УДК 681.51

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕР УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МЫЛЬНЫХ СМАЗОК

© 2026 А.А. Рыжова, И.Р. Чигвинцева, Д.А. Рыжов

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 24.02.2025

В данной статье рассмотрена возможность применения распределенной системы управления (РСУ) Centum VP для создания компьютерных тренажеров, предназначенных для обучения студентов инженерных специальностей в образовательных учреждениях. Рассмотрены структура тренажера и функциональные возможности РСУ Centum VP. Приведено описание разработанного в данной среде компьютерного тренажера процесса производства мыльных смазок. Данный тренажер позволяет обучающимся приобрести знания и практические навыки в области автоматизации и управления технологическими процессами. Для реализации компьютерного тренажера была выбрана программная среда РСУ Centum VP компании Yokogawa. Поскольку данная система обладает широкими функциональными возможностями, содержит различные логические блоки и среду визуализации, позволяющие разрабатывать компьютерные тренажеры, приближенные к реальным объектам управления. Также имеется станция оператора, которая применяется для контроля и управления параметрами технологического процесса. В качестве станции оператора в системе Centum VP используется персональный компьютер, со специализированным программным обеспечением. Алгоритмы управления технологическим процессом разработаны с использованием одного из международных языков программирования – языка функциональных блоков FBD. В работе представлены алгоритмы управления насосами и имитация изменения основных технологических параметров. В процессе используется большое количество насосов, которые запускаются в определенной последовательности в зависимости от достижения требуемого уровня в аппаратах. Для реализации данных алгоритмов использовался блок логических диаграмм LC64. Для автоматического запуска тренажера был использован блок таблицы последовательности ST16 - язык программирования в виде структурированного текста. Для графического отображения технологического процесса была разработана мнемосхема технологического процесса с применением графического построителя «Graphic Builder». Разработанный компьютерный тренажер процесса производства мыльных смазок внедрен в образовательный процесс на кафедре «Систем автоматизации и управления технологическими процессами» в Казанском национальном исследовательском технологическом университете и применяется при подготовке магистров и бакалавров. С помощью разработанного тренажера обучающиеся приобретают практические навыки работы с системой управления, ведением технологического процесса, проводят исследования различных режимов работы регуляторов.

Ключевые слова: компьютерные тренажеры, виртуальная модель, сценарии технологического процесса, мыльные смазки, технологические параметры, Centum VP, аварийные и взрывопожароопасные ситуации.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-2(2)-346-355
EDN: BJBFFC

ВВЕДЕНИЕ

В связи с недостатком практического опыта и навыков выпускники инженерных специальностей сталкиваются со сложностями при работе с автоматизированными системами управления технологическими процессами и проектировании систем управления. Для решения данной проблемы на производствах и в образовательных процессах активно применяются компьютерные тренажеры [1, 2]. Они позволяют заменить реальный объект виртуальной компьютерной моделью и отрабатывать различные сценария ведения технологического процесса и предотвращения аварийных и взрывопожароопасных ситуаций [3, 4]. Компьютерные тренажеры должны включать динамические модели процессов, максимально приближённые к реальным, и аналогичные средства управления (функциональные клавиатуры, графические экранные формы и т. д.) применяемые на производствах. Они позволяют снизить затраты на ликвидацию последствий аварий и повысить эффективность обучающегося персонала тем самым, обеспечивают бесперебойную работу, выпуск товарного продукта, минимальный простой и ремонт оборудования.

Рыжова Алина Альбертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизации и управления технологическими процессами. E-mail: alinagainullina0@yandex.ru
Чигвинцева Ильмира Ринатовна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации. E-mail: i_ilmira@rambler.ru
Рыжов Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры системотехники. E-mail: ryzhov.denis@inbox.ru

На сегодняшний день существуют различные производители компьютерных тренажеров для нефтегазовых, нефтехимических и химических производств, например, такие как ABB, Honeywell, Invensys, Yokogawa, Aspen. Среди отечественных производителей можно выделить компании RTSim, Т-Софт, ИНИУС, НПЗ КРУГ. В основном компьютерные тренажеры разрабатываются на основе динамических моделей технологических процессов, учитывающих законы сохранения массы, импульса и энергии. Для этих целей используются специализированные универсальные моделирующие программы, такие как, OmegaLand (Yokogawa), Универсальный тренажерный комплекс (ИНИУС), Aspen Hysys Dynamics (Aspen) и т.д. Данные программы содержат встроенные библиотеки математических моделей аппаратов, компонентов, методов расчета и других данных для разработки высокоточных математических моделей. Несомненно, такие тренажеры обладают высокой точностью и адекватностью, поскольку основаны на строгих математических моделях. Но среди недостатков можно выделить сложность разработки, дороговизна, трудоемкость необходимость точных данных технологического регламента и конструктивных параметров аппаратов.

Для обучения студентов инженерных специальностей в образовательных процессах достаточно использовать информационные компьютерные тренажеры, не обладающие высокой точностью. Данные тренажеры позволят обучать студентов основам введения технологических процессов, принципам автоматизации и проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами. [5] Для разработки таких тренажеров возможно использовать SCADA-системы (Supervisory control and data acquisition/диспетчерское управление и сбор данных) [6-8].

В качестве примеров можно привести созданные тренажеры и описанные в статьях [6,7,9]. Например, в статье [6] приводится описание симулятора-тренажера котла энергоблока ТЭЦ разработанного в SCADA TRACE MODE. В статье [7] описан тренажер с применением пакетов визуального моделирования SIMULINK фирмы Math Works и VisSim32 фирмы Visual Solution. В статье [9] рассмотрен тренажер управления электротехнологическими установками в производствах алюминия, карбида кальция и фосфора с применением SCADA-системы InTouch.

Современные SCADA-системы оснащены всеми необходимыми функциональными возможностями для создания тренажеров: различные языки программирования, позволяющие написать различные сценария изменения технологических параметров, библиотеки с готовыми блоками обработки данных и сложными устройствами такими как ПИД-регуляторы, устройствами управления двигателями и т.д.; развитыми человеко-машинными интерфейсами, с типовыми средствами отображения различных технологических аппаратов и контрольно-измерительных приборов.

В данной статье приведено описание компьютерного тренажера процесса производства мыльных смазок, разработанного в программной среде распределенной системы управления (РСУ) Centum VP компании Yokogawa. Целью работы является демонстрация возможностей РСУ Centum VP для создания компьютерных тренажеров [10-12].

Проведенный обзор выявил отсутствие решений в области разработки компьютерных тренажеров по производству мыльных смазок в SCADA-системах, поэтому данная тема является актуальной. Разработанный компьютерный тренажер является простым и недорогим решением, тем не менее достаточным для обучения студентов управлению технологическими процессами. Он был внедрен в образовательный процесс на кафедре «Систем автоматизаций и управления технологическими процессами» в Казанском национальном исследовательском технологическом университете и применяется при подготовке магистров и бакалавров. Ранее на базе кафедры была создана лаборатория «Автоматизация технологических процессов и производств», включающая в себя три стенда, имитирующих работу узлов учета жидких и газообразных продуктов, работа которых приближена к реальным технологическим процессам на производствах [13]. Данные стенды снабжены современными датчиками, измерительными приборами и управляющим вычислительным комплексом на базе распределенной системы управления Centum VP. Также на базе лаборатории имеется компьютерный класс с тренажерами установки первичной переработки нефти, реализованными в среде универсальной моделирующей программы OmegaLand. [4] Таким образом, разработанный тренажер процесса производства мыльных смазок расширил функционал и возможности использования лаборатории «Автоматизация технологических процессов и производств» в учебном процессе.

ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА

Компьютерный тренажер представляет собой программно-вычислительный комплекс в составе нескольких персональных компьютеров, оснащенных системным и прикладным программным обеспечением, и объединенных в единую локальную сеть. Он включает в себя: станцию обучаемого, инженерную станцию, станцию моделирования, станцию инструктора и коммутатор.

Структурная схема тренажерного комплекса представлена на рисунке 1.

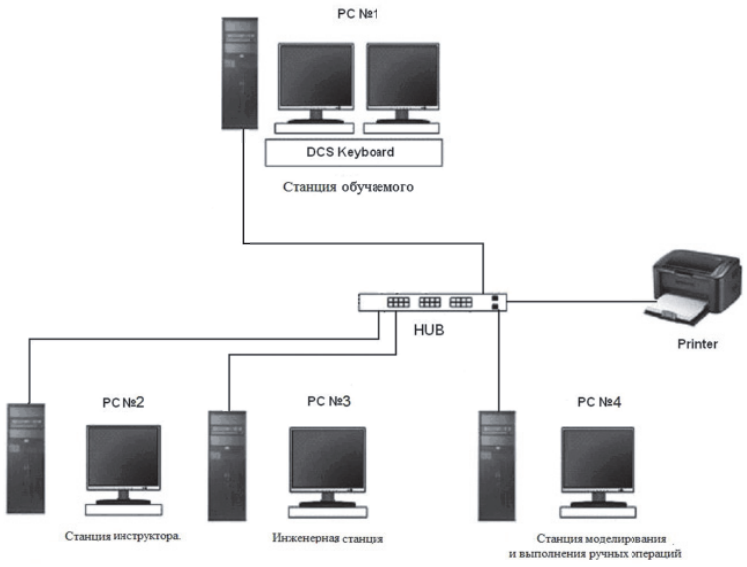

Рисунок 1 – Структурная схема компьютерного тренажера

Станция обучаемого разработана на базе SCADA-системы и предназначена для полной имитации рабочего места оператора-технолога производства. Данная станция отображает мнемосхемы технологического процесса. Обучаемые контролируют типовые регулируемые переменные и манипулируют элементами управления технологического процесса без задержки в модели. На станцию обучаемого сигналы приходят от компьютерных моделей и управляющие сигналы, заданные оператором, которые воздействуют на компьютерную модель процесса. Станция инструктора включает в себя программный модуль инструктора, предназначенный для выполнения полного дистанционного контроля сессии обучения на тренажере. Станция моделирования технологического процесса включает в себя информационную модель технологического процесса. На станции инженера осуществляются функции инжиниринга целевых систем управления и противоаварийной защиты технологических процессов с помощью специализированных программных средств.

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЫЛЬНЫХ СМАЗОК

Технологическая схема процесса производства мыльных смазок представлена на рисунке 2. Установка включает следующие основные секции: секция подготовки сырья и приготовление мыльной основы (дозировочные насосы 2, контактор 1); секция термомеханического диспергирования загустителя в дисперсионной среде (реакторы 7, 11); секция охлаждения расплава (скребковый холодильник 13); секция отделочных операций (гомогенизация, фильтрование и деаэрирование) (установка 15).

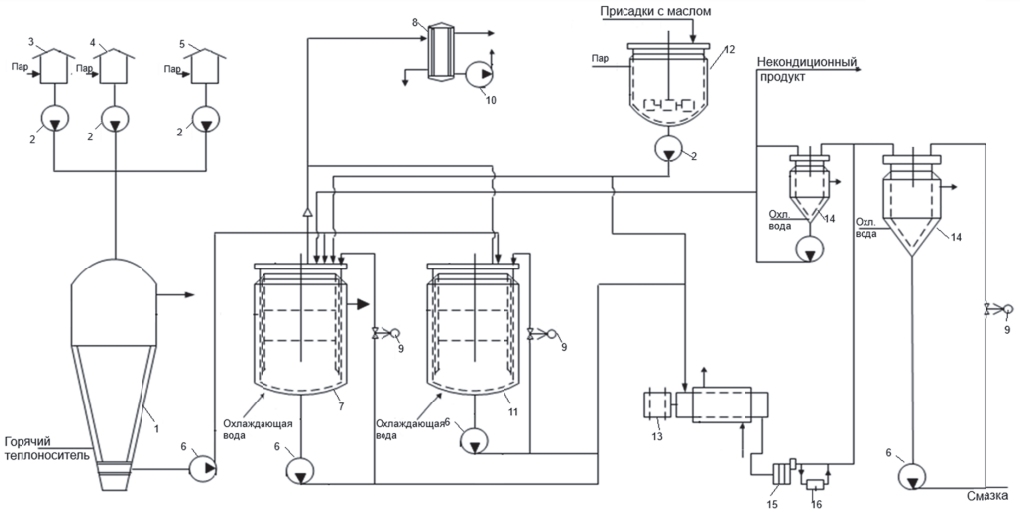

Рисунок 2 – Технологическая схема процесса производства мыльных смазок:
1 – контактор; 2 – дозировочные насосы; 3-5 – сырьевые приемники; 6 – насосы; 7, 11 – реакторы; 8 – конденсатор; 9 – гомогенизирующие клапаны; 10 – вакуумный насос; 12 –смеситель; 13 – скребковый холодильник; 14 – сборники-накопители; 15 – установка гомогенизации, фильтрования и деаэрации; 16 – устройство для контроля реологических свойств

ОПИСАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЫЛЬНЫХ СМАЗОК

Для разработки тренажера была выбрана РСУ Centum VP, поскольку она обладает широкими функциональными возможностями и позволяет симулировать изменения технологических параметров, используя различные языки программирования. РСУ Centum VP [12] содержит ряд приклад-

ных пакетов программ, реализующих функции эффективного управления отдельными агрегатами (многосвязное регулирование, нейрорегуляторы и регуляторы на нечёткой логике, оптимизация и т.д.), функции диспетчерского управления участками производства (компьютерная поддержка принятия управленческих решений), функции технического учёта и планирования производства в целом; содержит пакеты визуального программирования, графические библиотеки, функциональные блоки, преднастроенные сетевые протоколы и интерфейсы; имеет единую конфигурационную базу данных; поддерживает пять языков программирования МЭК (международная электротехническая комиссия) 61131-3 [14]; содержит программные средства для интеграции информации с другими системами автоматизации разных уровней управления и разного назначения.

РСУ Centum VP состоит из станции оператора (HIS), станция управления (FCS), соединенных между собой маркерной шиной Vnet/IP. Станция оператора используется для контроля и управления параметрами технологического процесса, данная станция выступает в качестве станции обучаемого.

Алгоритмы управления технологическим процессом разрабатывались с использованием одного из международных языков программирования FBD–блоков (функциональные блоки). С помощью данных блоков прописываются условия выполнения тех или иных операций.

В разработанном тренажере использовались следующие функциональные блоки: блок индикатора входа – PVI; блок вычислений – CALCU; двухпозиционный блок управления мотором – MC-2; блок ручной загрузки – MLD; блок логической схемы - LC64; блок таблицы последовательностей – ST16; ПИД-регулятор – PID; блок таймера – TM; блок установки соотношения – RL; блок переключающих устройств с 1 входом и 1 выходом - SIO-11.

Рассмотрим некоторые функциональные блоки и реализованные в них алгоритмы управления. На рисунке 3 показана схема непрерывного управления насосами и имитация изменения основных технологических параметров. Каждый блок отвечает за выполнение определенных логических и вычислительных операций. Так блоки LC26_C, LC27_C, LC28_C, FC3_C, FC4_C, FC5_C выполняют функции имитации изменений уровней в сырьевых приемниках и расходов на линиях подачи сырья в контактор с помощью вычислительного блока CALCU (пример реализованных в них алгоритмом рассматривается ниже). Далее сигналы уровней и расходов, рассчитанные в блоках CALCU, передаются в блоки ручной загрузки LC26, LC27, LC28, FC3, FC4, FC5. После при помощи блоков LC26_1, LC27_1, LC28_1, FC3_1, FC4-1, FC5-1 данные выводятся на экран оператора. Для управления насосами применяется блок LC64. С помощью блоков M3_1, M4_1, M5-1 операторы осуществляют запуск или останов насосов.

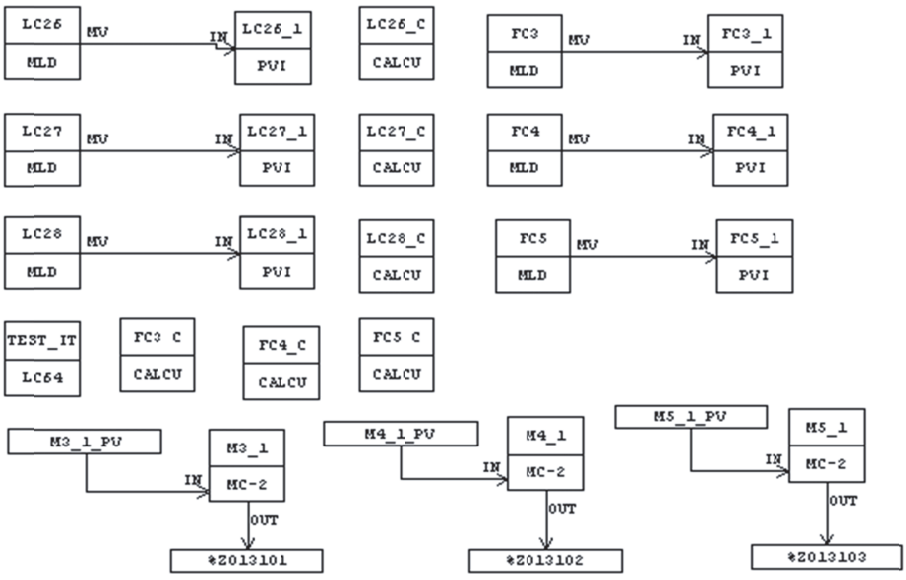

Рисунок 3 – Блок схема управления процессом производства мыльных смазок

Алгоритмы имитации изменений технологических параметров можно реализовать различными способами: путем их симулирования, либо основываясь на математических зависимостях. Для этого можно использовать блок вычисления CALCU, либо блок пошаговой последовательности SFC. Например, в работе [15] для имитации заполнения емкости основным (жидким) компонентом использовались следующие зависимости:

$$L = L_0 + \frac{1}{S_Б} * \int_0^t (Q_{in} - Q_{out}) * dt \qquad (1)$$

или, продифференцировав уравнение (1), получим приращение уровня в виде:

$$\frac{dL}{dt} = \frac{1}{S_Б} * (Q_{in} - Q_{out}), \quad (2)$$

где L – уровень; L_0 – значение уровня на предыдущем шаге интегрирования; $\frac{dL}{dt}$ – приращение уровня в емкости; Q_{in} – расход втекающей жидкости; Q_{out} – расход вытекающей жидкости; $S_Б$ – площадь основания емкости.

Объемный расход Q через заслонку, используя ее проливочную характеристику, можно определить по формуле:

$$Q = Qn(a)*(P_1 - P_2), \quad (3)$$

где $Qn(a)$ – проливочная характеристика заслонки; a – угол открытия заслонки; P_1 – давление на входе заслонки; P_2 – давление на выходе заслонки.

Изменение давления газа в незаполненной части емкости при ее заполнении можно определить из соотношения:

$$P_0 V_0 = P_1 V_1, \quad (4)$$

где P_0, P_1, V_0, V_1 – давления и объемы газа в начальном и конечном состоянии соответственно.

Переписав формулу (4) в приращениях, получим:

$$P_0 V_0 = (P_0 + dP) * (V_0 + dV).$$

Раскрыв скобки и пренебрегая ничтожно малым членом $dP*dV$, получим:

$$dP = \frac{P_0}{V_0} * dV = \frac{P_0}{L_0} * dL, \quad (5)$$

где P_0 и L_0 – значения давление и уровня на предыдущем шаге интегрирования.

Связь давления и массы газа определяется уравнением состояния идеального газа:

$$P*V=m*R*T, \quad (6)$$

где P – давление газа; V – объем газа; m – количество вещества; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура газа.

Продифференцировав обе части уравнения (6) при условии постоянной температуры и постоянного объема, получим:

$$dP = \frac{R*T}{V} * dm = \frac{R*T}{V} * \sum_{i=1}^{3} G_i, \quad (7)$$

где $\frac{R*T}{V} = k(L)$ – коэффициент, зависящий от уровня заполнения емкости;

$\sum_{i=1}^{3} G_i$ – суммарный массовый расход газа в емкость, или, в нашем случае:

$$\sum_{i=1}^{3} G_i = G_{A12} + G_{A13} - G_{C12}, \quad (8)$$

где G_{A12}, G_{A13} – массовый расход газа в емкость через заслонки подачи инертного газа и катализатора соответственно; G_{C12} – массовый расход газа через заслонку сброса давления из емкости. [15]

Для реализации модели заполнения емкости с помощью формул (1), (2) и (3) использовались следующие вычислительные FBD блоки: ADD (блок сложения), MUL (блок умножения), FUNC-VAR (блок 13-и зонной линейной интерполяции), INTEG (блок интегрирования), LDLAG (апериодическое звено 1-го порядка), CALCU (вычислительный блок). Полученная блок-схема модели заполнения емкости представлена на рисунке 4.

В работе для имитации изменения основных технологических параметров, таких как расход и уровень использовался блок CALCU. В нем с помощью команды alias объявляются переменные, затем, используя стандартный оператор ветвления IF-TNEN, прописываются условия, по которым происходит изменение технологических параметров и их сброс на начальные состояния. Пример листинга программы изменения расхода сырья имеет следующий вид:

```
alias MV FC3.MV
ALIAS AL {FC3_1.ALRM.HH}
ALIAS PMP1 M3_1.CSV
ALIAS PW1 PUMP1.PV
```

```
IF (MV<100) AND (PMP1==2)THEN
P01=7
MV=MV+P01
PW1=0
END IF

IF (PMP1==0)THEN
P01=0
MV=0
PW1=0
END IF
```

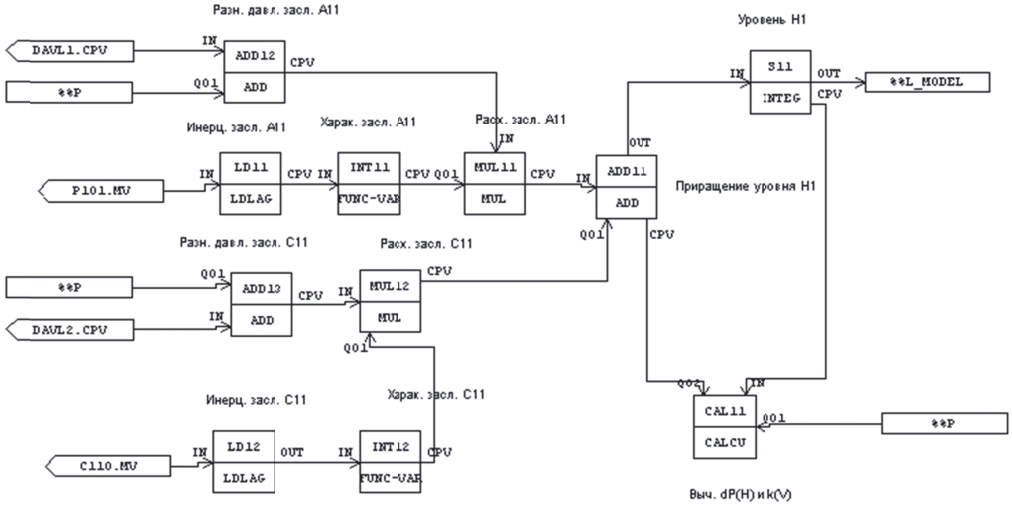

Рисунок 4 – Блок-схема модели заполнения емкости основным компонентом [15]

Аналогичным образом реализованы имитации изменения других технологических параметров.

Для непрерывного управления насосами, которые должны запускаться в определенной последовательности в зависимости от достижения требуемого уровня в аппаратах, реализован алгоритм с использованием блока логических диаграмм LC64 (рис. 5). В данном алгоритме включение каждого насоса при достижении необходимого уровня привязано к ключу STEP1 и к условиям включения предыдущих насосов. При выполнении условий, насосы переходят в автоматический режим и включаются; если хотя бы одно условие не будет выполнено, действие не совершается.

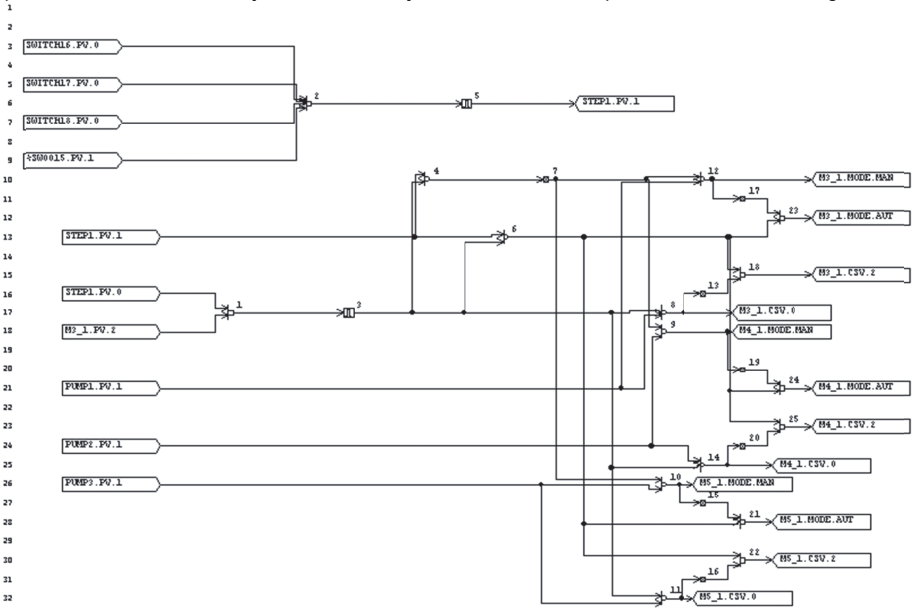

Рисунок 5 – Схема управления насосами в блоке LC64

Отличием РСУ Centum VP является то, что для реализации систем логического управления существуют два основных блока: таблица последовательности ST16 и блок логических диаграмм LC64. Кроме

них можно также использовать блоки пошаговой последовательности (SFC) и блок общих вычислений CALCU, который также может реализовывать конструкции вида: IF THEN ELSE. Наиболее частым является использование блока ST16 для реализации последовательного управления, например, запуска какого-либо технологического объекта, а использование блока LC64 - для выдачи технологических сообщений и т.п. Поэтому для автоматического запуска всего тренажера был использован блок таблицы последовательности ST16. Он представляет собой язык программирования в виде структурированного текста, представленного только в форме таблицы. Данный блок состоит из верхней области – условий, и нижней области - действий. Алгоритм считывается по столбцам сверху вниз, слева на право. При выполнении или не выполнении условий в соответствующей строке указывается буква Y (Yes/Да) или N (No/Нет) и в области действий также в соответствующей строке указывается либо Y, либо N.

Пример таблицы последовательности представлен на рисунке 6. Данный алгоритм переводит соответствующие функциональные блоки в ручные (MAN), либо автоматические (AUT) режимы при включении определенных ключей.

No.	Tag name.Data item	Data
C01	CSTART.PV	1
C02	CSTOP.PV	1
C03	SW11.PV	1
C04	SW11.PV	0
C05	SW21.PV	1
C06	SW21.PV	0
C07	SW31.PV	1
C08	SW31.PV	0
C09	SW41.PV	1
C10	SW41.PV	0
C11	SW51.PV	1
C12	SW51.PV	0
A01	1.MODE	AUT
A02	1.MODE	MAN
A03	2.MODE	AUT
A04	2.MODE	MAN
A05	3.MODE	AUT
A06	3.MODE	MAN
A07	4.MODE	AUT
A08	4.MODE	MAN
A09	5.MODE	AUT
A10	5.MODE	MAN
A11	61.MODE	AUT
A12	61.MODE	MAN
A13	7.MODE	AUT

Рисунок 6 – Окно таблицы последовательности ST16

Также в работе были сконфигурированы сообщения оператору, которые появляются на операторском интерфейсе. Для этого в РСУ Centum VP предусмотрены следующие построители:

- Annunciator - выдает сообщение в окне системных сообщений, причем если переменная конкретного сообщения меняет значение с 0 на 1 – производится выдача текста сообщения с пометкой «ALRM» (сигнализация), если с 1 на 0 – с пометкой «NR» (нормальное состояние).
- Signal Event - служит для выдачи сообщений и передачи данных между различными SFC-блоками.
- Operator Guide - выдает сообщение в окне подсказок оператору. Сообщение выдается каждый раз, когда переменная конкретного сообщения принимает значение 1 (значение 0 присваивается автоматически на следующем шаге сканирования).
- Printout Message - производит выдачу сообщений на принтер. Способ выдачи такой же, как и для Operator Guide, кроме того, что к тексту сообщения можно прикрепить мгновенные значения до 3-х переменных.

В рамках созданного тренажера для выдачи сообщений использовались Annunciator и Operator Guide при помощи логического блока LC64. В данных сообщениях содержится оповещения персонала о начале и завершении работы установки, о заполнении емкости и слива готового продукта, также о превышении технологических параметров заданных значений.

Для графического отображения технологического процесса была разработана мнемосхема технологического процесса (рис. 7) с применением графического построителя «Graphic Builder». На ней представлены основные аппараты технологического процесса и технические средства автоматизации, датчики и исполнительные устройства. Данная мнемосхема отображает ход реального технологического процесса и изменения технологических параметров, согласно разработанному алгоритму.

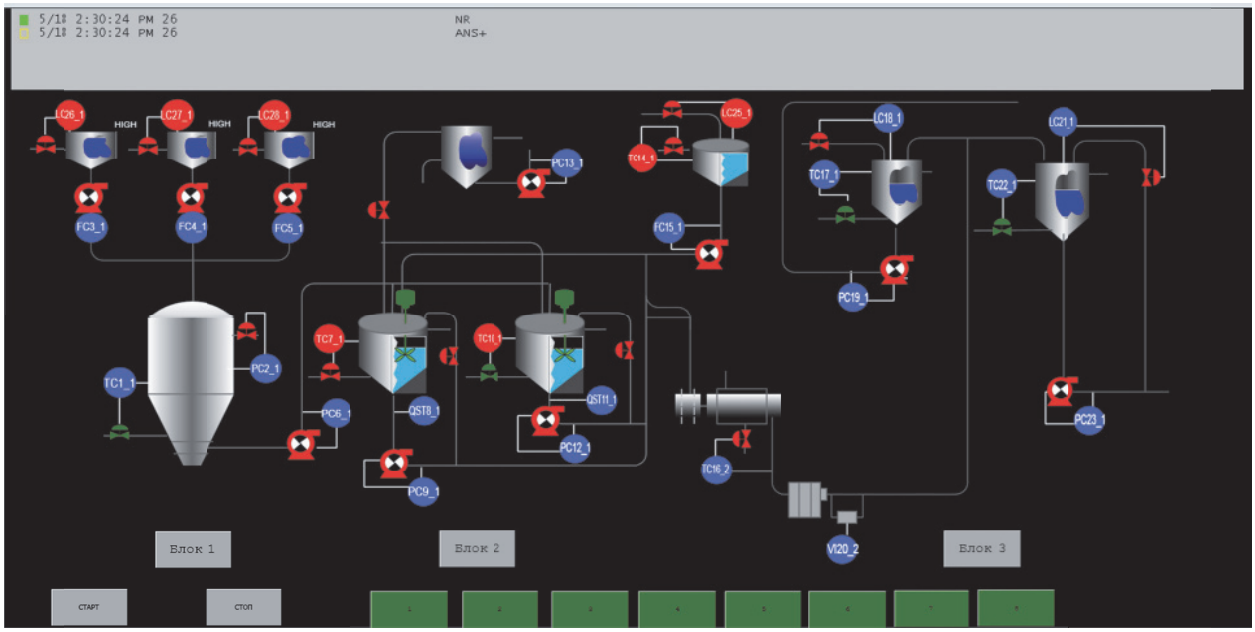

Рисунок 7 – Графическое окно компьютерного тренажера

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования была обоснована актуальность разработки компьютерного тренажера процесса производства мыльных смазок на базе РСУ Centum VP, вследствие невысокой стоимости и отсутствия аналогичных решений на рынке. Применение компьютерных тренажеров в учебном процессе являются эффективным инструментом подготовки высококвалифицированных инженерных кадров, отвечающих современным запросам цифрового производства. Разработанный тренажер позволяет студентам в условиях, приближенных к реальным, приобрести более углубленные знания и практические навыки работы с системой управления РСУ Centum VP, ведения технологического процесса, изучать взаимосвязи между различными технологическими параметрами и их влияние друг на друга, а также исследовать режимы работы и способы настройки регуляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Павлов, Ю. Л.* Системный анализ и тренажер для управления технологическими печами / Ю. Л. Павлов, Н. Н. Зиятдинов, Д. А. Рыжов, А. А. Караванов // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 18. – С. 186-188. – EDN UYYUZL. Gainullina, A. A. Training software complex «automated control system of Enterprise» / A. A. Gainullina, R. K. Nurgaliev, D. A. Ryjov // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 9, No. 1. – P. 7476-7481. – DOI 10.35940/ijeat.A3120.109119. – EDN UXMJCP.
2. *Жук, Т. В.* Основные аспекты выбора и внедрения компьютерных тренажерных комплексов нефтехимических производств / Т. В. Жук, Д. А. Рыжов, Л. Т. Галявиев, А. И. Шигапов // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 7. – С. 47-50. – EDN WJGCFZ.
3. *Элстон Х.* Применение тренажеров для обучения операторов технологических установок НПЗ / Х. Элстон, Д. Поттер // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. – 1989. – №12. – С. 112-115.
4. *Нургалиев, Р. К.* Компьютерный тренажерный комплекс как инновационное средство обучения в инженерном образовании / Р. К. Нургалиев, Д. А. Рыжов, А. А. Гайнуллина, А. И. Шигапов // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 7. – С. 101-104. – EDN YKJXWL.
5. Симулятор энергоблока ТЭЦ в SCADA TRACE MODE 6// TRACE MODE : официальный сайт. – URL:http://www.adastra.ru/news/simulator_powerunit/ (дата обращения: 28.03.2025).
6. *Ахметсафин, Р.* Разработка тренажеров и отладка проектов АСУ ТП на базе пакетов MMI/SCADA / Р. Ахметсафин, Р. Ахметсафин, Ю. Курсов // Программное обеспечение и моделирвоание. – 1998. – СТА №3.
7. *Ершов, П. Р.* Разработка тренажеров на базе SCADA Trace Mode 6 / П. Р. Ершов, Д. В. Батищев // Наука и образование в современной конкурентной среде : Материалы Международной научно-практической конференции: в 3-х частях, Уфа, 15–16 февраля 2014 года. Том Часть II. – Уфа: Автономная некоммерческая организация «Исследовательский центр информационно-правовых технологий», 2014. – С. 96-99. – EDN TAXCSH.
8. *Чистякова, Т. Б.* Методы и технологии синтеза компьютерных тренажеров для управления электротехнологическими установками в SCADA HMI / Т. Б. Чистякова, О. В. Ершова // Человеческий фактор в сложных технических системах и средах (Эрго-2018) : Труды Третьей международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 07 июля 2018 года / Под редакцией А. Н. Анохина, А. А. Обознова, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. – Санкт-Петербург: Межрегиональная общественная организация «Эргономическая ассоци-

ация», 2018. – С. 424-431. – EDN YUOQCL.
9. *Коваленко, Н. А.* Реализация цифрового двойника реактора гидрирования на базе Yokogawa Centum VP / Н. А. Коваленко, И. В. Прахов, К. А. Крышко, Э. И. Ахметшина // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 4(130). – С. 18-20. – EDN ETRONE.
10. *Крышко, К. А.* Разработка интерфейса цифрового двойника реактора гидрирования на базе Yokogawa Centum Vp / К. А. Крышко, Д. А. Заболотный, Е. С. Торгашов, Ш. Д. Баимов // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 11(149). – С. 27-29. – EDN AYHPIG.
11. *Волкова, П. Ю.* Разработка автоматизированной системы управления на базе программно-технических средств YOKOGAWA CENTUM VP / П. Ю. Волкова, М. Г. Баширов // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля - 2018 : материалы Международной научно-методической конференции, Салават, 27–30 апреля 2018 года. – Салават: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2018. – С. 207-210. – EDN OUMVTN.
12. *Зеленко, О. В.* Внедрение программных средств РСУ Centum VP в образовательный процесс / О. В. Зеленко, Е. Ю. Климанова, Т. Ю. Перевощикова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №24. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-programmnyh-sredstv-rsu-sentum-vp-v-obrazovatelnyy-protsess (дата обращения: 21.04.2025).
13. *Нургалиев, Р. К.* Подготовка технических специалистов для цифрового предприятия на базе лаборатории автоматизации / Р. К. Нургалиев, О. В. Зеленко, Е. Ю. Климанова, А. А. Рыжова // Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 06 декабря 2018 года. – Казань: Издательство «Познание», 2018. – С. 121-127. – EDN ZCGQAX.
14. *Познахирева, И. В.* Проектирование производственного процесса с использованием системы CENTUM CS3000 / И. В. Познахирева, Р. С. Познахирев, А. Г. Янишевская // Автоматизация. Современные технологии. – 2015. – № 7. – С. 34-41. – EDN TXNMMZ.
15. *Черкасов, А. С.* Использование языков МЭК 61131-3 для программирования логических контроллеров / А. С. Черкасов // Символ науки. – 2020. – №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-yazykov-mek-61131-3-dlya-programmirovaniya-logicheskih-kontrollerov (дата обращения: 31.07.2025).

COMPUTER SIMULATOR INSTALLATION PRODUCTION OF SOAP LUBRICANTS

© 2026 A.A. Ryzhova, I.R. Chigvintseva, D.A. Ryzhov

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

This article discusses the possibility of using the Centum VP distributed control system (DCS) to create computer simulators designed to train engineering students in educational institutions. The structure of the simulator and the functionality of the Centum VP DCS are considered. Description of soap lubricant production process developed in this environment is given. This simulator allows students to acquire knowledge and practical skills in the field of automation and process control. Yokogawa Centum VP DCS software environment was selected for implementation of the computer simulator. Since this system has a wide functionality, it contains various logical blocks and a visualization environment that allows you to develop computer simulators that are close to real control objects. There is also an operator station that is used to monitor and control process parameters. A personal computer with specialized software is used as an operator station in the Centum VP system. Process control algorithms are developed using one of the international programming languages - the language of functional blocks FBD. The paper presents algorithms for controlling pumps and simulating changes in the main technological parameters. The process uses a large number of pumps, which are started in a certain sequence, depending on the achievement of the required level in the devices. To implement these algorithms, a block of logic diagrams LC64 was used. To automatically start the simulator, a ST16 sequence table block was used - a programming language in the form of structured text. A process mnemonic has been developed using the Graphic Builder to graphically display the process. The developed computer simulator of the soap lubricant production process was introduced into the educational process at the Department of Automation and Process Control Systems at Kazan National Research Technological University and is used in the preparation of masters and bachelors. With the help of the developed simulator, students acquire practical skills in working with the control system, conducting the technological process, conducting research on various modes of operation of regulators.

Keywords: computer simulators, virtual model, process scenarios, soap lubricants, process parameters, Centum VP, emergency and fire and explosion hazardous situations.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-2(2)-346-355
EDN: BJBFFC

REFERENCES

1. *Pavlov Yu. L.* Sistemnyj analiz i trenazher dlya upravleniya tekhnologicheskimi pechami / Yu. L. Pavlov, N. N. Ziyatdinov, D. A. Ryzhov, A. A. Karavanov // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – T. 18, № 18. – S. 186-188. – EDN UYYUZL. Gainullina, A. A. Training software complex \»automated control system of Enterprise\»

/ A. A. Gainullina, R. K. Nurgaliev, D. A. Ryjov // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 9, No. 1. – P. 7476-7481. – DOI 10.35940/ijeat.A3120.109119. – EDN UXMJCP.
2. *Zhuk, T. V.* Osnovnye aspekty vybora i vnedreniya komp'yuternyh trenazhernyh kompleksov neftekhimicheskih proizvodstv / T. V. Zhuk, D. A. Ryzhov, L. T. Galyaviev, A. I. Shigapov // Avtomatizaciya v promyshlennosti. – 2016. – № 7. – S. 47-50. – EDN WJGCFZ.
3. *Elston, X.* Primenenie trenazherov dlya obucheniya operatorov tekhnologicheskih ustanovok NPZ / X. Elston, D. Potter // Neft', gaz i neftekhimiya za rubezhom. – 1989. – №12. – S. 112-115.
4. *Nurgaliev, R. K.* Komp'yuternyj trenazhernyj kompleks kak innovacionnoe sredstvo obucheniya v inzhenernom obrazovanii / R. K. Nurgaliev, D. A. Ryzhov, A. A. Gajnullina, A. I. Shigapov // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2017. – T. 20, № 7. – S. 101-104. – EDN YKJXWL.
5. Simulyator energobloka TEC v SCADA TRACE MODE 6// TRACE MODE : oficial'nyj sajt. – URL:http://www.adastra.ru/news/simulator_powerunit/ (data obrashcheniya: 28.03.2025).
6. *Ahmetsafin, R.* Razrabotka trenazherov i otladka proektov ASU TP na baze paketov MMI/SCADA / R. Ahmetsafin, R. Ahmetsafin, Yu. Kursov // Programmnoe obespechenie i modelirvoanie. – 1998. – STA №3.
7. *Ershov, P. R.* Razrabotka trenazherov na baze SCADA Trace Mode 6 / P. R. Ershov, D. V. Batishchev // Nauka i obrazovanie v sovremennoj konkurentnoj srede : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 3-h chastyah, Ufa, 15–16 fevralya 2014 goda. Tom Chast' II. – Ufa: Avtonomnaya nekommercheskaya organizaciya «Issledovatel'skij centr informacionno-pravovyh tekhnologij», 2014. – S. 96-99. – EDN TAXCSH.
8. *Chistyakova, T. B.* Metody i tekhnologii sinteza komp'yuternyh trenazherov dlya upravleniya elektrotekhnologicheskimi ustanovkami v SCADA HMI / T. B. Chistyakova, O. V. Ershova // Chelovecheskij faktor v slozhnyh tekhnicheskih sistemah i sredah (Ergo-2018) : Trudy Tret'ej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Sankt-Peterburg, 07 iyulya 2018 goda / Pod redakciej A. N. Anohina, A. A. Oboznova, P. I. Paderno, S. F. Sergeeva. – Sankt-Peterburg: Mezhregional'naya obshchestvennaya organizaciya «Ergonomicheskaya associaciya», 2018. – S. 424-431. – EDN YUOQCL.
9. *Kovalenko, N. A.* Realizaciya cifrovogo dvojnika reaktora gidrirovaniya na baze Yokogawa Centum VP / N. A. Kovalenko, I. V. Prahov, K. A. Kryshko, E. I. Ahmetshina // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2022. – № 4(130). – S. 18-20. – EDN ETRONE.
10. Kryshko K. A. Razrabotka interfejsa cifrovogo dvojnika reaktora gidrirovaniya na baze Yokogawa Centum Vp / K. A. Kryshko, D. A. Zabolotnyj, E. S. Torgashov, Sh. D. Baimov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2023. – № 11(149). – S. 27-29. – EDN AYHPIG.
11. *Volkova, P. Yu.* Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy upravleniya na baze programmno-tekhnicheskih sredstv YOKOGAWA CENTUM VP / P. Yu. Volkova, M. G. Bashirov // Integraciya nauki i obrazovaniya v vuzah neftegazovogo profilya - 2018 : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoj konferencii, Salavat, 27–30 aprelya 2018 goda. – Salavat: Ufimskij gosudarstvennyj neftyanoj tekhnicheskij universitet, 2018. – S. 207-210. – EDN OUMVTN.
12. *Zelenko, O. V.* Vnedrenie programmnyh sredstv RSU Centum VP v obrazovatel'nyj process / O. V. Zelenko, E. Yu. Klimanova, T. Yu. Perevoshchikova // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2012. – №24. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-programmnyh-sredstv-rsu-sentum-vp-v-obrazovatelnyy-protsess (data obrashcheniya: 21.04.2025).
13. Podgotovka tekhnicheskih specialistov dlya cifrovogo predpriyatiya na baze laboratorii avtomatizacii / R. K. Nurgaliev, O. V. Zelenko, E. Yu. Klimanova, A. A. Ryzhova // Vektor razvitiya upravlencheskih podhodov v cifrovoj ekonomike : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Kazan', 06 dekabrya 2018 goda. – Kazan': Izdatel'stvo \»Poznanie\», 2018. – S. 121-127. – EDN ZCGQAX.
14. *Poznahireva, I. V.* Proektirovanie proizvodstvennogo processa s ispol'zovaniem sistemy CENTUM CS3000 / I. V. Poznahireva, R. S. Poznahirev, A. G. Yanishevskaya // Avtomatizaciya. Sovremennye tekhnologii. – 2015. – № 7. – S. 34-41. – EDN TXNMMZ.
15. *Cherkasov, A. S.* Ispol'zovanie yazykov MEK 61131-3 dlya programmirovaniya logicheskih kontrollerov / A. S. Cherkasov // Simvol nauki. – 2020. – №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-yazykov-mek-61131-3-dlya-programmirovaniya-logicheskih-kontrollerov (data obrashcheniya: 31.07.2025).

Alina Ryzhova, Associate Professor, Department of Automation Systems and Process Control.
E-mail: alinagainullina0@yandex.ru
Ilmira Chigvintseva, Senior Lecturer, Department of Automated Information Collection and Processing Systems.
E-mail: i_ilmira@rambler.ru
Denis Ryzhov, Associate Professor, Department of Systems Engineering. E-mail: ryzhov.denis@inbox.ru