

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Пензенский государственный университет
Кафедра «Системы автоматизированного проектирования»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проектированию по дисциплине

«Компьютерное моделирование в системах автоматизированного
проектирования»

на тему: «Моделирование системы для управления процессами работы
газозаправочной станции»

направление подготовки 09.03.01 «Информационная и вычислительная
техника»

профиль «Системы автоматизированного проектирования»

Выполнил ст. группы 23ВВС1

Епинин Д.В.

Проверили:

к. т. н., доцент Бурукина И. П.

к. т. н., доцент Тимонин А. Ю.

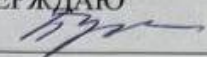
Хорошо

27.05.26

Пенза 2026

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФВТ

Кафедра САПР

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой 
" 11 " 02. 2026 г.

ЗАДАНИЕ

на курсовое проектирование по курсу

Компьютерное моделирование в САПР

Студенту Емелину Д. В. Группа 23ВВС1

Тема проекта Моделирование системы для управления процессами
работы газозаправочной станции

Исходные данные (технические требования) на проектирование

1. Среда разработки: SCADA система КРУГ 2000.

Количество критериев оценки входных параметров: не менее 2.

Количество входных переменных: не менее 6 (наличие аналоговых переменных обязательно).

Количество выходных переменных: не менее 6.

Количество каналов контроллера: не более 3000.

Рабочий стол: 1.

Количество мнемосхем: не менее 2.

Наличие самописцев обязательно.

Наличие тренда обязательно.

2. Написать программу на языке КРУГОЛ.

3. В ПЗ представить описание базы данных, описание программы, пример ее
функционирования

Объем работы по курсу

1. Расчетная часть

- 1.1 Анализ предметной области
- 1.2 Создание структурной схемы модели технологического процесса
- 1.3 Создание базы данных
- 1.4 Создание программы
- 1.5 Создание динамической мнемосхемы
- 1.6 Оформление ПЗ

2. Графическая часть

- 2.1 Структурная схема модели технологического процесса
- 2.2 Алгоритм функционирования системы

3. Экспериментальная часть

- 3.1 Заполнение БД
- 3.2 Написание и отладка программы работы контроллера
- 3.3 Описание переменных в генераторе динамики
- 3.4 Получение тренда зависимости переменных

Срок выполнения проекта по разделам

1	Анализ предметной области	к	19.02.26
2	Разработка модели ТП	к	16.03.26
3	Создание БД	к	03.04.26
4	Создание программы	к	10.04.26
5	Создание мнемосхем	к	01.05.26
6	Оформление ПЗ	к	13.05.26
7		к	
8		к	

Дата выдачи задания "11" 02.2026

Дата защиты проекта "15" мая

Руководитель

Задание получил "04" февраля 2026 г.

Студент Епимин Д.В. Епимин

Реферат

Пояснительная записка содержит 28 листов, 19 рисунков, 1 таблица, 6 источников, 2 приложения.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В САПР, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ РАБОТЫ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ, SCADA, КРУГ 2000, БАЗА ДАННЫХ, СРЕДА КРУГОЛ, ПРОЦЕСС, МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ.

Объектом разработки является система управления процессами работы газозаправочной станции.

Цель работы – создание программного комплекса для моделирования и управления процессами работы газозаправочной станции.

Задачами, с помощью которых требовалось решить для достижения цели, являются: разработка структурной схемы разрабатываемого технологического процесса, разработка математической модели процесса работы газозаправочной станции, создание базы данных, создание программной модели системы управления, реализация интерфейса для взаимодействия оператора с системой управления, тестирование и отладка программного комплекса.

Результатом работы является моделирование процессов раб, управление технологическими параметрами процесса, отображение информации о состоянии системы в режиме реального времени.

					КР 2.09.03.01. 01 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Моделирование системы управления процессами работы газозаправочной станции	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Епинин Д.В.	Епинин	17.05.26				
Провер.		Бурукина И. П.		27.05.26			3	1
Реценз.						ФВТ, гр. 23ВВС1		
Н. контр.								
Утверд.								

Содержание

Введение.....	5
1 Разработка структурной схемы и описание переменных разрабатываемого технологического процесса	6
1.1 Разработка и описание структуры технологического процесса.....	6
1.2 Разработка и описание переменных технологического процесса.....	7
2 Создание базы данных переменных технологического процесса	10
2.1 Настройка словарей.....	10
2.2 Настройка системы.....	11
2.3 Добавление и описание абонентов	11
2.4 Добавление и описание каналов	12
2.5 Настройка корректировки времени	13
2.6 Добавление и описание переменных.....	13
2.6.1 Входные аналоговые переменные	14
2.6.2 Выходные аналоговые переменные.....	14
2.6.3 Входные дискретные переменные	14
2.6.4 Выходные дискретные переменные.....	14
2.6.5 Переменные ручного ввода.....	15
2.7 Добавление и описание самописцев.....	15
3 Проектирование программно-логического управления технологическим процессом.....	17
4 Разработка графического интерфейса станции оператора	20
Заключение	22
Список используемой литературы	23
Приложение А. Листинг программы.....	24
Приложение Б. Отображение программы	28

Введение

«SCADA-система» (Supervisory Control And Data Acquisition System) – это система сбора данных и оперативного диспетчерского управления. Две основные функции, возлагаемые на SCADA-систему — это сбор данных о контролируемом технологическом процессе, а также управление этим процессом в реальном времени.

SCADA-система позволяет одновременно управлять большим количеством датчиков, исполнительных механизмов и технологического оборудования, входящего в состав контролируемой системы, значительно упрощая трудозатраты человека и повышая общую безопасность.

В данном курсовом проектировании затрагивается одна из таких систем, а именно SCADA-система КРУГ-2000. В рамках работы разработан проект, представляющий собой модель системы для управления процессами работы автоматизированной газовой заправочной станции. Проект включает в себя разработку базы данных реального времени, создание графического интерфейса оператора в Генераторе динамики и написание управляющей программы на технологическом языке КРУГОЛ, которая обеспечивает логику работы станции, включая подачу газа, контроль давления, меры безопасности.

1 Разработка структурной схемы и описание переменных разрабатываемого технологического процесса

1.1 Разработка и описание структуры технологического процесса

Разработана структура в соответствии с системным подходом (рис. 1):

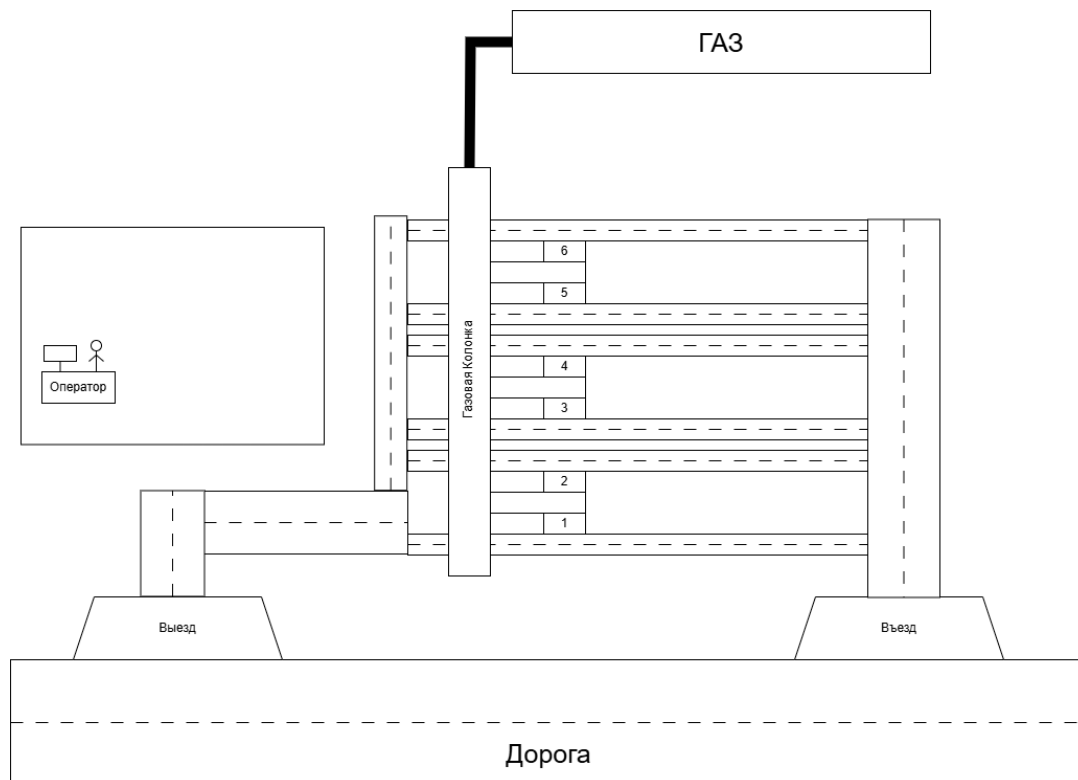


Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемого процесса

Разработана блок-схема работы алгоритма газозаправочной станции (рис.2):

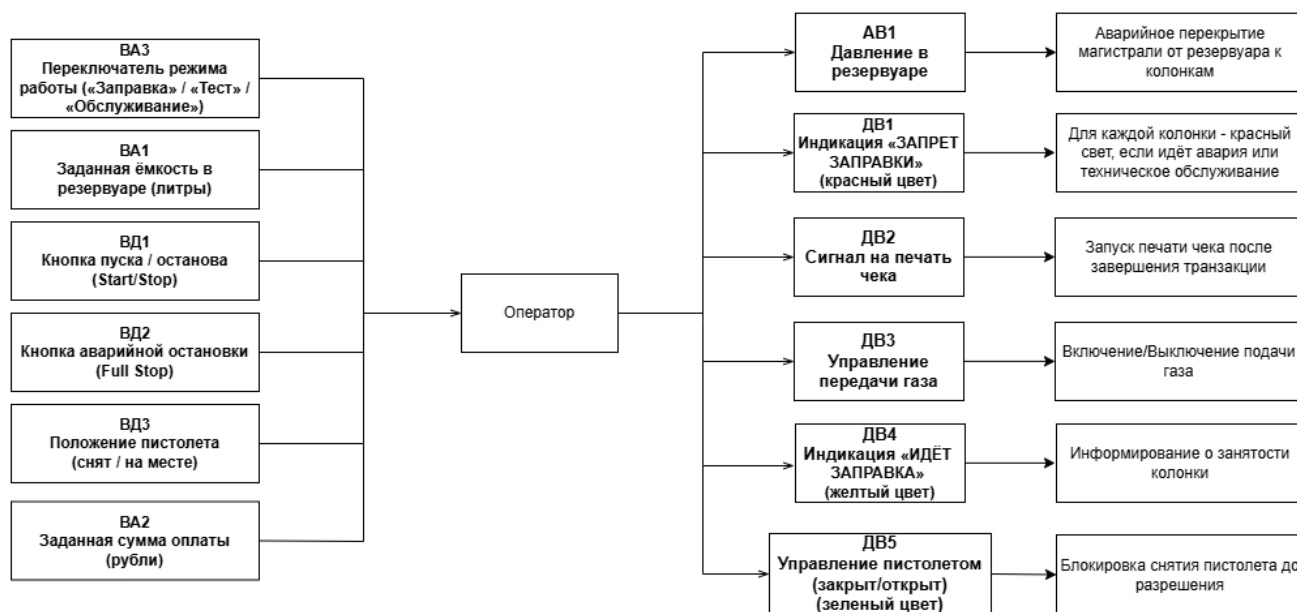


Рисунок 2 – Блок-схема работы газозаправочной станции

1.2 Разработка и описание переменных технологического процесса

Разработаны переменные: входные аналоговые, входные дискретные, выходные дискретные, ручного ввода (таблица 1).

Таблица 1 – Разработка переменных технологического процесса

Название и идентификатор переменной	Значения переменных	Процесс
Входные переменные (дискретные)		
ВД1 – Кнопка пуска / останова (Start / Stop)	0 – Stop 1 – Start	Если процесс остановлен и ВД1 = 1, и условия безопасности выполнены → пуск (ДВ3 = 1, ДВ4 = 1). Если процесс запущен и ВД1 = 1 → стоп (ДВ3 = 0, ДВ4 = 0, ДВ2 = 1).
ВД2 – Кнопка аварийной остановки (Full Stop)	0 – Норма 1 – Авария	При ВД2 = 1: принудительное закрытие клапана (ДВ3 = 0), включение красной сигнализации (ДВ1 = 1), блокировка пистолета (ДВ5 = 0), запрет пуска независимо от других условий. Сброс аварии только после ручного подтверждения.
ВД3 – Положение пистолета (снят / на месте)	0 – На месте 1 – Снят	Если ВД3 = 1, ВА3 = 0, ВД2 = 0, АВ1 < 22 → разрешён пуск по ВД1. Если ВД3 возвращается в 0 (пистолет повешен) во время заправки → завершение (ДВ3 = 0, ДВ2 = 1).
Входные переменные (аналоговые)		
ВА3 – Переключатель режима работы	0 – Заправка 1 – Тест 2 – Обслуживание	«Заправка» → ДВ3 = 1; «Тест» → ДВ3 = 0, ДВ1 = 1, ДВ4 = 1; «Обслуживание» → ДН6 = 1, ДН8 = 0
ВА1 – Заданная ёмкость в резервуаре (литры)	100 ... 9999 (л) – АВ1	Если ВА1 < 100 → ошибка: ДВ1 = 1, пуск блокируется.

		При достижении текущим объёмом значения ВА1 (например, ВА1 = 50 л) → ДВ3 = 0, ДВ2 = 1 (печать чека).
ВА2 – Заданная сумма оплаты (рубли)	50 ... 9999 (руб) – АВ2	Если ВА2 < 50 → ошибка: ДВ1 = 1, пуск блокируется. Текущая стоимость рассчитывается как текущий_объём × цена_литра (например, 50 руб/л). Если текущая_стоимость ≥ ВА2 (например, ВА2 = 1000 руб при текущем объёме 20 л) → ДВ3 = 0, ДВ4 = 0, ДВ2 = 1.
Выходные переменные		
АВ1 – давление в резервуаре (аналоговое выходное)	15 ... 25 МПа	– Если АВ1 < 15 → авария (нет газа): ДВ3 = 0, ДВ1 = 1 Контроль давления: – Если АВ1 ≥ 23 МПа → авария: ДВ3 = 0, ДВ1 = 1. – Если АВ1 < 22 МПа и остальные условия выполнены → пуск разрешён. – Если $22 \leq АВ1 < 23$ → предупреждение (ДВ1 мигает).
ВА4* – Индикатор давления	15.0 ... 25.0 МПа	Передаёт текущее значение давления DN5 на цифровой индикатор оператора для визуального контроля.
ДВ1 – Индикация «ЗАПРЕТ ЗАПРАВКИ» (красный)	0 – Выкл. 1 – Вкл.	Включается при: – ВА3 = 1 или 2 (Тест/Обслуживание) – ВД2 = 1 (авария) – АВ1 ≥ 23 (давление)

		– неисправности (например, отсутствие связи).
ДВ2 – Сигнал на печать чека	0 – Выкл. 1 – Вкл.	Устанавливается в 1 при: – достижении ВА1 или ВА2; – нажатии ВД1 во время заправки (принудительный стоп); – возврате пистолета (ВД3 = 0) до завершения.
ДВ3 – Управление передачей газа	0 – Клапан закрыт 1 – Клапан открыт	Открывается при: ВА3 = 0, ВД3 = 1, ВД1 = 1, АВ1 < 22, ВД2 = 0. Закрывается при: достижении ВА1/ВА2, ВД2 = 1, ВД1 = 1 во время работы, АВ1 ≥ 23, возврате пистолета.
ДВ4 – Индикация «ИДЁТ ЗАПРАВКА» (жёлтый цвет)	0 – Выкл. 1 – Вкл.	Включается одновременно с ДВ3 (при открытии клапана). Выключается при ДВ3 = 0.
ДВ5 – Управление пистолетом (закрыт/открыт)	0 – Заблокирован 1 – Разблокирован	Разблокировка (ДВ5 = 1) при ВА3 = 0, АВ1 < 22, ВД2 = 0. Блокировка (ДВ5 = 0) при ВА3 ≠ 0, ВД2 = 1, АВ1 ≥ 23, или после окончания заправки и возврата пистолета (ВД3 = 0).

2 Создание базы данных переменных технологического процесса

Генератор базы данных (в дальнейшем генератор) предназначен для создания и внесения изменений в базу данных систем реального времени при построении АСУ ТП на базе SCADA КРУГ-2000. При работе в генераторе можно встретить следующие понятия и определения: словари, система, переменные, абоненты, самописцы и перья и т.д.

2.1 Настройка словарей

Словарь единиц измерения предназначен для хранения списка используемых в системе единиц измерения и логических состояний, и применяется в дальнейшем, при описании аналоговых переменных базы данных и переменных ручного ввода вещественного типа.

Были добавлены некоторые записи. В словарь единиц измерения на позиции 64 – Литры, 65 – Руб, 66 – МПа.

В словарь логических состояний также были добавлены некоторые записи логического состояния (рис. 3):



Логические состояния		X
	Код	Имя
	118	НА МЕСТЕ
	119	СНЯТ
	120	ВЫКЛ
	121	ВКЛ
	122	ЗАКРЫТ
	123	ОТКРЫТ
	124	ЗАБЛОКИРОВ
	125	РАЗБЛОКИР

Рисунок 3 – Логические состояния

2.2 Настройка системы

Подменю «Система» позволяет: описать название системы, всех входящих в структуру программно-технического комплекса (ПТК) абонентов, параметры настройки адаптеров связи абонентов ПТК, характеристики каналов связи с абонентами ПТК; задать количество переменных всех типов; описать параметры обмена данными с другими АСУ через механизм файлобмена.

Описание базы данных необходимо начинать с основных настроек системы. Для этого необходимо задать её название и количество переменных каждого типа (рис. 4):

Система X

Общие | Параметры ПС | КРУГОП | Дополнительно

Название системы (16 символов)

Количество переменных

Количество переменных типа ВА	<input type="text" value="4"/>
Количество переменных типа АВ	<input type="text" value="1"/>
Количество переменных типа ВД	<input type="text" value="3"/>
Количество переменных типа ДВ	<input type="text" value="5"/>
Количество переменных типа РВ (вещ)	<input type="text" value="13"/>
Количество переменных типа РВ (лог)	<input type="text" value="0"/>
Количество переменных типа РВ (стр)	<input type="text" value="0"/>
Общее количество переменных в БД	<input type="text" value="26"/>

Архив печатных документов

...

Настройки OPC DA сервера

☐ Учитывать цвет состояния в качестве OPC-тега

Отключить формирование сообщений при изменении качества OPC-тега:

☐ для OPC DA клиента ☐ для OPC UA клиента

Рисунок 4 - Переменные разрабатываемого технологического процесса

2.3 Добавление и описание абонентов

Для данной учебной задачи было создано два типа абонентов: контроллер и станция оператора.

После добавления абонентов необходимо описать адаптер (устройство сопряжения абонентов системы) и указать его IP адрес. Для нашего проекта нужен адрес 127.0.0.1, который стоит по умолчанию (рис. 5):

Абоненты										
Номер абонента	Тип абонента	№ в подгруппе ...	Короткое имя	Длинное имя	Сетевое имя к...	Автоматич.рез...	Ручное резерв...	Автоматич.воз...	№ алгоритма р...	
1	Контроллер	1	KO1	Контроллер 1	KO1	☐	☐	☐	0	
2	Станция операт...	1	CO1	Станция операт...	MARSHALL	☐	☐	☐	0	
Имя адаптера	IP адрес адапт...	Приоритет IP а...	Период диагно...	Количество по...	Период повтор...	IP порт/COM-п...	Тип порта	Время ожидан...	№ подсети	Имя подсети
Ethernet 1-1	127.0.0.1	1	10	5	30	0	По умолчанию	0	1	Net 1
Абоненты										
Номер абонента	Тип абонента	№ в подгруппе ...	Короткое имя	Длинное имя	Сетевое имя к...	Автоматич.рез...	Ручное резерв...	Автоматич.воз...	№ алгоритма р...	
1	Контроллер	1	KO1	Контроллер 1	KO1	☐	☐	☐	0	
2	Станция операт...	1	CO1	Станция операт...	MARSHALL	☐	☐	☐	0	
Имя адаптера	IP адрес адапт...	Приоритет IP а...	Период диагно...	Количество по...	Период повтор...	IP порт/COM-п...	Тип порта	Время ожидан...	№ подсети	Имя подсети
Ethernet 2-1	127.0.0.1	1	10	5	30	2100	По умолчанию	0	1	Net 1

Рисунок 5 – Абоненты контроллера и станции оператора

2.4 Добавление и описание каналов

Каналы связи предназначены для передачи информации между сервером базы данных и абонентами ПТК типа «Контроллер» или иными автоматизированными системами (АСУ) через физические интерфейсы связи.

Было добавлено 26 каналов (рис. 6):

Каналы														
Канал				Абонент			Период опроса (мс)	Состояние канала: включен	Количество переменных					
Номер	Тип	Имя	Резерв	Номер	Длинное имя	IP адрес			ВА	АВ	ВД	ДВ	РВ	Всего
15	РС-контроллер	Канал 15	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
14	РС-контроллер	Канал 14	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
13	РС-контроллер	Канал 13	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	1	0	1
12	РС-контроллер	Канал 12	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	1	0	1
8	РС-контроллер	Канал 8	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	1	0	0	1
7	РС-контроллер	Канал 7	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	1	0	0	1
6	РС-контроллер	Канал 6	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	1	0	0	1
11	РС-контроллер	Канал 11	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	1	0	1
5	РС-контроллер	Канал 5	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	1	0	0	0	1
4	РС-контроллер	Канал 4	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	1	0	0	0	0	1
3	РС-контроллер	Канал 3	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	1	0	0	0	0	1
2	РС-контроллер	Канал 2	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	1	0	0	0	0	1
1	РС-контроллер	Канал 1	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	1	0	0	0	0	1
10	РС-контроллер	Канал 10	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	1	0	1
9	РС-контроллер	Канал 9	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	1	0	1
16	РС-контроллер	Канал 16	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
17	РС-контроллер	Канал 17	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
18	РС-контроллер	Канал 18	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
19	РС-контроллер	Канал 19	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
20	РС-контроллер	Канал 20	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
21	РС-контроллер	Канал 21	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
22	РС-контроллер	Канал 22	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
23	РС-контроллер	Канал 23	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
24	РС-контроллер	Канал 24	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
25	РС-контроллер	Канал 25	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1
26	РС-контроллер	Канал 26	0	1	Контроллер 1	127.0.0.1	100	☐	0	0	0	0	1	1

Рисунок 6 – Описание каналов связи

2.5 Настройка корректировки времени

Функции коррекции времени предназначены для обеспечения синхронизации системного времени всех абонентов системы и реализации перевода системного времени на летнее и зимнее время. Под корректором времени понимается абонент системы, на котором запущен процесс «сервис коррекции времени», выполняющий функции коррекции времени в соответствии со своими настройками в базе данных.

Коррекция системного времени абонентов может быть выполнена в промежутке времени любого часа (рис. 7):

Коррекция времени ✕

Группа корректоров времени

Имя группы корректоров времени Час 1-ой коррекции Количество сеансов коррекции

Группа корректоров 2 24

Свойства корректоров времени

№ в группе	Имя абонента	Статус корректора	Коррекция при запуске	Приоритет корректора	Восстановление приоритета	Период обновления таблиц
1	Станция оператора 1	включен	включена	1	ручное	0

Абоненты коррекции времени

Имя абонента	Признак коррекции времени
Контроллер 1	корректировать
Станция операт...	корректировать

Переходы "Зима/Лето"

Режим перехода автоматический

Задание условий по дню недели

Переход Зима-Лето Переход Лето-Зима

Месяц	март	Месяц	октябрь
Неделя	последняя	Неделя	последняя
День недели	воскресенье	День недели	воскресенье
Час перехода	2	Час перехода	3

Рисунок 7 – Настройка корректировки времени

2.6 Добавление и описание переменных

Этап добавления и описания переменных выполняется после того, как задано количество переменных каждого типа, которое определяется при конфигурации системы. Также должны быть описаны каналы связи с абонентами ПТК типа «Контроллер».

Здесь описаны параметры для каждого типа переменных, которые понадобятся для реализации заданной системы.

2.6.1 Входные аналоговые переменные

При выборе пункта меню «Входная аналоговая» на экран выводится табличная форма для описания входной аналоговой переменной.

Входные аналоговые переменные представлены на рисунке 8:

Входная аналоговая													
№ переменной	№ канала	№ платы	№ входа	№ переменной ...	№ кан...	№ У...	Основной/Рез...	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинная позиция	Длинное имя	Единица измерения
1	1	0	0	1	0	0	Без резерва	BA1			Литры	Заданная емкость (литры)	64 - Литры
2	2	0	0	1	0	0	Без резерва	BA2			Рубли	Заданная стоимость (рубли)	65 - Руб
3	3	0	0	1	0	0	Без резерва	BA3			Режим работы	Переключатель режима работы	0 -
4	4	0	0	1	0	0	Без резерва	BA4			Давление	Давление в резервуаре	66 - МПа

Рисунок 8 – Входные аналоговые переменные

2.6.2 Выходные аналоговые переменные

При выборе пункта меню «Выходная аналоговая» на экран выводится табличная форма для описания выходной аналоговой переменной.

Выходные аналоговые переменные представлены на рисунке 9:

Аналоговая выходная													
№ переменной	№ канала	№ платы	№ в...	№ переменной ...	№ канала в комсервере	№ УСО в канале	Основной/Рез...	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинная позиц...	Длинное имя	
1	5	0	0	1	0	0	Без резерва	AB1			Давление	Давление в рез...	

Рисунок 9 – Выходные аналоговые переменные

2.6.3 Входные дискретные переменные

При выборе пункта меню «Входная дискретная» на экран выводится табличная форма для описания входной дискретной переменной.

Входные дискретные переменные представлены на рисунке 10:

Входная дискретная																	
	№ переменной	№ канала	№ платы	№ входа	№ переменной ...	№ канала в ко...	№ УСО...	Ос...	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинная позиц...	Длинное имя	Код цвета сост...	Код логическог...	Код цвета сост...	Код логическог...
	1	6	0	0	1	0	0	Без...	ВД1			START STOP	Кнопка START ...	2 - Зеленый	117 - START	4 - Красный	113 - STOP
	2	7	0	0	1	0	0	Без...	ВД2			FULL STOP	Кнопка FULL ST...	2 - Зеленый	22 - НОРМА	4 - Красный	53 - АВАРИЯ
	3	8	0	0	1	0	0	Без...	ВД3			Полож. пистолета	Положение пис...	8 - Темно-серый	118 - НА МЕСТЕ	14 - Желтый	119 - СНЯТ

Рисунок 10 – Входные дискретные переменные

2.6.4 Выходные дискретные переменные

При выборе пункта меню «Выходная дискретная» на экран выводится табличная форма для описания выходной дискретной переменной.

Выходные дискретные переменные представлены на рисунке 11:

Дискретная выходная																
№ переменной	№ канала	№...	№ выхода	№ переме...	№ УСО...	№ канала ...	Основной/Рез...	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинная позиц...	Длинное имя	Код цвета сост...	Код логическог...	Код цвета сост...	Код логическог...
1	9	0	0	1	0	0	Без резерва	ДВ1			Запрет заправки	Индикация "зап...	15 - Белый	120 - ВЫКЛ	4 - Красный	121 - ВКЛ
2	10	0	0	1	0	0	Без резерва	ДВ2			Чек	Сигнал печати ч...	15 - Белый	120 - ВЫКЛ	2 - Зеленый	121 - ВКЛ
3	11	0	0	1	0	0	Без резерва	ДВ3			Клапан	Управление пер...	15 - Белый	122 - ЗАКРЫТ	2 - Зеленый	123 - ОТКРЫТ
4	12	0	0	1	0	0	Без резерва	ДВ4	ДВ4	ДВ4	ЗАПРАВКА	Индикация "иде...	15 - Белый	120 - ВЫКЛ	14 - Желтый	121 - ВКЛ
5	13	0	0	1	0	0	Без резерва	ДВ5	ДВ5	ДВ5	Замок	Управление пис...	4 - Красный	124 - ЗАБЛОКИ...	2 - Зеленый	125 - РАЗБЛОК...

Рисунок 11 – Выходные дискретные переменные

2.6.5 Переменные ручного ввода

При выборе пункта меню «РВ составная» на экран выводится табличная форма для описания переменных ручного ввода.

РВ переменные представленные на рисунке 12:

РВ Составная ✕											
№ переменной	№ канала	№ переменной ...	Основной/Рез...	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинное имя	Единица измер...	Max возможно...	Min возможно...	Текущее значе...
1	14	1	Без резерва	PB1			Колонка 1	64 - Литры	9999	100	0
2	15	1	Без резерва	PB2			Колонка 2	64 - Литры	9999	100	0
3	16	1	Без резерва	PB3			Колонка 3	64 - Литры	9999	100	0
4	17	1	Без резерва	PB4			Колонка 4	64 - Литры	9999	100	0
5	18	1	Без резерва	PB5			Колонка 5	64 - Литры	9999	100	0
6	19	1	Без резерва	PB6			Колонка 6	64 - Литры	9999	100	0
7	20	1	Без резерва	PB7			Колонка 1_1	65 - Руб	9999	50	0
8	21	1	Без резерва	PB8			Колонка 2_2	65 - Руб	9999	50	0
9	22	1	Без резерва	PB9			Колонка 3_3	65 - Руб	9999	50	0
10	23	1	Без резерва	PB10			Колонка 4_4	65 - Руб	9999	50	0
11	24	1	Без резерва	PB11			Колонка 5_5	65 - Руб	9999	50	0
12	25	1	Без резерва	PB12			Колонка 6_6	65 - Руб	9999	50	0
▶ 13	26	1	Без резерва	PB13			Емкость в резе...	64 - Литры	9999	100	9999

Рисунок 12 – Переменные ручного ввода

2.7 Добавление и описание самописцев и перьев

Самописцы и перья необходимы для сбора данных, визуализации и дальнейшего мониторинга технологического процесса.

Базовые самописцы - цикл записи точек по переменным, входящим в самописец, определяется стандартными базовыми интервалами времени. Для системы был использован базовый секундный самописец, представленный на рисунке 13:

Базовые самописцы ✕												
№ самописца	Имя самописца	Количество перьев	Количество точек	Кратность записи	Период записи	Единица записи	Период обработки	Единица обработки	Тип при простое 1	Значение при простое 1	Тип при простое 2	Значение при простое 2
▶ 1	Самописец 1	26	1440	1	1	Новая секунда	1	Новая секунда	Без простоя	0	Без простоя	0

Рисунок 13 – Базовый самописец системы

Структурной единицей самописца является «перо самописца» – ссылка на какой-либо атрибут в таблицах переменных системы, значение которого требуется регистрировать с заданным периодом записи. Перья представлены на рисунке 14:

Самописец 1								
Номер в самописце	Имя пера	Источник данных - переменная			Тип обработки	Источник данных по условию		
		Тип	Номер	Атрибут		Таблица условия	Запись условия	Атрибут условия
1	Перо1	Входная аналог...	1 BA1 Заданна...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
2	Перо2	Входная аналог...	2 BA2 Заданна...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
3	Перо3	Входная аналог...	3 BA3 Перекл...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
4	Перо15	Входная аналог...	4 BA4 Давлени...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
5	Перо4	Аналоговая вых...	1 AB1 Давлени...	107 Тек значен...	Текущее на инт...			
9	Перо8	Дискретная вы...	1 DB1 Индика...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
10	Перо9	Дискретная вы...	2 DB2 Сигнал ...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
11	Перо10	Дискретная вы...	3 DB3 Управл...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
12	Перо11	Дискретная вы...	4 DB4 Индика...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
13	Перо12	Дискретная вы...	5 DB5 Управл...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
14	Перо13	Ручной ввод	1 PB1 Колонка 1	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
15	Перо14	Ручной ввод	2 PB2 Колонка 2	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
16	Перо16	Ручной ввод	3 PB3 Колонка 3	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
17	Перо17	Ручной ввод	4 PB4 Колонка 4	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
18	Перо18	Ручной ввод	5 PB5 Колонка 5	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
19	Перо19	Ручной ввод	6 PB6 Колонка 6	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
20	Перо20	Ручной ввод	7 PB7 Колонка...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
21	Перо21	Ручной ввод	8 PB8 Колонка...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
22	Перо22	Ручной ввод	9 PB9 Колонка...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
23	Перо23	Ручной ввод	10 PB10 Колон...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
24	Перо24	Ручной ввод	11 PB11 Колон...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
25	Перо25	Ручной ввод	12 PB12 Колон...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
26	Перо26	Ручной ввод	13 PB13 Емкос...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
27	Перо27	Входная дискре...	1 ВД1 Кнопка ...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			
28	Перо28	Входная дискре...	2 ВД2 Кнопка ...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			
29	Перо29	Входная дискре...	3 ВД3 Положе...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			

Рисунок 14 – Перья базового самописца

3 Проектирование программно–логического управления технологическим процессом

В данном разделе необходимо разработать алгоритм и написать программу в интегрированной среде разработки КРУГОЛ, используя два инструмента на выбор: язык структурированного текста и язык функционально-блочных диаграмм. Для данного курсового проекта был написан код на языке КРУГОЛ.

КРУГОЛ – это технический язык программирования, интегрированная среда разработки с языком структурированного текста.

Перед началом написания программы в ИСР КРУГОЛ необходимо создать проект. Он будет объединять наши файлы и связывать программу с БД (рисунок 15)

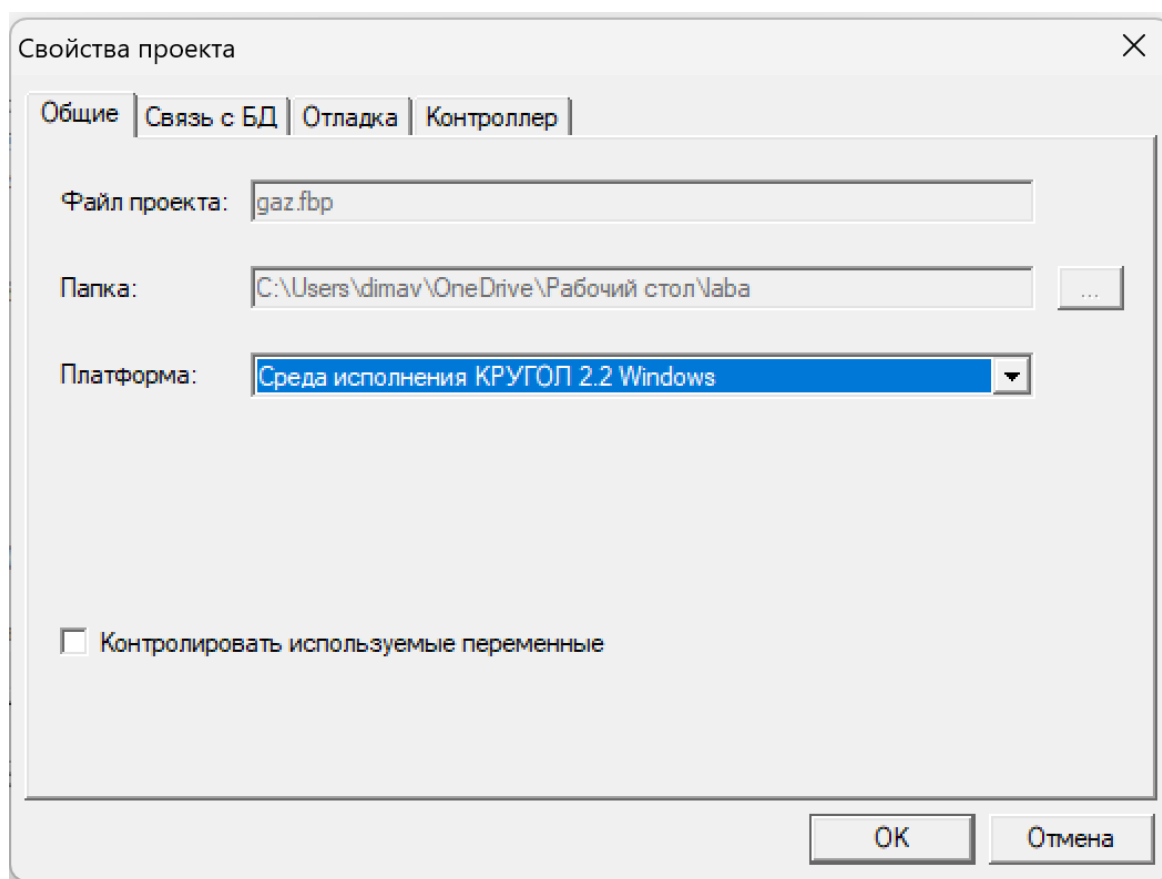


Рисунок 15 – Создание проекта в ИСР Кругол

Для реализации правил поведения переменных в КРУГОЛ заложены два инструмента на выбор: языки структурного текста (СТ) и функциональных блочных диаграмм (ФБД). В данном курсовом проектировании был использован язык структурного текста, для которого был создан файл (рисунок 16).

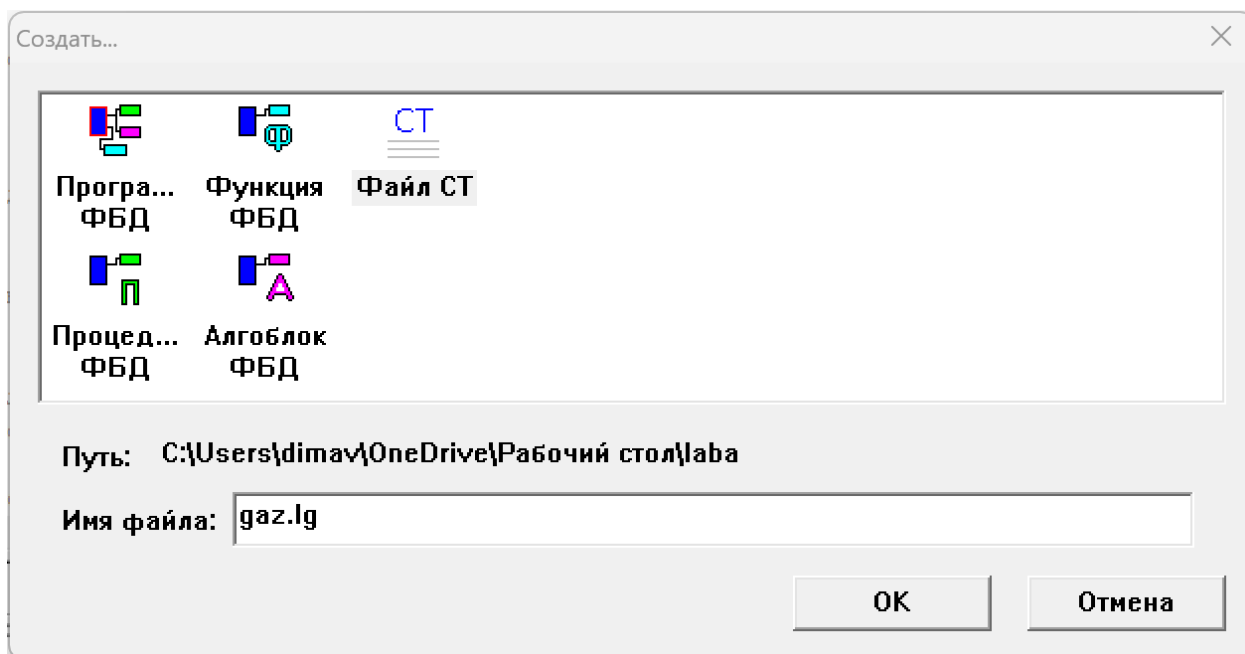


Рисунок 16 – Создание файла СТ в ИСР Кругол

СТ представляет собой язык скриптов со своим синтаксисом. Для учебной задачи использование СТ ограничится написанием простейших конструкций «Если - то». Однако при необходимости возможна реализация и более сложных конструкций: циклы, процедуры и другие. Основной функцией создаваемой программы является изменение атрибутов переменных в зависимости от условий (условиями являются значения других переменных, время и т.п.).

Программа строится на условных операторах IF...ELSE языка ST. В качестве примера показан код для управления системой газовых колонок:

```
(* 4. Связь литров, рублей и учет расхода из резервуара
для всех колонок *)
Если ДВ3 = 1    (* Если заправка активна *)
{
    Если ВД1 = 1
    {
        (* 4.1. Вычитаем из резервуара все, что
        налито: литры + рубли(переведенные в литры) *)
        РВ13 = РВ13 - ( (РВ1 + РВ2 + РВ3 + РВ4 + РВ5 +
        РВ6) + (РВ7 * 2 + РВ8 * 2 + РВ9 * 2 + РВ10 * 2 + РВ11 *
        2 + РВ12 * 2) )
        ДВ4 = 1
        ДВ2 = 1
        (* 4.2. Защита: газ не может быть меньше 100
        *)
```

```

        Если PB13 < 100
        {
            PB13 = 0
            ДВЗ = 0 (* Аварийно закрываем клапан *)
            message("ГАЗ ЗАКОНЧИЛСЯ!")
        }
    }
}

```

В данном фрагменте кода представлены изменения переменных при разных условиях. Если клапан открыт (ДВЗ = 1), значит идет заправка, и программа запускает следующие процессы:

1. Синхронизация литров и рублей: Программа проверяет, какие значения ввел оператор. Если оператор задал литры (PB1...PB6), то рубли (PB7...PB12) автоматически рассчитываются как литры, умноженные на 2. Это делается для всех колонок одновременно, чтобы данные всегда были согласованы.

2. Расход газа из резервуара: Программа списывает N литр из переменной PB13 (запас газа в резервуаре) за каждый цикл работы программы.

3. Контроль запаса газа: Если запас газа (PB13) падает ниже 100, срабатывает аварийная защита — запас выставляется на 0, подача газа прекращается (ДВЗ = 0), и на станцию оператора выводится предупреждающее сообщение «ГАЗ ЗАКОНЧИЛСЯ!».

Если клапан закрыт (ДВЗ = 0), заправка не производится. В этом состоянии программа не выполняет никаких действий и ожидает начала новой заправки.

Полный код программы приведён в Приложении А.

4 Разработка графического интерфейса станции оператора

В завершающем разделе формируется графический интерфейс станции оператора, составляется список переменных, которые описываются в генераторе базы данных SCADA-системы «КРУГ-2000», в результате чего получается модель управления газозаправочной станции, которая объединяет в себе все предыдущие работы.

В данной работе используется 2 приложения: Генератор динамики и Станция оператора.

На первом этапе в Менеджере задач необходимо создать проект, к которому в дальнейшем подключается остальные основные модули (рис. 17):

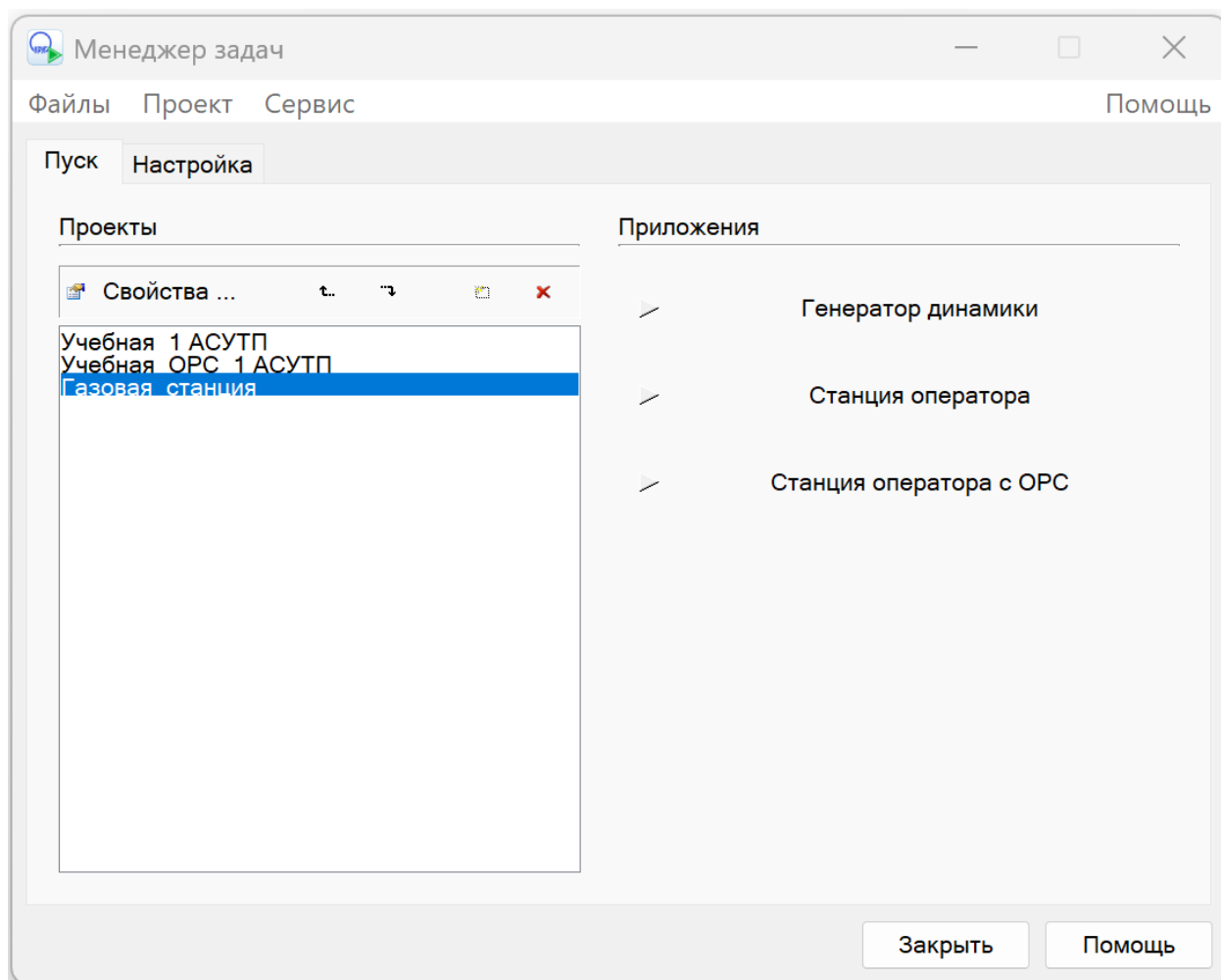


Рисунок 17 – Созданный проект «Газовая станция»

Вторым этапом разработки графического интерфейса и работы с Генератором Динамики является создание мнемосхемы.

Мнемосхема – это визуализация вашей системы с динамическими элементами, состояние которых зависит от значений переменных. Например, индикатор, который загорается, когда идет печать чека.

Настройка динамики заключается в привязывании переменных к элементам мнемосхемы (значений переменных к состояниям элементов). Во вкладке «Переменные» на панели «Свойства» были добавлены необходимые переменные. Для данной работы понадобятся индикаторы, кнопки и другие элементы. Полученная мнемосхема представлена на рисунке 18.

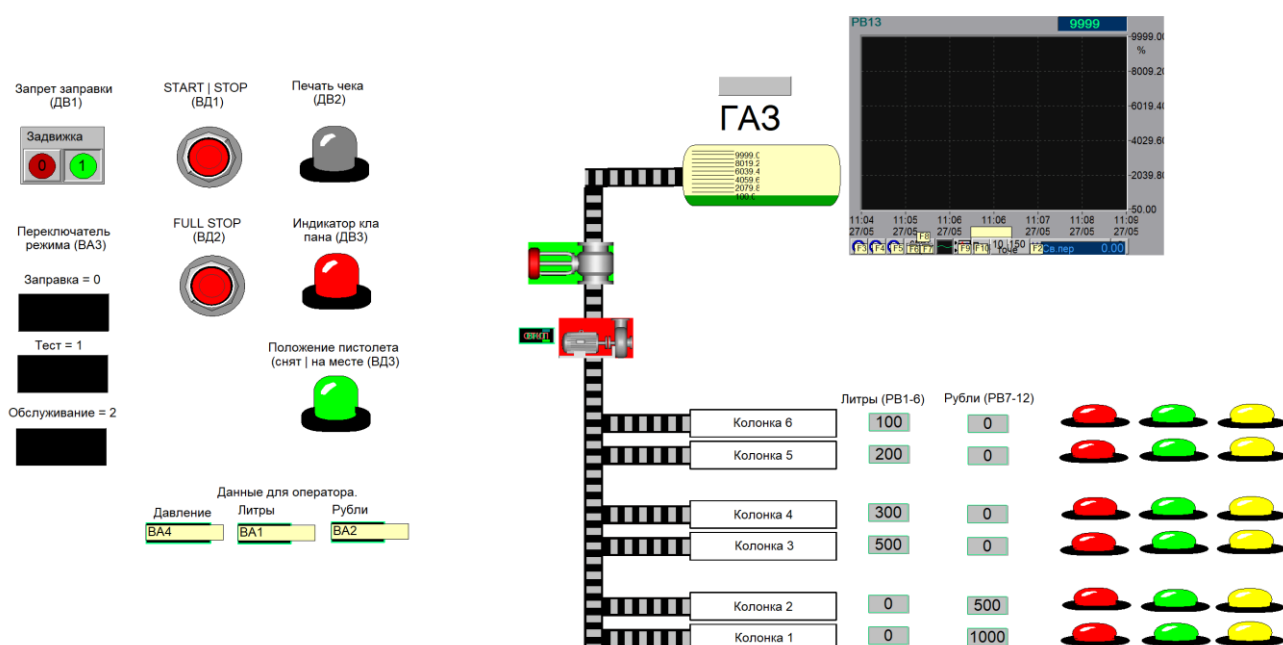


Рисунок 18 – Мнемосхема газозаправочной станции

Заключение

В результате выполнения курсового проектирования с помощью SCADA-системы КРУГ-2000 была спроектирована система управления процессами газозаправочной станции. В процессе выполнения курсового проектирования по курсу «Компьютерное моделирование в САПР» были разработаны: структурная схема модели технологического процесса, база данных, программа в ИСР КРУГОЛ и динамические мнемосхемы в генераторе динамики. Программа прошла все стадии отладки.

Список используемой литературы

1. Модульная интегрированная SCADA КРУГ-2000™. КРУГОЛ™. Интегрированная среда разработки. Руководство Пользователя.
2. Модульная интегрированная SCADA КРУГ-2000™. КРУГОЛ™. Библиотека функций. Часть 1. Логические и математические функции. Руководство Пользователя.
3. Модульная интегрированная SCADA КРУГ-2000™. КРУГОЛ™. Библиотека функций. Часть 2. Технологические функции. Руководство Пользователя.
4. Модульная интегрированная SCADA КРУГ-2000™. Генератор базы данных. Часть 2. Руководство Пользователя.
5. Модульная интегрированная SCADA КРУГ-2000™. Введение в КРУГ-2000. Руководство Пользователя.
6. Модульная интегрированная SCADA КРУГ-2000™. Быстрый старт. Руководство Пользователя.

Приложение А. Листинг программы

Программа gaz

(*

Газовая заправка

Входная аналоговая (ВА):

ВА1 - заданный объем, литры

ВА2 - заданная стоимость, рубли

ВА3 - Переключ. режима (0-заправка, 1-тест, 2-обслуживание)

ВА4 - Давление в резервуаре (МПа)

Входные дискретные (ВД):

ВД1 - Кнопка Пуск / Остановка (Start | Stop)

ВД2 - Кнопка аварийной остановки (Full stop)

ВД3 - Положение пистолета (0 - на месте, 1 - снят)

Аналоговые выходные(АВ):

АВ1 - Индикатор давления на дисплей оператора

Дискретные выходные(ДВ):

ДВ1 - Запрет заправки (красный)

ДВ2 - Печать чека

ДВ3 - Клапан подачи газа

ДВ4 - Индикация заправки (желтый)

ДВ5 - Управление замком пистолета (0 - разбл. | 1 - заблок.)

Переменные ручного ввода (РВ составная):

РВ1 - Колонка 1

РВ2 - колонка 2

РВ3 - Колонка 3

РВ4 - колонка 4

РВ5 - Колонка 5

РВ6 - колонка 6

РВ7 - Колонка 1_1

РВ8 - колонка 1_2

РВ9 - Колонка 1_3

РВ10 - колонка 1_4

РВ11 - Колонка 1_5

РВ12 - колонка 1_6

*)

Начало

(* 1. Аварийная блокировка (приоритет) *)

Если ВД2 = 1

{

ДВ3 = 0 (* закрыть клапан *)

ДВ4 = 0 (* выключить индикации заправки (Желтый) *)

ДВ1 = 1 (* Запрет заправки (красный) *)

```

    ДВ5 = 0      (* Заблокировать пистолет *)
    ДВ2 = 0      (* Сигнал печати чека (Выкл) *)
}
Иначе
{
    (* 2. Нормальный режим, обратботка режимов работы *)
    (* 2.1. Режим "Обслуживание" *)
    Если ВА3 = 2
    {
        ДВ1 = 1 (* Запрет заправки *)
        ДВ3 = 0 (* Клапан закрыт *)
        ДВ4 = 1 (* Желтый цвет горит *)
        ДВ5 = 0 (* Пистолет заблокирован *)
        ДВ2 = 0 (* Сброс печати чека *)
        ВД3 = 0 (* Пистолет на месте *)
    }
    (* 2.2. Режим "Тест" *)
    Иначе_Если ВА3 = 1
    {
        ДВ1 = 1 (* Запрет заправки *)
        ДВ3 = 0 (* Клапан закрыт *)
        ДВ4 = 1 (* Желтый цвет - выкл. *)
        ДВ5 = 1 (* Пистолет заблокирован *)
        ДВ2 = 0 (* Сброс печати чека *)
        ВД3 = 0 (*Пистолет на месте *)
    }
    (* 2.3. Режим "Заправка" *)
    Иначе_Если ВА3 = 0
    {
        ВД3 = 1 (* Пистолет снят *)
        ДВ1 = 0 (* Разрешить заправку *)
        ДВ3 = 1
        (* 2.3.1. Контроль корректности заданных знач. АВ1 (Л) и АВ2
(Руб)
        Если (РВ1 < 100 | РВ2 < 100 | РВ3 < 100 | РВ4 < 100 | РВ5 <
100 | РВ6 < 100) | (РВ7 < 50 | РВ8 < 50 | РВ9 < 50 | РВ10 < 50 | РВ11
< 50 | РВ12 < 50)
        {
            ДВ1 = 1      Запрет заправки (красный)
        }
        Иначе
        {
            ДВ1 = 0
        }*)
        (* 2.3.2. Управление замком пистолета (РАЗБЛОК. | ЗАБЛОК.) *)
        Если ВД1 = 0 & ВД3 = 1
        {

```

```

        ДВ5 = 1 (* Разблок. пистолета *)
    }
    Иначе
    {
        ДВ5 = 0
    }
    (* 2.3.5. Остановка при возврате пистолета на место *)
    Если ДВ3 = 1 & ВД3 = 0
    {
        ДВ3 = 0 (* Клапан закрыт - заправка выполнена *)
        ДВ4 = 0 (* погасить желтую индикацию *)
        ДВ2 = 1 (* выдать сигнал печати чека *)
    }
    (* 2.3.7. Предупреждение о давлении (мигание красного) *)
    Если ВА4 >= 22 & ВА4 < 23
    {
        message("Включил ДВ1: Давление")
        ДВ1 = 1 (* вкл. индикатора запрета заправки (красный) *)
    }
    (* 2.3.8. Сброс индикаторов при запрете заправки *)
    Если ДВ1 = 1
    {
        ДВ2 = 0 (* Сброс чека *)
        ДВ4 = 0 (* Сброс желтой лампочки *)
        ДВ5 = 0 (* Заблокировать пистолет *)
        ДВ3 = 0 (* Закрыть клапан *)
    }
}

}
(* 3. Индикатор давления *)
АВ1 = ВА4
(* 5. Суммирование общих показателей *)
ВА1 = РВ1 + РВ2 + РВ3 + РВ4 + РВ5 + РВ6 (* Общий налитый объем
(литры) *)
ВА2 = РВ7 + РВ8 + РВ9 + РВ10 + РВ11 + РВ12 (* Общая начисленная
стоимость (рубли) *)
(* 4. Связь литров, рублей и учет расхода из резервуара для всех
колонок *)
Если ДВ3 = 1 (* Если заправка активна *)
{
    Если ВД1 = 1
    {
        (* 4.1. Вычитаем из резервуара все, что налито: литры +
        рубли(переведенные в литры) *)
        РВ13 = РВ13 - ( (РВ1 + РВ2 + РВ3 + РВ4 + РВ5 + РВ6) + (РВ7 *
        2 + РВ8 * 2 + РВ9 * 2 + РВ10 * 2 + РВ11 * 2 + РВ12 * 2) )
        ДВ4 = 1
    }
}

```

```

ДВ2 = 1
(* 4.2. Защита: газ не может быть меньше 100 *)
Если РВ13 < 100
{
    РВ13 = 0
    ДВ3 = 0 (* Аварийно закрываем клапан *)
    message("ГАЗ ЗАКОНЧИЛСЯ!")
}
}
}
(* 6. Имитация давления в резервуаре (ВА4) *)
(* Если хотя бы одна колонка активна – давление падает *)
Если (РВ1 > 0) | (РВ2 > 0) | (РВ3 > 0) | (РВ4 > 0) | (РВ5 > 0) | (РВ6
> 0)
{
    (* Чем больше активных колонок, тем быстрее падает давление *)
    ВА4 = ВА4 - ((РВ1 > 0) + (РВ2 > 0) + (РВ3 > 0) + (РВ4 > 0) + (РВ5
> 0) + (РВ6 > 0)) * 0.05
}
Иначе
{
    (* Если все колонки выключены – давление плавно восстанавливается
*)
    Если ВА4 < 25
    {
        ВА4 = ВА4 + 0.05
    }
}

(* Защита: давление не выходит за границы *)
Если ВА4 < 15 { ВА4 = 15 }
Конец

```

Приложение Б. Отображение программы

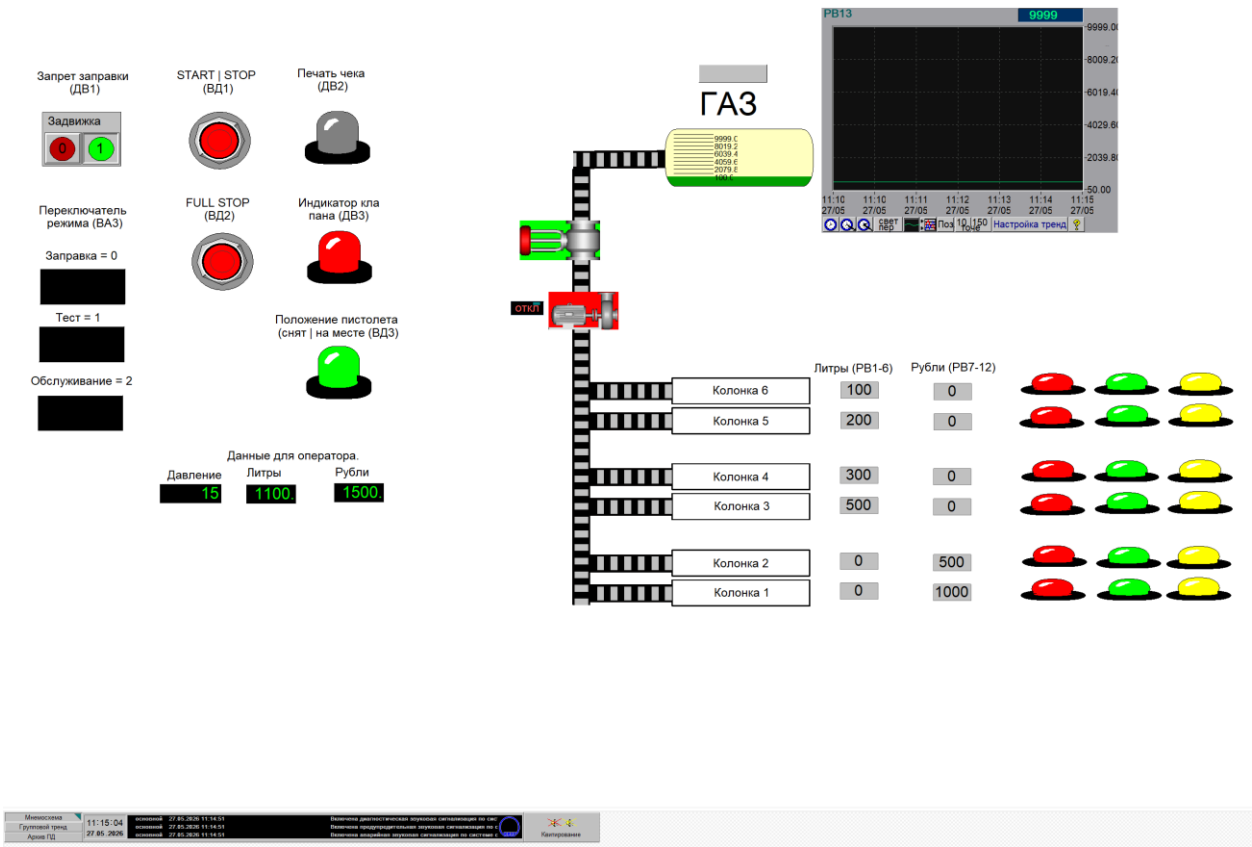


Рисунок 19 – Отображение программы