

УДК 621.56

Новые компьютерные тренажеры ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Канд. техн. наук, проф. Б.И. ОЛЕЙНИКОВ

ТРАНЗАС – электронные технологии, г. Санкт-Петербург

канд. техн. наук В.В. ОЛЕЙНИК, Е.Н. ИГНАТЕНКО

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток

Two simulators: «The automated refrigerating installation for the provision pantries» and «The automated refrigerating installation of air conditioning system» are considered in detail in the article. The simulators can be used both for training of students, and for training and retraining of specialists involved in the operation of refrigerating installations.

Современные компьютерные тренажеры позволяют обучать студентов выполнению стандартных процедур и действиям в нештатных и аварийных ситуациях, а также проводить тренинги специалистов и оценивать их компетенцию.

В течение ряда лет компания ТРАНЗАС, тесно сотрудничая с учебными заведениями, проектными и научно-исследовательскими организациями, накопила значительный опыт в разработке и создании тренажеров различного назначения, которые широко используются в России и за рубежом. Сотни учебных заведений и организаций по всему миру (в Великобритании, Индии, Иране, Испании, Китае, России, США, Филиппинах, Финляндии, во Франции, в Швеции, Южной Корее, Японии и в других странах) оборудованы нашими тренажерами различного назначения. Только за два последних года нами установлено 95 тренажеров в 27 странах.

В настоящее время компания ТРАНЗАС совместно с Дальневосточным государственным техническим рыбохозяйственным университетом (Дальрыбвтуз) разрабатывает компьютерный тренажерный комплекс «Автоматизированная холодильная установка», состоящий из нескольких модулей (тренажеров) и включающий холодильные машины, разные группы потребителей (морозильные аппараты, охлаждаемые помещения, бункера предварительного охлаждения, льдогенераторы, системы кондиционирования воздуха), использующих различные хладагенты, системы охлажде-

ния и подачи хладагента. Каждый тренажер может работать как автономно, так и в комплексе, составляющем единую холодильную установку.

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

В тренажере «Автоматизированная холодильная установка провизионных кладовых» (рис.1) моделируется установка, предназначенная для создания и длительного поддержания температурного режима в двух группах провизионных кладовых с различными температурными условиями хранения. Одна группа – три провизи-

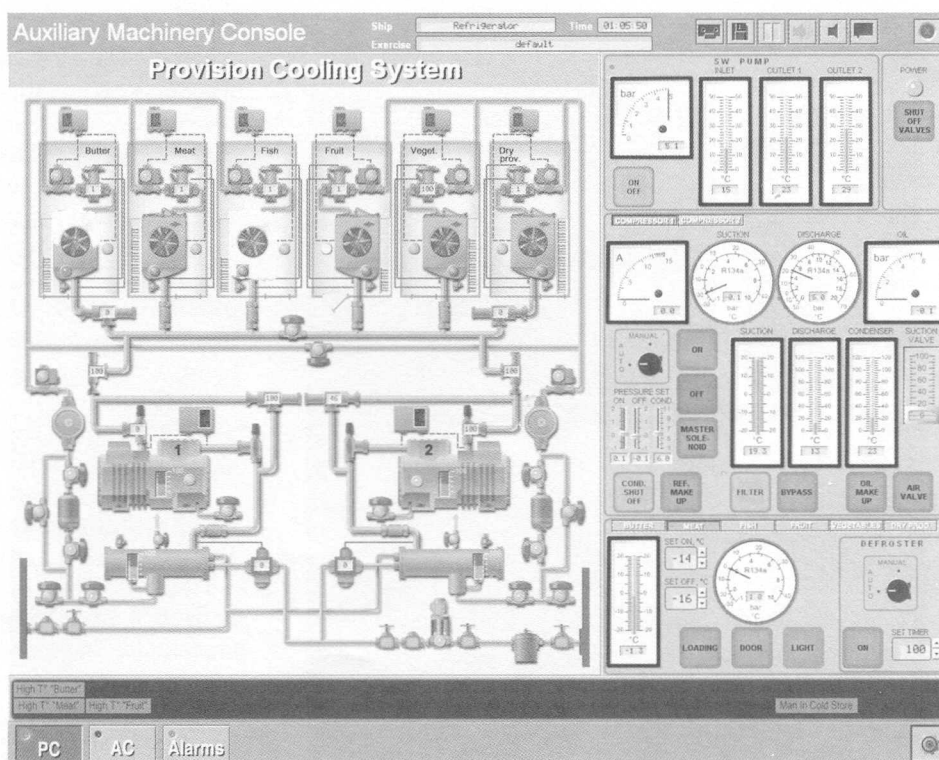


Рис. 1. Мнемосхема и панель управления тренажером холодильной установки провизионных кладовых

онные кладовые для хранения мороженой продукции: Butter – хранение масла, температура $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$; Meat – хранение мяса, $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$; Fish – хранение рыбы, $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вторая группа – три провизионные кладовые для хранения охлажденной продукции: Fruit – хранение фруктов при температуре $2\text{ }^{\circ}\text{C}$; Vegetables – хранение овощей, $2\text{ }^{\circ}\text{C}$; Dry prov – хранение сухой провизии, $8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Основным холодильным агентом выбран фреон R134a, предусмотрена возможность перехода на R401b.

Холодильная установка состоит из двух холодильных машин, работающих каждая на свою группу потребителей. Холодопроизводительность каждой холодильной машины достаточна для работы на обе группы кладовых в случае необходимости. Для этого в системе предусмотрены газовый и жидкостный соединительные трубопроводы с отсечными клапанами.

В состав каждой из двух холодильных машин входят: бессальниковый поршневой компрессор; кожухотрубный конденсатор; фильтр-осушитель с индикатором влажности; три воздухоохладителя (по числу помещений); трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, приборы автоматического управления и защиты. Управление работой холодильных машин и индикация параметров состояния 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; блока контроля и управления провизионными кладовыми.

Предусмотрена возможность загрузки кладовых от инструктора, а также самим обучаемым по заданию инструктора известным количеством груза с заданной температурой. При работе установки учитываются теплопритоки в охлаждаемые помещения через ограждения, от загружаемых продуктов, а также эксплуатационные теплопритоки (освещение, открывание дверей, двигатели воздухоохладителей и т.д.).

Органы управления предусмотрены те же, что и в реальной установке. Тренажер работает при ручном и автоматическом управлении. Контролируемые параметры и индикаторы представлены по 84 точкам.

В тренажере «Автоматизированная холодильная установка системы кондиционирования воз-

духа» (рис.2) моделируется установка, предназначенная для обеспечения комфортных условий в жилых помещениях.

В тренажере принята центральная прямооточная двухканальная высоконапорная система кондиционирования. В состав кондиционера входят: центробежный прямооточный вентилятор с электродвигателем и воздушным фильтром, обеспечивающим подачу воздуха через кондиционер к каютным доводчикам; паровые воздухонагреватели первой и второй ступеней; паровое увлажняющее устройство; каплеуловитель; воздухоохладители первой и второй ступеней; паровые регулирующие и запорные клапаны.

В состав холодильной машины входят: поршневой многоцилиндровый компрессор с автоматическим регулированием производительности; маслоотделитель; кожухотрубный конденсатор; ресивер; фильтр-осушитель; воздухоохладители; трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, приборы управления и автоматической защиты. Хладагентом выбран фреон R22.

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

Панель управления состоит из трех блоков: блока контроля и управления кондиционером; блока управления подачей охлаждающей воды; блока контроля и управления холодильной машиной. При работе установки

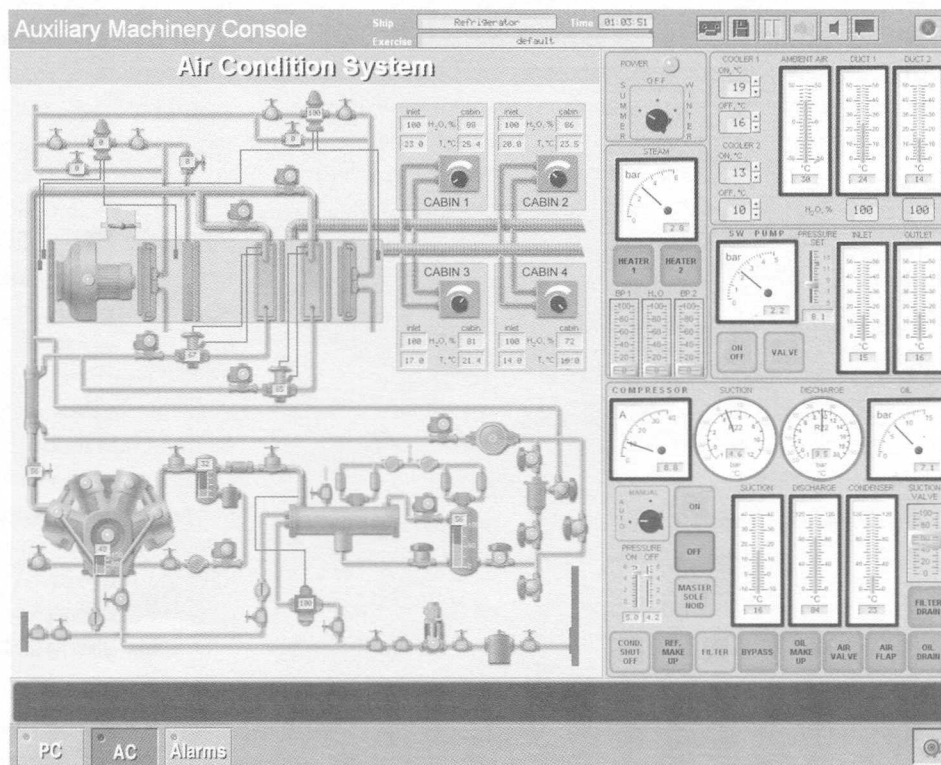


Рис. 2. Мнемосхема и панель управления тренажером холодильной установки системы кондиционирования воздуха

можно подбирать желаемые условия в помещениях с помощью регуляторов (cabin 1,2,3,4).

Органы управления предусмотрены те же, что и в реальной установке. Работа установки осуществляется при ручном и автоматическом управлении в двух основных режимах: летнем и зимнем (отключается холодильная машина). Предусмотрена подача воздуха в помещение с помощью вентилятора в переходном режиме. Контролируемые параметры и индикаторы представлены по 49 точкам.

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

В тренажерах предусмотрена световая и звуковая сигнализация (рис.3), которая срабатывает при достижении опасных или нерекондуемых значений следующих контролируемых параметров: высокая температура охлаждаемых помещений (на 3 °С больше заданной), высокое давление на нагнетании компрессоров, высокая температура на нагнетании компрессоров, низкое давление на всасывании компрессоров, низкое давление смазочного масла компрессоров, низкое давление на нагнетании насоса охлаждающей воды, магистральный соленоидный клапан закрыт, включено освещение в охлаждаемом помещении, парорегулирующие клапаны закрыты, высокое значение силы тока, высокая температура обмоток электродвигателя.

Предусмотрена остановка компрессоров (Shut Down) при достижении предельно допустимых значений одного из следующих параметров: высокое давление на нагнетании компрессоров, высокая температура на нагнетании компрессоров, низкое давление на всасывании компрессоров, низкое давление смазочного

масла компрессоров, прекращение протока воды в системе охлаждения конденсатора или компрессора (с задержкой по времени 5 с), отключение насоса охлаждающей воды, недопустимое превышение силы тока. Кроме того, предусмотрены блокировка дверей на закрытие в охлаждаемом помещении при включенном освещении и защита аппаратов высокого давления: конденсаторов и ресивера путем срабатывания предохранительных клапанов.

При остановке компрессора вследствие неисправности (Shut Down) отключается автоматика управления компрессором, закрывается магистральный соленоидный клапан. Последующее включение компрессора возможно только вручную, при этом необходимо сначала открыть магистральный соленоидный клапан. При попытке запуска компрессора при закрытом магистральном соленоидном клапане снова срабатывает (Shut Down). Включение автоматики возможно только после запуска компрессора в ручном режиме.

В тренажерах холодильных установок моделируются наиболее часто встречающиеся неисправности: отключение электропитания, утечка хладагента из системы, поломка одного из компрессоров, поломка реле температуры провизионных клапанов (соленоидный клапан закрывается в автоматическом режиме, его открытие возможно при переводе компрессора в ручной режим), нарастание «снеговой шубы» на поверхности воздухоохладителя провизионных клапанов, поломка вентилятора кондиционера, скопление воздуха в системе хладагента, загрязнение конденсатора со стороны охлаждающей воды, загрязнение терморегулирующего клапана (ТРВ) (влаги, механические загрязнения), отсутствие перепуска масла (сломался соленоид, реле температуры), поломка парорегулятора, засорение воздушного фильтра вентилятора кондиционера, влажный ход компрессора.

Программное обеспечение (ПО) тренажера включает в себя ПО рабочего места Инструктора и ПО рабочего места Обучаемого. Одновременно на тренажере могут заниматься до 12 человек (по желанию можно и больше, но опыт эксплуатации тренажерных систем показывает, что при числе обучаемых более 12 процесс обучения малоэффективен). Тренажер может работать как в сетевом варианте, так и автономно.

Инструктор, организуя процесс обучения на тренажере, выполняет следующие основные функции (рис. 4).

■ *Проведение занятий в режиме «Edit».* Это режим работы Инструктора для 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

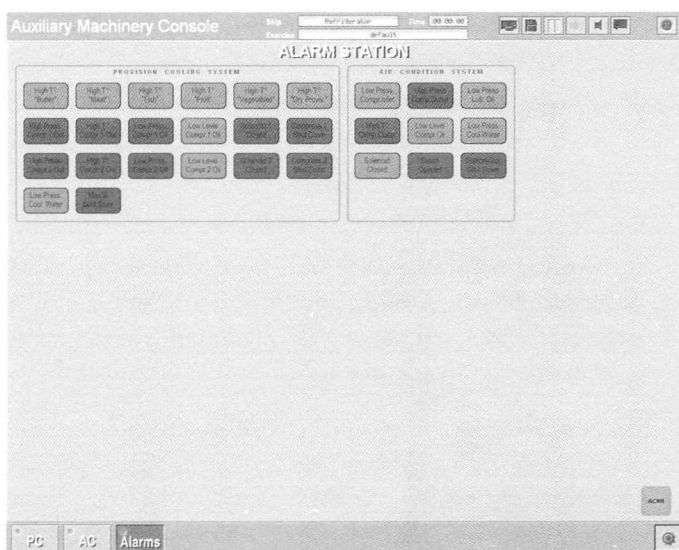


Рис.3. Панель аварийно-предупредительной сигнализации

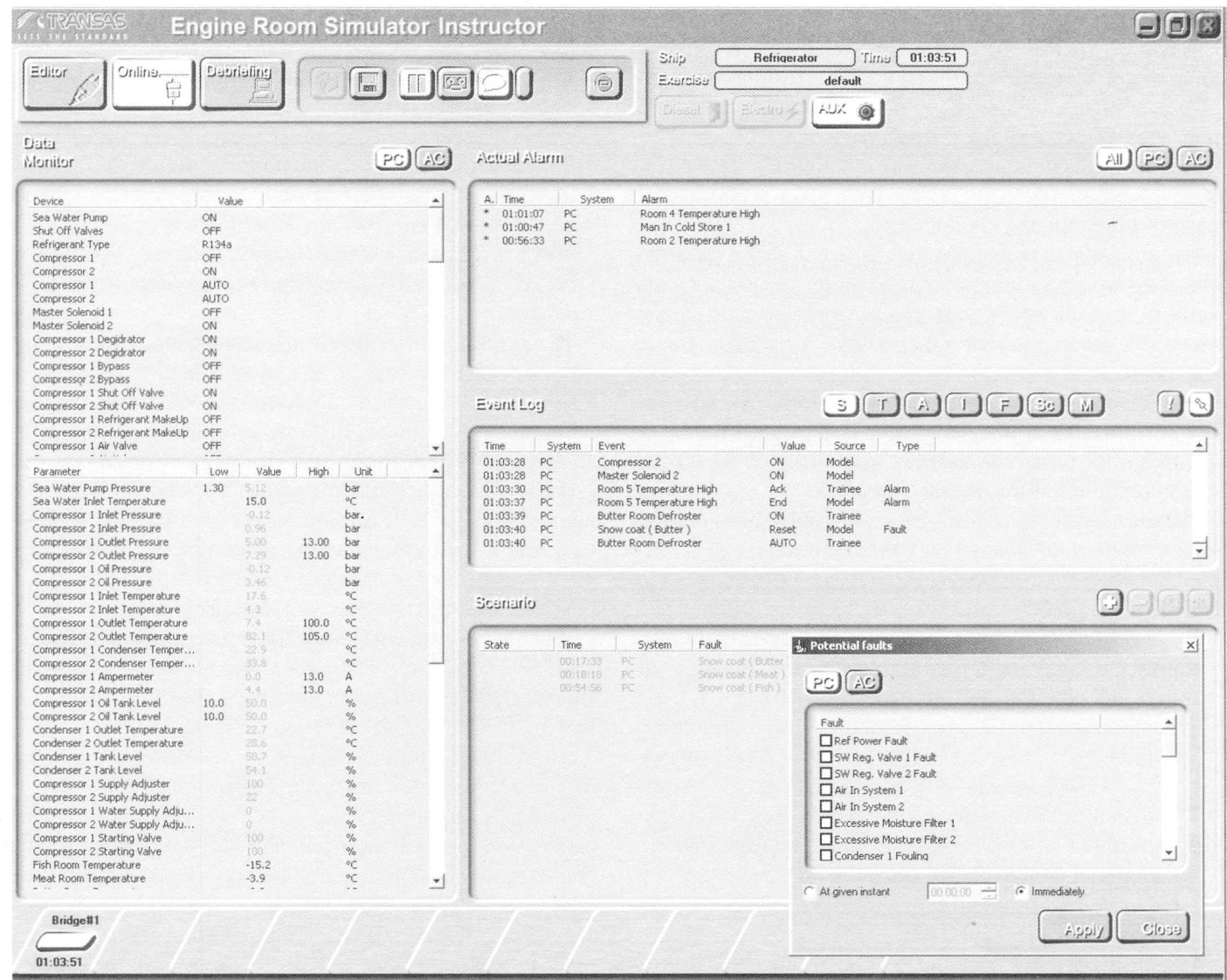


Рис.4. Основное окно ПО Инструктор

ситуацию как новое упражнение;

перевести в режим **Briefing** один или несколько компьютеров (это режим работы Инструктора для демонстрации обучаемым выполнения упражнения. Управление производится от Инструктора, кнопки управления недоступны обучаемому).

■ **Проведение занятий в режиме «Online class».** Это режим работы Инструктора 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

го (вводить неисправности с назначением времени).

■ **Проведение занятий в режиме «Debriefing».** Это режим работы Инструктора 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.

Информация о введенных неисправностях фиксируется у Инструктора, на экраны обучаемого она не выводится (насколько нам известно, ни в одном из тренажеров различных фирм такая информация на экране у обучаемого не появляется). При необходимости Инструктор, обучая распознавать неисправности, сообщает о ней и затем в режиме «BRIEFING» поясняет, как и по изменению каких параметров обучаемый должен определить неисправность.

На каждую введенную неисправность математическая модель тренажера реагирует и выдает соответствующие значения параметров на контрольно-измерительные приборы. Обучаемый, используя показания приборов, учится распознавать неисправности.

Первый вид неисправностей приводит к выходу из строя механизма; отрабатывается ввод механизма в работу резервными способами.

Второй вид неисправностей, динамически развиваясь, приводит к ухудшению работы механизма и в дальнейшем к полному выходу его из строя; эти неисправности иллюстрируются «алармами» и работой системы защиты.

Третий вид — это «мягкие неисправности», которые могут привести в дальнейшем к «аларму» и поломке, но время их развития велико, а некоторые из них не приводят к поломке механизма вовсе.

Тренажер может быть дополнен презентационной техникой (проектор, экран и др.) для проведения занятий с большими группами обучающихся: лекции, практические занятия, разбор выполненных упражнений и т.п.

В тренажерах холодильных установок провизионных кладовых и системы 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;
- кипение и конденсация хладагента;
- работа механизмов и устройств (компрессоры, насосы, вентиляторы, клапаны);
- работа органов управления в ручном и автоматическом режимах.

Программа математической модели принимает на вход управляющие воздействия и 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:

высшего профессионального образования 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»;

среднего профессионального образования по специальностям:

- 1711 «Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных машин и установок»;
- 2409 «Эксплуатация транспортных энергетических установок (на водном транспорте)»;
- начального профессионального образования 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 ИМО в отношении машинной команды на тренажерах могут проходить подготовку и судовые механики.

Тренажеры находились в опытной эксплуатации в течение одного семестра, и на них прошли обучение свыше 150 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:

- в России и за рубежом нет тренажеров, аналогичных разработанным;
- возможность использования как для обучения студентов, так и для повышения квалификации, переподготовки и проверки компетентности и аттестации специалистов;
- глубина и правильность моделирования; наглядность и реалистичность воспроизведения всех функций и размеров контролируемых параметров;
- возможность работы с ручным и автоматическим управлением;
- имитация 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.