

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Космических и информационных технологий  
Кафедра систем автоматики, автоматизированного управления и  
проектирования

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ С. В. Ченцов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ  
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

Руководитель	_____	____.06.2021 г.	доцент, канд. техн. наук А.В. Чубарь
Выпускник	_____	____.06.2021 г.	А.В. Яковлева
Нормоконтролер	_____	____.06.2021 г.	Т.А. Грудинова

Красноярск 2021

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Автоматизированная система получения реагентов для нефтепереработки» содержит 78 страниц текстового документа, 6 приложений, 18 использованных источников.

ЕМКОСТИ, НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ, ДВИГАТЕЛИ, КЛЮЧИ, КНОПКИ, РАСХОДОМЕРЫ, СИГНАЛЫ, ИЗМЕРЕНИЕ, ВЗРЫВООПАСНЫЕ СПИРТЫ, ТРУБЫ, АБСОРБЕНТЫ.

Объектом автоматизации является процесс получения реагентов для нефтепереработки.

Объектом разработки является автоматизированная система процесса приема спиртов для получения реагентов для нефтепереработки

**Цель работы** – автоматизация приема реагентов и обеспечение автоматизированной системы безопасности этого процесса.

В процессе работы были собраны схемы в среде SimInTech для приема одноатомного спирта – бутанола, и для получения простейшего вторичного одноатомного спирта – изопропила. Автоматизированы такие процессы, как автоматическое и ручное переливание принимаемого вещества между емкостями, в том числе аварийной. Наличие автоматизированных действий при аварийной ситуации по уровню в емкости и по давлению в линии нагнетания. А также произведен контроль давления на щите. Основные показатели: безопасность системы по уровню и давлению, автоматизация процессов при приеме сырья для реагентов. Высокая точность расчета уровня при переливании сырья между емкостями. Эффективность установок определяется наличием безопасных процессов, предотвращением и оповещением аварийных ситуаций, возможностью контроля параметров на щите и по месту.

Все процессы модели протекают корректно, отображение данных графиков контрольных значений взаимосвязаны и демонстрируют адекватные значения, время срабатывания происходит без задержек.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Автоматизированная система получения реагентов для нефтепереработки. 5	
1.1 Описание технологического процесса.....	5
1.1.1 Прием бутанола-1.....	5
1.1.2 Прием изопропилового спирта.....	7
1.2 Характеристики веществ и устройств.....	8
1.3 Задачи автоматизации.....	11
2 Создание автоматизированной системы.....	13
2.1 Создание автоматизированной системы приема бутанола.....	13
2.2 Создание автоматизированной системы приема изопропанола.....	18
3 Создание анимированного интерфейса.....	23
3.1 Анимированный интерфейс приема бутанола.....	23
3.2 Анимированный интерфейс приема изопропанола.....	29
4 Работоспособность созданной системы.....	34
4.1 Проверка работы процесса приема бутанола.....	34
4.2 Проверка работы процесса приема изопропанола.....	48
Заключение.....	62
Список сокращений.....	63
Список использованных источников.....	64
Приложение А.....	66
Приложение Б.....	68
Приложение В.....	70
Приложение Г.....	71
Приложение Д.....	74
Приложение Е.....	78

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире на производстве остро стоит вопрос о безопасности протекания всех процессов, об экологичности выбросов и автоматизации, чтобы упростить задачи производства, увеличить качество и снизить стоимость.

При выполнении задач бакалаврской работы была поставлена задача организовать процесс приема одноатомных спиртов для дальнейшего получения реагентов для нефтепереработки, организовать автоматизацию данного процесса, которая заключается в автоматизированном перемещении принимаемого вещества между емкостями, а также обеспечить безопасность выполнения этих операций, так как помимо токсичности принимаемых веществ, они являются взрывоопасными, и решение вопроса безопасности, тем более автоматизации безопасности, является и будет являться актуальным.

В дополнение к процессу необходимо создать интерфейс-анимацию, для удобного и простого восприятия протекающих процессов, чтобы неосведомленный пользователь корректно воспринимал функциональные возможности системы и без объяснений видел, что происходит в процессе выполнения операций.

Среда решения поставленных задач – *SimInTech*, лицензия на данное программное обеспечение предоставлена на основании наличия статуса – «студент».



Прием бутанола проводится герметичными насоса Н11/1,2 в стационарную емкость Е12/1, которая располагается в резервуарном парке. В случае аварийной ситуации содержимое емкости Е12/1,2 перекачивается насосом Н11/1,2 в стационарную емкость Е12/2, расположенную в резервуарном парке, которая является аварийной емкостью. Бутанол из двух вышеперечисленных емкостей насосом Н11/1,2 подается в корпус, в расходную емкость Е229.

Режим аварии активируется при максимальном уровне наполнения, когда одновременно с достижением этого уровня не срабатывает отключение наполнения емкости, а также неисправность выключения при достижении максимального давления в емкости. Если давление близится к критическому, аварийный режим считается начатым, по такому же принципу срабатывает авария по критической температуре.

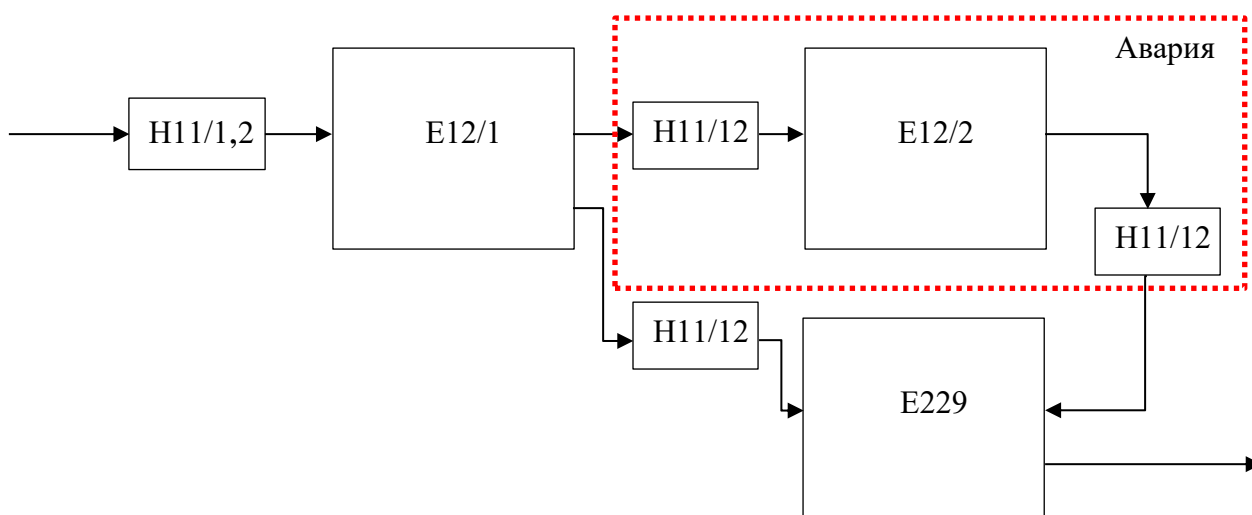


Рисунок 2 – Схема приема бутанола-1

Операции приема и выдачи бутанола осуществляются под избыточным давлением азота 300 мм.вод.ст. или 40 кПа, создаваемым системой «азотного дыхания».

Азотное дыхание – технология предотвращения образования взрывоопасных газовых смесей в резервуарах хранения нефтепродуктов, в колоннах и емкостях нефтехимического производства, путем создания азотной подушки или постоянной продувки азотом. Для поддержания азотного дыхания

применяются автоматизированные системы выработки азота (азотные станции) а также системы поддержания постоянного давления газа в резервуарах.

Газовые выбросы поступают в систему улавливания сдувок – колонку К25, заполненную активированным углем (данный этап технологического процесса в бакалаврской работе не рассматривается).

### 1.1.2 Прием изопропилового спирта

Изопропиловый спирт или изопропанол – органическое соединение, простейший вторичный одноатомный спирт алифатического ряда. Химическая формула –  $C_3H_8O$ . Огне- и взрывоопасен, токсичен.

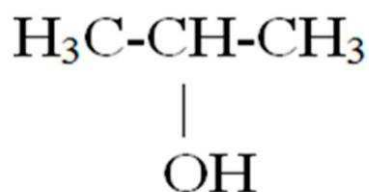


Рисунок 3 – Структурная формула изопропанола

Изопропиловый спирт поступает к сливо-наливной эстакаде корпуса, откуда насосом Н233/1,2 перекачивается в приемную емкость Е1/3 объемом 63 м<sup>3</sup>, и в расходную емкость Е231 объемом 16 м<sup>3</sup>.

Перед скачиванием из железнодорожной цистерны наполняют изопропиловым спиртом буферную емкость Е266 для заливки насоса Н233/1,2 перед пуском.

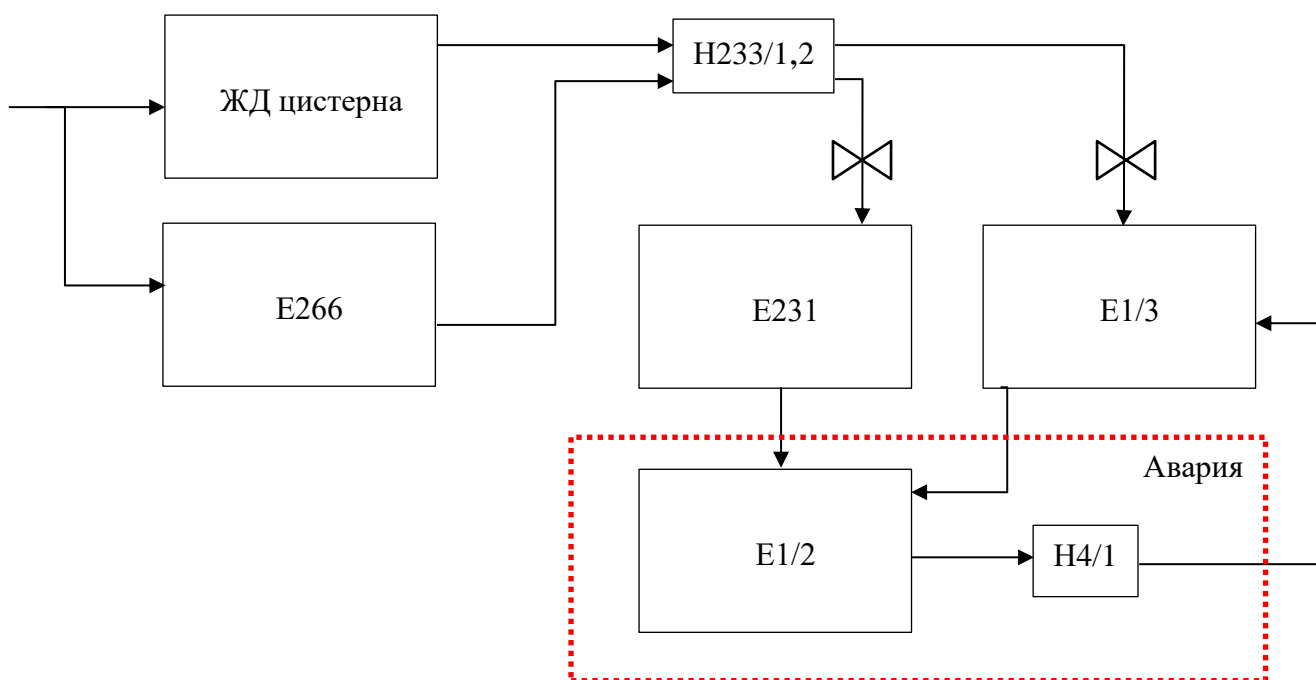


Рисунок 4 – Схема приема изопропанола

В емкостях предусмотрена сигнализация максимального уровня.

Режим аварии активируется при тех же условиях, что и при приеме бутанола. Для аварийного освобождения емкостей E231, E1/3, предусмотрена стационарная аварийная емкость E1/2 объемом 63 м<sup>3</sup>. После окончания аварии, содержимое аварийной емкости перекачивается герметичным насосом Н4/1 в приемную емкость E1/3.

Операции приема, выдачи и хранения изопропилового спирта проводят под азотной подушкой избыточным давлением азота не более 0,07 Мпа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>).

## 1.2 Характеристики веществ и устройств

Аварийный режим предусмотрен по параметрам:

- 1 температура;
- 2 давление
- 3 объем вещества



Исходя из контрольных параметров, необходимо знать, при каких значениях создается аварийная ситуация.

По объему вещества – при достижении 63 м<sup>3</sup> вещества в емкости, должно сработать автоматическое отключение наполнения емкости, в противном случае создается аварийная ситуация.

По давлению и температуре аварийная ситуация создается при приближении параметров к критическим значениям:

Таблица 1 – Контрольные параметры спиртов

Бутанол-1	
Температура кипения	117,4 °С
Температура вспышки	34 °С
Температура самовоспламенения	345 °С
Критическое давление	120 кПа
Изопропанол	
Температура кипения	82,4 °С
Температура вспышки	11,7 °С
Температура самовоспламенения	400 °С
Критическое давление	88 кПа

Все насосы обладают одинаковыми техническими характеристиками.

Таблица 2 – Технические характеристики насосов

Подача	335 м <sup>3</sup> /ч
Напор	82 м
Кавитационный запас	1,8 м
Мощность	82,2 кВт

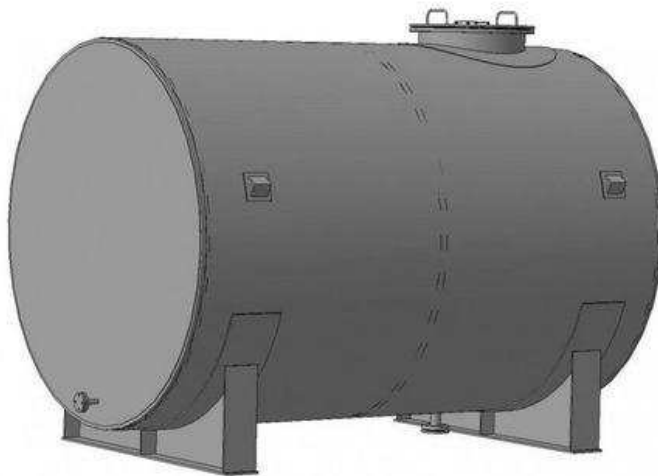


Рисунок 5 – Емкость 63 м<sup>3</sup>



Рисунок 6 – Емкость 12 м<sup>3</sup>



Рисунок 7 – ЖД цистерна



Рисунок 8 – Буферная емкость

### 1.3 Задачи автоматизации

Для создания автоматизированной системы, необходимо поставить конкретные требования к системе и ее функциям, что позволит провести конечную проверку на соответствие реализованных функций с заданными.

Функции, необходимые в автоматизированной системе:

1 ручная остановка любых процессов;

- 2 автоматическое переливание;
- 3 фиксация аварии;
- 4 автоматическое отключение, при аварии;
- 5 имитация/ручное включение аварии;
- 6 переливание содержимого аварийной емкости в расходную;
- 7 отображение процессов в анимированном диспетчерском окне;
- 8 пульт управления в анимированном диспетчерском окне;
- 9 отображение контрольных параметров в диспетчерское окно;
- 10 наличие индикации.

Достижение поставленных задач гарантирует качественную систему, соответствующую всем требованиям контроля и безопасности. Существенно снизится наличие человеческого фактора, так как индикация происходит заблаговременно до критических параметров, то в случае поломки автоматических реакций человек может предотвратить аварию на этапе предаварийной ситуации.

## 2 Создание автоматизированной системы

Процесс создания автоматизированной системы заключается в составлении общей базы сигналов, схем процессов, блоков управления, в которых прописаны функции, осуществляющие автоматизацию. После написания всех процессов, задания функций, создается окно диспетчера-оператора (окно анимации), на которое выводится анимация процесса, контрольные параметры, а также элементы управления.



Рисунок 9 – Схема автоматизированной системы

Схема созданной системы состоит из двух субструктур, в которых прописаны процессы. В первую субструктуру подается бутанол, на выходе получаем контрольные параметры. Во второй субструктурной модели на вход подается изопропанол, на выходе получаем также графическое отображение контрольных параметров.

### 2.1 Создание автоматизированной системы приема бутанола

Составление системы производится в программе *SimInTech*. После создания проекта необходима общая база сигналов для всех процессов, не только для бутанола. Рассмотрим сигналы в базе, относящиеся к приему бутанола.

Таблица 3 – Сигналы приема бутанола

№ сигнала	Имя сигнала	Название сигнала	Тип данных
1	key	Ключ	Двоичное
2	h	Уровень	Вещественное
3	accident	Авария	Двоичное
4	button	Кнопка	Двоичное
5	button2	Аварийная кнопка	Двоичное
6	key2	Ключ аварии	Двоичное
7	button3	Кнопка расходной емкости	Двоичное
8	napol	Наполнение емкости 1	Вещественное
9	h2	Уровень расходной емкости	Вещественное
10	h3	Уровень аварийной емкости	Вещественное
11	key3	Ключ расходной емкости	Двоичное
12	P1	Давление стационарной емкости	Вещественное
13	P2	Давление аварийной емкости	Вещественное
14	P3	Давление расходной емкости	Вещественное
15	tb1	Температура стационарной емкости	Вещественное
16	tb2	Температура аварийной емкости	Вещественное
17	tb2	Температура расходной емкости	Вещественное

После создания базы сигналов, была составлена схема процесса приема бутанола:



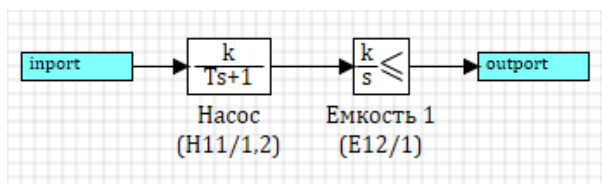


Рисунок 12 – Субмодель насоса с емкостью наполнения

Субмодель «насос+бак» везде имеет одинаковые параметры, поэтому для всех схем и частей схем она является общей.

После начала наполнения объем переданной жидкости записывается в две переменные, первая переменная для фиксации общего переданного объема, то есть когда наполнение дойдет до максимума, это значение зафиксируется и не будет изменяться, при условии отсутствия аварии, вторая переменная – объем бутанола в стационарной емкости, данная переменная динамическая, т.к. при дальнейшем переливании, объем спирта в емкости будет уменьшаться на столько, на сколько произошло переливание. Изменение объема вещества в емкости E12/1 осуществляется сумматором, который связывает стационарную емкость с расходной и аварийной емкостями.

В блоке управления или блоке программирования прописаны реакции и поведения системы. Там же формируются условия аварий, рассчитываются давление и температура, а также производится вся автоматизация в целом. Содержимое блока управления представлено в приложении А.

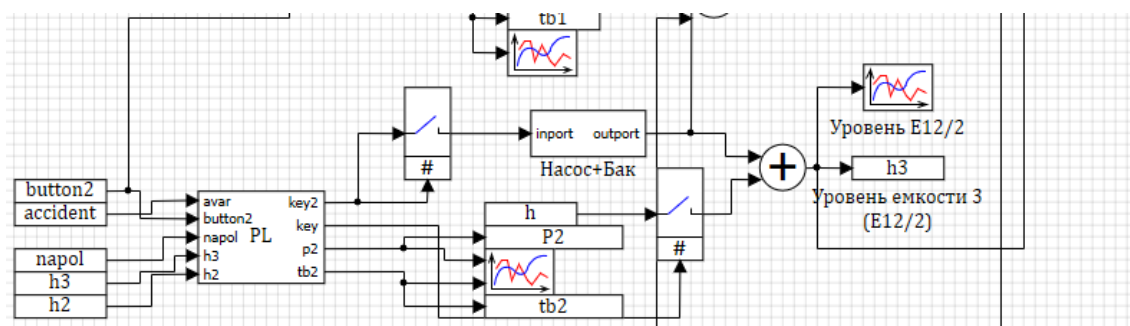


Рисунок 13 – Схема поведения емкости E12/2



Бутанол переливается из стационарной емкости в аварийную при наличии аварии и при ее имитации. Переливание происходит с помощью насоса. После окончания аварии содержимое емкости находится в ней до окончания переливания содержимого стационарной емкости в расходную, после чего бутанол из аварийной емкости переливается в расходную емкость. В блоке управления прописаны критерии аварии, расчет ключей переключения для автоматизации и расчет давления и температуры. Код блока управления в приложении Б.

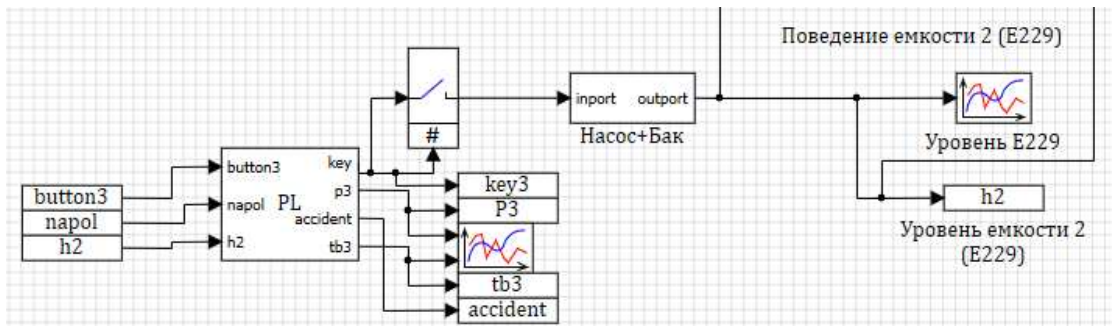


Рисунок 14 – Схема поведения емкости E229

Бутанол автоматически (после наполнения стационарной емкости) или по требованию (ручное управление) переливается в расходную емкость. Критерии аварии такие же, как и у других емкостей. Процесс переливания регулируется в блоке программирования, на его выходе получаем значения контрольных параметров, с субмодели насоса и бака получаем фактический объем принимаемого вещества в расходной емкости. Текущий объем подается на сумматор стационарной емкости со знаком «-», поэтому при увеличении наполнения расходной емкости, объем вещества в стационарной емкости пропорционально уменьшается. Содержимое блока программирования представлено в приложении В.

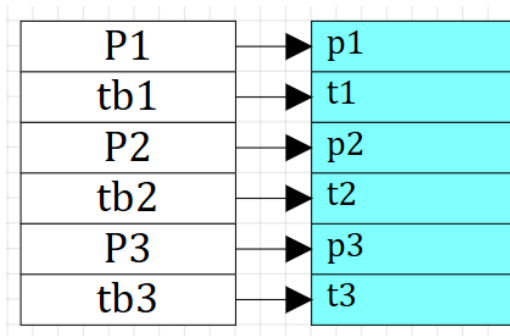


Рисунок 15 – Вывод значений температур и давлений емкостей

## 2.2 Создание автоматизированной системы приема изопропанола

База сигналов, отвечающая за процесс приема изопропилового спирта представлена в таблице 4.

Таблица 4 – База сигналов приема изопропанола

№ сигнала	Имя сигнала	Название сигнала	Тип данных
1	E266	Буферная емкость E266	Вещественное
2	ZHD	Объем спирта в ЖД цистерне	Вещественное
3	b1	Ключ подачи изопропанола (ручной режим)	Двоичное
4	b2	Ключ подачи изопропанола (автоматизированный)	Двоичное
5	b3	Ключ управления емкости E266	Двоичное
6	k2	Ключ управления емкости E231	Двоичное
7	z	Общий объем поступившего спирта	Вещественное
8	E231	Объем спирта в емкости E231	Вещественное
9	E13	Объем спирта в емкости E13	Вещественное
10	E12	Объем спирта в емкости E12	Вещественное
11	k3	Ключ управления емкости E13	Двоичное
12	k4	Ключ управления емкости E12	Двоичное
13	b4	Контроль ключа k4	Двоичное

#### Окончание таблицы 4

№ сигнала	Имя сигнала	Название сигнала	Тип данных
14	b5	Контроль ключа k5	Двоичное
15	b6	Контроль ключа k6	Двоичное
16	k5	Ключ управления емкости E12 после аварии	Двоичное
17	k6	Ключ управления емкости E231 после аварии	Двоичное
18	ti1	Температура в ЖД цистерне	Вещественное
19	ti2	Температура в емкости E12	Вещественное
20	ti3	Температура в емкости E231	Вещественное
21	ti4	Температура в емкости E13	Вещественное
22	pi1	Давление в ЖД цистерне	Вещественное
23	pi2	Давление в емкости E12	Вещественное
24	pi3	Давление в емкости E231	Вещественное
25	pi4	Давление в емкости E13	Вещественное

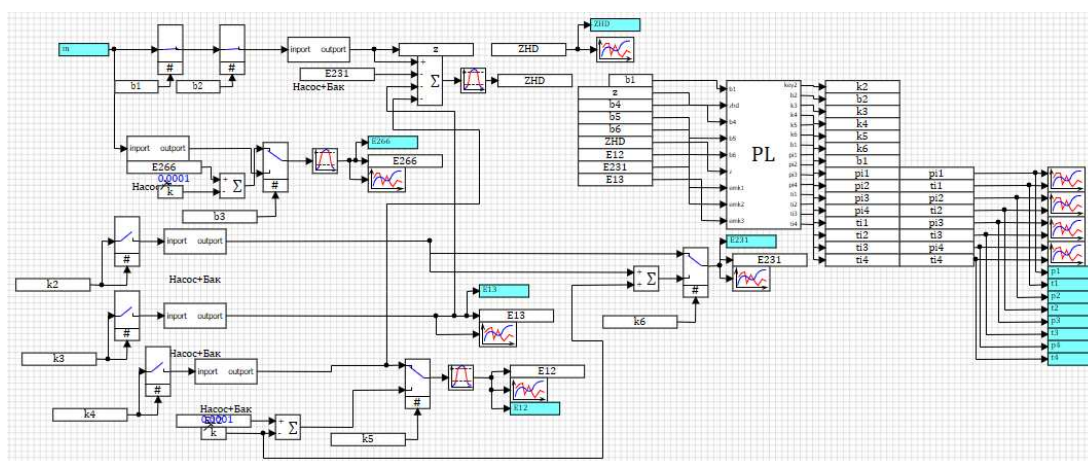


Рисунок 16 – Схема приема изопропанола

Как и в процессе приема бутанола-1 данная схема состоит из пяти взаимосвязанных схем, каждая из которых регулирует свою емкость.

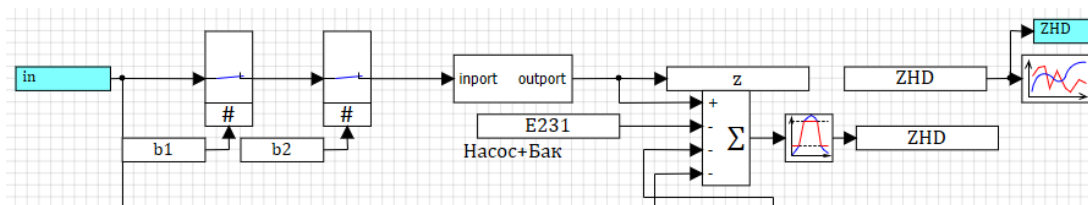


Рисунок 17 – Поведение спирта в ЖД цистерне

В цистерну для дальнейшего переливания поступает изопропиловый спирт, остановка наполнения происходит автоматически – при наполнении ЖД цистерны объемом  $75 \text{ м}^3$ , и по требованию (на пульте управления). Переливание осуществляется насосом, который также перемешивает жидкость в цистерне. Данные объема вещества поступают в две переменные – фактический объем вещества в цистерне и общий объем вещества, поступивший в систему.

Перед запуском необходимо осуществить наполнение насоса переливаемой жидкостью.

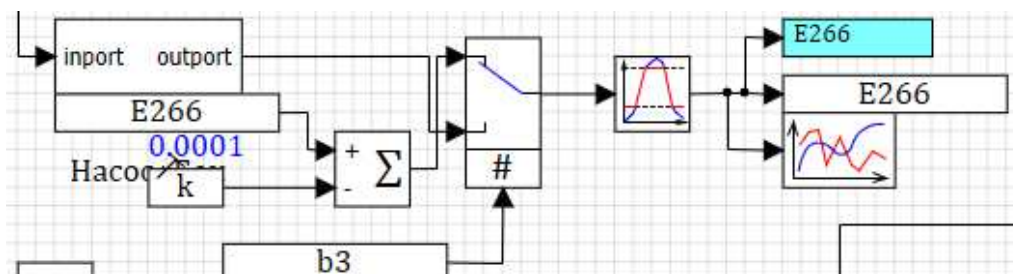


Рисунок 18 – Схема управления емкостью E266

Емкость объемом  $10 \text{ м}^3$  заполняется изопропанолом, перед запуском из емкости происходит наполнение насоса, после чего емкость вновь наполняется необходимым количеством изопропанола для дальнейшего наполнения насоса перед запуском.

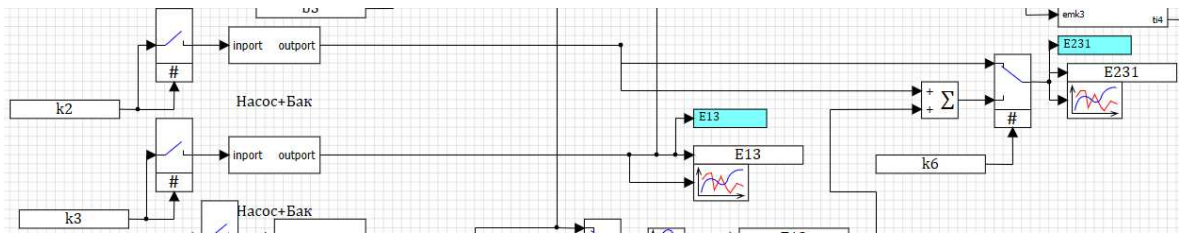


Рисунок 19 – Схема для емкости E231

После наполнения ЖД цистерны из нее в автоматическом режиме начинается автоматическое переливание в две емкости: E231 и E13. Текущие объемы веществ в этих емкостях отображаются на панели управления (окно анимации), а также подаются на сумматор ЖД цистерны со отрицательным знаком, что уменьшает объем вещества в цистерне.

Рассмотрим отдельно поведение изопропанола в аварийной емкости:

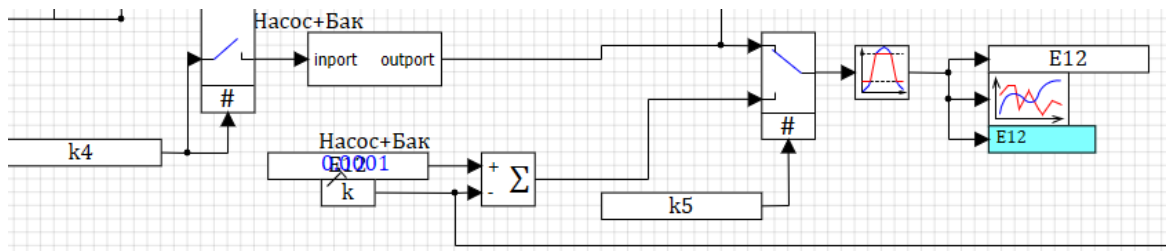


Рисунок 20 – Поведение спирта в аварийной емкости E12

Наполнение аварийной емкости происходит в случае имитации аварии или при аварийной ситуации, которая возникает при приближении контрольных параметров к критическим показателям или при перенаполнении ЖД емкости. После завершения аварийной ситуации, содержимое емкости E12 перекачивается в расходную емкость E231.

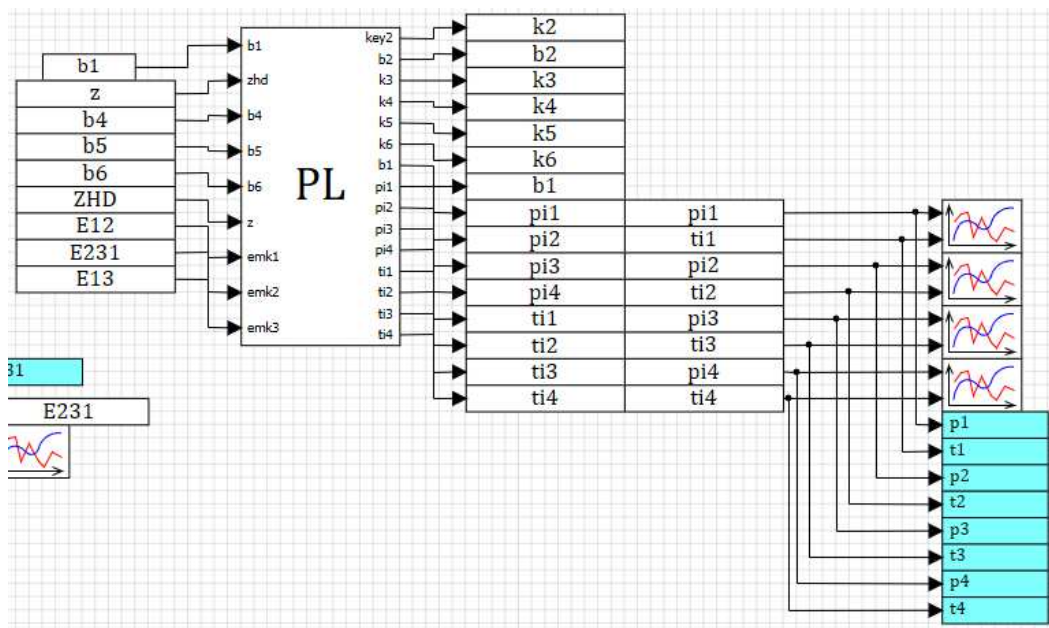


Рисунок 21 – Блок управления и вывод контролируемых параметров

На блок программирования подаются сигналы с пульта управления, а также значения объемов изопропанола в емкостях, в блоке производится автоматизация ключей, расчет контрольных параметров и аварий. Содержание блока программирования представлено в приложении Г.

### 3 Создание анимированного интерфейса

Для отображения процессов, протекаемых в системе необходимо было создать окно анимации, которое также является пультом управления для оператора. Также в окне анимации осуществляется мониторинг контрольных параметров и индикация.

#### 3.1 Анимированный интерфейс приема бутанола

Интерфейс приема бутанола содержит область с изображением емкостей и трубопроводов между ними, которые оснащены анимацией наполнения, в соответствии с текущими объемами бутанола в емкостях.

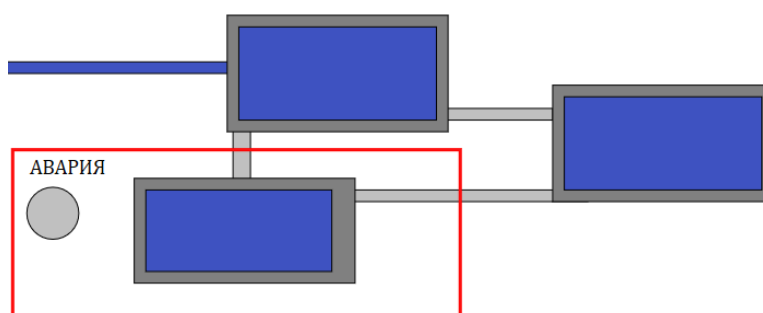


Рисунок 21 – Визуальное отображение приема бутанола

Помимо области с отображением процессов на анимированном окне находятся индикаторы, которые загораются при следующих ситуациях:

- 1 емкость заполнена на 90 %;
- 2 подача ресурсов завершена;
- 3 аварийная ситуация.

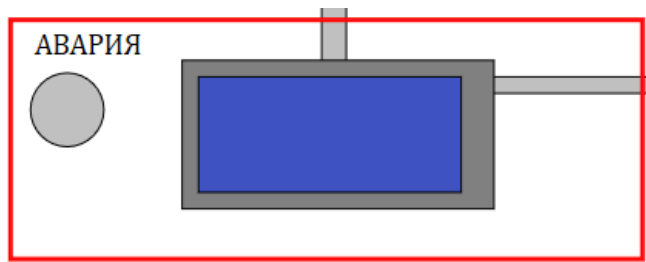


Рисунок 22 – Индикация аварии

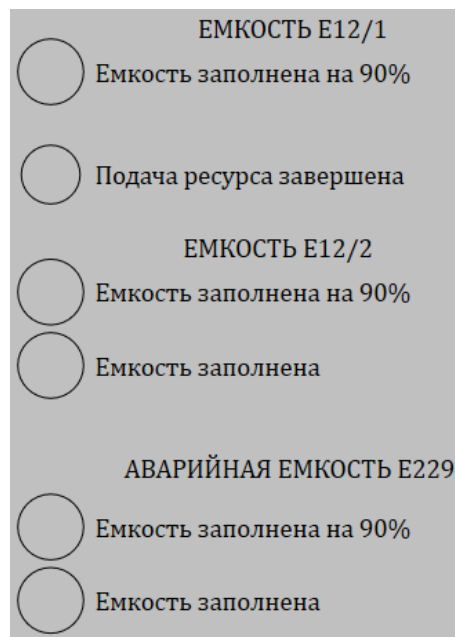


Рисунок 23 – Индикация наполнения емкостей

Окно анимации содержит кнопки управления, которые осуществляют ручное включение переливания, остановку подачи ресурса (бутанола), имитацию аварии.



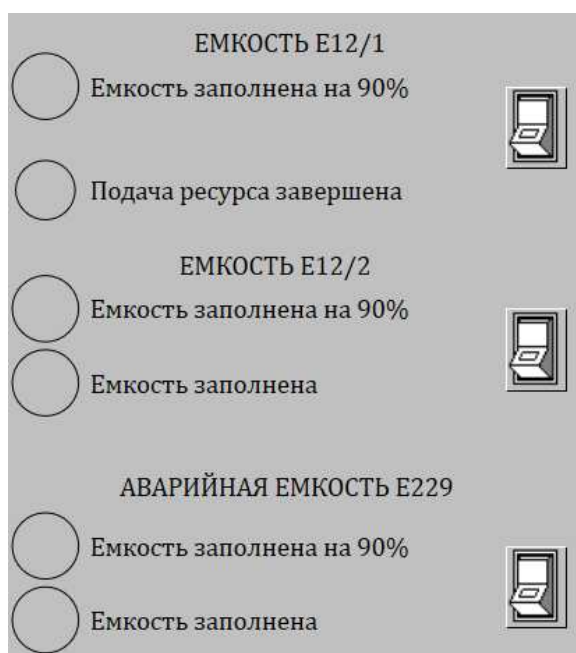


Рисунок 24 – Кнопки управления

Также на дисплее отображаются важные параметры системы:

- 1 объемы бутанола в емкостях;
- 2 температура в емкостях;
- 3 давление в емкостях.

КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	
Давление в Е12/1 емкости	0.0000
Температура в Е12/1 емкости	0.0000
Уровень в Е12/1 емкости	0.0000
Давление в Е12/2 емкости	0.0000
Температура в Е12/2 емкости	0.0000
Уровень в Е12/2 емкости	0.0000
Давление в Е229 емкости	0.0000
Температура в Е229 емкости	0.0000
Уровень в Е229 емкости	0.0000

Рисунок 25 – Мониторинг контрольных значений системы

Конечный вид интерфейса представлен на рисунке 26:

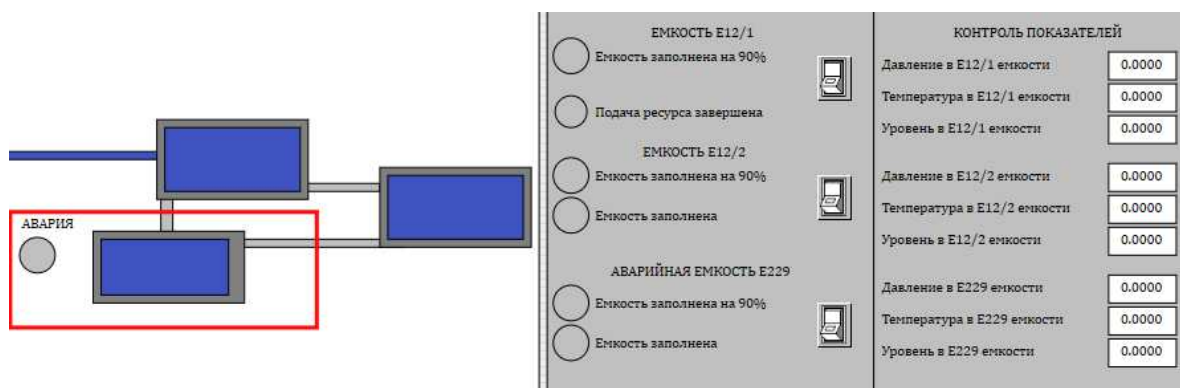


Рисунок 26 – Анимированный интерфейс процесса приема бутанола

Связи объектов и сигналов указаны в окне «Связи»:

Источник	Приёмник
Button2.Down	button2
h3	FillRect9.Height
h2	FillRect8.Height
Button.Down	button
Button1.Down	button3
h	FillRect2.Height

Рисунок 27 – Связи объектов и сигналов

Также отображаемые значения задаются в свойствах текстовых элементов. В строке самого значения «*Values*» указывается сам параметр, так как у нас параметры – это вещественные числа, то в свойствах нужно указать отображение чисел – «*ShowValue*» и формат числа – «*FloatFormat*», а также задать количество значащих цифр – «*Precision*», и количество знаков после запятой – «*Digits*».

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	P1	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 28 – Свойства текстового блока, отображающего давление в стационарной емкости

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	tb1	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 29 – Свойства текстового блока, отображающего температуру в стационарной емкости

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	P3	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 30 – Свойства текстового блока, отображающего давление в расходной емкости

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	tb3	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 31 – Свойства текстового блока, отображающего температуру в расходной емкости

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	h2	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 32 – Свойства текстового блока, отображающего объем бутанола в расходной емкости

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	P2	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 33 – Свойства текстового блока, отображающего давление в аварийной емкости

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	tb2	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 34 – Свойства текстового блока, отображающего температуру в аварийной емкости

Способ показа цифр	ShowValue		Показывать слева
Отображаемое значение	Values	h3	[0]
Прозрачный фон	Transparent		<input checked="" type="checkbox"/> Да
Шрифт	Font		Cambria
Формат числа	FloatFormat		Фиксированный
Кол-во знаков после запятой	Digits	4	4
Кол-во значащих цифр	Precision	6	6

Рисунок 35 – Свойства текстового блока, отображающего объем бутанола в аварийной емкости

Скрипт окна анимации представлен в приложении Д.

### 3.2 Анимированный интерфейс приема изопропанола

Интерфейс оператора для процесса приема изопропанола состоит из тех же элементов, что и интерфейс приема бутанола. В функции управления добавлен запуск и остановка наполнения насоса перед запуском, а также отображение буферной емкости. В анимации изопропанола отсутствует окрашивание труб при переливании. Основные трубы выделены серым цветом, белые трубы задействуются только при аварии. Наполнение емкостей не от центра к краям, а

вертикально снизу вверх осуществлено привязкой координат к текущим объемам.

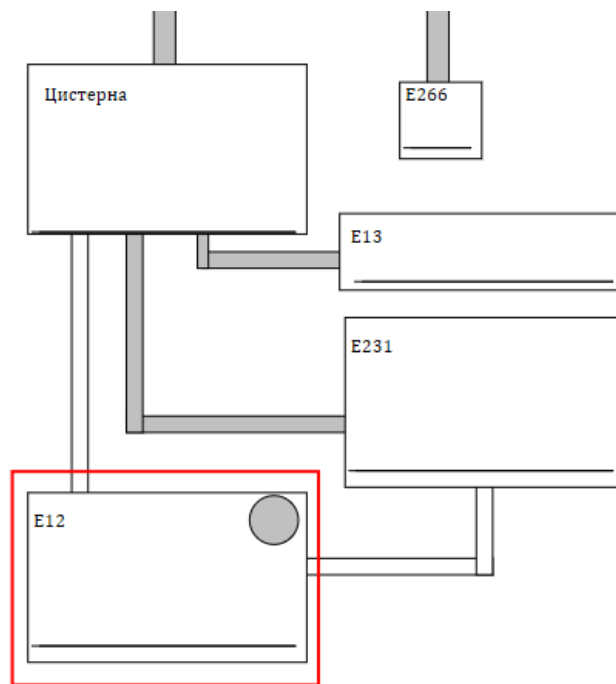


Рисунок 36 – Анимированное отображение процесса приема изопропанола

Функции управления:

- 1 остановка и запуск налива в ЖД цистерну;
- 2 наполнение насоса перед запуском (буферная емкость);
- 3 переливание по требованию из ЖД цистерны в емкость E13;
- 4 переливание по требованию из ЖД цистерны в емкость E231;
- 5 имитация аварийной ситуации.

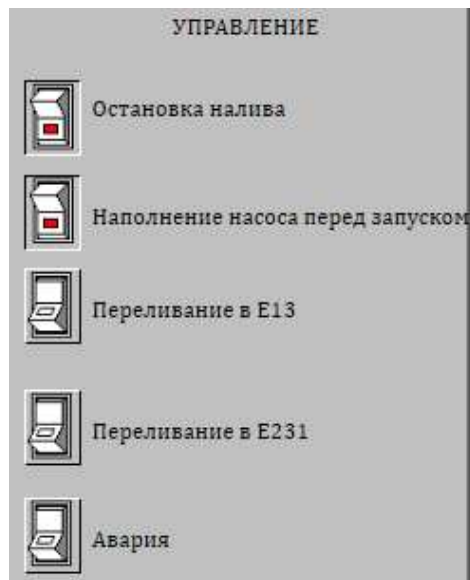


Рисунок 37 – Управление в окне анимации

Сектор индикации предусматривает фиксацию наполненности емкостей на 90 и 100 %.

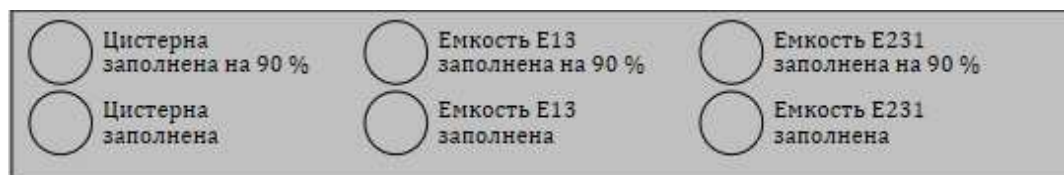


Рисунок 38 – Сектор индикации в окне анимации

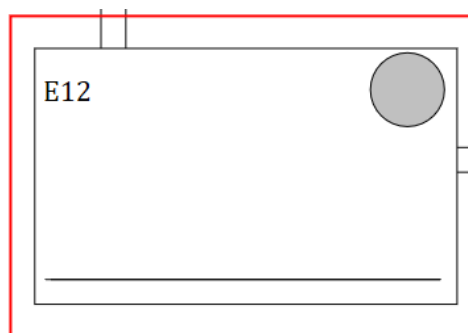


Рисунок 39 – Индикация аварийной ситуации

В блоке «Контроль параметров» отображаются параметры:

- 1 объем спирта в ЖД цистерне;
- 2 температура в ЖД цистерне;
- 3 давление в ЖД цистерне;
- 4 объем спирта в E266;
- 5 объем спирта в E231;
- 6 температура в E231;
- 7 давление в E231;
- 8 объем спирта в E12;
- 9 температура в E12;
- 10 давление в E12;
- 11 объем спирта в E13;
- 12 температура спирта в E13;
- 13 давление в E13.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ	
Объем спирта в ЖД цистерне:	0
Температура в ЖД цистерне:	0
Давление в ЖД цистерне:	0
Объем спирта в E266:	0
Объем спирта в E231:	0
Температура в E231:	0
Давление в E231:	0
Объем спирта в E12:	0
Температура в E12:	0
Давление в E12:	0
Объем спирта в E13:	0
Температура в E13:	0
Давление в E13:	0

Рисунок 40 – Блок контроля параметров в окне анимации



Текстовые настройки соответствуют настройкам процесса приема бутанола (рисунок 28 – рисунок 35). Скрипт окна анимации представлен в приложении Е.

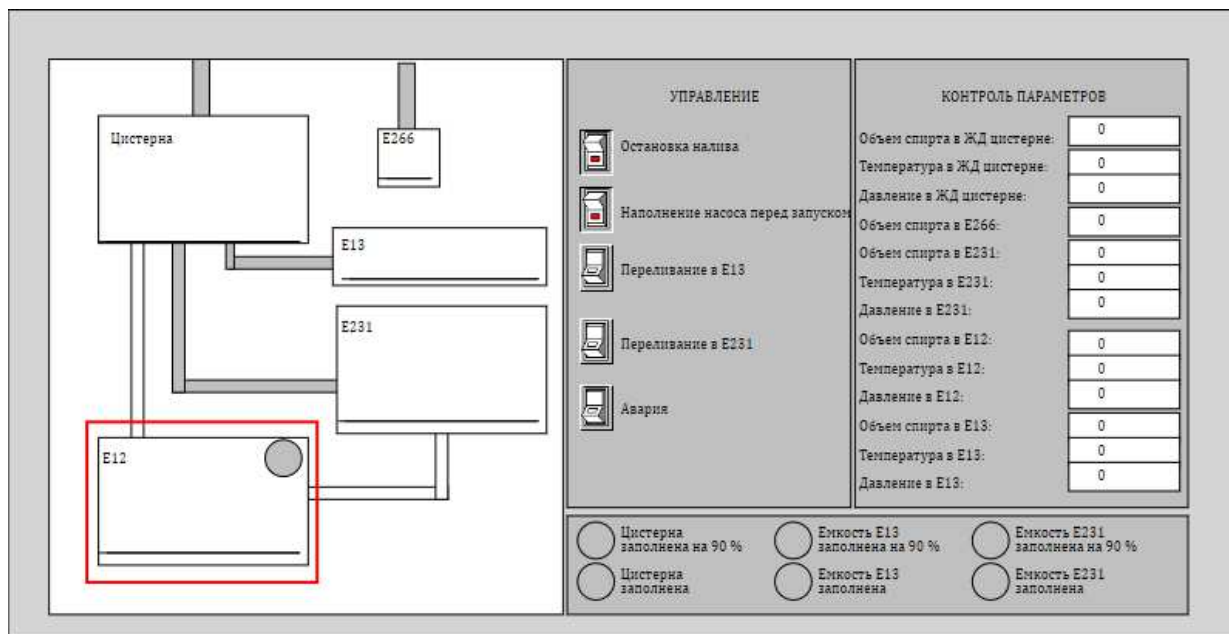


Рисунок 41 – Интерфейс окна анимации приема изопропанола

## 4 Работоспособность созданной системы

При проверке работоспособности системы, система должна отвечать поставленным требованиям, осуществлять все задачи, которые были сформулированы для достижения цели – безопасность процессов, индикация аварийных и предаварийных ситуаций, контроль параметров и возможность ручного управления.

### 4.1 Проверка работы процесса приема бутанола

Изначально проведем проверку индикации заполнения стационарной емкости на 90 %, а также зафиксируем контрольные параметры:

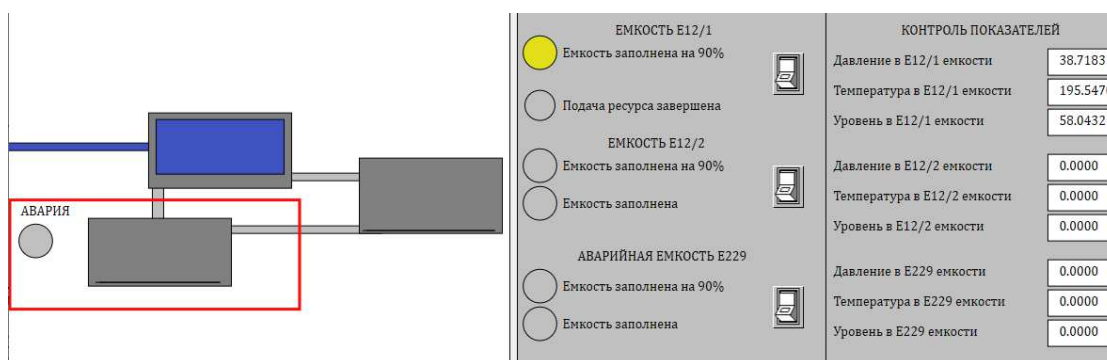


Рисунок 42 – Заполнение стационарной емкости на 90 %

Индикация работает корректно. При заполнении емкости на 90 процентов, наблюдаются следующие параметры:

Таблица 5 – Контрольные параметры при 90 % наполнении емкости бутанолом

Параметр	Значение
Давление	38,7183 кПа
Температура	195,547 °С
Объем бутанола	58,0432 м <sup>3</sup>

Дождемся полного наполнения емкости и снимем максимальные параметры температуры и давления и сравним их с критическими. Учитывая, что после наполнения происходит автоматическое переливание, то контрольные параметры будем отслеживать по графику с помощью курсора.

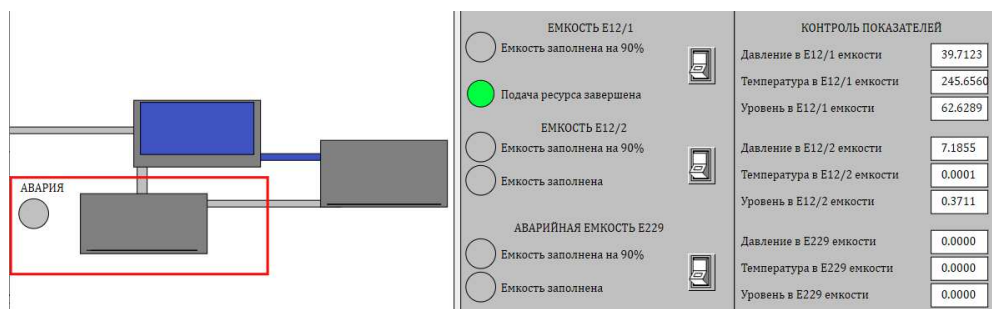


Рисунок 43 – Окончание наполнения стационарной емкости

На рисунке 43 видим, что индикатор наполнения на 90 процентов отключился и загорелся новый, который свидетельствует об окончании подачи бутанола в систему. Также видим, что начался процесс автоматического переливания из стационарной емкости в расходную, что снизило на четверть десятых максимальный объем. Для снятия точных контрольных параметров обратимся к графикам.



Рисунок 44 – Изменение объема бутанола в стационарной емкости



Рисунок 45 – Графики давления и температуры при заполненной стационарной емкости

Точка пересечения графиков – температура появления вспышек.

Ближайшие к курсору точки		
График	X	Y
Давление	628927.87	39.767714
Температура	628928.87	250.047

Рисунок 46 – Снятие контрольных значений давления и температуры

Таблица 6 – Сравнение максимальных значений давления и температуры с критическими значениями

Параметр	Измеренное значение	Критическое значение
Температура	250,047 °С	345 °С
Давление	39,7677 кПа	120 кПа

Исходя из сравнения полученных результатов с критическими значениями мы имеем запас по температуре в 95 °С или 28 %, по давлению – 80 кПа или 67%. Данное протекание процесса соответствует адекватной системе.

Так как объем в 63 м<sup>3</sup> – максимальный, то дальнейшая фиксация значений температуры и давления является нецелесообразной. Потому что объемы всех емкостей равны этому значению, соответственно, контрольные параметры будут аналогичными.

Продолжим процесс переливания, без участия человека и без имитации аварии и проследим за изменениями объемов бутанола в емкостях на общем графике, а также отследим работу оставшейся индикации.



Рисунок 47 – Автоматическое переливание бутанола из стационарной в расходную емкость после полного наполнения первой



Рисунок 48 – Индикация заполнения расходной емкости на 90 %



Рисунок 49 – Индикация полностью заполненной расходной емкости

Видим, что все содержимое стационарной емкости перешло в расходную емкость, об этом свидетельствуют значения в блоке контроля показателей. Для наглядного изменения объемов бутанола в емкостях откроем график «Изменение объема вещества в емкостях».



Рисунок 50 – Изменения объема бутанола в емкостях при автоматическом переливании

Для наглядности синхронного изменения, на график были добавлены штриховые линии. Мы видим, что при достижении объема бутанола в стационарной емкости отметки в  $63 \text{ м}^3$ , начинается снижение объема бутанола ровно на столько, на сколько этот объем увеличивается в расходной емкости.

Запустим процесс снова. На этот раз включим переливание по требованию, перельем некоторое количество бутанола, затем выключим процесс переливания и снова дождемся автоматического переливания. В окончании процесса проверим параметры и посмотрим изменения на графике, для определения корректности уже не автоматического, а автоматизированного процесса

(автоматизированный процесс – процесс с участием человека и ЭВМ, автоматический процесс – процесс, протекающий без участия человека).

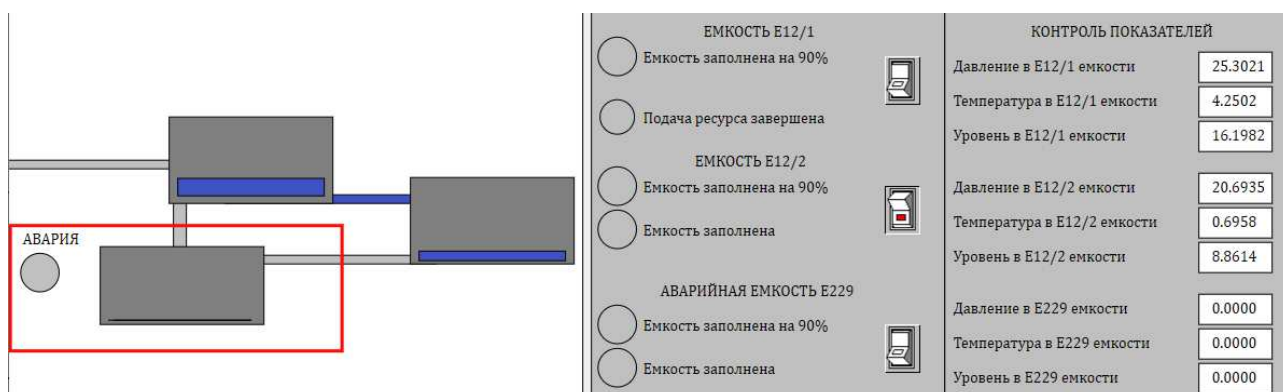


Рисунок 51 – Процесс переливания бутанола из стационарной жидкости в расходную по требованию

Выключим переливание по требованию и дождемся автоматического переливания всего содержимого стационарной емкости в расходную.

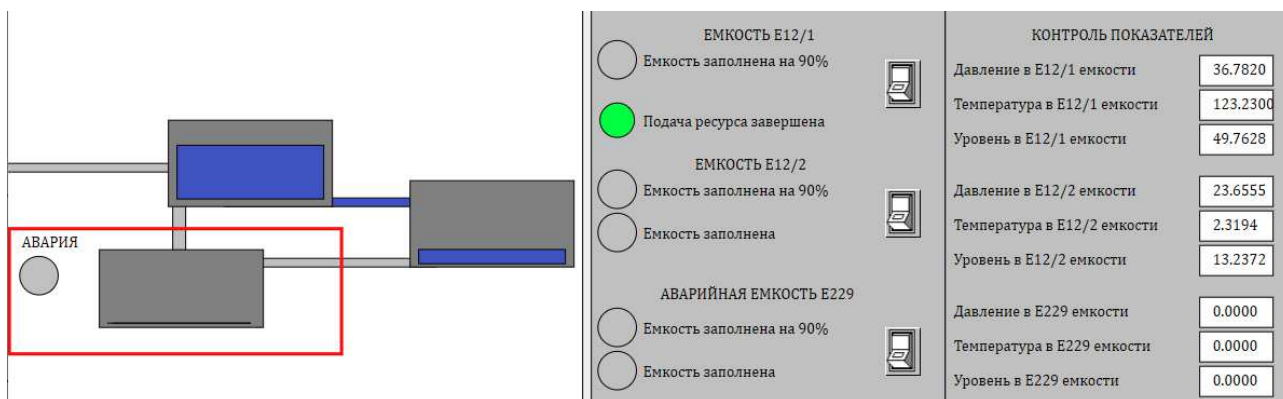


Рисунок 52 – Завершение подачи бутанола в стационарную емкость

Так как из-за принудительного переливания в расходную емкость, подача ресурса в стационарную емкость останавливается при достижении объема бутанола меньшего на объем бутанола в расходной емкости.



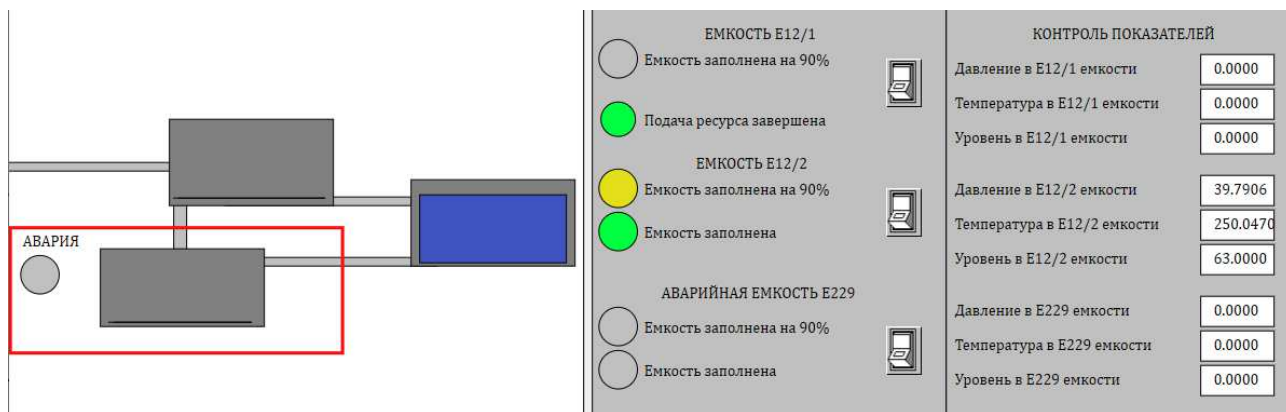


Рисунок 53 – Окончание процесса приема бутанола с участием принудительного переливания

Показания контрольных значений корректны, соответственно, все значения посчитаны верно, логика автоматизации данного процесса выстроена правильно. Для того чтобы убедиться в синхронности процессов обращаемся к графику:



Рисунок 54 – Изменение объема бутанола в емкостях с участием ручного включения переливания

Для удобства отслеживания синхронности в переломных моментах добавим штриховую линию. По графику видим, что объем спирта в стационарной емкости увеличился до  $25 \text{ м}^3$ , в этот момент было включено переливание по требованию, было перелито примерно  $12 \text{ м}^3$ , поэтому объем вещества в расходной емкости увеличился до  $12 \text{ м}^3$ , а в стационарной уменьшился на эту же величину, затем после отключения переливания по требованию объем бутанола в расходной емкости оставался неизменным, а в стационарной начал расти. Причем теперь, с учетом перелитого бутанола, максимальный объем бутанола в стационарной емкости состоит из разницы максимального объема емкости в  $63 \text{ м}^3$  и перелитого объема бутанола  $12 \text{ м}^3$ . Значит увеличение объема бутанола в стационарной емкости должно остановиться на  $51 \text{ м}^3$ . После чего происходит переливание этого объема в расходную емкость, что мы и видим на графике. Процессы отображены корректно.

Посмотрим на параметры температур и давлений. Также для проверки синхронизированности контрольных параметров сведем два графика в один и переломы выделим штриховой линией. При правильности изменений точки перегиба должны иметь одинаковую координату по оси абсцисс (шкала времени), а также должны изменяться в пропорциональном противовесе.

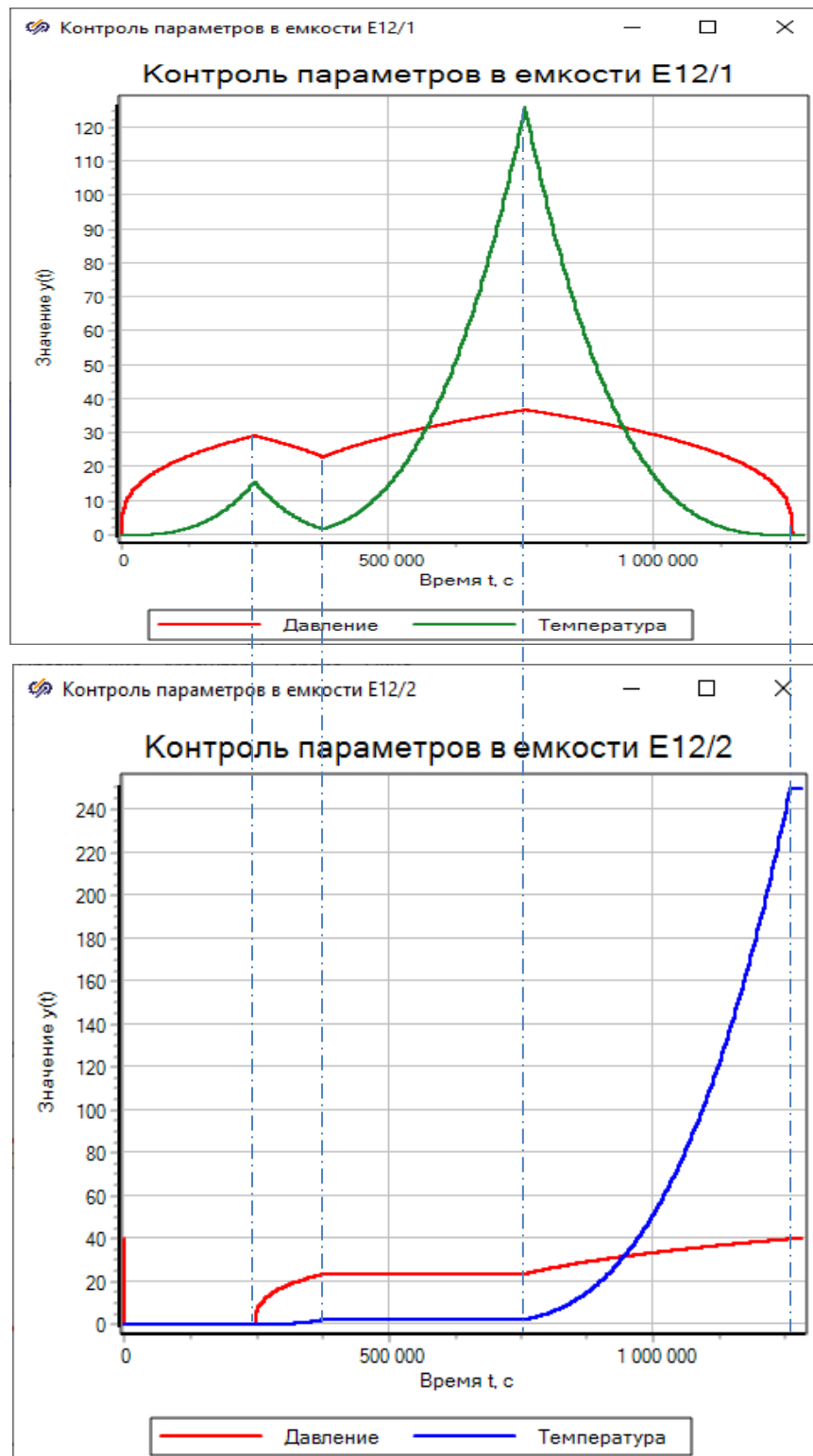


Рисунок 55 – Контрольные параметры при ручном переливании

При наполнении стационарной емкости температура и давление увеличивались, согласно закону их изменения, после включения переливания

они начали уменьшаться, когда переливание было выключено они росли до момента автоматического переливания в расходную емкость. В расходной же емкости контрольные параметры ведут себя противоположно – при увеличении параметров в стационарной емкости – в расходной уменьшаются, и наоборот. Исходя из графика, можем сделать вывод, что все процессы в связке и по отдельности протекают корректно.

Запускаем имитацию аварии. Изначально наполним стационарную емкость на некоторую величину, после чего включим аварию, должен осуществиться перелив из стационарной емкости в аварийную. Отключим аварию и дождемся окончания автоматического переливания в расходную емкость, так как после этого процесса содержимое аварийной емкости должно перекачаться в расходную.

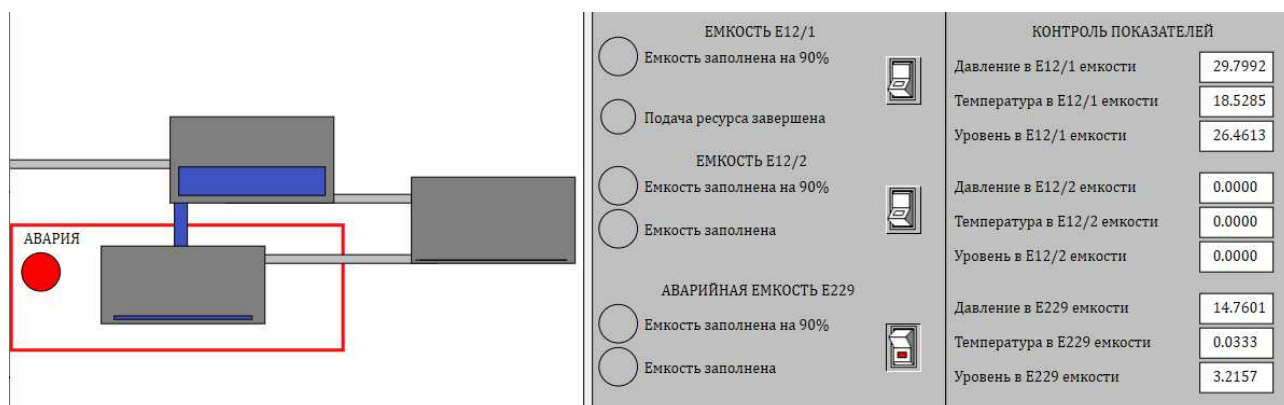


Рисунок 56 – Переливание содержимого стационарной емкости в аварийную при наличии аварии

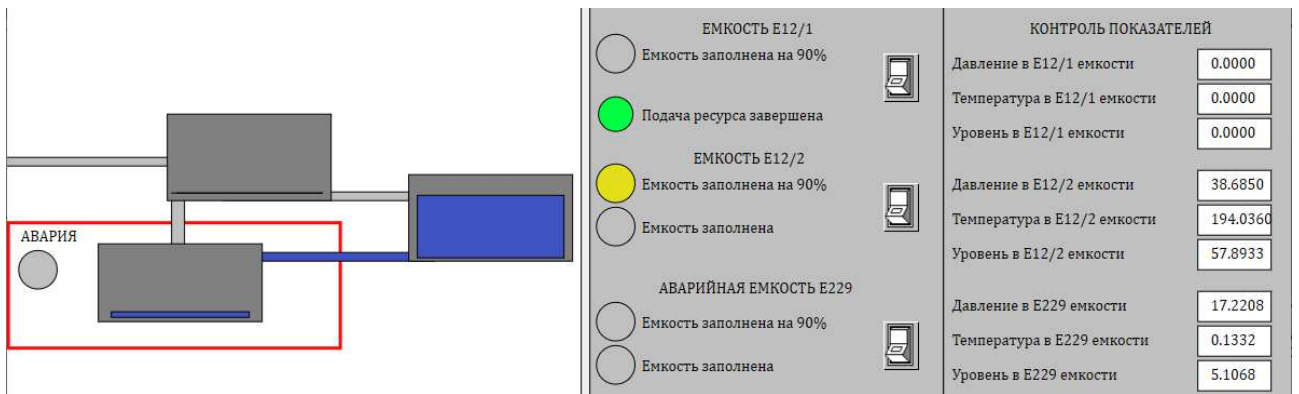


Рисунок 57 – Перекачивание содержимого аварийной емкости с расходную вне аварийной ситуации

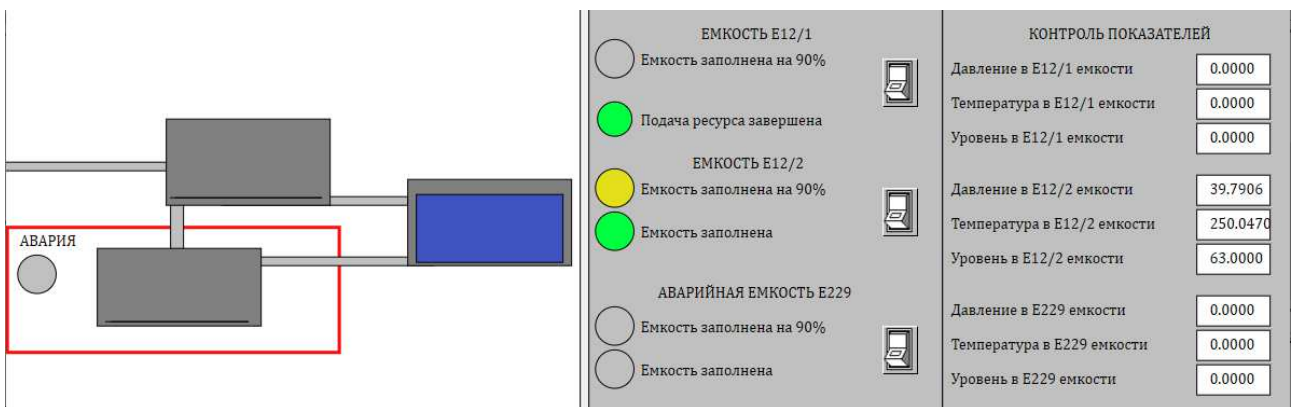


Рисунок 58 – Конечное значение параметров с участием аварии

Видим, что расчеты и автоматизация процессов проведены верно, т.к. в конечном счете мы получили наполненную расходную емкость, и две опустошенные емкости с нулевыми показателями.



Рисунок 59 – Изменение объема бутанола в емкостях с участием аварии

Процесс наполнения стационарной емкости ничем не отличается от вышеприведенных. В момент достижения объема бутанола в стационарной емкости  $30 \text{ м}^3$ , мы включили режим аварии, тогда в аварийную емкость перелилось  $20 \text{ м}^3$ , затем стационарная емкость начала наполняться на разницу между  $63 \text{ м}^3$  и  $20 \text{ м}^3$ , то есть до  $43 \text{ м}^3$ , в это время объем бутанола в аварийной емкости оставался неизменным. Далее происходит автоматический перелив из стационарной емкости в расходную и в конечном итоге содержимое аварийной емкости перекачалось в расходную.



Рисунок 60 – Контрольные параметры стационарной емкости при включении аварии



Рисунок 61 – Контрольные параметры расходной емкости при включении аварии

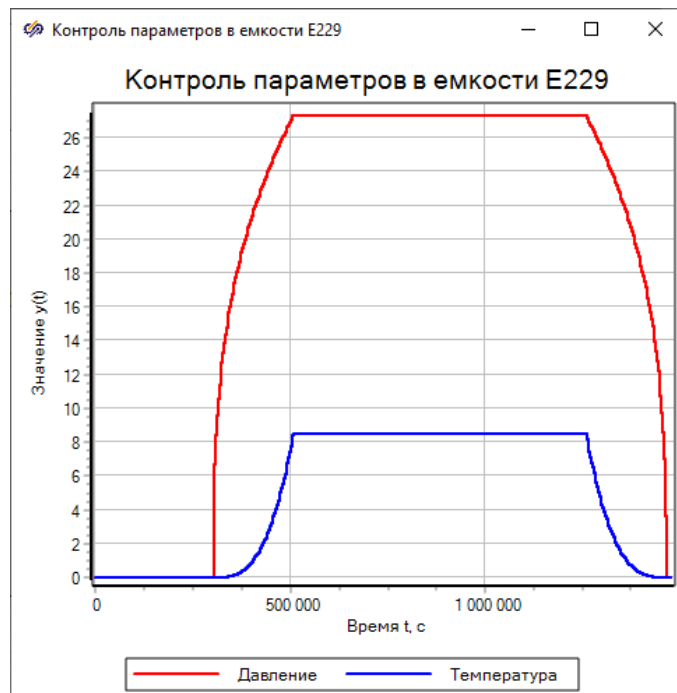


Рисунок 62 – Контрольные параметры аварийной емкости при включении аварии

Можем сделать вывод о корректности данных процессов и системы автоматизированного приема бутанола в целом. Все функции, предъявляемые к системе, были осуществлены и показали свою корректную работу, а также адекватные значения контрольных параметров в допустимых (безопасных) пределах.

Вывод всех контрольных параметров температуры и давления на один график невозможно в связи с ограничениями количества используемых блоков в учебной версии программы *SimInTech*.

#### 4.2 Проверка работы процесса приема изопропанола

Изначально осуществим наполнение буферной емкости E266 и осуществим промывку насоса содержимым этой емкости:



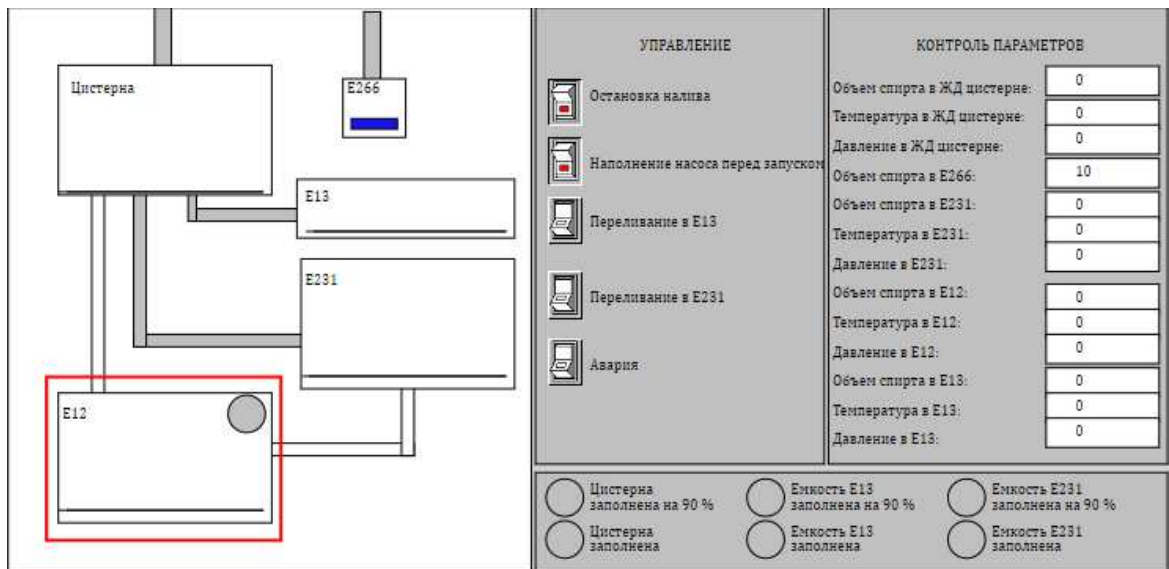


Рисунок 63 – Наполнение емкости E266 перед наполнением насоса перед запуском

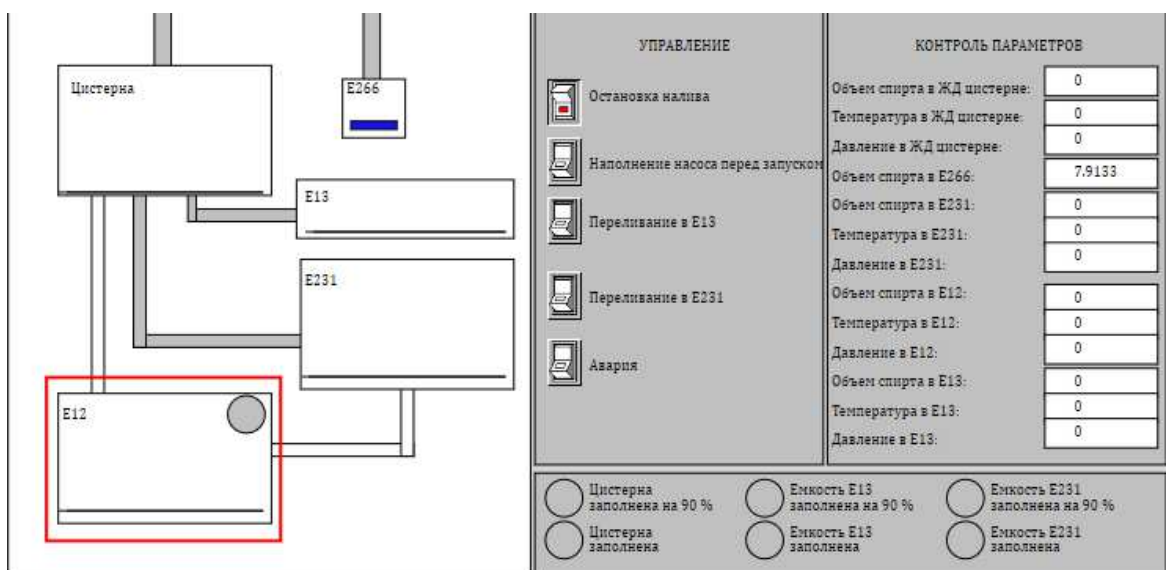


Рисунок 64 – Опустошение буферной емкости E266

Проведем проверку индикации заполнения ЖД цистерны на 90 %, а также зафиксируем контрольные параметры:

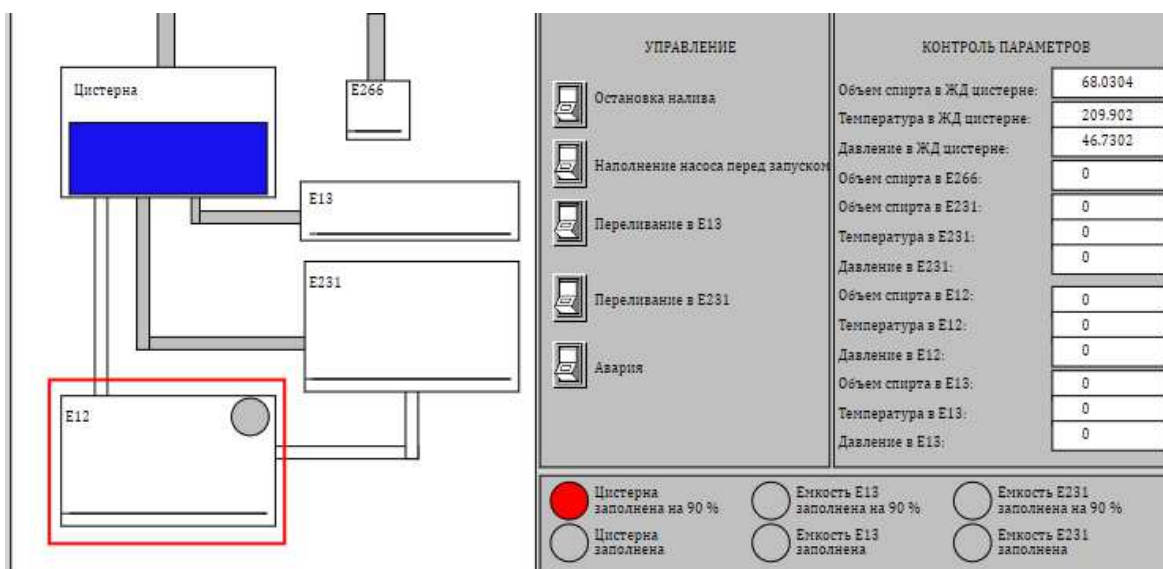


Рисунок 65 – Заполнение ЖД цистерны на 90 %

Индикация работает корректно. При заполнении цистерны на 90 процентов, наблюдаются следующие параметры:

Таблица 7 – Контрольные параметры при 90 % наполнении цистерны

Параметр	Значение
Давление	46,7302 кПа
Температура	209,902 °С
Объем изопропанола	68,0304 м <sup>3</sup>

Дождемся полного наполнения емкости и снимем максимальные параметры температуры и давления и сравним их с критическими. Учитывая, что после наполнения происходит автоматическое переливание, то контрольные параметры будем отслеживать по графику с помощью курсора.

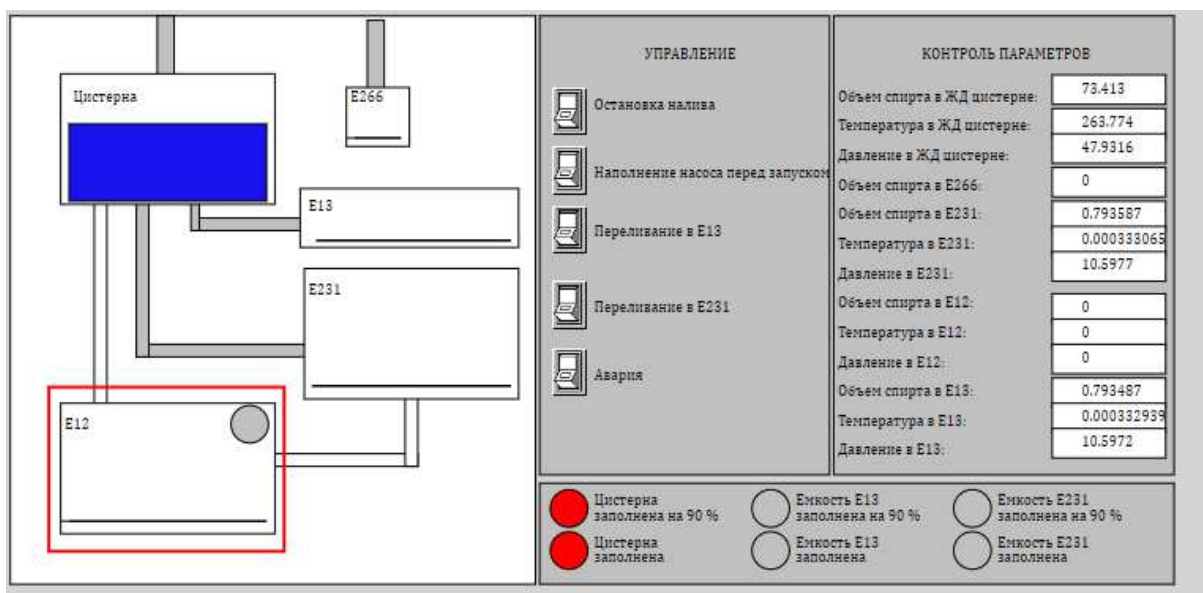


Рисунок 66 – Окончание наполнения ЖД цистерны

На рисунке 66 видим, что загорелся новый индикатор, который свидетельствует об окончании подачи изопропанола в систему. Также видим, что начался процесс автоматического переливания из стационарной емкости в расходную, что снизило на 1,5 единицы максимальный объем. Для снятия точных контрольных параметров обратимся к графикам.



Рисунок 67 – Изменение объема изопропанола в ЖД цистерне



Рисунок 68 – Графики давления и температуры при заполненной ЖД цистерне

Ближайшие к курсору точки		
График	X	Y
Давление	750719.7	48.244247
Температура	749192.82	281.24888

Рисунок 69 – Снятие контрольных значений давления и температуры

Таблица 8 – Сравнение максимальных значений давления и температуры с критическими значениями

Параметр	Измеренное значение	Критическое значение
Температура	281,2489 °С	400 °С
Давление	48,24 кПа	88 кПа

Исходя из сравнения полученных результатов с критическими значениями мы имеем запас по температуре в 119 °С или 29,69 %, по давлению – 39,76 кПа или 45,18 %. Данное протекание процесса соответствует адекватной системе.

Так как объем в 75 м<sup>3</sup> – максимальный, то в других емкостях показатели давления и температуры также будут в допустимых пределах, а значит безопасны.

Продолжим процесс переливания, без участия человека и без имитации аварии и проследим за изменениями объемов изопропанола в емкостях на общем графике, а также отследим работу оставшейся индикации.

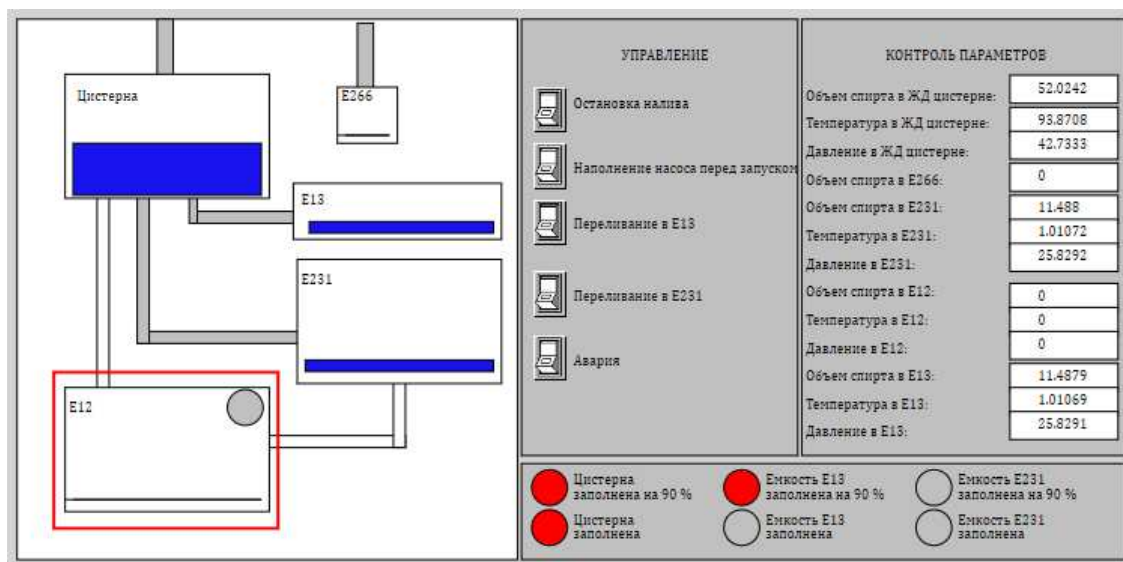


Рисунок 70 – Автоматическое переливание изопропанола из ЖД цистерны в емкости E13 и E231, индикация заполнения 90 % емкости E13

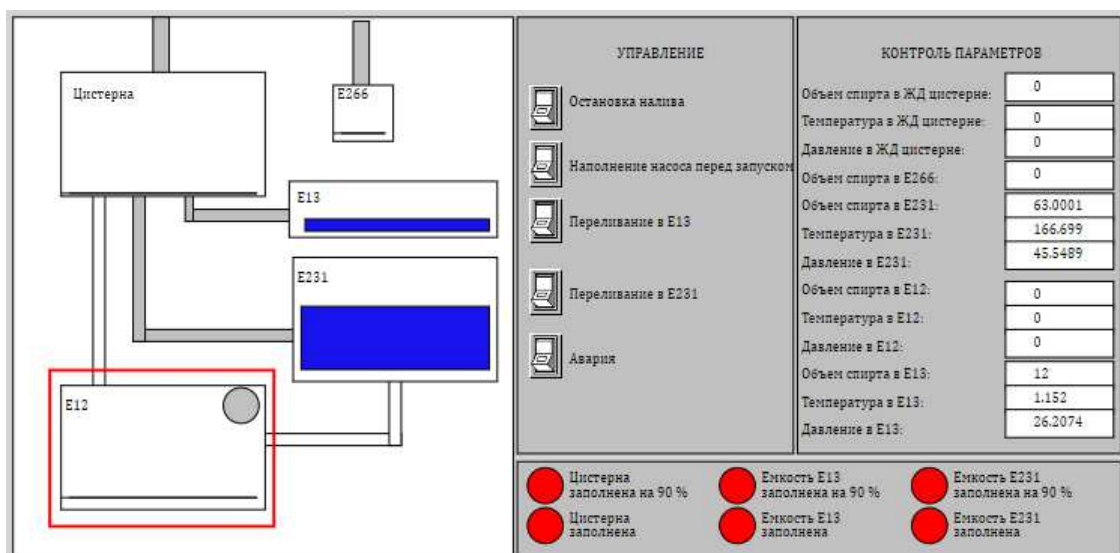


Рисунок 71– Окончание переливания из ЖД цистерны в емкости E13 и E231, индикация

При проверке получившихся объемов изопропанола в емкостях, видим, что суммарный объем изопропанола больше  $75 \text{ м}^3$ . Но так как объем превышает на  $0,0001 \text{ м}^3$ , то результат считаем корректным с учетом погрешности. Погрешность допускается в пределах  $\pm 0,001 \text{ м}^3$  от максимального объема емкости.

Контрольные параметры температуры и давления в безопасном коридоре, сведем их в таблицу 9.

Таблица 9 – Контрольные параметры при автоматическом процессе

E13	
Температура	1,152 °C
Давление	26,2074 кПа
E231	
Температура	166,699 °C
Давление	45,5489 кПа

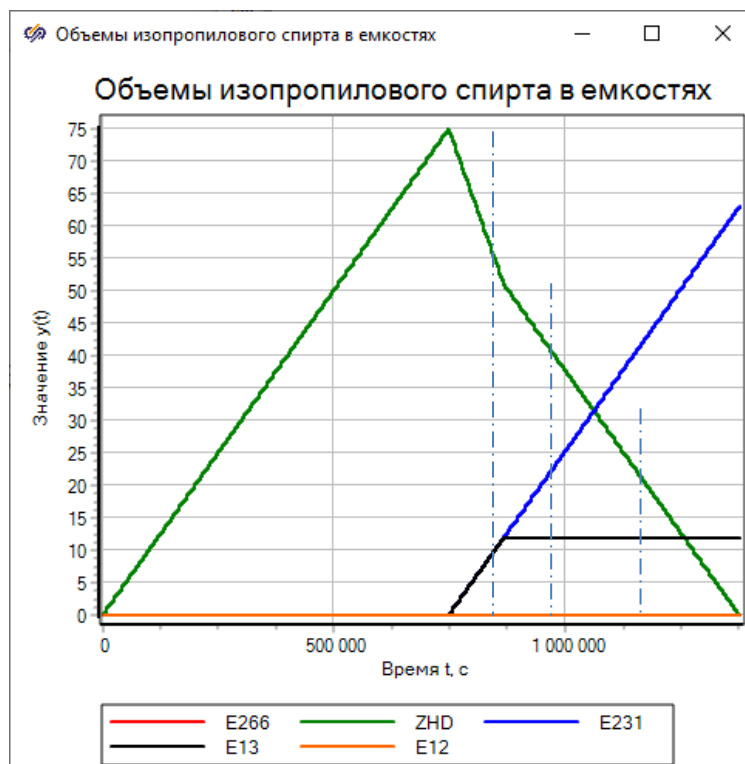


Рисунок 72 – Объемы изопропилового спирта в емкостях при автоматическом переливании

ЖД цистерна была наполнена, в этот момент началось переливание и объем изопропанола в цистерне начал уменьшаться на суммарный объем изопропанола в емкостях E13 и E231, в них же объемы вещества начали увеличиваться. Видим, что процессы синхронизированы и не имеют запаздывания.

Наберем некоторое количество бутанола в цистерну и запустим сначала принудительное переливание в емкость E13, выключим переливание и запустим принудительное переливание в емкость E231, после того как какой-то объем изопропанола перельется в E231, отключим переливание и дождемся автоматического завершения процесса. В итоге сделаем выводы по полученным результатам.

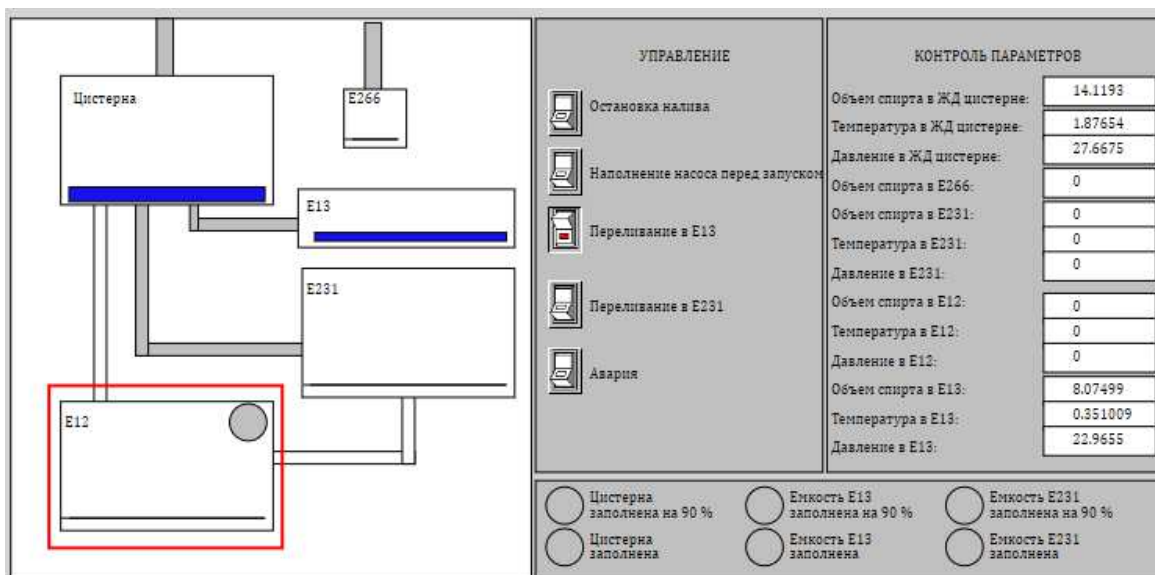


Рисунок 73 – Принудительное переливание в емкость E13

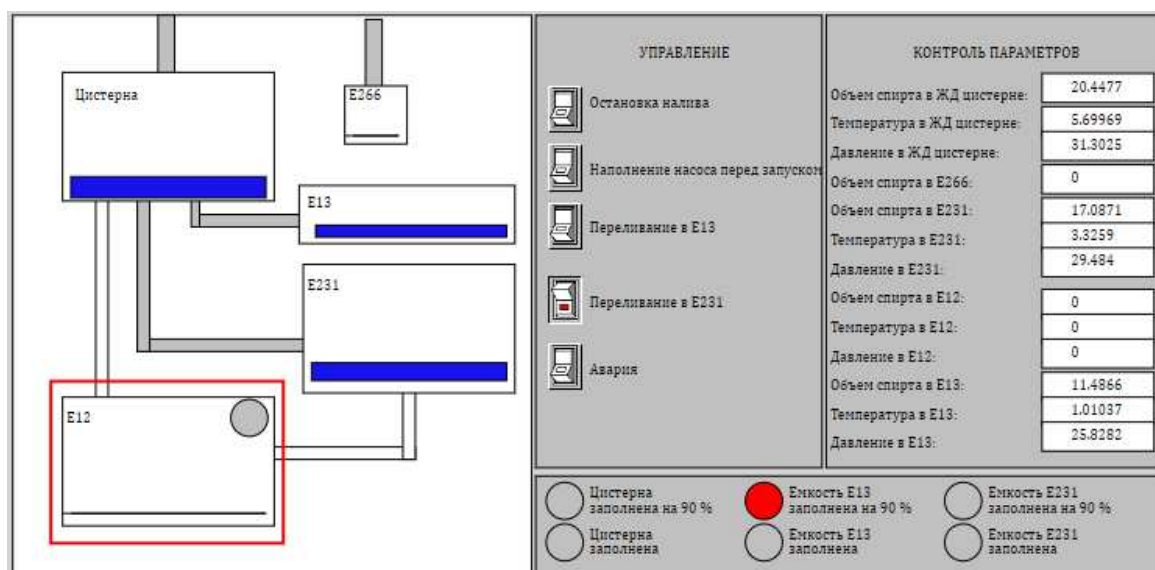


Рисунок 74 – Принудительное переливание в емкость E231



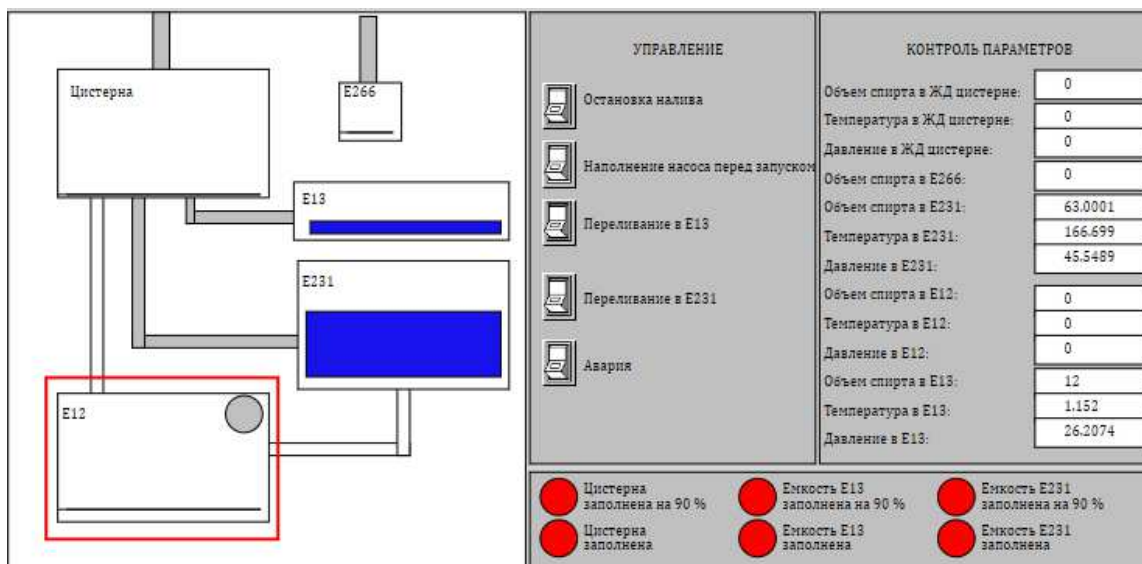


Рисунок 75 – Окончание автоматического переливания после вмешательства человека

Видим, что вмешательство ручного включения переливания никак не сказалось на конечных параметрах, они полностью соответствуют параметрам при полностью автоматическом процессе переливания.

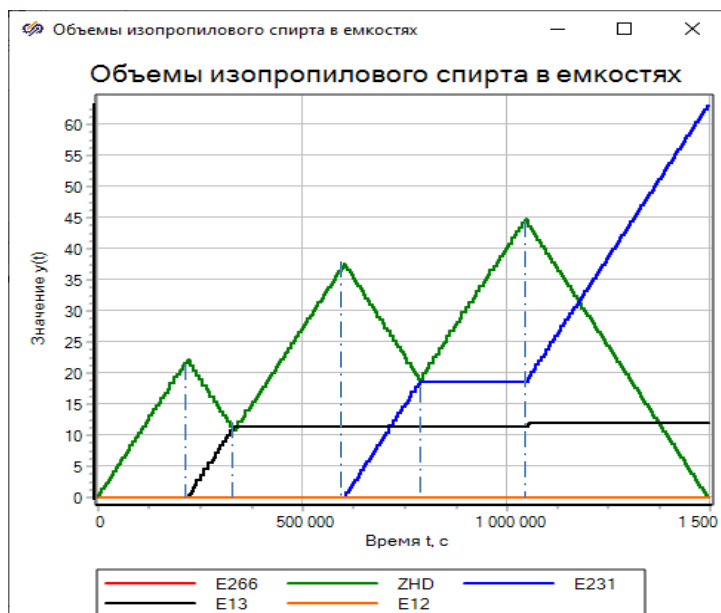


Рисунок 76 – Изменение изопропилового спирта в емкостях при ручном переливании

На первом отрезке (отрезок берется до ближайшей точки перегиба) объема изопропанола в цистерне увеличивается до того момента, пока мы не включили переливание в емкость E13. На втором отрезке (включение переливания в E13) наблюдаем уменьшение объема изопропанола в цистерне на объем, на который увеличилось количество изопропанола в E13. Далее выключили переливание и объем изопропанола в цистерне снова начал расти, до второго включения переливания уже в емкость E231, после отключения переливания процессы продолжили протекать в соответствии с условиями автоматизации.

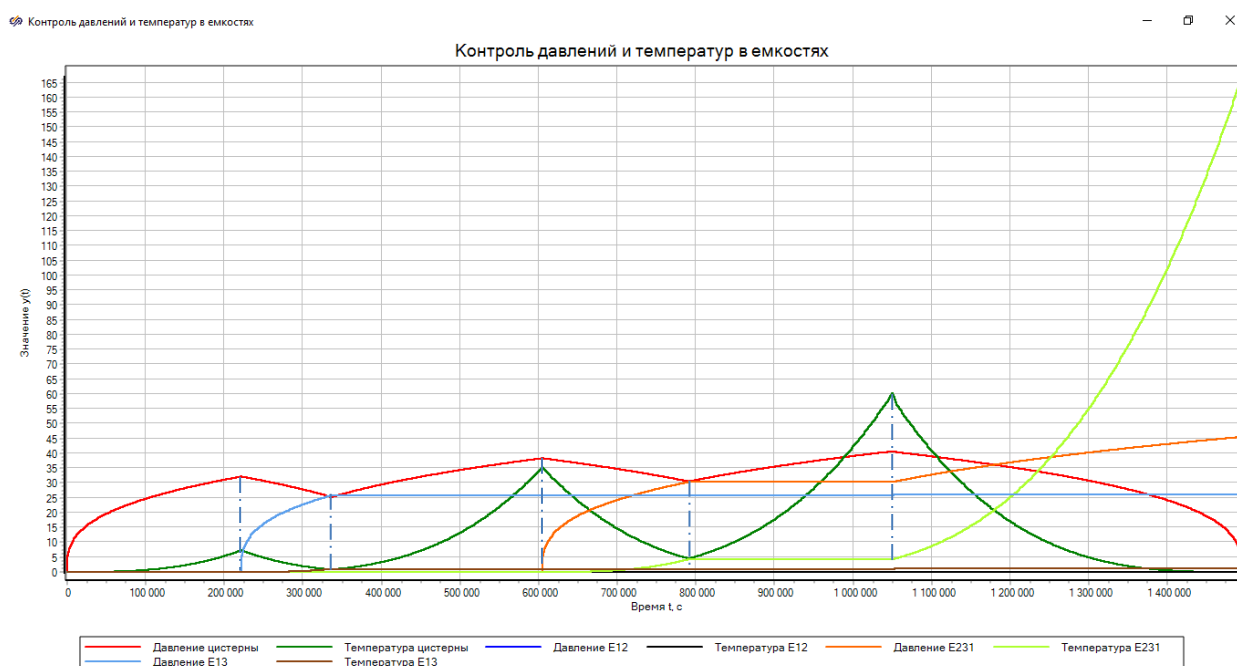


Рисунок 77 – Мониторинг контрольных параметров при вмешательстве принудительного переливания в емкости

Зависимости контрольных параметров между собой абсолютно корректны и имеют значения согласно прописанным законам изменения. Ни один из параметров не приблизился к критическому значению, что свидетельствует о безопасности протекаемого процесса. Изменения полностью синхронизированы и происходят без задержек. По графикам контрольных параметров можно

определить в какой момент было вмешательство диспетчера и в какую емкость было осуществлено переливание.

Проверим режим аварии и последующее переливание содержимого аварийной емкости E12 в емкость E231.

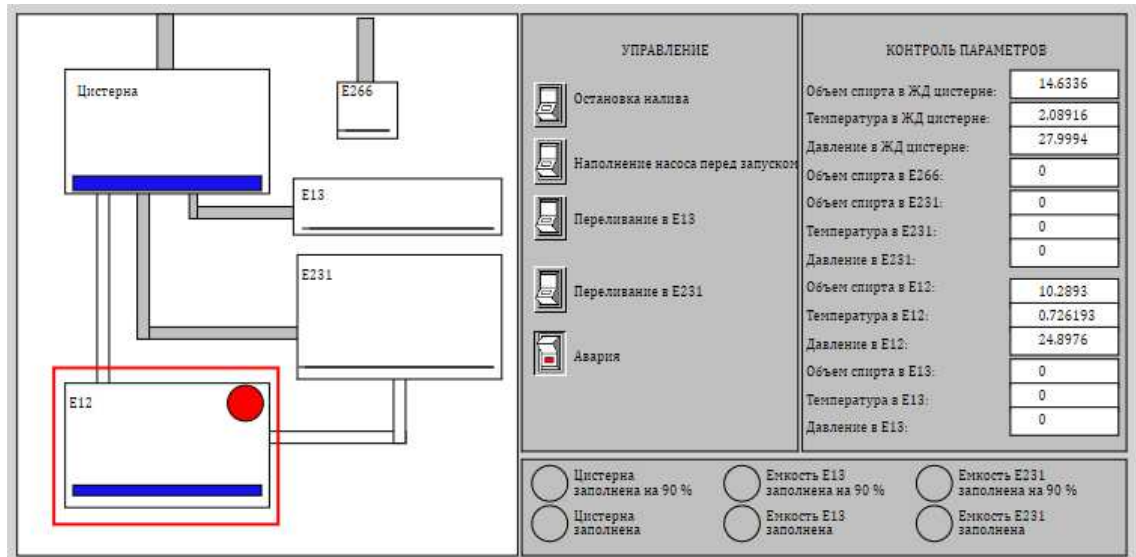


Рисунок 78 – Переливание в емкость E12 при имитации аварии

Отключаем имитацию аварии и ждем переливание.

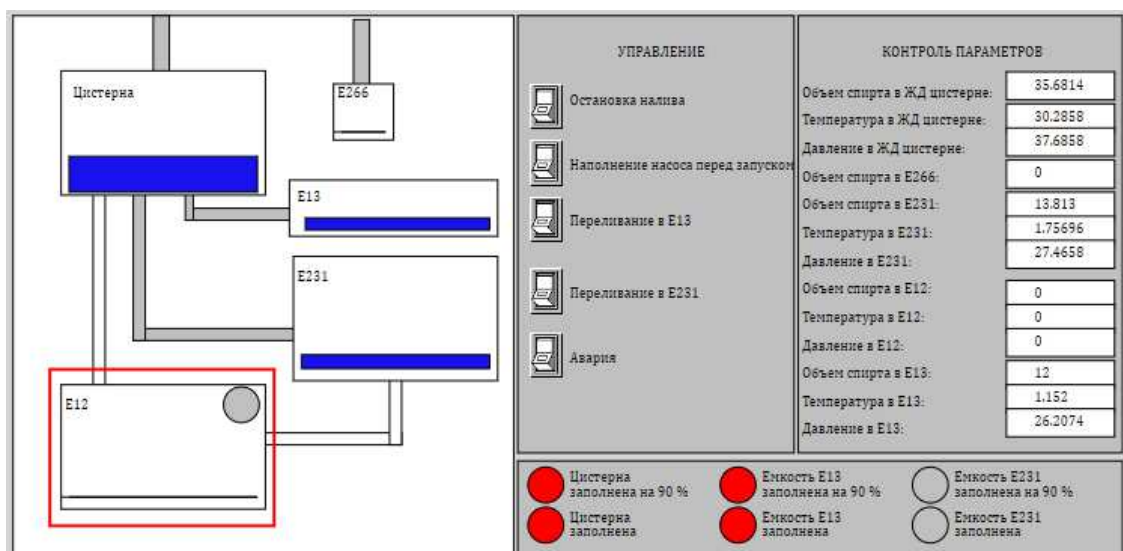


Рисунок 79 – Переливание из емкости E12 в емкость E231 после аварии



Рисунок 80 – Объемы изопропилового спирта в емкостях при включении аварии

Показатели объемов изопропилового спирта взаимосвязаны, изменяются синхронно, пропорционально изменяются, об этом свидетельствуют числовые значения и симметрия графиков.

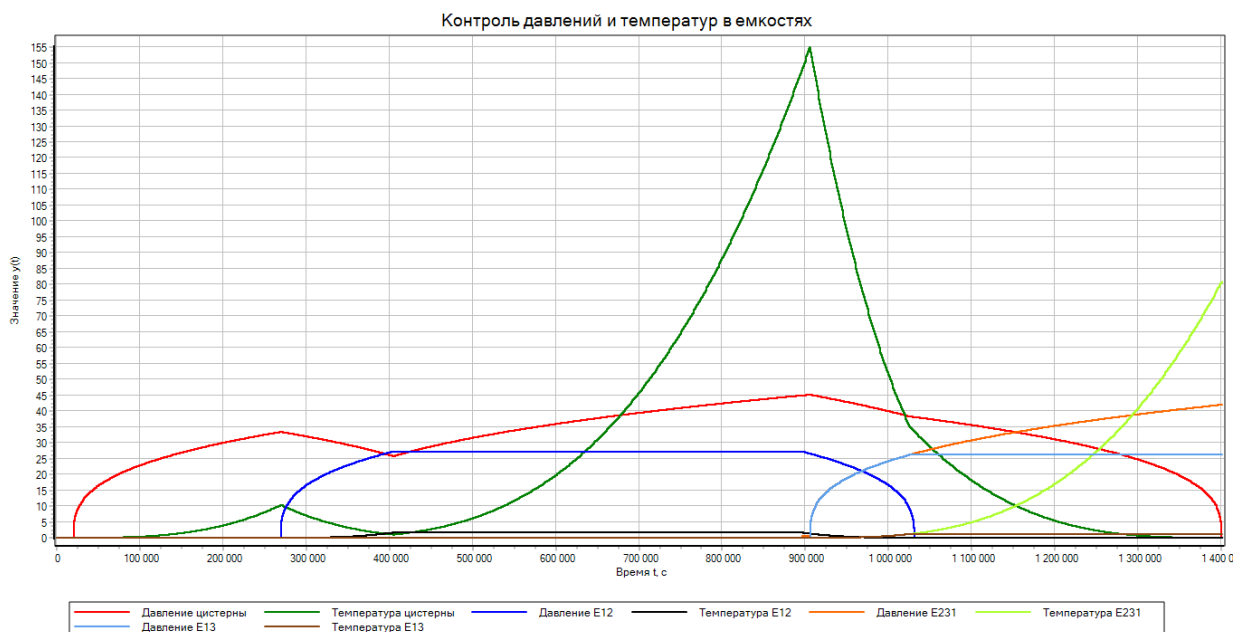


Рисунок 81 – Мониторинг контрольных параметров в емкостях с участием аварии

Контрольные параметры также синхронны и изменяются корректно, не выходя из пределов безопасного коридора и не приближаются к критическим значениям.

Все функции системы осуществлены. Поставленные цели и задачи достигнуты. Система адекватна и имеет безопасные показатели. Систему можем считать готовой и полностью соответствующей предъявляемым требованиям.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения бакалаврской работы были выполнены все поставленные задачи и разработаны все необходимые модели.

Помимо построения моделей системы, с помощью блоков управления была организована автоматизация процессов, с возможностью ручного управления при необходимости, а также автоматизирована система безопасности, которая также может быть запущена по требованию. Все процессы модели протекают корректно, отображение данных графиков контрольных значений взаимосвязаны и демонстрируют адекватные значения, время срабатывания происходит без задержек, то есть при включении процесса в одной схеме, данные других схем тут же начинают изменение с этого же момента времени.

Расчет контрольных параметров удовлетворяет требованиям безопасности, при максимальных значениях система имеет запас до критических значений по температуре:  $28 - 29,69\%$ ; по давлению  $45,18 - 67\%$ .

Температура изменяется по степенной функции, давление по функции кубического корня. Таким образом имитируется адиабатный процесс, так как ни один из параметров не является константой.

Все цели и задачи работы достигнуты. Расширение функционала и схем, а также добавление других этапов процессов будут разработаны в процессе написания магистерской диссертации.

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

ПО – программное обеспечение;

ЖД цистерна – железнодорожная цистерна;

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Автоматизированные системы управления [Электронный ресурс] : Автоматизированные системы управления // Справочная система «Справочник». – Режим доступа: [https://spravochnick.ru/informacionnye\\_tehnologii/](https://spravochnick.ru/informacionnye_tehnologii/)
- 2 Автоматизированные системы безопасности [Электронный ресурс] : Комплексная безопасность объектов и периметров // «АСБ группа компаний». – Режим доступа: <http://asbgroup.ru/>
- 3 Нефть [Электронный ресурс] : АСУ ТП в нефтепереработке // Автоматизация Техсервис. – Режим доступа: <http://evrotekhservis.ru/asu-tp-v-neftepererabotke/>
- 4 Сибирская нефть [Электронный ресурс] : Автоматика на страже // «ГАЗПРОМ нефть». – Режим доступа: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2017-july-august-projects/1120473/>
- 5 Федоров, В. Ю. Модульная структура автоматизированной системы противопожарной защиты объектов нефтепереработки : автореф. дис. ... канд. технич. наук : 05.13.06 / Федоров Владимир Юрьевич. – Москва, 2012. – 21 с.
- 6 Насос Н-11/1,2 [Электронный ресурс] : Насосное оборудование // Технохим – инжиниринговый центр. – Режим доступа: [https://technohim.com/projects/nasosnoe\\_oborudovanie/nasos\\_n\\_11\\_1\\_2/](https://technohim.com/projects/nasosnoe_oborudovanie/nasos_n_11_1_2/)
- 7 Азотное дыхание [Электронный ресурс] : Азотное дыхание // Азотная станция. – Режим доступа: <https://azotnaya.ru/lib/prochee/azot-dykhanie/>
- 8 ГОСТ 6006-78 Межгосударственный стандарт. Реактивы. Бутанол-1. Технические условия. – Взамен ГОСТ 6006-73 ; введ. 07.01.1979. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002. – С. 3–6.
- 9 Азотная подушка [Электронный ресурс] : Азотная подушка // Большая энциклопедия нефти и газа. – Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id276320p1.html>
- 10 Несторов Н. С. Синтез и исследование гетерогенных катализаторов, полученных с использованием сверхкритических сред: низших спиртов и CO<sub>2</sub>



как антирастворителя : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.15 / Нестеров Никита Сергеевич. – Новосибирск, 2017. – 11 с.

11 Химические свойства спиртов [Электронный ресурс] : Химия // Фоксфорд. – Режим доступа: <https://foxford.ru/wiki/himiya/himicheskie-svoystva-spirtov>

12 Маергойз, Л. С. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии : учебник / Л. С. Маергойз. – Москва : АСВ, 2004 – 232 с.

13 Реагенты для нефтяной промышленности [Электронный ресурс] : Статьи и обзоры // Топливный регион. – Режим доступа: <https://www.topreg.ru/stati-i-obzori/reagenti-dlya-neftyanoy-promishlennosti>

14 Автоматизация процессов [Электронный ресурс] : Автоматизация СМК // Менеджмент качества. – Режим доступа: [https://www.kpms.ru/Automatization/Process\\_automation.htm](https://www.kpms.ru/Automatization/Process_automation.htm)

15 Химия и методы переработки нефти [Электронный ресурс] : Технологии в промышленности // Энциклопедия «Кругосвет». – Режим доступа: [https://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/tehnologiya\\_i\\_promyshlennost/HIMIYA\\_I\\_METODI\\_PERERABOTKI\\_NEFTI.html](https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/HIMIYA_I_METODI_PERERABOTKI_NEFTI.html)

16 Новые химические реакции и технологии [Электронный ресурс] : Сверхкритические среды // Переplet. – Режим доступа: [https://pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9910\\_036.pdf](https://pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9910_036.pdf)

17 Нефтяная промышленность России [Электронный ресурс] : Нефтяная промышленность // Фабрикаторы. – Режим доступа: <https://fabricators.ru/article/neftyanaya-promyshlennost>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Код блока программирования для стационарной емкости

```
input h, button, button2, button3;  
output accident, key, hfact, p1, tb1;
```

```
if (button=0)  
then  
begin  
    key=1;  
    pkey=0;  
end;
```

```
if(button=1)  
then  
begin  
    key=0;  
    pkey=1;  
end;
```

```
if (h=63)  
then  
begin  
    key = 0;  
    pkey=1;  
end;
```

```
if (h>63 and key=0)  
then accident = 0
```

```
else accident = 1;

if (button2 = 1)
then
begin
key=0;
pkey=1;
end;

if (button3 = 1)
then
begin
key=0;
pkey=1;
end;
if(h>0)
then hfact=h
else hfact=0;
p1=(hfact*1000)^(1/3);
if(p1>=100)
then accident = 0;
tb1=((hfact)^3)/1000;
if(tb1>=330)
then accident=0;
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Код блока управления аварийной емкостью

```
input avar, button2, napol, h3, h2;
```

```
output key2, key, p2, tb2;
```

```
//pkey=1;
```

```
if (h3<napol)
```

```
then
```

```
begin
```

```
    if(button2 = 1)
```

```
        then
```

```
            begin
```

```
                key2 = 1;
```

```
            end;
```

```
    if (avar = 1)
```

```
        then
```

```
            begin
```

```
                key2 = 1;
```

```
            end;
```

```
    if(button2 = 0)
```

```
        then
```

```
            begin
```

```
                key2 = 0;
```

```
            end;
```

```
        end
    else
    begin
    if(h3 = napol)
        then
        begin
            key2 = 0;
        end;
    end;
    if (h2+h3>=63)
    then
    begin
        key=1;
    end    //pkey=1;
    else
    begin
    key=0;
    end;
    p2=(h3*1000)^(1/3);
    tb2=((h3)^3)/1000;
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Код блока управления расходной емкостью

```
input button3, napol, h2;
output key, p3, accident, tb3;
pkey=1;
if (h2<napol)
then begin

if(button3 = 1)
    then key = 1;

if(button3 = 0)
    then key = 0;
end
else
if(h2 = napol)
    then key = 0;
if(napol = 63) //автоматический перелив во вторую емкость
then key = 1;

if(h2>63)
then accident=0;
p3=(h2*1000)^(1/3);
if(p3>=100)
then accident = 0;
tb3=((h2)^3)/1000;
if(tb3>=330)
then accident=0;
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Код блока управления системой приема изопропилового спирта

```
input b1, ZHD, b4, b5, b6, z, emk1,emk2,emk3;
output key2, b2, k3, k4, k5,k6, b1, pi1, pi2, pi3, pi4, ti1, ti2, ti3, ti4;
//b2=0;
if(b1=0)
then b2=1
else b2=0;
if(ZHD=75)
then key2=1
else begin key2=b5;
           if(k2=1)
           then b2=0;
end;
if (ZHD=75)
then k3=1
else begin k3=b4;
           if(k3=1)
           then b2=0;
end;
//if(E231=63)
//then k3=1   ----- последовательное переливание
if(b6=1)
then begin
k4=1;
k2=0;
b2=0;
k3=0;
```

```

end
else k4=0;
if(z=0)
then
begin
            k2=0;
            k3=0;
            k4=0;
end;
if(ZHD>=74)
then begin
k5=1;
k6=1;
end
else
begin
k5=0;
k6=0;
end;
//if(ZHD>=74)
//then b1=1;
pi1=(z*1500)^(1/3);
if(pi1>=80)
then accident = 0;
ti1=((z)^3)/1500;
if(ti1>=350)
then accident=0;
pi2=(emk1*1500)^(1/3);
if(pi2>=80)
then accident = 0;

```



```
ti2=((emk1)^3)/1500;  
if(ti2>=350)  
then accident=0;  
pi3=(emk2*1500)^(1/3);  
if(pi3>=80)  
then accident = 0;  
ti3=((emk2)^3)/1500;  
if(ti3>=350)  
then accident=0;  
pi4=(emk3*1500)^(1/3);  
if(pi4>=80)  
then accident = 0;  
ti4=((emk3)^3)/1500;  
if(ti4>=350)  
then accident=0;
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Скрипт окна анимации процесса приема бутанола

```
if (h>0 and h<62)
then
begin

FillRect1.Color = 12669502;
end;
if(h>62)
then
begin

FillRect1.Color = 12632256;
end;
if (button = 1)
then

begin

FillRect1.Color = 12632256;
end;

if (h>56.7)
then FillCircle.Color = 1826788
else FillCircle.Color = 12632256;
if (napol=63)
then
```

```

begin FillCircle1.Color = 4259584;
FillCircle.Color = 12632256;
FillRect1.Color = 12632256;
end
else FillCircle1.Color = 12632256;
if (accident = 0)
then
begin
                FillCircle3.Color = 255;
end
else FillCircle3.Color = 12632256;
fillrect2.Points = [(-204 , -95-h/2),(-128 , -136),(-204 , -184)];
if (button2=1)
then
begin
                FillCircle3.Color = 255;
fillrect9.Points = [(-268 , 20-h3/2),(-216 , 12),(-268 , -48)];
fillcircle2.Color = 12632256;
FillRect1.Color = 12632256;

FillRect5.Color = 12669502;
end
else
begin
FillCircle3.Color = 12632256;
                fillrect9.Points = [(-268 , 20-h3/2),(-216 , 12),(-268 , -48)];

                FillRect5.Color = 12632256;
end;

```

```
if (h3>55.8)
then FillCircle8.Color = 1826788
else FillCircle8.Color = 12632256;
if (h3>61)
then
begin FillCircle9.Color = 4259584;
FillCircle8.Color = 12632256;
//FillRect5.Color = 12632256;
end
else FillCircle9.Color = 12632256;
```

```
if (key3 = 1)
then
begin
fillrect8.Points = [(20 , -35-h2/2),(88 , -72),(20 , -104)];
fillcircle2.Color = 12632256;
FillRect1.Color = 12632256;
```

```
FillRect4.Color = 12669502;
```

```
end
```

```
else
```

```
fillrect4.color = 12632256;
```

```
if(key3 = 0)
```

```
then
```

```
begin
```

```
fillrect8.Points = [(20 , -35-h2/2),(88 , -72),(20 , -104)];
```

```
FillRect4.Color = 12632256;
```

```

end;
if(h<0)
then
begin
fillrect2.Height = 0;
textlabel3.Values = 0;
    fillrect2.Points=[(-204 , -95),(-128 , -136),(-204 , -184)];
end;
if(h>0)
then textlabel3.Values = h;
if(h2+h3>=63)
then
begin fillrect12.Color = 12669502;
fillrect4.Color = 12632256;
end
else fillrect12.Color = 12632256;
if(h2=63)
then fillrect12.Color = 12632256;
if(h2>=56.7)
then fillcircle6.Color = 1826788
else FillCircle6.Color = 12632256;
if(h3>=56.7)
then fillcircle8.Color = 1826788
else FillCircle8.Color = 12632256;
if(h3=63)
then fillcircle9.Color = 4259584
else fillcircle9.Color = 12632256;
if (h2=63)
then fillcircle7.Color = 4259584
else fillcircle7.Color = 12632256;

```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Скрипт окна анимации процесса приема изопропанола

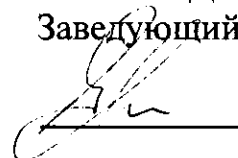
```
fillrect1.points=[(-254 , -100-ZHD/2),(-160 , -148),(-254 , -148)]
fillrect3.points=[(-54 , -160-E266/2),(-32 , -160),(-54 , -160)]
fillrect7.points=[(-20 , -62.25-E13/2),(72 , -62.25),(-20 , -62.25)]
fillrect5.points=[(-22 , 76-E231/2),(72 , 76),(-22 , 76)]
fillrect9.points=[(-254 , 204-E12/2),(-160 , 204),(-254 , 204)]
if(b6=1)
then fillcircle.color=255           //red
else fillcircle.color=12632256;     //grey
if(z>=67.5 and z<74.9)
then fillcircle1.color=255
else fillcircle1.color=12632256;
if(z<67.5)
then fillcircle1.color=12632256;
if(z>=74.9)
then fillcircle2.color=255
else fillcircle2.color=12632256;
if(E13>=10.8 and E13<11.9)
then fillcircle3.color=255
else fillcircle3.color=12632256;
if(E13<10.8)
then fillcircle3.color=12632256;
if(E13>=11.9)
then fillcircle4.color=255
else fillcircle4.color=12632256;
if(E231>=56.7 and E231<62.9)
then fillcircle5.color=255
```

```
else fillcircle5.color=12632256;  
if(E231<56.7)  
then fillcircle5.color=12632256;  
if(E231>=62.9)  
then fillcircle6.color=255  
else fillcircle6.color=12632256;
```

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Космических и информационных технологий  
Кафедра систем автоматики, автоматизированного управления и  
проектирования

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой


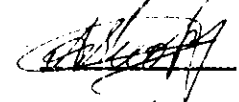

 С. В. Ченцов

« 17 » 06 2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ  
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

Руководитель		17.06.2021 г.	доцент, канд. техн. наук А.В. Чубарь
Выпускник		17.06.2021 г.	А.В. Яковлева
Нормоконтролер		17.06.2021 г.	Т.А. Грудинова

Красноярск 2021