



КОМПАНИЯ
СИСТЕМОТЕХНИКА

WWW.SISTEMOTEHNIKA.RU

СТАНДАРТНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

**на разработку и поставку динамического
компьютерного тренажёра СТДинамика,
отвечающего требованиям п.2.11 Федеральных норм и правил в области
промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для
взрывопожароопасных химических, нефтехимических и
нефтеперерабатывающих производствах»**

г. Казань

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Назначение динамического компьютерного тренажёра СТДинамика	3
Результат внедрения	4
Описание	4
Интерфейс модуля СТТехнология.....	8
Функциональность модуля СТТехнология.....	15
Интерфейс модуля СТИнструктор	18
Функциональность модуля СТИнструктор	22
Модуль «АРМ РСУ»	23
3D компонент динамического компьютерного тренажёра СТДинамика.....	25
Основные этапы разработки тренажёра	31
Сопроводительная техническая документация	34
Отличительные особенности динамического компьютерного тренажера для химии и нефтехимии от компании «Системотехника»	36
Соответствие между тренажёром и реальным производством	38
Обучение персонала Заказчика работе с тренажёром	39
Объём гарантий качества.....	39
Авторские права	39

Введение

Основное направление деятельности компании СИСТЕМОТЕХНИКА: разработка динамических компьютерных тренажёров, отвечающих требованиям **«Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности** для промышленных предприятий, под названием СТДинамика. Компания также разрабатывает различные компьютерные тренажёры и для учебных заведений.

Коллектив компании СИСТЕМОТЕХНИКА активно работает на рынке динамических компьютерных тренажёров с 1996 года.

В компании СИСТЕМОТЕХНИКА трудятся специалисты, имеющие многолетний практический опыт в области моделирования процессов химической технологии, проектирования машин и аппаратов химических производств, проектирования и конфигурирования автоматизированных систем управления, 3D моделирования, дизайна и программирования.

Специалисты компании имеют практический опыт работы в области конфигурирования автоматизированных систем управления: Rockwell Software (RSView), Emerson (DeltaV), Yokogawa (Centum CS3000, Prosafe-RS, PRM), Honeywell, Siemens, WonderWare (Intouch) и др.

Компания СИСТЕМОТЕХНИКА также ведет научные изыскания в области моделирования динамики и оптимизации процессов химической технологии.

Назначение динамического компьютерного тренажёра СТДинамика

- ✓ Приобретение практических навыков безопасного управления технологическими объектами при пуске, нормальной эксплуатации и плановом останове, а также в аварийных ситуациях.
- ✓ Обучение и приобретение практических навыков выполнения работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварийных ситуаций.
- ✓ Освоение технологического процесса и системы управления.
- ✓ Непрерывного и периодического контроля и тестирования уровня знаний, навыков ведения технологического процесса и локализации аварийных ситуаций.
- ✓ Повышение качества подготовки рабочих и инженерно-технических работников, занятых ведением технологического процесса и эксплуатацией оборудования.
- ✓ Снижение вероятности аварийных ситуаций, возникающих вследствие проявления человеческого фактора.

Результат внедрения

Внедрение на промышленном предприятии динамических компьютерных тренажеров СТДинамика обеспечивает:

- ✓ соответствие требованиям п.2.11 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»;
- ✓ уменьшение влияния человеческого фактора в условиях взрывопожароопасных производств;
- ✓ реальную возможность сэкономить значительные финансовые средства снижением вероятности аварий;
- ✓ непрерывную профессиональную подготовку персонала предприятия;
- ✓ разумное инвестирование в безопасность.

Описание

Динамический компьютерный тренажёр СТДинамика (далее по тексту – тренажёр) представляет собой специализированное программное обеспечение, устанавливаемое на вычислительный комплекс, состоящий из нескольких персональных компьютеров (ПК), оснащенных системным и прикладным программным обеспечением, и объединенных в единую локальную сеть.

Тренажёр включает в себя **максимально приближённые к реальным динамические модели процессов** химической технологии, автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП), а также системы противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ). Используемые динамические модели представляют собой системы дифференциальных уравнений материального и теплового балансов, а так же уравнений, описывающих тепло-массообменные, кинетические, термодинамические, равновесные, гидродинамические, гидравлические и другие аспекты процессов химической технологии. Динамические модели настраиваются на каждый технологический объект индивидуально с целью достижения адекватной имитации процессов, протекающих в оборудовании. Модели имитируют различные технологические ситуации во всем диапазоне изменения параметров технологического режима от пуска до останова, а также аварийные ситуации.

В состав тренажёра входит учебно-методическое обеспечение, включающее набор упражнений, справочную систему и учебные видеоролики, обеспечивающие высокую эффективность обучения и тестирования. Набор упражнений включает стандартные упражнения: пуск, останов, аварийные ситуации, и нестандартные упражнения – задаваемые инструктором (руководителем учебы). Стандартные упражнения выбираются и загружаются непосредственно на рабочем месте учеником по устному поручению инструктора или самостоятельно. Нестандартные упражнения задаются и загружаются инструктором со своего рабочего места индивидуально каждому пользователю или всем одновременно. Инструктор имеет

необходимы инструментарий для генерации произвольных нестандартных упражнений.

Все действия операторов, реализуемые в процессе выполнения упражнения, протоколируются. Изменения параметров технологического режима фиксируются в базе данных.

Для объективной оценки уровня знаний и навыков управления технологическим процессом используется автоматическая комплексная экспертная система оценки действий операторов. Её применение исключает необходимость присутствия преподавателя при выполнении стандартных упражнений, т.е. обучающийся или тестируемый может работать самостоятельно. Результаты его работы будут автоматически зафиксированы в базе данных.

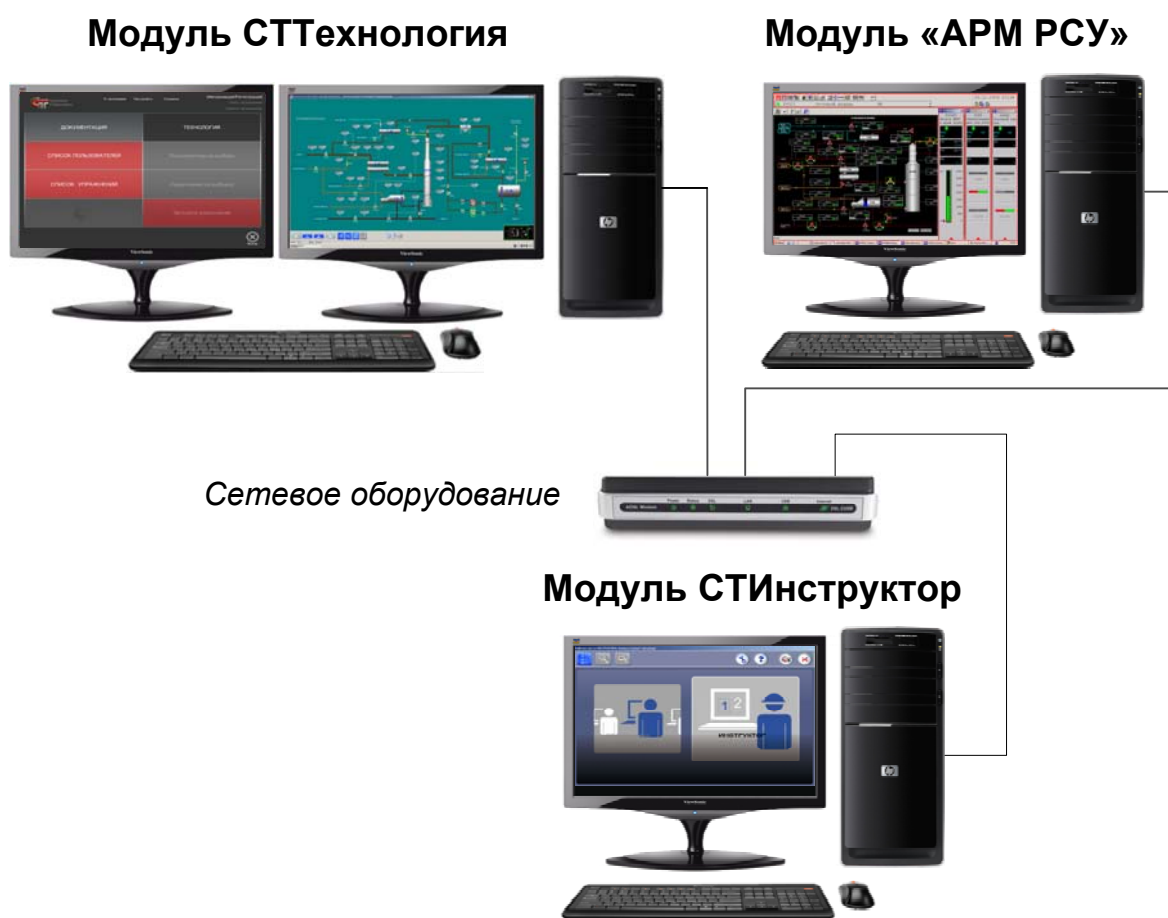


Рис. 1 а. Структура тренажёра

Структура тренажёра представлена на рис. 1а, включает следующие модули:

- 1) СТТехнология – модель технологического объекта (поле);
- 2) СТИнструктор – рабочее место инструктора;
- 3) «АРМ РСУ» – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора в составе распределенной системы управления (РСУ).

Ядром тренажёра является модуль СТТехнология, в основе которого заложена структура, включающая 5 базовых компонентов:

1. Адекватные динамические модели:
 - ✓ физико-химических свойств компонентов и их смесей;
 - ✓ технологических процессов, протекающих в технологическом оборудовании;
 - ✓ системы управления и ПАЗ.
2. Адекватные трёхмерные модели:
 - ✓ производственной площадки, на которой размещен технологический объект;
 - ✓ пространственных явлений: истечения, образования и распространения облаков отравляющего химического вещества (ОХВ), паров легко воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) и др.
3. Учебно-методическое обеспечение:
 - ✓ комплекс стандартных учебных упражнений: пуск, ведение технологического процесса, плановый останов, возможные неполадки и аварийные ситуации;
 - ✓ справочная система;
 - ✓ обучающие видеоролики.
4. Экспертная система оценки действий пользователей.
5. Модуль подключения к проекту промышленной РСУ.

Интерактивный пользовательский интерфейс модуля СТТехнология используется для визуализации динамической математической модели и, хотя функционально дублирует операторский интерфейс промышленной РСУ, но визуально может отличаться от него – различия могут быть в оформлении мнемосхем, экранных форм и пр. Поэтому, для соответствия с требованиями Ростехнадзора используется другой модуль: «АРМ РСУ», в котором воспроизводится интерфейс оператора РСУ на тренажере, полностью соответствующий интерфейсу оператора реальной АСУТП, включая мнемосхемы, блоки управления, тренды, перечни блокировок и сигнализаций, панели управления исполнительными механизмами, списки сигнализаций и другие элементы мониторинга и управления процессом.

Модуль «АРМ РСУ» предназначен для обеспечения максимальной идентичности тренажёра с рабочим местом оператора (т.е. удовлетворения требования правил п.2.11 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»), а также изучения интерфейса промышленной РСУ. Модуль «АРМ РСУ» содержит специализированное программное обеспечение системы управления с переработанным проектом РСУ промышленного технологического объекта. Переработка проекта РСУ заключается в осуществлении перепровязки тегов с «железа» на внешний протокол OPC или DDE, при этом могут быть добавлены новые связи для обеспечения обмена данными с внутренними тегами. В случае, если переработка проекта РСУ до требований модуля СТТехнология технически не осуществима, то могут быть использованы программы, имитирующие промышленные РСУ, также разрабатываемые нашей компанией.

Модуль СТИнструктор содержит набор инструментов, необходимый и достаточный для эффективного дистанционного администрирования учебным процессом и создания (редактирования) нестандартных учебных упражнений.

Модуль СТИнструктор подключается к модулям СТТехнология и «АРМ РСУ» для выполнения инструктором функций оперативного наблюдения и контроля над учениками.

Программные средства тренажёра функционируют в локальной сети и обеспечивают одновременную работу модуля СТИнструктор и произвольного числа ПК, на которых установлены модули СТТехнология и «АРМ РСУ».

Тренажёр работает независимо от промышленной АСУТП.

Возможны различные варианты конфигураций тренажёра в зависимости от комбинации модулей СТТехнология, «АРМ РСУ» и СТИнструктор:

Базовая конфигурация тренажёра:

Тренажёр функционирует в составе всех модулей: СТТехнология, «АРМ РСУ» и СТИнструктор (рис. 1 а). Модуль СТТехнология реализует полевой уровень технологического объекта, модуль «АРМ РСУ» является рабочим местом оператора промышленной РСУ.

В базовой конфигурации тренажёр может быть успешно использован для изучения и освоения технологического процесса, отработки навыков безопасного управления технологическими объектами как на стандартных упражнениях: пуск, ведение технологического процесса (ТП), останов и аварийные ситуации, так и на нестандартных упражнениях. Автоматическая экспертная система проверяет действия ученика на наличие ошибок при выполнении стандартных упражнений, при этом результат заносится в персональную карточку. Нестандартные упражнения создаются инструктором по произвольным сценариями. и, соответственно, оцениваются им лично.

Базовая конфигурация тренажёра предоставляет широкие возможности для гибкой организации учебного процесса и ориентирована как на самостоятельное и индивидуальное обучение и тестирование, так и на коллективные занятия под контролем инструктора.

Конфигурация тренажёра №1:

Тренажёр функционирует в составе модулей СТТехнология и «АРМ РСУ» (рис. 1 б). В данной конфигурации, в отличие от базовой, инструктор не имеет своего рабочего места, но это, тем не менее, не мешает проведению полноценных индивидуальных и групповых занятий.

Модуль СТТехнология

Модуль «АРМ РСУ»

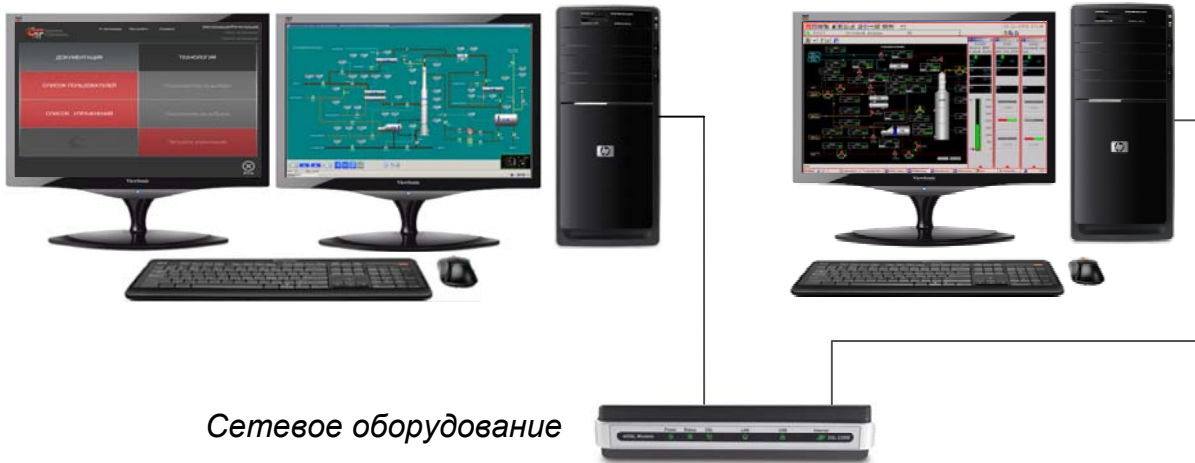


Рис. 1 б

Конфигурация тренажёра №2:

Тренажёр функционирует в составе только модуля СТТехнология (рис. 1 в). При этом модуль СТТехнология полностью дублирует функции отсутствующего модуля «АРМ РСУ», отличия могут быть только внешними.

Данная конфигурация тренажёра ориентирована на самостоятельное обучение и тестирование.

Модуль СТТехнология



Рис. 1 в

Интерфейс модуля СТТехнология

Пользовательский интерфейс модуля СТТехнология тренажёра (рис. 2) содержит набор команд, реализованный в виде интерактивных элементов, обеспечивающих адекватное восприятие и интуитивное понимание пользователем логики и последовательности действий при работе с тренажёром. Расположение этих элементов обеспечивает удобство, эргономичность и наглядность.

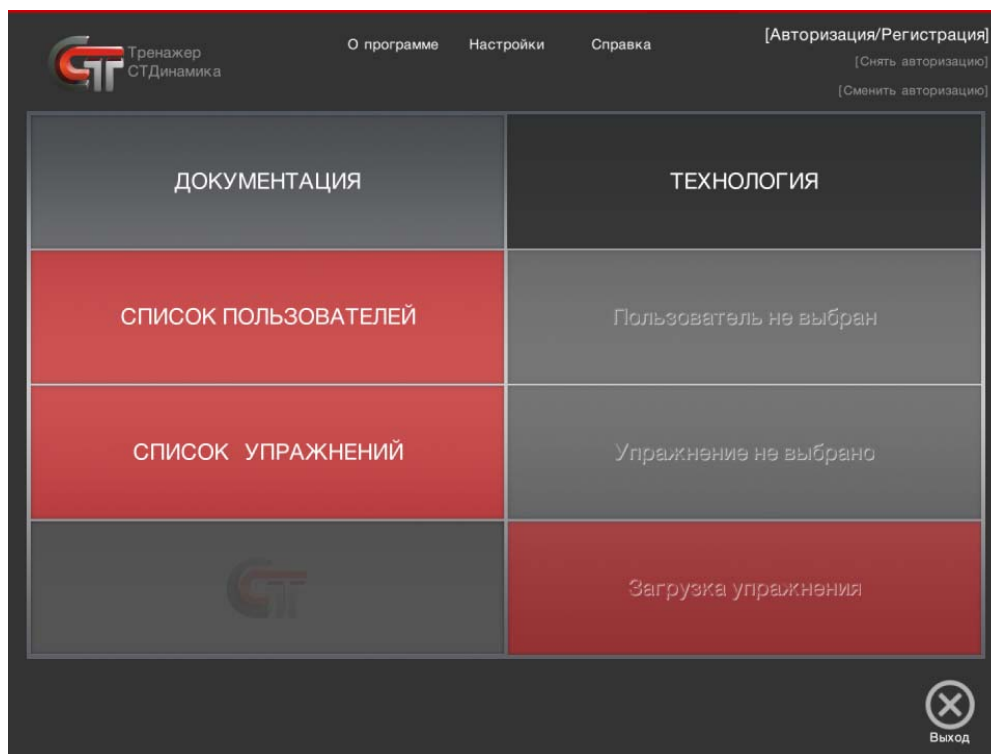


Рис. 2. Пользовательский интерфейс модуля СТТехнология

Работа на тренажёре начинается с регистрации пользователя (рис. 3) и выбора упражнения. Однако регистрация пользователя не является обязательной процедурой, если нужно просто потренироваться. Для экзаменационного тестирования регистрация необходима для того, чтобы результаты тестирования были зафиксированы в личной карточке (рис. 4).

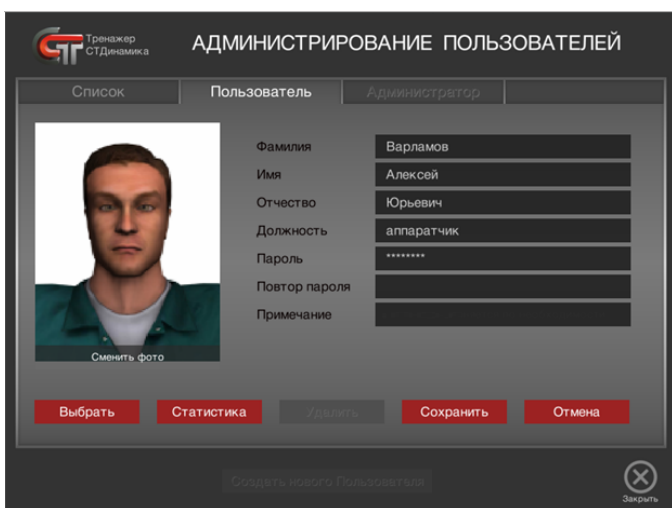


Рис. 3. Окно регистрации пользователя

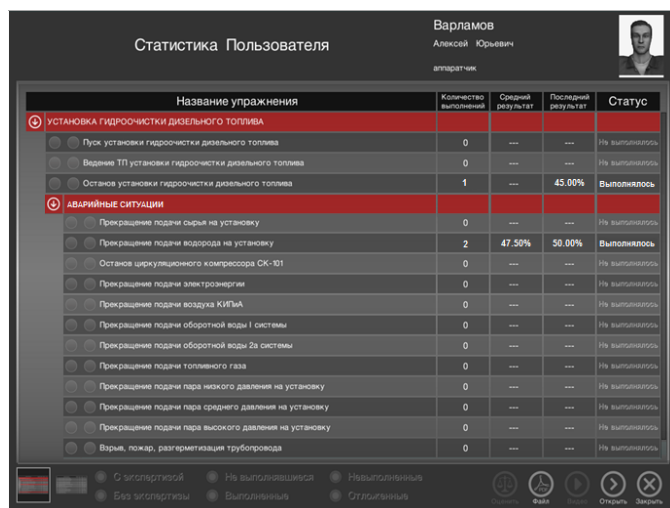


Рис. 4. Личная карточка пользователя

Тренажёр содержит комплекс упражнений, предназначенных для отработки практических навыков безопасного управления технологическими процессами в штатных и нештатных ситуациях. Типовой комплекс включает в себя упражнения по пуску, ведению и останову технологических процессов, а также упражнения по

различным аварийным ситуациям (рис. 5). Перечень упражнений разрабатывается индивидуально для каждого технологического объекта.

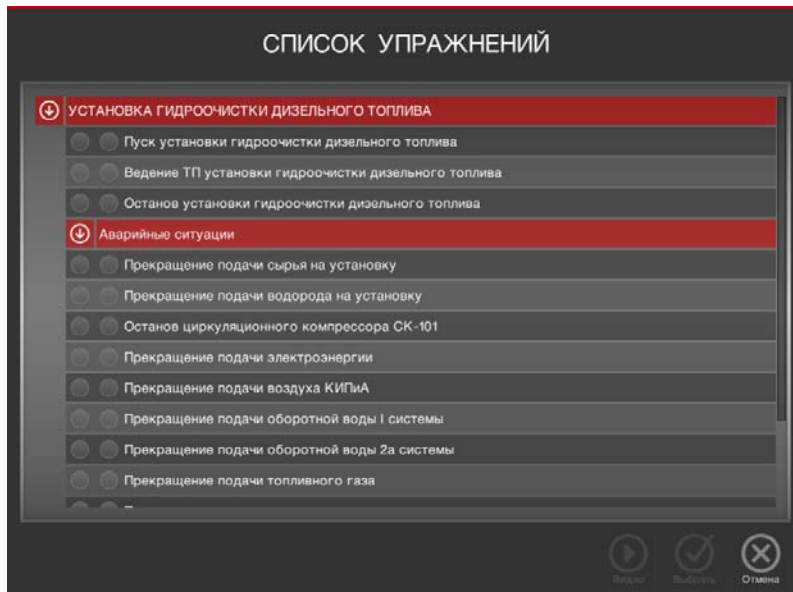


Рис. 5. Список упражнений

В модуле СТТехнология реализована мнемосхема моделируемого технологического объекта (рис. 6). В нижней части рабочего окна размещается панель управления тренажёром с кнопками: “Старт”, “Пауза”, “Стоп”, “Запись”, “Сигнализации”, “Тренды”, “Экспертиза”, “Настройки”, “Справка”, “О программе”, а также карта, посредством которой осуществляется прокрутка мнемосхемы.

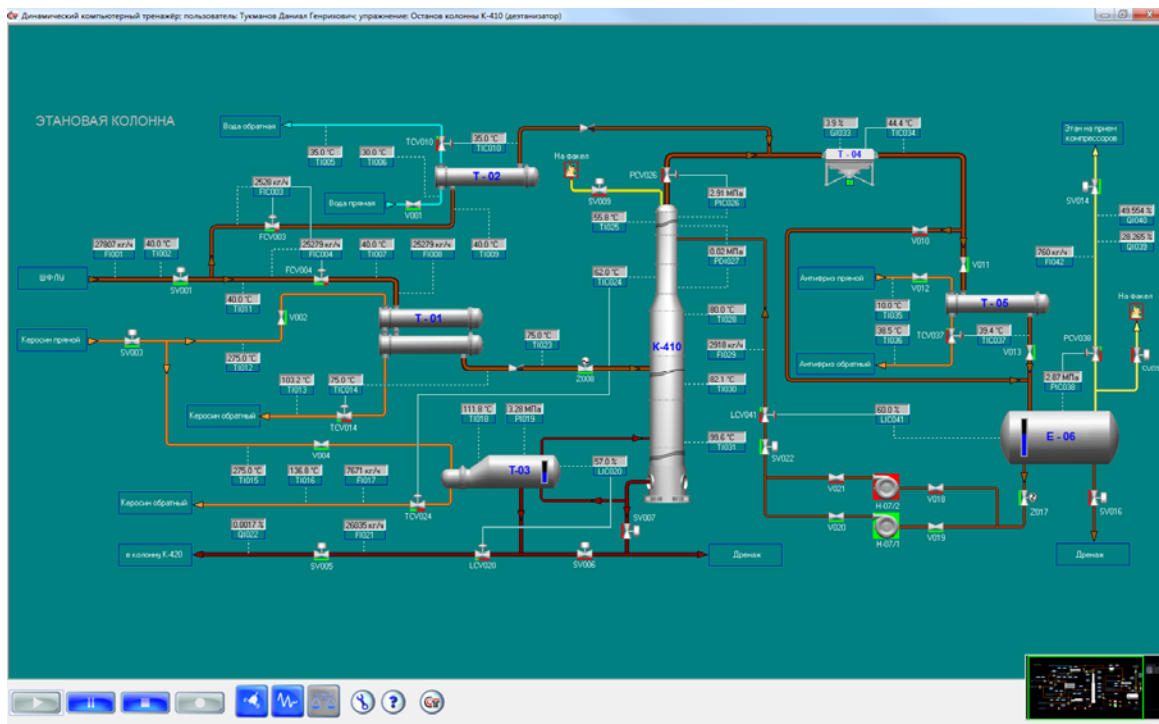


Рис. 6. Рабочее окно модуля СТТехнология

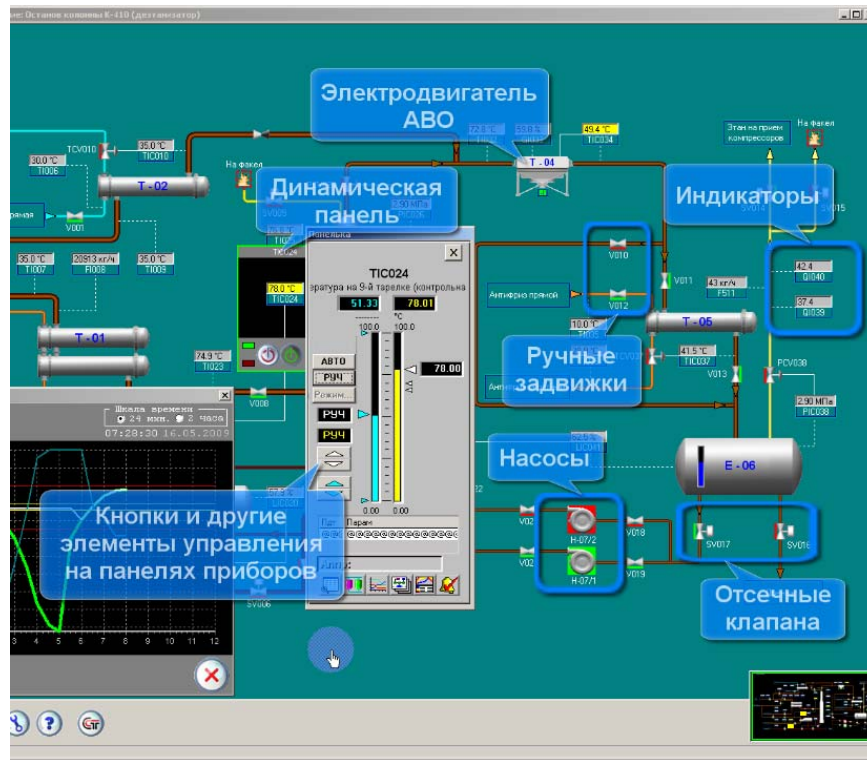


Рис. 7. Интерактивные элементы управления

Прокрутка длинных мнемосхем осуществляется перемещением яркой рамки, отображающей зону экрана, по карте мнемосхемы в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Мнемосхема представляет собой технологическую схему, совмещенную с функциональной схемой автоматизации с соответствующими интерактивными элементами (рис. 7), реализующими функции контроля и управления, а именно:

- ✓ функции дистанционного управления (рис. 8, 9);
- ✓ функции ручного управления по месту – в поле (рис. 10 ÷ 12).

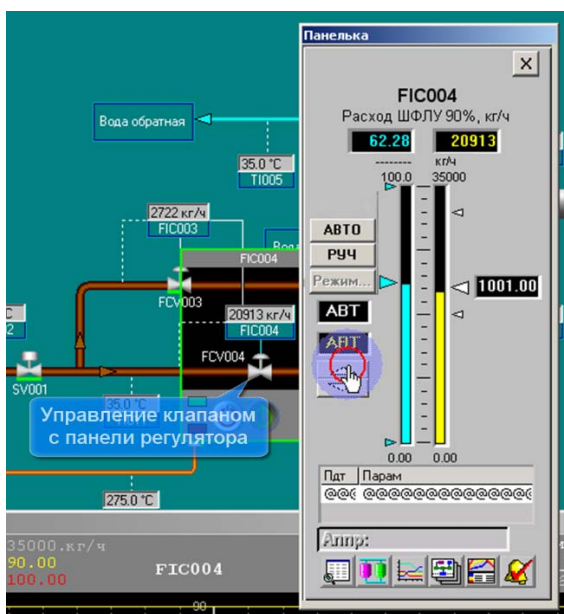


Рис. 8. Управление клапаном с панели регулятора



Рис. 9. Закрытие / открытие отсечных клапанов

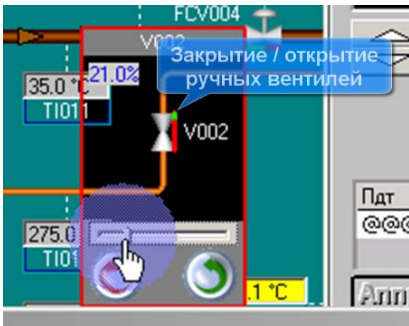


Рис. 10. Заккрытие / открытие ручных вентилялей



Рис. 11. Запуск / останов насосов

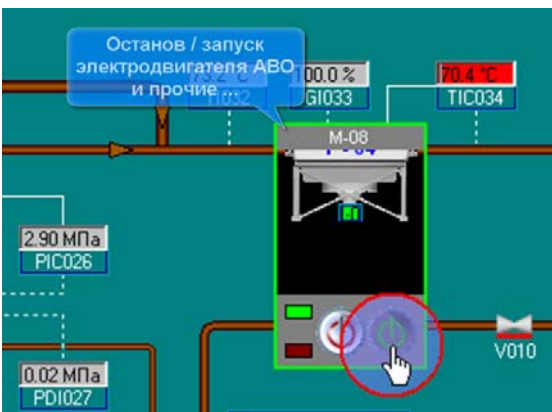


Рис. 12. Запуск / останов электродвигателя АВО

Совмещение функций дистанционного и ручного управления в модуле СТТехнология позволяет оператору сосредоточиться на выполнении упражнения, и тем самым повышается эффективность обучения.

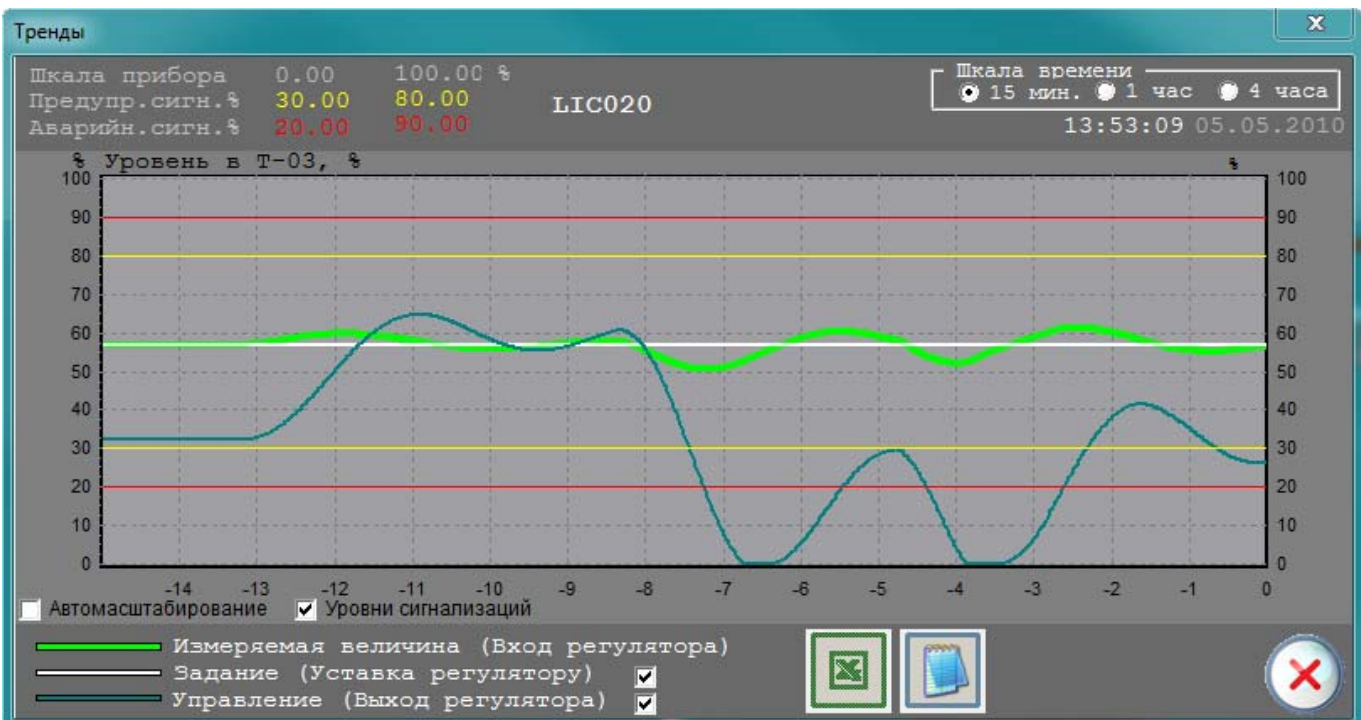


Рис. 13. Тренды

Анализ динамики параметров технологического режима осуществляется по историческим трендам (рис. 13). Тренды отображают изменение во времени

уставки, входного и выходного значений каждого автоматического регулятора. Предусмотрена возможность переключения диапазона шкалы времени, автомасштабирования и отображения уровней сигнализаций.

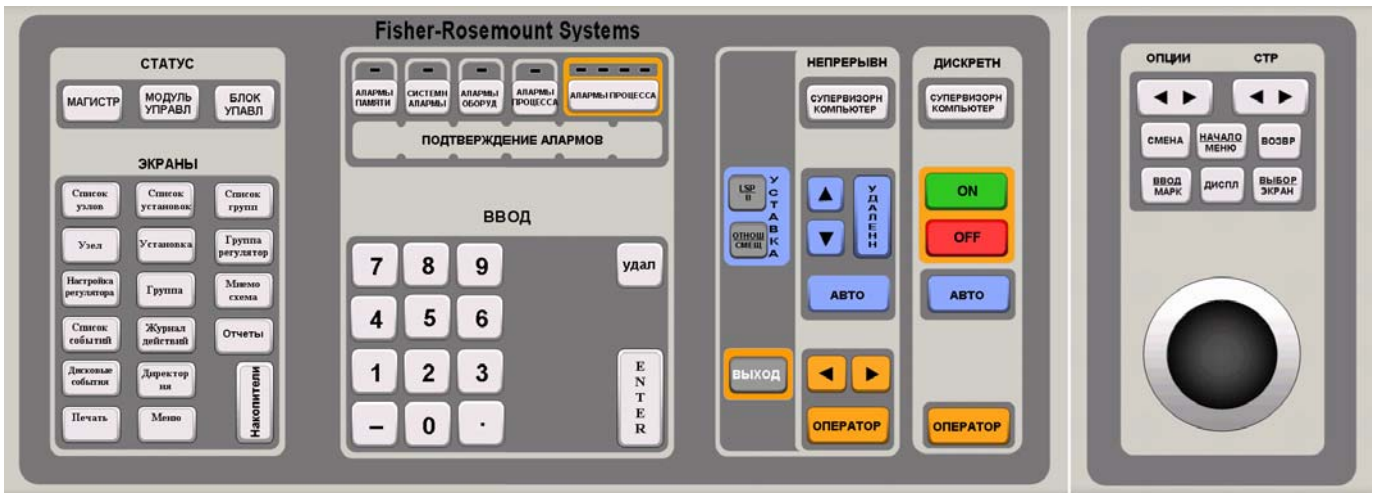
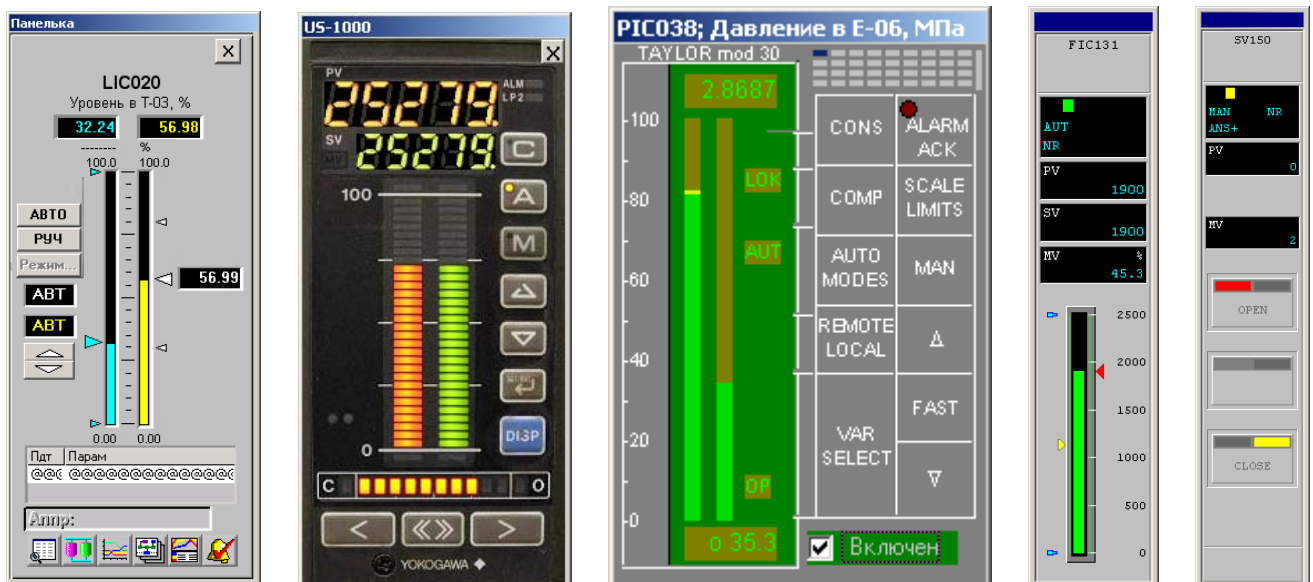


Рис. 14. Функциональная клавиатура

Наблюдая изменение параметров технологического режима по мнемосхеме и трендам, ученик принимает решения и реализует управляющие воздействия с использованием соответствующих элементов управления. Внешний вид и функциональность элементов управления в тренажёре скопированы с реальных приборов и устройств, используемых на промышленных предприятиях, и полностью им соответствуют. Внешний вид некоторых элементов управления, реализованных в модуле СТТехнология, приведен на рис. 14 и 15.



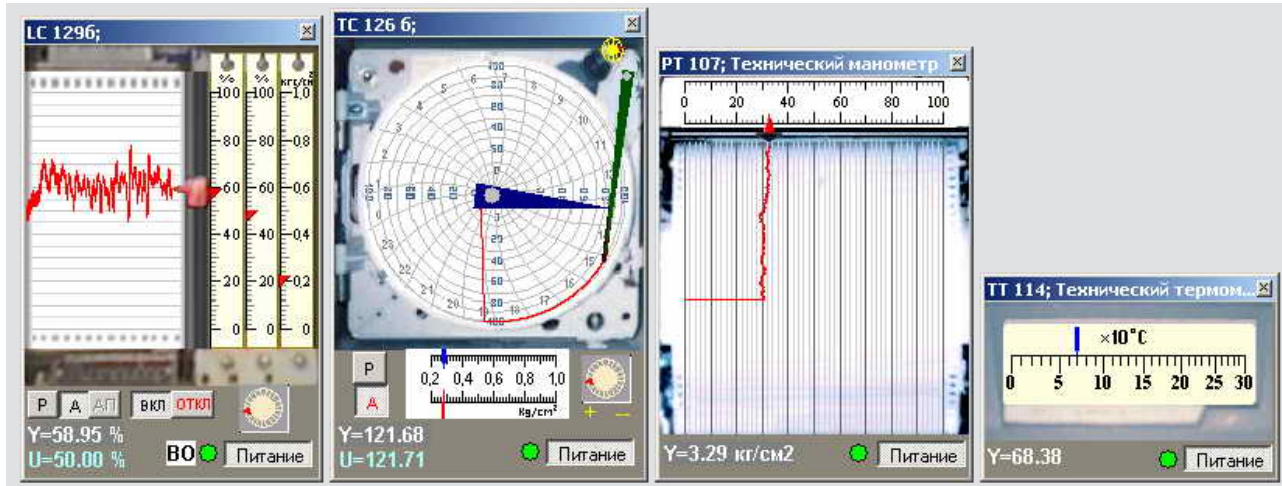


Рис. 15. Приборы

Все события, связанные с достижением параметрами технологического режима уровней сигнализации отображаются в журнале событий в виде списка сигнализаций (рис. 16). Кроме этого в журнале событий осуществляется подтверждение (квитирование) сигнализаций пользователем, а также фиксируется время возврата регистрируемой величины в регламентные границы. Настройка модуля СТТехнология осуществляется с помощью окна «Настроечные параметры упражнения» (рис. 17).

Дата	Вр.возн.	Вр.подтв.	Вр.возвр.	Параметр	Значение	Уставка	Наименование параметра	Состояние
05.05.2010	13:40:14	13:41:15		ТС014	73.91	74.00	ТС014	Подтв.
05.05.2010	13:41:04	13:41:15		ТС014	63.92	64.00	ТС014	Подтв.
05.05.2010	13:41:14	13:41:15		ТС024	59.98	60.00	ТС024	Подтв.
05.05.2010	13:41:14	13:41:15		FI021	80.48	80.00	FI021	Подтв.
05.05.2010	13:41:56			FI021	100.25	100.00	FI021	ННН
05.05.2010	13:42:28			ТС024	54.97	55.00	ТС024	LoLo
05.05.2010	13:42:33			FI017	6.21	10.00	Расход керосина в Т-03, кг/ч	LoLo

Рис. 16. Журнал событий

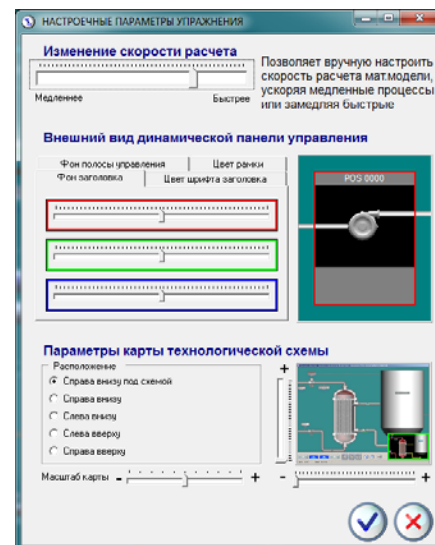


Рис. 17. Окно настройки

Пользователь: Тукманов Даниил Генрихович

Оценка выполнения упражнения
Останов колонны К-410 (дезанизатор)

ОШИБКА	Штраф
должен быть открыт отсечной клапан поз.SV015 в конце упражнения	2.26%
должен быть выключен насос поз.H-07/1 в конце упражнения	2.26%
должен быть закрыт отсечной клапан поз.SV003 в конце упражнения	2.26%
должен быть выключен вентилятор АВО поз.Т-04 в конце упражнения	2.26%
<input checked="" type="checkbox"/> Переключения	
не закрывался вентиль поз.V019	1.80%
не закрывался вентиль поз.V020	1.80%
не закрывалась электрозадвижка поз.Z008	1.80%
не закрывался вентиль поз.V004	1.80%
не закрывался вентиль поз.V002	1.80%
не закрывался вентиль поз.V001	1.80%
не закрывался вентиль поз.V011	1.80%
не закрывался вентиль поз.V012	1.80%
не закрывался вентиль поз.V013	1.80%
не закрывался отсечной клапан поз.SV001	1.80%
не открывался отсечной клапан поз.SV009	1.80%
не закрывался отсечной клапан поз.SV014	1.80%

Итоговая оценка: 11%
Минимальный результат для выполнения упражнения: 80%.

УПРАЖНЕНИЕ НЕ ВЫПОЛНЕНО

Рис. 18. Отчет экспертной системы с оценкой

Степень и качество выполнения упражнения оценивает экспертная система (рис. 18), которая может быть вызвана с панели управления тренажёром в процессе на любой этапе выполнения упражнения для получения текущей оценки. По завершению упражнения экспертная система автоматически запускается и выдаёт итоговую оценку, которая заносится в карточку пользователя. Итоговая оценка формируется на основе анализа выполнения упражнения по восьми критериям:

- 1) соблюдение последовательности операций;
- 2) соблюдение регламентных норм;
- 3) достижение требуемого конечного состояния системы;
- 4) выполнение действий с соблюдением ограничивающих условий;
- 5) соблюдение промежуточных переключений исполнительных механизмов;
- 6) выполнение оператором лишних действий;
- 7) соблюдение скорости изменения параметров;
- 8) соблюдение требуемой продолжительности выполнения упражнения.

Функциональность модуля СТТехнология

В модуле СТТехнология реализована совокупность функций обучения и контроля над учебным процессом. Дублирование функций необходимо на случай эксплуатации тренажёра в составе только единственного модуля СТТехнология.

В перечень функций обучения входят:

- ✓ выбор и загрузка стандартного упражнения для тренинга или тестирования;
- ✓ моделирование штатных, нештатных и аварийных ситуаций, а также ситуаций изменения внешних условий технологических процессов;

- ✓ наглядного представления информации для наблюдения значений, трендов и алармов параметров технологического процесса (температуры, давления, перепады давлений, расходы, уровни, концентрации и пр.);
- ✓ реализация управления всеми доступными объектами (интерактивными элементами);
- ✓ сохранение произвольного промежуточного состояния выполняемого упражнения;
- ✓ выбор и загрузка ранее сохраненного упражнения для продолжения тренинга или тестирования;
- ✓ использование справочной системы;
- ✓ реализация режимов приостановки и запуска моделирования и изменения скорости моделирования процесса;
- ✓ просмотр видеороликов по упражнениям;
- ✓ автоматическая регистрация событий, происходящих при выполнении упражнений;
- ✓ просмотр протокола действий оператора;
- ✓ использование экспертной системы оценки по выполняемому упражнению;
- ✓ доступ в базу данных для просмотра личной статистики по учебному процессу.

В перечень функций контроля над учебным процессом входят:

- ✓ автоматическая регистрация результатов тренинга и тестирования в карточке пользователя;
- ✓ доступ в базу данных для просмотра и анализа статистики по всем пользователям;
- ✓ редактирование базы данных пользователей и результатов их тренингов.

Доступ к функциям обучения реализуется через карточку регистрации пользователя посредством ввода персонального пароля.

Доступ к функциям управления учебным процессом обеспечивается административным паролем руководителя учебы.

Моделирование технологических процессов происходит на каждом из персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть, независимо друг от друга, что позволяет, каждому ученику отрабатывать индивидуальное упражнение.

Пакет прикладного моделирования «СТТехнология» является собственной разработкой ООО «Системотехника» из пакета программ «СТДинамика», доступен на российском рынке в качестве самостоятельного продукта для разработки динамических компьютерных тренажеров.

Модели адаптированы к конкретным условиям моделируемого технологического объекта по режимным параметрам, обозначениям и описаниям позиций, обвязке КИПиА, шкалам приборов, границам сигнализаций и т.п.

Модели описывают нормальное функционирование технологического объекта и его оборудования во всех предусмотренных регламентом технологических режимах, а также работу оборудования, основных и вспомогательных технологических линий при ликвидации аварийных ситуаций, воздействии опасных

факторов пожара, утечки ядовитого газа, утечки ЛВЖ.

В моделях учитывается теплообмен с окружающей средой, приводящий к остыванию аппаратов и трубопроводов при их отключении и прекращении подачи продуктов.

Динамические характеристики моделей аппаратов отражают реальную (или максимально приближенную к реальной) реакцию объекта на возмущения и управляющие воздействия (изменение расходов и составов материальных потоков, температур и давлений потоков, изменения температуры окружающей среды, а также следующие отказы оборудования:

- ✓ Комплексные нарушения широкого действия (в случае применимости):
 - Прекращение подачи электроэнергии к силовым приводам оборудования;
 - Прекращение подачи сжатого воздуха к приводам регулирующих клапанов;
 - Нарушение подачи топлива и разгерметизация змеевиков печи;
 - Нарушение подачи пара;
 - Прекращение подачи воды или отказ элементов системы водоподготовки;
 - Прекращение подачи сырья;
 - Разгерметизация трубопроводов;
 - Срабатывание предохранительных клапанов;
 - Другие аварийные ситуации в рамках ПЛАС, ПМЛА, ПЛА и ПЛАРН.
- ✓ Отказы насосного оборудования:
 - Отказ электродвигателя насоса;
 - Отказ пусковой аппаратуры;
 - Возгорание насоса;
 - Отказ системы охлаждения насоса;
 - Разгерметизация насоса;
 - Падение мощности насоса;
 - Сброс насоса при ошибках в процессе пуска или опустошении питающих емкостей.
- ✓ Отказы компрессорного оборудования:
 - Снижение оборотов;
 - Аварийная остановка;
 - Повышение уровня вибраций и осевой сдвиг компрессора;
 - Отказ контрольно-измерительной аппаратуры по месту;
 - Нарушение работоспособности систем смазки и уплотнения;
 - Снижение напора.
- ✓ Отказы воздушных холодильников:
 - Отказ электродвигателя;
 - Отказ пусковой аппаратуры.
- ✓ Отказы датчиков:
 - Искажение показаний в сторону увеличения или уменьшения;
 - Смещение показаний прибора в сторону заранее заданной отметки с последующим "залипанием";
 - Дрейф показаний в заданных пределах;
 - Отказ диагностики.

- ✓ Отказы регулирующих клапанов:
 - Отказ регулирующего клапана в положении, соответствующим отсутствию подачи сжатого воздуха;
 - Отказ регулирующего клапана в положении «Открыт»;
 - Отказ регулирующего клапана в положении «Закрыт»;
 - Отказ регулирующего клапана в промежуточном положении.
- ✓ Отказы задвижек:
 - Несанкционированное открытие;
 - Несанкционированное закрытие;
 - Заклинивание поворотного механизма;
 - Падение клина.
- ✓ Отказы технологического оборудования:
 - Переполнения;
 - Опустошения;
 - Разгерметизация;
 - Срабатывания предохранительных клапанов.

Пакет прикладного моделирования «СТТехнология» позволяет вносить изменения в модели технологических процессов силами штатного технологического персонала Заказчика с помощью ПО «STEdit» (среда разработки), являющегося собственной разработкой ООО «Системотехника». В среду разработки также входят различные вспомогательные ПО, такие как редактор списка упражнений и редактор критериев автоматической экспертной системы.

Кроме среды разработки (SDK) пакет прикладного моделирования «СТТехнология» имеет в своем составе среду исполнения (RTL) в виде ПО «St».

Интерфейс модуля СТИнструктор

Модуль СТИнструктор функционирует в двух режимах:

- 1) режим наблюдения;
- 2) режим тестирования.

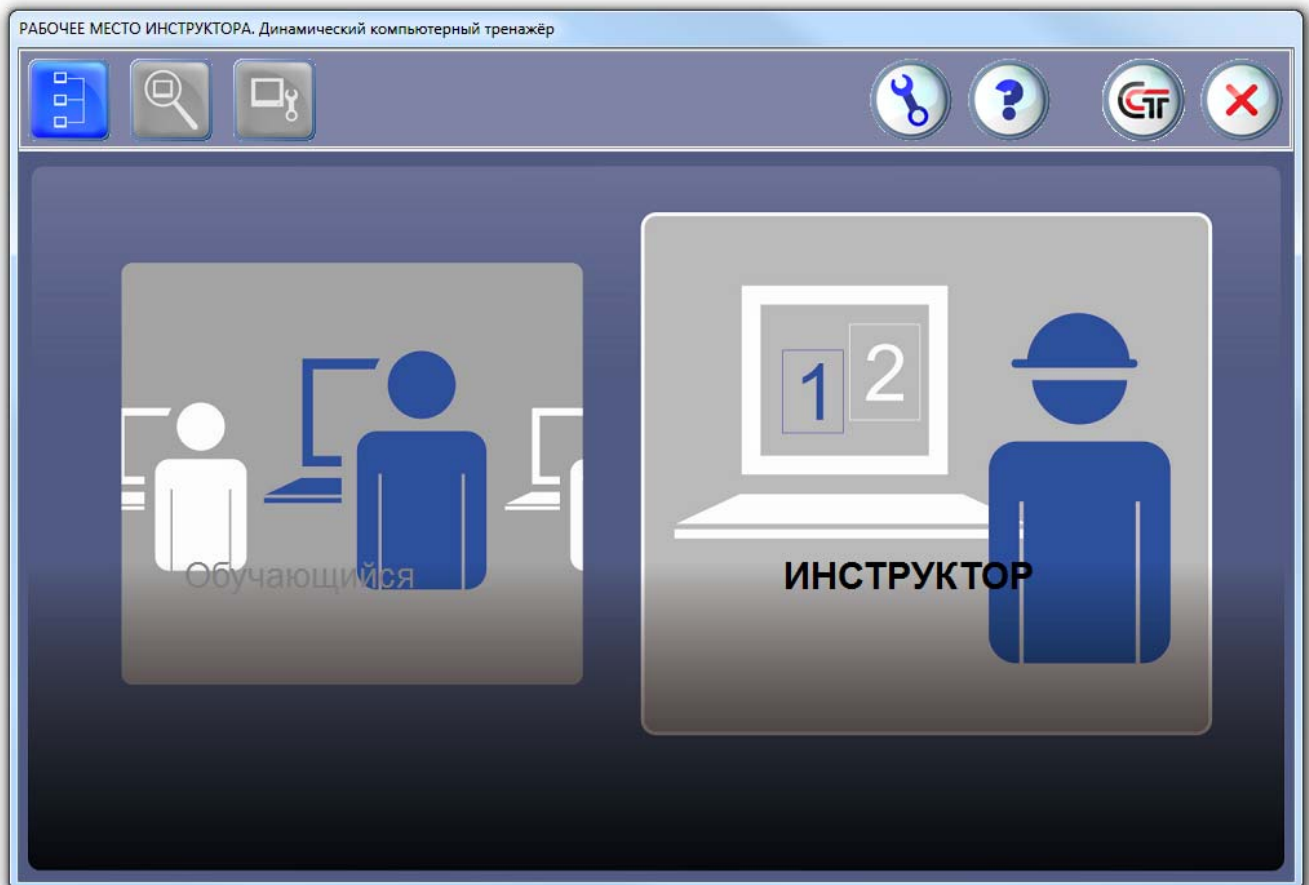


Рис. 19. Пользовательский интерфейс модуля СТИнструктор – главное окно

Режим наблюдения

Данный режим предназначен для оперативного наблюдения за действиями одного или группы учеников.

Работа программы в режиме наблюдения происходит по следующему алгоритму:

Ученик запускает модуль СТТехнология на своём компьютере и регистрируется, после этого инструктор на своем рабочем месте запускает модуль СТИнструктор (рис. 19).

Инструктор осуществляет сканирование локальной сети и подключение к действующим модулям тренажёра.

На рабочем месте инструктора формируется список компьютеров, находящихся в сети (рис. 20).

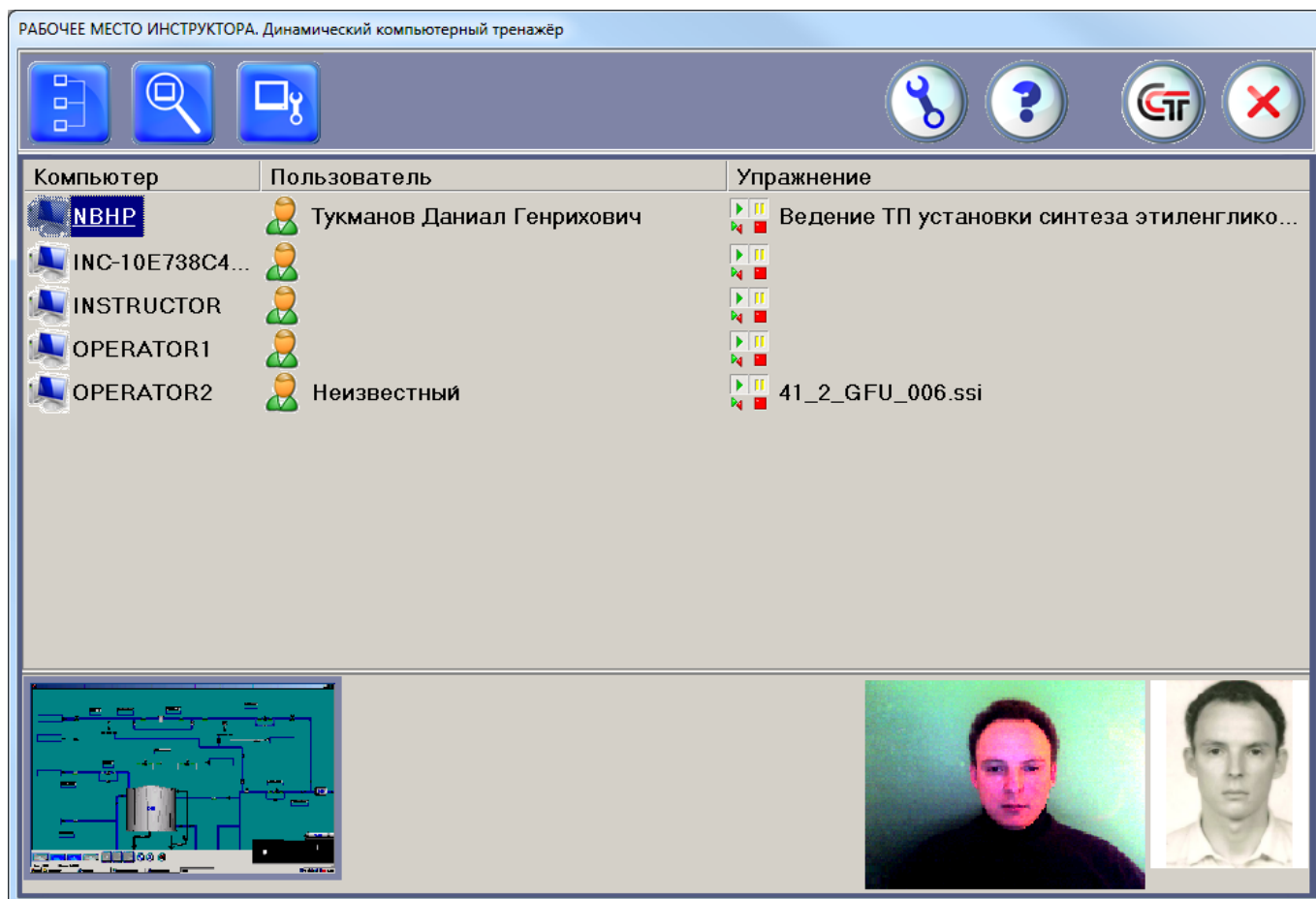


Рис. 20. Пользовательский интерфейс модуля СТИнструктор – список компьютеров, подключенных к локальной сети

Далее инструктор может выбрать любой компьютер из списка и просмотреть содержание экрана соответствующего монитора. С этого момента все действия, выполняемые учеником на тренажёре, будут наблюдаемы инструктором. Кроме этого Web-камера, установленная на учебном месте покажет, тот ли ученик находится на нём.

В том случае, если обучаемый работает на двух компьютерах одновременно, т.е. одновременно с модулями СТТехнология и «АРМ РСУ» (см. рис. 1 а), то на мониторе инструктора отображаются экраны этих модулей (рис. 21).

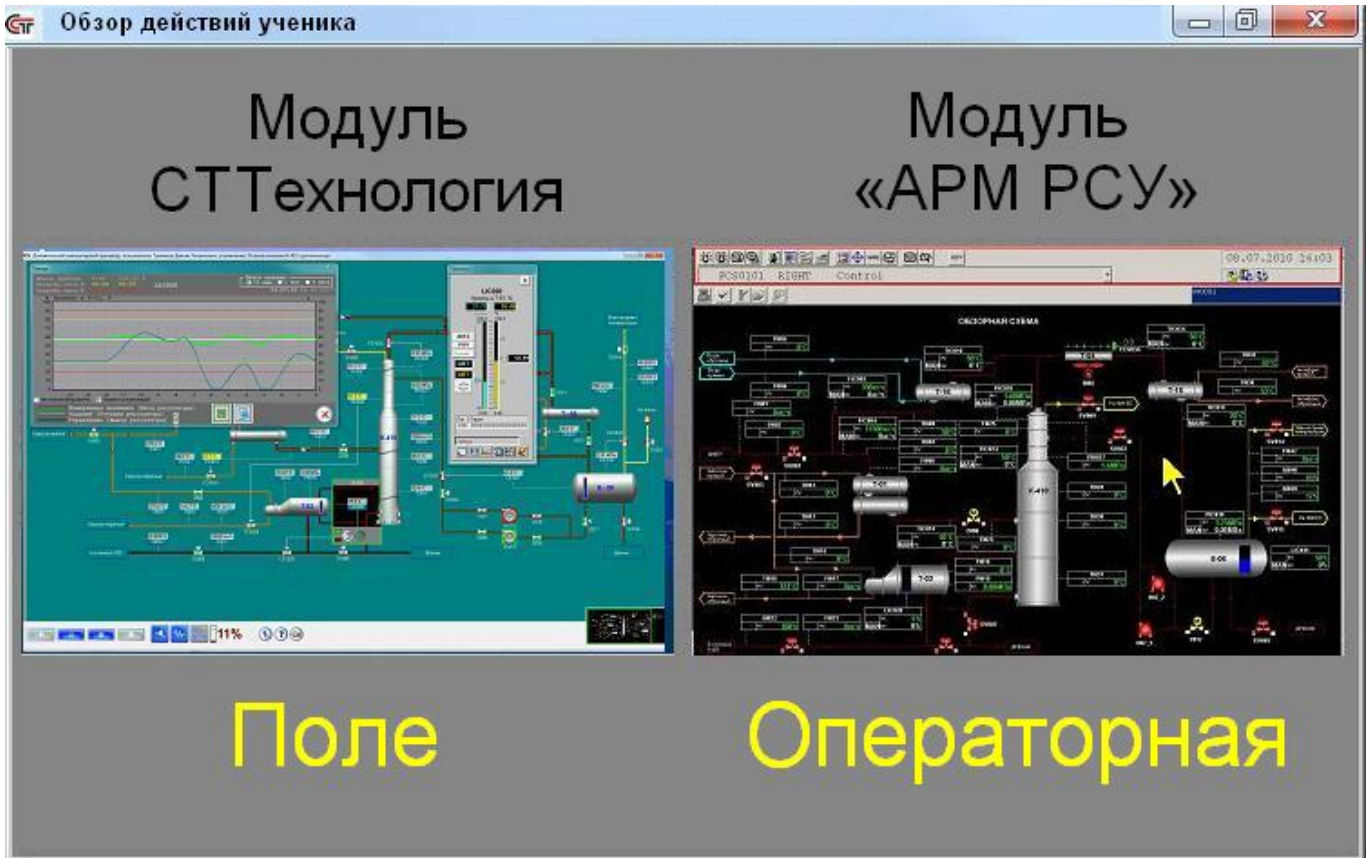


Рис. 21. Рабочее окно инструктора

Режим тестирования

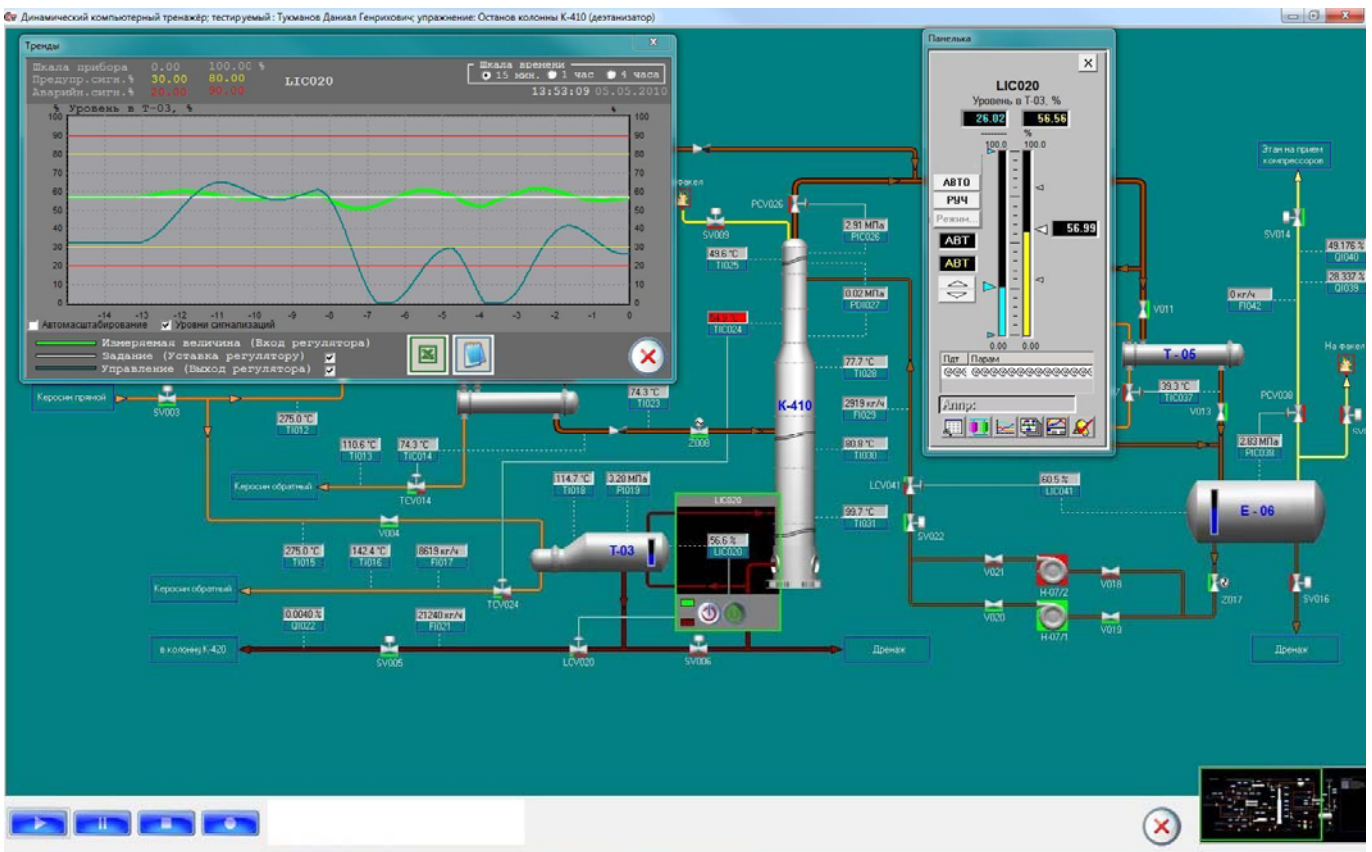


Рис. 22. Режим тестирования

Данный режим предназначен для управления учебным процессом.

В этом режиме отображается окно (рис. 22), в котором отражено упражнение, выполняемое учеником, и панель управления инструктора (в нижней части окна).

В режиме тестирования инструктор имеет возможность изменить состояние любого элемента технологического объекта: задвижки, насоса, регулятора и др. (т.е. создать событие) и, тем самым, симитировать любую нештатную или аварийную ситуацию.

Кроме того, инструктор может создать произвольную последовательность из нескольких таких событий, сохранить её и, соответственно, задать ученику в качестве нестандартного упражнения (рис. 23), и пронаблюдать – как он с ним справляется, а при необходимости оперативно внести дополнительные коррективы.

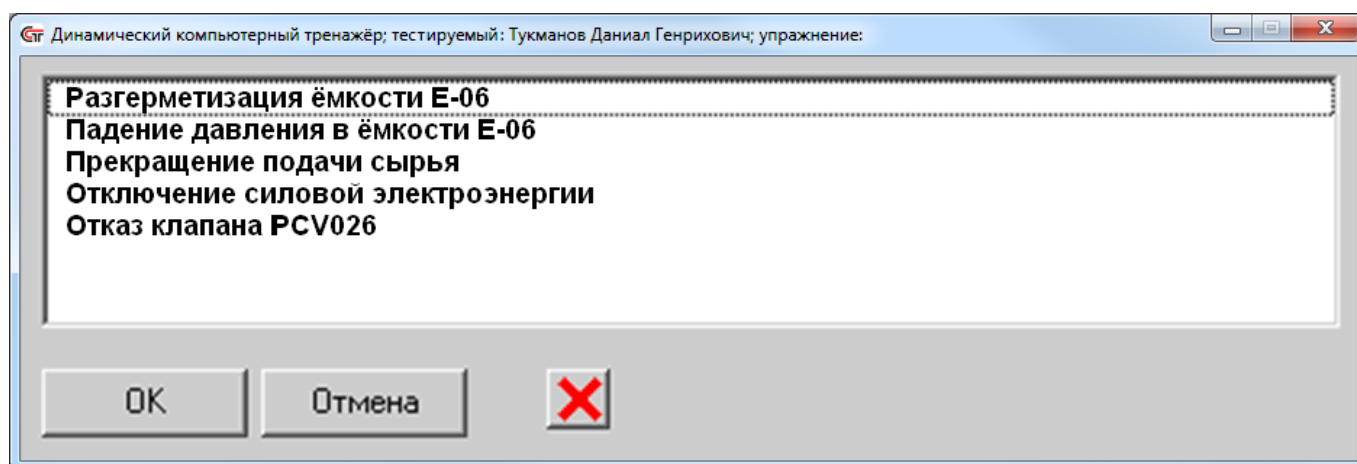


Рис. 23. Окно «Выполнение макроса»

Функциональность модуля СТИнструктор

Модуль СТИнструктор предусматривает возможность:

- ✓ создания и редактирования нестандартных заданий к упражнениям, содержащих различные последовательности возникновения произвольных технологических, нештатных и аварийных ситуаций;
- ✓ дистанционного назначения нестандартных упражнений ученикам;
- ✓ дистанционного доступа ко всем интерактивным элементам управления модуля СТТехнология;
- ✓ дистанционного контроля над ходом тренинга, анализа и оценки результатов выполнения упражнений всех учеников;
- ✓ дистанционного администрирования базой данных пользователей и результатами их работы;
- ✓ использование справочной системы.

Модуль «АРМ РСУ»

Данный пакет прикладного моделирования является собственной разработкой ООО «Системотехника» из пакета программ «СТДинамика», доступен на российском рынке в качестве самостоятельного продукта в том числе и для разработки динамических компьютерных тренажеров.

Интерфейс и функциональность этого модуля определяются программным обеспечением промышленной РСУ, используемой на предприятии.

Тренажёр содержит модуль для подключения к проекту автоматизации, сконфигурированному в программном обеспечении промышленной РСУ.

Имеется опыт практической реализации такого подключения к РСУ:

1. Centum Yokogawa
2. DeltaV Emerson Process Management

и к SCADA:

1. Wonderware InTouch HMI
2. RSVIEW32;
3. Simatic WinCC.

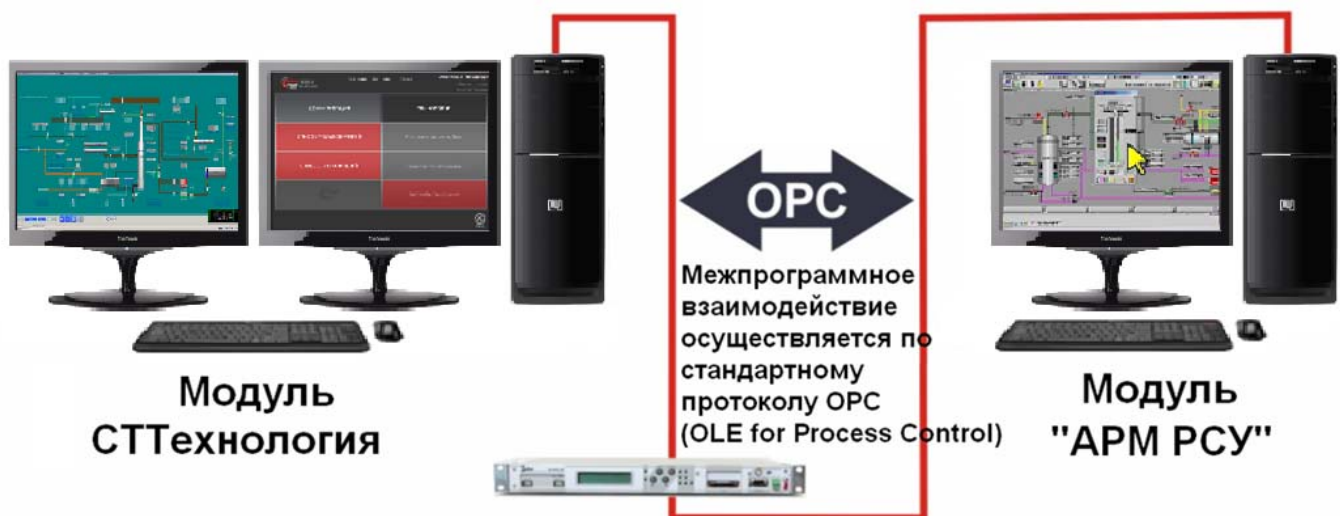


Рис. 24. Механизм взаимодействия модулей СТТехнология и «АРМ РСУ»

Взаимодействие модулей СТТехнология и «АРМ РСУ» осуществляется следующим образом (рис. 24): на станции, где установлен модуль «АРМ РСУ» запускается эмулятор контроллера с алгоритмами управления, с модуля СТТехнология выполняется клиентское подключение по протоколу OPC к серверу, размещённому в модуле «АРМ РСУ». После подключения клиент OPC в модуле СТТехнология выполняет операции чтения-записи тегов эмулятора контроллера, эмулируя сигналы с «поля».

Такой механизм обеспечивает возможность подключения к любой РСУ или SCADA, поддерживающей протокол OPC.

Проект РСУ, используемый в модуле «АРМ РСУ», запускается на отдельном

персональном компьютере, не связанном с действующей РСУ технологического объекта.

3D компонент динамического компьютерного тренажёра СТДинамика

(дополнительная опция; заказывается отдельно)

Назначение 3D компонента тренажёра – приобретение практических навыков выполнения работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварийных ситуаций, отрабатываемых на производственной площадке с внешней стороны технологического оборудования.

3D модуль технологического объекта представляет собой приближенную к реальности виртуальную копию трехмерного пространства моделируемой установки, со всем основным и вспомогательным оборудованием.

В виртуальном пространстве создаются только те элементы реального объекта, которые несут в себе информационную нагрузку к ним относятся:

- *технологическое оборудование*, с которым ведется непосредственный контакт персонала любого уровня, со всеми управляющими элементами (вентильями, задвижками, регулирующими клапанами, различными кнопками и переключателями);
- *здания и сооружения*, в которых перемещается персонал со всеми коридорами, переходами и аварийными выходами;
- *инвентарь* – предметы, которые используются в ходе проведения технологических операций, а также предметы, используемые при различных аварийных ситуациях (огнетушитель, лафетный ствол, противогаз, защитный костюм, лопата, лом, молоток, фонарик и т.д.);
- *персонажи* – персонал, работающий на данном объекте (анимированные фигурки людей в спецодежде данного предприятия);
- *освещение* – расположение источников освещения (фонарей, сигнальных ламп, и других осветительных приборов, как стационарных, так и переносных). С помощью освещения имитируется любое время суток и погодные условия (ясно, облачно, туман);
- *звук* – объемное звуковое сопровождение технологического процесса (специфические звуки, издаваемые оборудованием при его работе), громкоговорящая связь и звуки аварийных сигнализаций.

Элементы с которыми не предусмотрен контакт персонала, прорисовывается не так тщательно с целью экономии системных ресурсов и времени, необходимого для их создания.

В основе 3D компонента тренажёра лежат:

- ✓ трехмерная геометрическая модель производственной площадки, на которой размещен химико-технологический объект (рис. 25 ÷ 33);
- ✓ математические модели истечения, образования и распространения облаков отравляющего химического вещества (ОХВ), паров легко воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ), пожара и пр. в трехмерном пространстве (рис. 34);
- ✓ функциональное обеспечение, позволяющее реализовывать на виртуальной производственной площадке все мероприятия, необходимые для локализации и ликвидации аварийных ситуаций.



Рис. 25. Производственная площадка



Рис. 26. Операторная



Рис. 27. Насосная

3D-модуль тренажера позволяет моделировать следующие ситуации:

- Утечка газа с образованием облака, перемещающегося в пространстве, с учетом направления ветра;
- Утечка жидкости с образованием зоны пролива с учетом рельефа местности и последующим испарением ее с поверхности пролива с образованием парового облака;
- Срабатывание датчиков находящихся в зоне загазованности с последующим выводом сигнала на средства оповещения (звуковая и световая сигнализация);
- Воспламенение паровоздушной смеси от источника воспламенения (огневые работы, искрящаяся проводка, искра при механическом ударе, курение в неподобающем месте и т.д.), с образованием при пожаре различных зон поражения тепловым излучением;
- Взрыв газовой смеси от источника воспламенения с воздействием ударной волны на предметы и персонал находящихся в зоне поражения;
- Отравление персонала в случае попадания в загазованную зону без средств защиты;
- Химический ожог персонала в случае разлива кислот и щелочей.
- Смена времени суток с переходом от естественного к искусственному освещению установки;
- Отказ оборудования: задвижек, насосов, обрыв кабелей, разгерметизация оборудования, отключение электроэнергии и т.п.

- Неисправность или выработка инвентаря: огнетушителя, противогаза, фонарика и др.;
- Удар молнии;
- Землетрясение;
- Падение летательного аппарата;
- Прочие ситуации.

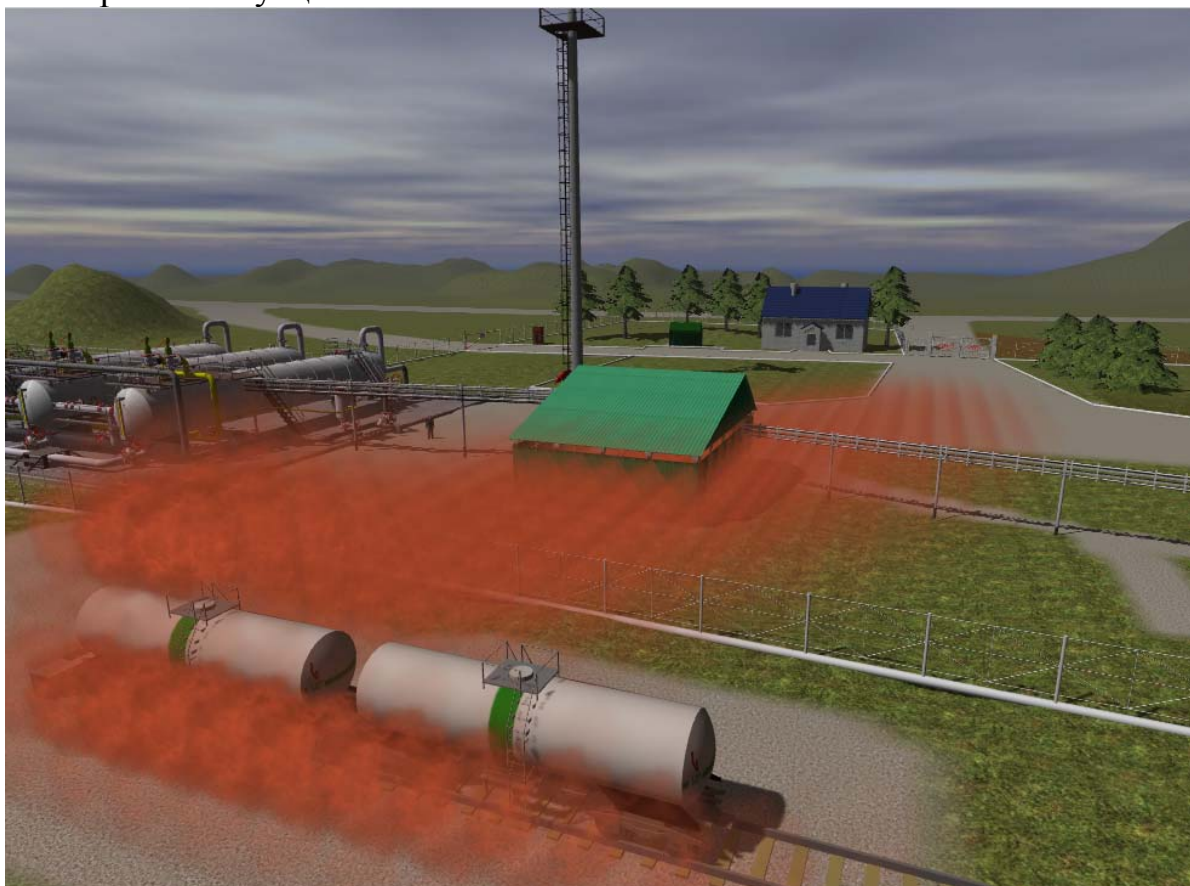


Рис. 28 Утечка тяжелого газа при частичной разгерметизации ЖД цистерны



Рис. 29. Растекание нефти по производственной площадке



Рис. 30. Пожар на производственной площадке



Рис. 31. Тушение пожара

Человек (обучаемый), попадающий в виртуальное пространство моделируемого объекта может совершать в нем следующие действия:

- Перемещаться по объекту;
- Подниматься и спускаться по вертикальным лестницам;
- Открывать, закрывать ручные вентили и задвижки, а также электрозадвижки, переключив их в ручной режим;
- Включать, выключать различные специфические кнопки и переключатели;
- Производить операции со щитовыми приборами;
- Управлять электрозадвижками с пультов управления;
- Использовать средства индивидуальной защиты (противогаз, изолирующие костюмы);
- Использовать средства пожаротушения (ручной огнетушитель, лафетный ствол, инвентарь находящейся на щите пожаротушения);
- Пользоваться вспомогательными средствами (фонариком, рычагом для открытия ручной арматуры и др.);
- Звонить по телефону в различные службы предприятия;
- Связываться по рации с другим персоналом.
- Выполнять соответствующие действия, необходимые для локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

Сетевой вариант 3D тренажёра позволяет отрабатывать коллективные навыки управления технологическим процессом и отработки мероприятий по ПЛАС.

Основные этапы разработки тренажёра

Для разработки компьютерного тренажёра необходимо выполнение следующего перечня работ:

1. Обследование и анализ конструктивных и технологических характеристик химико-технологического объекта.

Сбор данных по аппаратурному и конструктивному оформлению химико-технологического объекта:

- ✓ спецификация технологического оборудования;
- ✓ сборочные чертежи аппаратов и контактных устройств;
- ✓ геометрические характеристики трубопроводов (Dy, количество и длина прямолинейный участков; количество изгибов, их кривизна, угол и пр.);
- ✓ спецификация и характеристика запорной арматуры, с указанием ручного и электрического привода;
- ✓ конструктивные и технологические характеристики насосов;
- ✓ карта размещения элементов химико-технологического объекта в пространстве (генплан);
- ✓ карта рельефа местности.

Анализ технологических схем химико-технологического объекта. Сбор и обобщение информации о параметрах технологического режима и условиях протекания процессов на основе исторической базы данных по параметрам технологического режима, режимных листов и данных аналитического контроля в пусковых, переходных и остановочных режимах; карты технологических режимов, а также технологического регламента и инструкций операторов. Составление материальных балансов.

Сбор и формализация данных по физико-химическим и термодинамическим свойствам индивидуальных компонентов, используемых в производстве:

- ✓ химическая формула индивидуального компонента;
- ✓ критические давление, температура, объем и плотность;
- ✓ фактор ацентричности;
- ✓ нормальная температура кипения;
- ✓ параметр растворимости;
- ✓ дипольный момент;
- ✓ энергия Гиббса образования идеального газа;
- ✓ зависимости плотности, теплоемкости, энтальпии, вязкости, теплопроводности паровой и жидкой фаз от термодинамических параметров;
- ✓ зависимость силы поверхностного натяжения от температуры;
- ✓ зависимость давление насыщенного пара от температуры;
- ✓ зависимость скрытой теплота парообразования от температуры;
- ✓ другие.

Формализация данных предполагает поиск аппроксимирующей функции и определение ее коэффициентов для каждого рассматриваемого свойства индивидуального компонента.

Разработка математических моделей для расчета физико-химических и термодинамических свойств разделяемой смеси в зависимости от температуры, давления и концентрации индивидуальных компонентов.

Сбор данных по АСУТП, систем противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) и противопожарной автоматики:

- ✓ схема автоматизации (точки измерений, контуры автоматического регулирования и стабилизации и пр.);
- ✓ спецификация контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, наименование позиций, настройки регуляторов, уставки, шкалы и пр.;
- ✓ система сбора, обработки, накопления и представления информации и отчетной документации;
- ✓ карты уставок технологических защит;
- ✓ перечень сигнализаций и блокировок;
- ✓ алгоритмы систем ПАЗ и противопожарной автоматики.

Анализ ПЛАС. Обобщение информации о возможных аварийных ситуациях и мероприятий по их предупреждению и локализации.

2. Разработка математических моделей технологических процессов, АСУТП, систем ПАЗ и противопожарной автоматики.

Синтез динамических математических моделей процессов, протекающих в технологическом оборудовании химико-технологического объекта: реакционные процессы, теплообмен, тепло-массообмен, термодинамика, гидродинамика, ректификация; абсорбция и др.

Синтез математических моделей систем АСУТП.

Синтез математических моделей систем ПАЗ и противопожарной автоматики.

Синтез математических моделей динамики химико-технологического объекта в целом.

Синтез трехмерных моделей производственной площадки, химико-технологического объекта и прилегающего пространства.

Синтез математических моделей истечения, образования и распространения облаков отравляющего химического вещества (ОХВ), паров легко воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) и пр. в трехмерном пространстве.

3. Разработка алгоритма и моделирующей программы химико-технологического объекта. Отладка и настройка программы.

4. Идентификация и верификация синтезированных математических моделей к условиям работы химико-технологического объекта.

Идентификация и верификация динамических математических моделей процессов, протекающих в технологическом оборудовании химико-технологического объекта: подбор кинетических коэффициентов, коэффициентов активности компонентов, гидравлического сопротивления, коэффициентов критериальных уравнений и других настроечных коэффициентов.

Идентификация и верификация математических моделей систем автоматического регулирования и ПАЗ химико-технологического объекта: настройка

контуров автоматического регулирования, подбор настроек регуляторов, настройка алгоритмов ПАЗ и пр.

Идентификация и верификация общей математической модели динамики химико-технологического объекта.

5. Разработка интерактивного пользовательского интерфейса компьютерного тренажёра.

Разработка учебного места оператора с имитацией функциональной клавиатуры, пультов управления, а также всех экранных форм и мнемосхем, максимально приближенной к реальному АРМу.

Разработка функционального обеспечения в строгом соответствии с рабочим местом оператора химико-технологического объекта.

Разработка интегрированной среды тренажёра, объединяющей в себе все вышеперечисленные модели и другие нижеуказанные компоненты.

Подключение проекта автоматизации промышленной PCY или SCADA к динамическим моделям технологического объекта.

6. Разработка обучающей системы.

Разработка компьютерных роликов, демонстрирующих корректное выполнение упражнений.

Разработка системы речевого сопровождения упражнений.

Разработка системы обучающих подсказок и предупреждений.

7. Разработка экспертной системы, предназначенной для тестирования и оценки навыков управления.

Разработка подсистемы протоколирования и воспроизведения событий. Событиями являются действия оператора и изменения параметров технологического объекта.

Разработка подсистемы контроля и оценки последовательности действий оператора.

Разработка подсистемы контроля и оценки прохождения контрольных точек, соответствующих различным стадиям технологического процесса.

Разработка подсистемы контроля и оценки соответствия параметров технологического режима нормальным значениям.

Разработка подсистемы контроля и оценки стабильности ведения технологического процесса.

Разработка подсистемы оценки оптимальности ведения технологического процесса на основе энергетического критерия и продолжительности выполнения задания.

8. Разработка справочной системы.

Разработка электронного учебника, включающего в себя технологические регламенты, технологические инструкции операторов.

Разработка руководства пользователя компьютерного тренажёра.

Разработка учебно-методического обеспечения компьютерного тренажёра.

Разработка комплекса упражнений по стандартным регламентным, специфическим, нештатным и аварийным ситуациям (пуск, останов, нормальная эксплуатация технологического оборудования и др.)

9. Разработка и формализация сценариев действий персонала по всем блокам при: плановом пуске и останове, смене технологического режима, аварийных ситуациях, нештатных ситуациях и пр. на основе анализа ПЛАСа, технологических инструкций и опыта работы старших аппаратчиков.
10. Разработка баз данных компьютерного тренажёра, в которых накапливается и хранится информация о каждом пользователе:
 - ✓ личные данные пользователя;
 - ✓ информация о выполненных упражнениях с указанием даты и полученной оценки;
 - ✓ данные по невыполненным упражнениям;
 - ✓ другие данные.
11. Разработка функционального обеспечения, позволяющего реализовывать в виртуальной модели химико-технологического объекта все мероприятия, необходимые для управления химико-технологическим объектом, а также локализации и ликвидации аварийных ситуаций.
12. Разработка сетевого обеспечения компьютерного тренажёра.
13. Отладка всех блоков тренажёра, выявление и исправление ошибок
14. Проведение испытаний программного обеспечения компьютерного тренажёра.
15. Разработка сопроводительной документации.
16. Гарантийное обслуживание. Обучение операторов и персонала, ответственного за обучение, эксплуатации тренажёра, а также консультации по различным вопросам, связанным с тренажёром.

Сопроводительная техническая документация

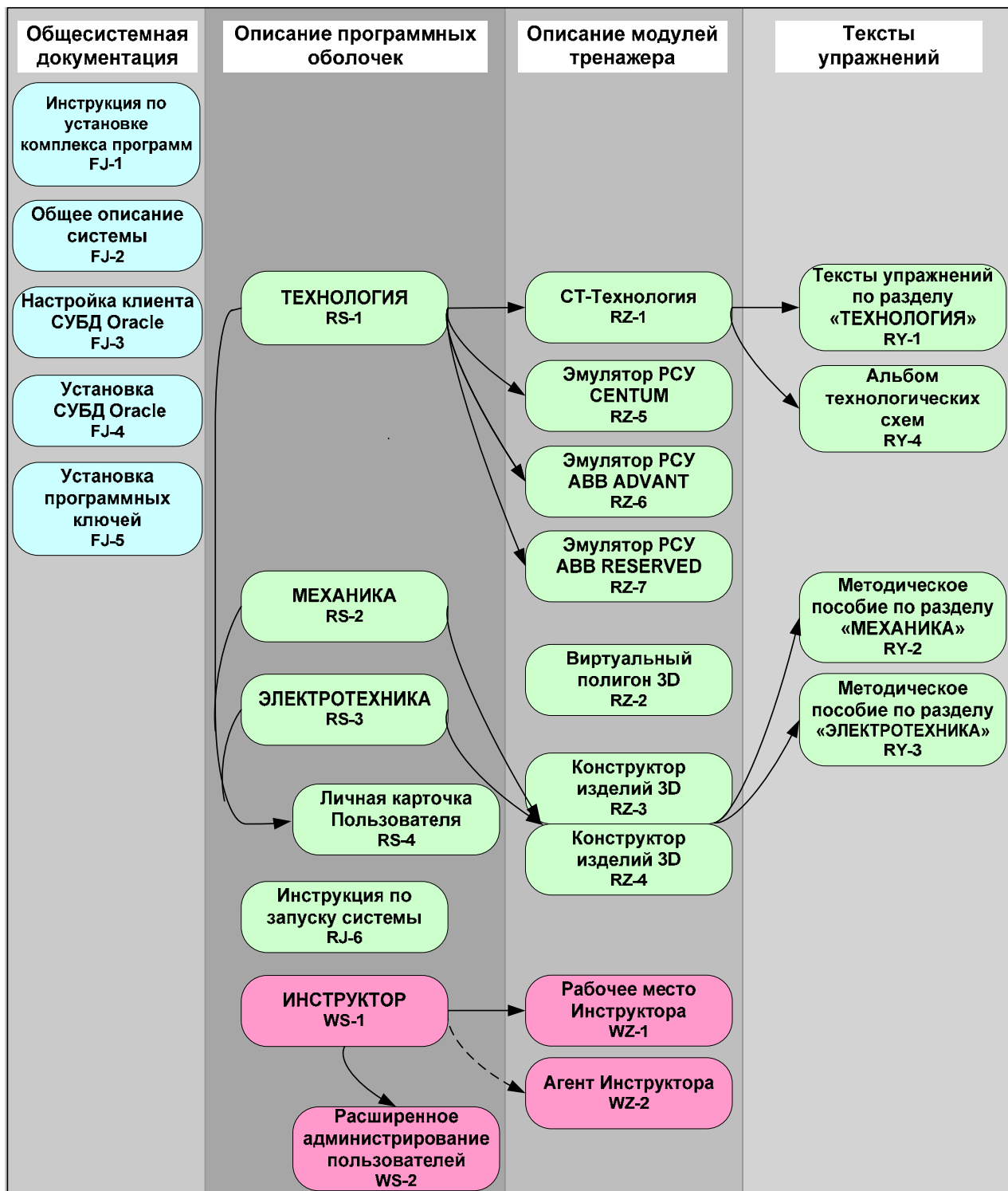
Любой проект содержит информационный лист, так называемую "Карту документации" (рис. 32), которая отображает весь перечень разработанной технической документации для конкретного проекта.

Документация разделена на части, предназначенные для конкретных Пользователей:

- Операторов / Обучаемых;
- Инструкторов / Преподавателей;
- Сотрудников IT-служб.

Каждый документ имеет идентификационный код, по которому его легко найти в общей папке документов.

КАРТА ДОКУМЕНТАЦИИ



- Документация для IT-служб
- Документация для Обучающихся
- Документация для Преподавателей
- Обозначение текущего документа
- xx-# Код документа

Рис. 32 Карта документации

Отличительные особенности динамического компьютерного тренажера для химии и нефтехимии от компании «Системотехника»

1. **Импортозамещение.** Программная платформа – полностью российская разработка.
2. **Ценообразование.** Расчет цены на разработку тренажера производится в российских рублях, без привязки к курсам валют.
3. **Динамические мат.модели.** Динамический компьютерный тренажер создан с использованием динамических математических моделей, максимально приближенных к реальным: в строгом соответствии с документом: «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» федеральных норм и правил в области промышленной безопасности раздел 2.11 Зарубежные производители, такие как Honeywell, Yokogawa, Invensys, несомненно, используют в своих тренажерных платформах динамические мат.модели. Что никак нельзя сказать о многих отечественных производителях тренажеров для нефтехимической промышленности. При этом эти производители утверждают, что их продукт соответствует этим требованиям, хотя при анализе описания их продукта следует соответствие только части положений раздела 2.11.
4. **Эмулятор РСУ – альтернатива зарубежным лицензионным программа РСУ и ПАЗ.** Обязательной частью современного тренажера является использование в его составе лицензионного программного продукта разработчика системы автоматизации. Часть продуктов можно использовать в Demo-режиме. Например, Simatic WinCC: демо-режим, это ограниченное по времени сеанса (2 часа) использование – вполне приемлемо для тренинга. В то же время продукт Yokogawa Centum VP требует именную лицензию на каждое оснащаемое им рабочее место, что соответственно выливается в финансовые издержки. Для таких случаев у компании «Системотехника» имеется альтернативное решение: Эмулятор РСУ. В этом случае можно оборудовать на один объект несколько рабочих мест по цене одной лицензии (фактически стоимость определяется только объемом работ по созданию мнемосхем, панелей управления, системами алармирования и трендов, а также привязки тегов через протокол OPC). Подключаться к проекту РСУ мы также можем.
5. **Модульность.** Компьютерный тренажер состоит из нескольких модулей, взаимодействующих друг с другом. Часть этих модулей является обязательной для выполнения соответствия с разделом 2.11 федеральных норм и правил упомянутого выше документа, а часть является опциональной. Заказчик сам выбирает, что ему нужно.
6. **Гибкость.** Зачастую другие производители предлагают при продаже тренажера опциональные компоненты, как обязательные и необходимые, что естественно повышает стоимость продукта. Компания «Системотехника» открыто демонстрирует, какая часть продукта является обязательной, какая –

- опциональной, оставляя выбор за Конечным пользователем. Далее по тексту описание опциональных модуле будет специально помечено.
7. **Масштабируемость.** Предоставляются как однопользовательские лицензии на программный продукт, так и корпоративные: на 10 или на 50 пользователей конкурентные лицензии (одновременной работы).
 8. **Рабочее место Инструктора (Опция).** В п.2.11 нет никакого упоминания. Поэтому при составлении выделяется отдельной строкой. Выбор – на усмотрение Заказчика. Часть функций является уникальной и не имеется у других производителей.
 9. **Экспертная система оценки действий (Опция).** В п.2.11 нет никакого упоминания. Поэтому при составлении выделяется отдельной строкой. Выбор – на усмотрение Заказчика.
 10. **Личная карточка Пользователя (Опция).** Исключительно полезная вещь, хотя и предназначена для удобства. Позволяет вести учет работы Пользователей. База данных пользователей хранится на сервере под управлением СУБД Oracle. Результаты работы пользователей хранятся на сервере. При необходимости их можно скомпоновать в файл *.pdf и, далее, распечатать. Кроме того, после каждого выполнения упражнения формируется «электронная квитанция», содержащая краткую информацию о текущем завершённом сеансе. Руководитель обучения (Инструктор) имеет возможность выставить оценку отработки действий Пользователем и сохранить оценку в базу данных.
 11. **Средства предтренажерной подготовки (Опция).** Отдельными производителями закладываются в тех.задания на разработку тренажеров различные варианты автоматизированных систем обучения (АОС), представляющих собой аналог экзаменационных тестов на водительские права.
 12. **Система разработки тренинга по ПЛАСу (Опция).** Отсутствует. Отдельным производителем закладывается в тех.задания на разработку тренажеров, что, повышает конечную цену продукта. При необходимости можем разработать аналог в течение 5-8 месяцев.
 13. **Редактор проекта технологического объекта (Опция).** Зарубежные производители тренажеров включают редактор в поставку в обязательном порядке, что ведет к удорожанию. Чаще всего у Заказчика нет выделенного штата грамотных специалистов-моделлеров, чтобы в полной мере использовать возможности такого ПО.
 14. **Виртуальный полигон (Опция).** В п.2.11 нет никакого упоминания. Технологическая площадка реального объекта в 3D-имитационном пространстве. Ряд компаний в качестве 3D-полигона предлагают продукт на базе GoogleMaps – фотографии реальных объектов, сделанные с разных точек, что, по сути, не является полноценным 3D-решением.
 - a. *Виртуальный полигон, ориентированный на приобретение навыков при работе с ЛВЖ и отравляющими веществами.* Используется вместе с

мат. моделью, включая моделирование ПМЛА и планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

в. *Виртуальный полигон, ориентированный на охрану труда.* Может применяться без математической модели. Работа пользователя с противогазом, огнетушителем и пр.

с. *Виртуальный полигон, ориентированный на электробезопасность.* Может применяться без математической модели.

15. **Конструктор изделий (Опция).** Сборка-разборка любых составных изделий. Возможен запуск из виртуального полигона, для изучения строения технологических объектов.

16. **Мультидисциплинарность (Отличительное свойство продукта),** реализуемая для нескольких специальностей. Как результат одновременного использования совокупности нескольких программных модулей.

Соответствие между тренажёром и реальным производством

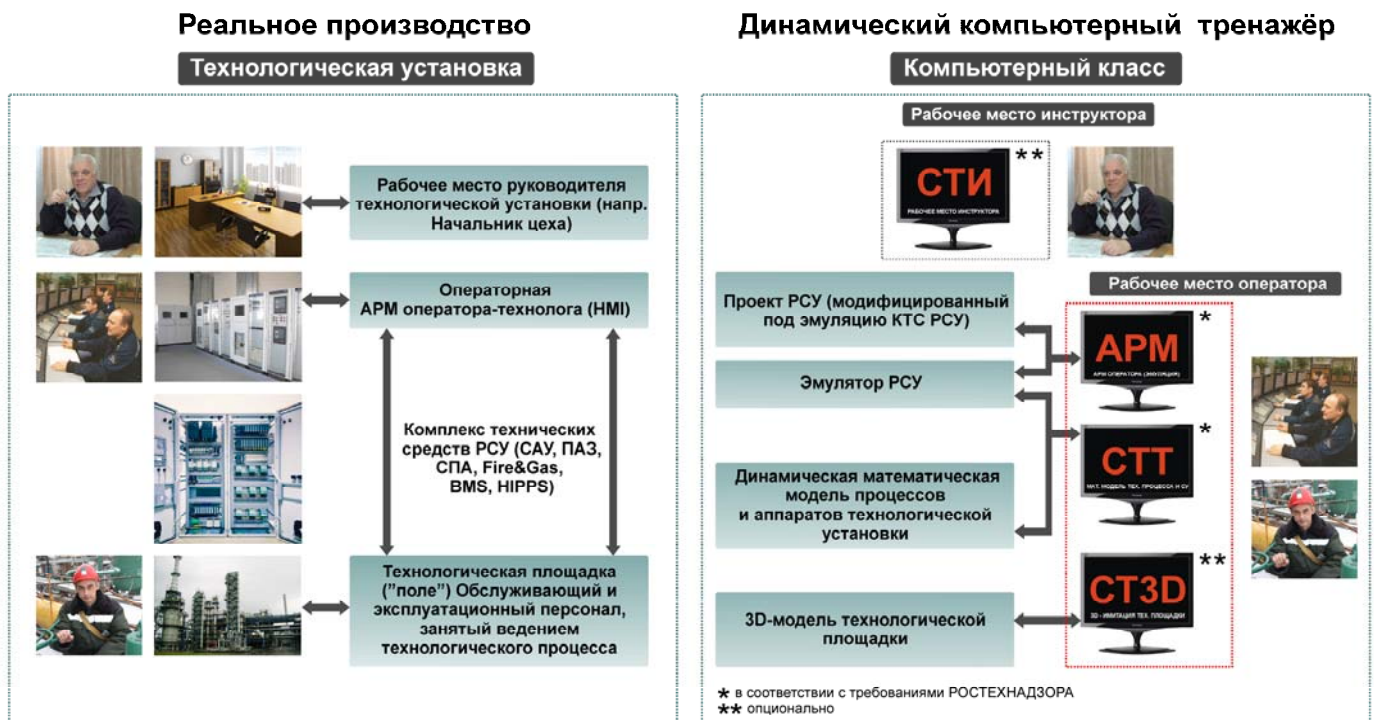
Схема соответствия между тренажёром и реальным производством представлена на Рис. 1г, где:

СТИ - Рабочее Место Инструктора;

СТТ - Математическая модель тех. процесса и СУ;

АРМ - Автоматизированное место Оператора (Эмуляция);

СТ3D - 3D-имитация технологической площадки.



Обучение персонала Заказчика работе с тренажёром

Компания СИСТЕМОТЕХНИКА проводит обучение персонала, ответственного за проведение занятий, работе с тренажёром после его сдачи в эксплуатацию, в том числе в период гарантийного обслуживания.

Объём гарантий качества

Компания СИСТЕМОТЕХНИКА обеспечивает гарантийное обслуживание после сдачи тренажёра в эксплуатацию в части сопровождения программного обеспечения. Неполадки и сбои программного обеспечения тренажёра, неточности в документации, выявленные в гарантийный период, устраняются поставщиком за свой счёт и в короткие сроки.

Срок гарантийного обслуживания тренажёра 2 (Два) года с момента сдачи в эксплуатацию.

В постгарантийный период компания СИСТЕМОТЕХНИКА осуществляет техническую поддержку в течение 2 (Двух) лет.

Авторские права

Компания СИСТЕМОТЕХНИКА предоставляет Заказчику право на использование программного обеспечения тренажёров без ограничения срока действия на условиях простой неисключительной лицензии (п/п 1. п. 1 ст. 1236 ГК РФ).