрегатами установки.

Ниже более подробно рассмотрены два тренажера: "Автоматизированная холодильная установка провизионных кладовых" и "Автоматизированная холодильная установка системы кондиционирования воздуха".

В тренажере "Холодильная установка провизионных кладовых" (рис.2) моделируется установка, предназначенная для создания и длительного поддержания требуемого температурного режима в двух группах провизионных кладовых с различными температурными условиями хранения. Одна группа – три провизионные кладовые для хранения замороженой продукции: Butter (хранение масла при температуре –2 °С), Meat (хранение мяса при –15 °С) и Fish (хранение рыбы при –15 °С). Вторая группа – три провизионные кладовые для хранения охлажденной продукции: Fruit (хранение фруктов при 2 °С), Vegetables (хранение овощей при 2 °С), Dry

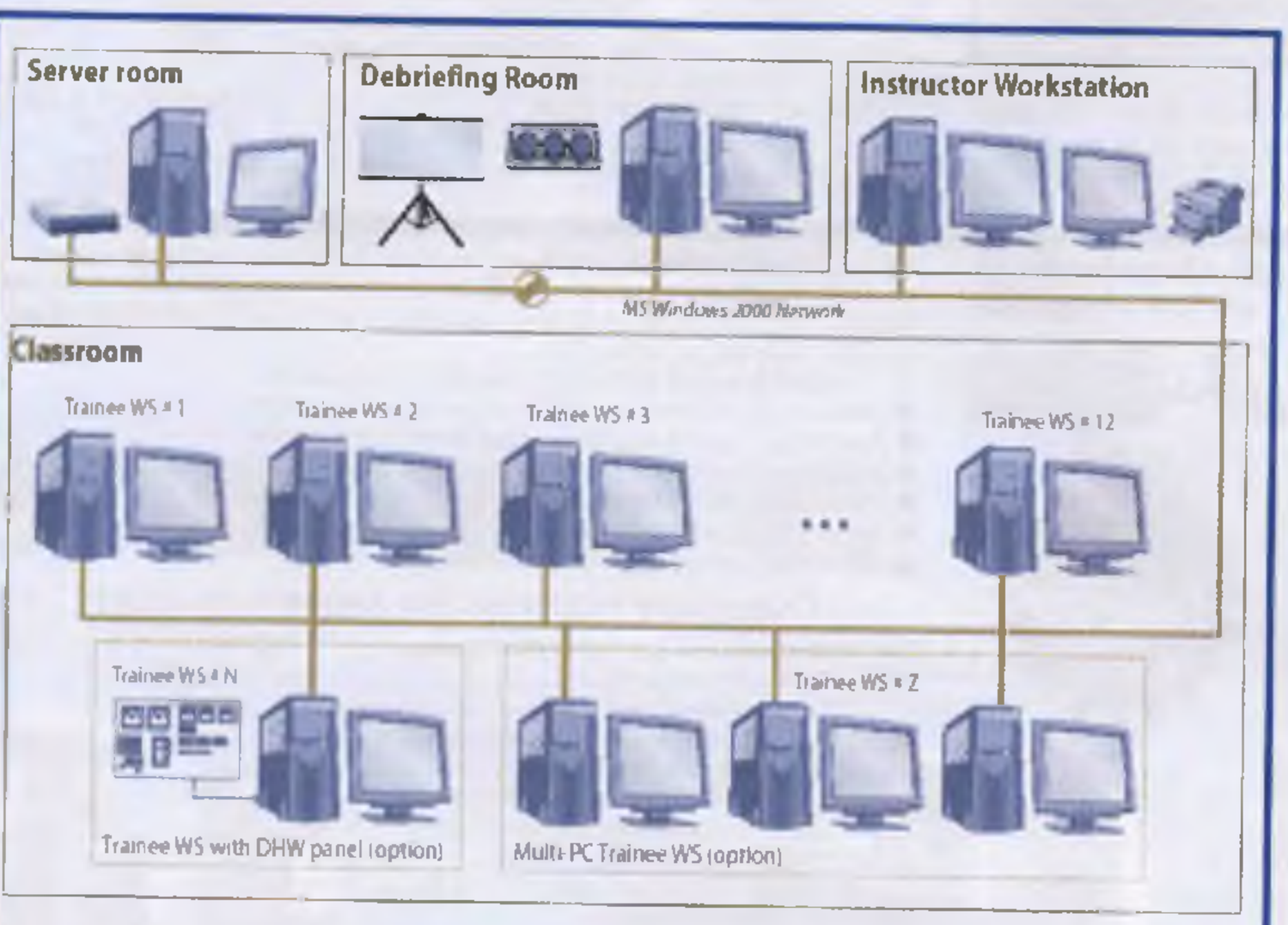

Рис. 1. Структура аппаратного комплекса тренажера

prov (хранение сухой провизии при 8 °С).

Основным хладагентом выбран R134a, предусмотрена возможность перехода на R401b.

Холодильная установка состоит из двух холодильных машин, работающих каждая на свою группу потребителей. При этом холодопроизводительность каждой холодильной машины достаточна для обслуживания в случае необходимости обеих групп кладовых, для чего в системе предусмотрены газовый и жидкостный соединительные трубопроводы с отсечными клапанами (кнопка управления отсечными клапанами находится в правом верхнем углу мнемосхемы).

В состав каждой из двух холодильных машин входят: бессальниковый поршневой компрессор; кожухотрубный конденсатор; фильт-осушитель с индикатором влажности; три воздухоохладителя (по числу охлаждаемых помещений); трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, приборы автоматического управления и защиты. Управление работой холодильных машин и индикация параметров хладагента, воды, воздуха в охлаждаемых помещениях осуществляются с помощью панели управления, расположенной справа от мнемосхемы.

Панель управления состоит из трех блоков: блока управления подачей охлаждающей воды; блока контроля и управления компрессорами (переключение панели управления на приборы компрессоров № 1 или № 2 осуществляется путем нажатия на соответствующую кнопку); блока контроля и управления провизионными кладовыми (получение информации по каждой кладовой достигается путем нажатия соответствующей кнопки). Кроме того, предусмотрена возможность настройки уставок температурного режима в каждой кладовой в требуемых пределах и удаления «снеговой шубы» вручную или автоматически (заданием периода времени включения устройства оттайки).

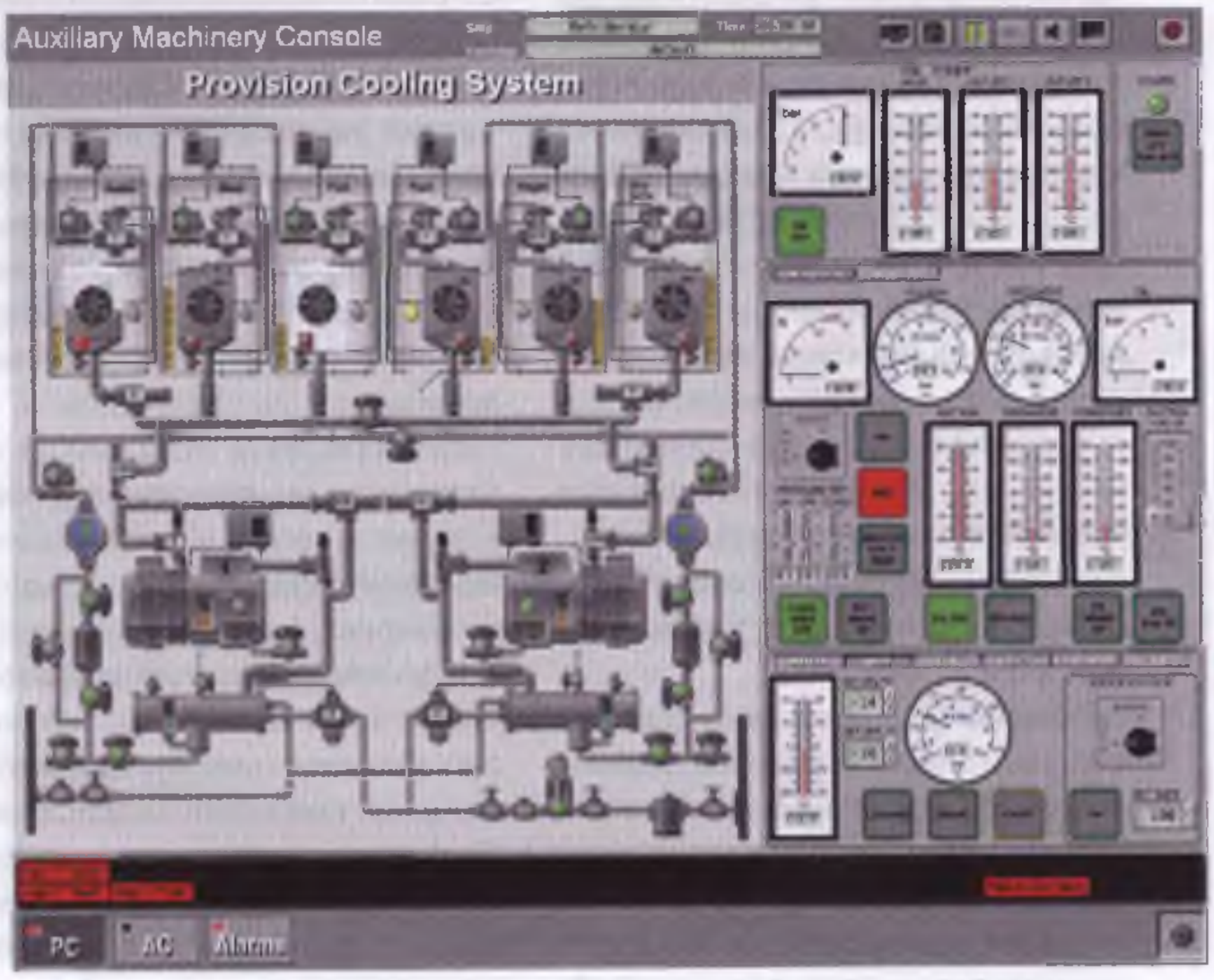

Рис. 2. Рабочее место обучаемого: мнемосхема и панель управления холодильной установкой провизионных кладовых

Загрузка кладовых известным количеством груза с заданной температурой, а также их выгрузка, могут осуществляться как инструктором, так и обучаемым по заданию инструктора. При работе установки учитывается теплоприток в охлаждаемые помещения через неплотности изоляции, при открывании дверей и загрузке продуктов, от хранящихся продуктов, освещения и вентиляции.

Органы управления в тренажере используются те же, что и в реальной установке, управление ручное и автоматическое. В 84 точках осуществляются индикация или контроль параметров.

Изображенный на рис. 2 экран компьютера тренажера холодильной установки провизионных кладовых соответствует работе установки в автоматическом режиме: зеленые лампочки указывают, какие механизмы работают и какие клапаны открыты. Зеленый цвет указывает также, что уровни хладагента и масла находятся в пределах нормы, а управляющие кнопки – в активном состоянии. В кладовой для хранения рыбы отмечено наличие «снеговой шубы», а в кладовой для хранения масла идет оттайка (горит красная лампочка, и сработала сигнализация о превышении температуры в этой кладовой – красный прямоугольник в левой нижней части экрана). Все кладовые загружены продукцией, а в кладовой для фруктов идет погрузка-выгрузка продукции: открыта дверь, горит свет в помещении (желтая лампочка) и сработала сигнализация о том, что в этом помещении находятся люди (красный прямоугольник в правой нижней части экрана). На панели управления компрессорами показаны параметры, характеризующие работу компрессора № 1. На панели управления провизионными кладовыми даны параметры, характеризующие состояние кладовой для хранения масла (Butter).

В тренажере "Автоматизированная холодильная установка системы кондиционирования воздуха" (рис. 3) моделируется установка, предназначенная для обеспе-

чения комфортных условий в жилых помещениях.

В тренажере принята центральная прямоточная двухканальная высоконапорная система кондиционирования. В состав кондиционера входят: центробежный прямоточный вентилятор с электродвигателем и воздушным фильтром, обеспечивающий подачу воздуха через кондиционер к местным регуляторам в помещениях; паровое увлажняющее устройство; каплеуловитель; воздухоохладители первой и второй ступеней; паровые регулирующие и запорные клапаны.

Холодильная машина состоит из поршневого многоцилиндрового компрессора с автоматическим регулированием производительности; маслоотделителя; кожухотрубного конденсатора; ресивера; фильтра-осушителя; воздухоохладителей; трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, приборов управления и автоматической защиты. Хладагентом выбран R22.

Управление работой кондиционера и холодильной машины, а также индикация параметров состояния хладагента, воды, воздуха в помещениях осуществляются с помощью панели управления, расположенной справа от мнемосхемы.

Панель управления включает три блока: блок контроля и управления кондиционером; блок управления подачей охлаждающей воды; блок контроля и управления компрессором. При работе установки можно подбирать желаемые условия в помещениях с помощью регуляторов (cabin 1,2,3,4.)

Органы управления предусмотрены те же, что и в реальной установке. Установка управляется вручную и автоматически в двух основных режимах: летнем и зимнем (отключается холодильная машина). Предусмотрена подача воздуха в помещение с помощью вентилятора в переходном режиме. Параметры контролируются и индицируются в 49 точках.

Изображенный на рис. 3 экран компьютера тренажера соответствует работе холодильной установки системы кондиционирования воздуха в летнем режиме при автоматическом управлении: зеленые лампочки указывают, что механизмы и устройства работают, клапаны открыты, управляющие кнопки находятся в активном состоянии, уровни масла и хладагента – в пределах нормы.

Температура в помещениях одинакова, но по желанию она может устанавливаться индивидуально в каждом помещении с помощью регуляторов.

В рассматриваемых тренажерах предусмотрена световая и звуковая сигнализация (рис. 4), которая срабатывает при опасных или нерекомендуемых значениях определенных контролируемых параметров, а именно: при высокой температуре охлаждаемых помещений (на 3 °С выше заданной), высоких давлении и температуре нагнетания, низких давлении всасывания и давлении смазочного масла компрессоров, низком уровне смазочного масла в картерах компрессоров, низком давлении на нагнетании насоса охлаждающей воды, а также при закрытом магистральном соленоидном вентиле при включенном освещении в охлаждаемом помещении, при закрытых парорегулирующих вентилях.

Остановка компрессоров (Shut Down) производится при достижении предельно допустимых повышения давления и температуры на нагнетании, понижения давления на всасывании компрессора, понижения давления смазочного масла компрессора, а также при прекращении тока воды в системе охлаждения конденсатора или компрессора (с задержкой по времени в 5 с), при отключении насоса охлаждающей воды, при недопустимом превышении тока. Кроме того, предусмотрены блокировка закрытия дверей в охлаждаемом помещении при включенном освещении и защита аппаратов высокого давления (конденсаторов и ресивера) посредством предохранительных клапанов.

При остановке компрессора вследствие неисправности отключается автоматика управления компрессором, закрывается магистральный соленоидный вентиль. Последующее включение компрессора возможно только вручную (при этом необходимо сначала открыть магистральный соленоидный

Рис. 3. Рабочее место обучаемого: мнемосхема и панель управления тренажером холодильной установки системы кондиционирования воздуха

вентиль). При попытке пуска компрессора при закрытом магистральном соленоидном вентиле снова сработает Shut Down. Включение автоматики возможно только после пуска компрессора в ручном режиме.

В тренажерных установках моделируются наиболее часто встречающиеся неисправности: отключение электропитания, утечка хладагента из системы, поломка одного из компрессоров, поломка реле температуры морозильной камеры, нарастание «снежной шубы» на испарителе морозильной камеры, поломка вентилятора кондиционера, скопление воздуха в контуре хладагента, загрязнение конденсатора со стороны охлаждающей воды, загрязнение терморегулирующего вентиля (влага, механические примеси), отсутствие перепуска масла (сломался соленоид, реле температуры), поломка паррегулятора, засорение воздушного фильтра вентилятора кондиционера, влажный ход компрессора.

Процесс обучения на тренажере организует инструктор. Его рабочее место оборудуется двумя дисплеями (желательно): на одном дисплее (Slave Monitor) высвечивается картинка, повторяющая картинку вызванного места обучаемого; на втором (основном) экране выводится информация о состоянии тренажера (рис. 5), используя которую, инструктор проводит занятия в различных режимах:

➢ Режим «Edit» служит для создания (выбора) упражнений, их просмотра, редактирования и сохранения.

В этом режиме инструктор может:

• загрузить и просмотреть начальную ситуацию и сценарий выбранного упражнения;

• отредактировать сценарий и сохранить упражнение под тем же или другим именем;

• проиграть упражнение и сохранить получившуюся ситуацию как новое упражнение;

• перевести один или несколько компьютеров в режим Briefing (режим демонстрации обучаемым выполнения упражнения. Управление производится только инструктором, для обучаемого кнопки управления недоступны).

➢ Режим "Online class" служит для контроля за выполнением упражнения обучаемыми.

В этом режиме инструктор может:

• назначить упражнение на один или несколько компьютеров;

• приостанавливать, продолжать упражнение для выбранного обучаемого или всего класса;

• включать, выключать запись выполнения упражнения для выбранного обучаемого или всего класса;

• осуществлять ввод неисправностей и редактирование параметров работы модели в процессе тренинга;

• корректировать сценарий для выбранного обучаемого (вводить неисправности с назначением времени).

➢ Режим "Debriefing" служит для просмотра записей выполнения упражнений обучаемыми (пленок).

В этом режиме инструктор может:

• загрузить и просмотреть пленку;

• назначить просмотр пленки на один или несколько компьютеров;

• записать выбранную ситуацию как начальную ситуацию упражнения.

Одна из функций тренажера позволяет записывать изменения параметров во времени с возможностью последующего анализа.

Информация о введенных неисправностях фиксируется инструктором, но на экраны обучаемого не выводится. При необходимости инструктор, обучая распознавать неисправность, сообщает о ней обучаемому и затем в режиме "Briefing" поясняет, как и по изменению каких параметров нужно определять наличие неисправности.

Математическая модель тренажера реагирует на каждую введенную неисправность, выдавая соответствующие значения параметров на контрольно-измерительные приборы. Используя показания приборов, обучаемый учится распознавать неисправности.

В тренажерах холодильных установок провизионных кладовых и си-

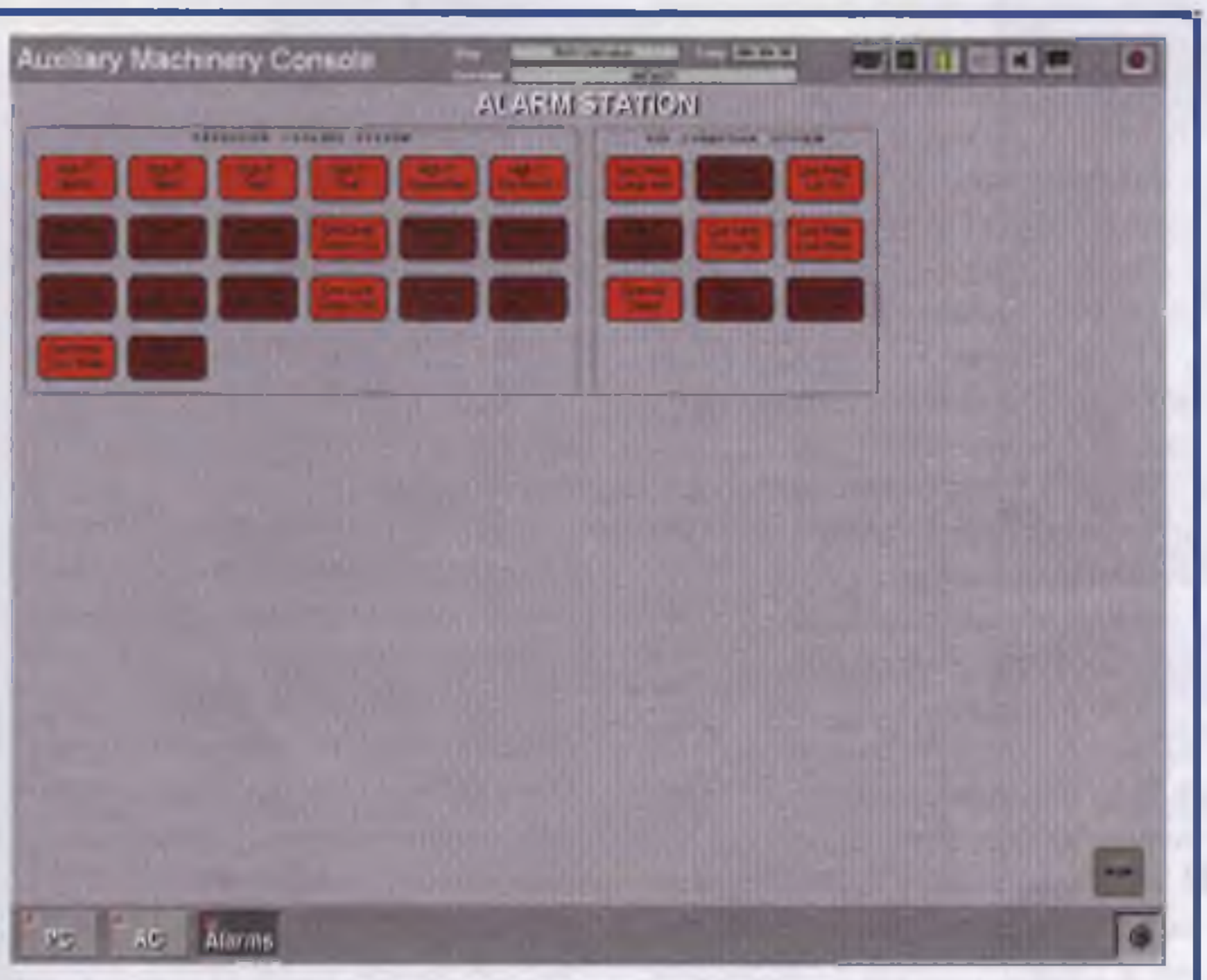

Рис. 4. Рабочее место обучаемого: вид панели аварийно-предупредительной сигнализации

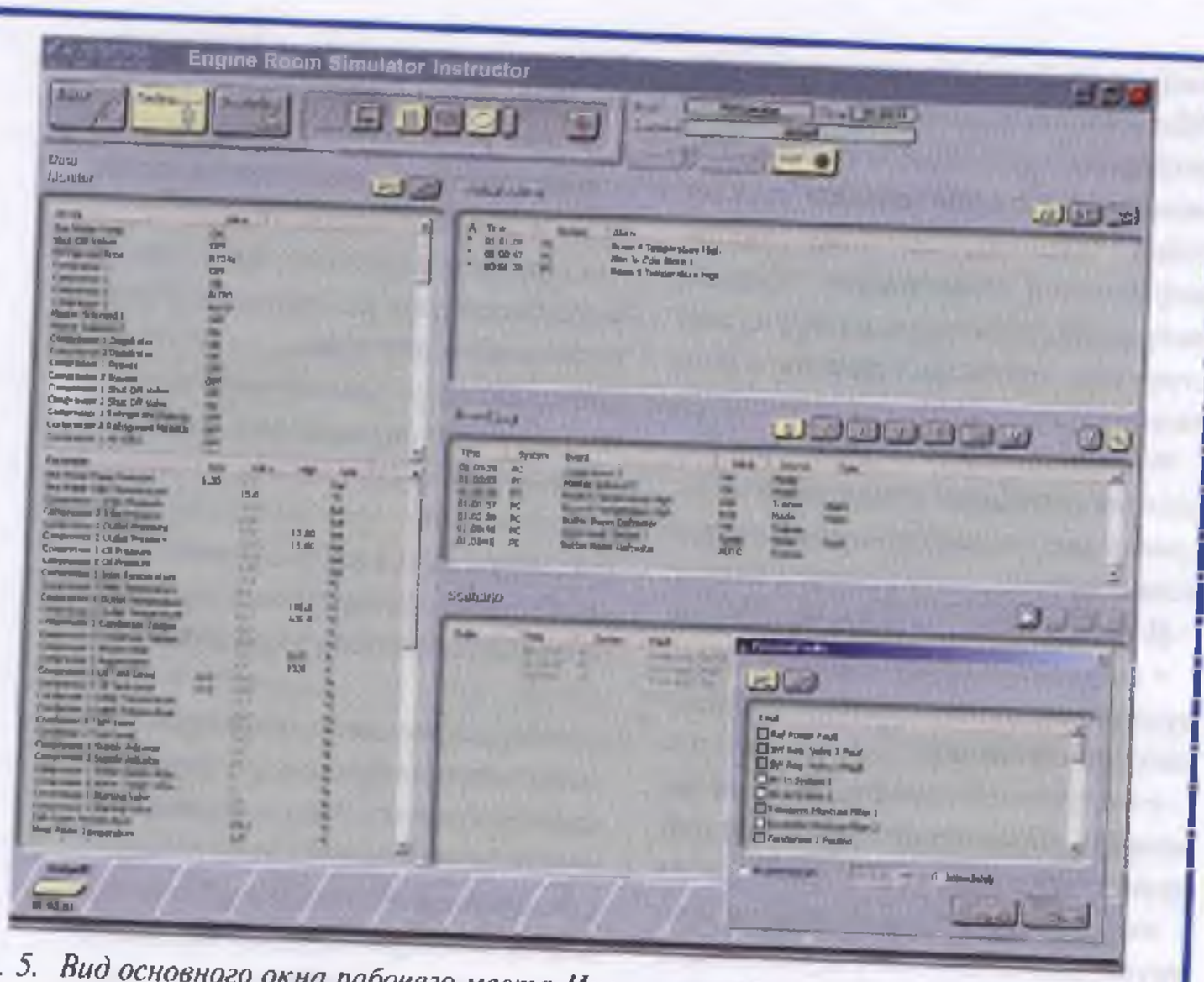

Рис. 5. Вид основного окна рабочего места Инструктора

стемы кондиционирования воздуха моделируются следующие процессы:

- течение жидкости и (или) газа по разветвленному трубопроводу;
- теплообмен между двумя средами в проточном теплообменнике кожухотрубного или пластинчатого типа и теплообмен при наличии теплопритока извне;
- испарение и конденсация хладагента;
- работа механизмов и устройств (компрессоры, насосы, вентиляторы, клапаны);
- работа органов управления в ручном и автоматическом режимах.

Программа математической модели составлена так, что при введении управляющих воздействий выдает рассчитываемые параметры в зависимости от времени и граничных условий. Программа математической модели вызывается из программы тренажера с определенным шагом (0,5 с или 1 с), но расчет идет с меньшим шагом, необходимым для достижения требуемой точности и устойчивости решения.

Тренажеры разработаны в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов.

Высшее профессиональное образование по специальностям:

070200 «Техника и физика низких температур»;

101700 «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование»;

230100 «Эксплуатация и обслуживание транспортных и технологических машин и оборудования (в пищевой и перерабатывающей промышленности)»;

240500 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Среднее профессиональное образование по специальностям:

1711 «Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных машин и установок»;

2409 «Эксплуатация транспортных энергетических установок (на водном транспорте)».

Начальное профессиональное образование по специальностям:

30.15 «Механик маломерного судна»;

30.16 «Моторист (машинист) рефрижераторных установок».

Тренажеры могут быть использованы как для обучения студентов, так и для подготовки и переподготовки специалистов, занимающихся эксплуатацией холодильных установок, с целью повышения их квалификации и контроля уровня подготовки.

В соответствии с требованиями Международной конвенции ПДНВ78/95 и Типового курса IMO в отношении машинной команды на тренажерах могут проходить подготовку также судовые механики.

На тренажерах, находившихся в опытной эксплуатации в течение трех семестров, прошли обучение свыше 250 студентов и специалистов. Отзывы преподавателей, студентов и производственников положительные.

По заключению специалистов Международной академии холода предлагаемые тренажеры «Автоматизированная холодильная установка провизионных кладовых» и «Автоматизированная холодильная установка системы кондиционирования воздуха» имеют следующие основные достоинства:

- ✓ отсутствие как в России, так и за рубежом тренажеров, аналогичных разработанным;
- ✓ возможность использования как для обучения студентов, так и для повышения квалификации, переподготовки и проверки компетентности и аттестации специалистов;
- ✓ глубина и точность моделирования, наглядность и реалистичность воспроизведения всех функций и замеров контролируемых параметров;
- ✓ возможность работы с ручным и автоматическим управлением;
- ✓ возможность имитации наиболее типичных неисправностей и аварийной работы;
- ✓ гибкая настройка конфигурации – возможность использования как для групповых, так и для индивидуальных занятий;
- ✓ современный дизайн.

По желанию заказчиков тренажеры могут быть адаптированы к условиям использования холодильных установок в пищевой и других отраслях промышленности, на автомобильном и железнодорожном транспорте, а также на судах рыбопромыслового, морского и речного флотов.