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 управления процессами покраски объектов (кузовов автомобилей)»

направление подготовки 09.03.01 «Информационная и вычислительная техника»

профиль «Системы автоматизированного проектирования»

Выполнил ст. группы 21ВВС1

Нагорная Д. А.

Проверили:

к. т. н., доцент Бурукина И. П.
к. т. н., доцент Тимонин А. Ю.

Пенза 2024

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФВТ

Кафедра САПР

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____
"____" _____ г.

ЗАДАНИЕ

на курсовое проектирование по курсу

Компьютерное моделирование в САПР

Студенту Нагорной Дарье Александровне Группа 21ВВС1

Тема проекта Моделирование системы управления процессами покраски объектов

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	
2	Разработка модели ТП	к	
3	Создание БД	к	
4	Создание программы	к	
5	Создание мнемосхем	к	
6	Оформление ПЗ	к	
7		к	
8		к	

Дата выдачи задания "__" _____

Дата защиты проекта "15" мая

Руководитель _____

Задание получил "____" _____ **г.**

Студент _____

Тип. изд-ва ПГУ. 09.10.2000. Заказ 695. Тираж 50000.

Реферат

Пояснительная записка содержит 44 листов, 22 рисунка, 5 таблиц, 3 источника, 2 приложения.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИ В САПР, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОКРАСКИ ОБЪЕКТОВ (КУЗОВОВ АВТОМОБИЛЕЙ), SCADA, КРУГ 2000, БАЗА ДАННЫХ, СРЕДА КРУГОЛ, ПРОЦЕСС, МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ.

Объектом разработки является система управления процессами покраски кузовов автомобилей.

Цель работы – создание программного комплекса для моделирования и управления процессами покраски кузовов автомобилей.

Задачами, с помощью которых требовалось решить для достижения цели, являются: разработка структурной схемы разрабатываемого технологического процесса, разработка математической модели процесса покраски, 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 прокраски кузовов автомобилей, управление технологическими параметрами процесса, отображение информации о состоянии системы в режиме реального времени.

Содержание

Введение 6
1 Разработка структурной схемы и переменных разрабатываемого технологического процесса 8
1.1 Разработка и описание структуры технологического процесса 8
1.2 Разработка и описание переменных технологического процесса 10
2 Создание базы данных переменных технологического процесса 14
2.1 Настройка словарей 14
2.2 Настройка системы 15
2.2.1 Добавление и описание абонентов 16
2.2.2 Добавление и описание каналов 17
2.2.3 Настройка корректировки времени 19
2.3 Добавление и описание переменных 23
2.3.1 Входные аналоговые переменные 24
2.3.2 Входные дискретные переменные 25
2.3.3 Выходные дискретные переменные 26
2.3.4 Переменные ручного ввода 27
2.4 Добавление и описание самописцев и перьев 28
2.4.1 Самописцы 28
2.4.2 Перья 30
3 Проектирование программно-логического управления технологическим процессом 31
4 Разработка графического интерфейса станции оператора 34
Заключение 38
Список рекомендуемой литературы 39
Приложение А. Листинг программы 40
Приложение Б. Функционирование программы 44

Введение

Во всех сферах материального и нематериального производства имеются свои технологические процессы, которые могут быть автоматизированы, в том числе с помощью автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП). Управление технологическим процессом – информационный процесс, обеспечивающий выполнение какого – либо материального процесса и достижение их определенных целей. Технологическим производством управляют люди, они воздействуют на средства производства и предметы труда. Продукт труда в управлении технологическим процессом – продукт производства или услуга.

В основном при управлении технологическим процессом осуществляется координация движения составляющих производственного процесса, отдельных операций технологического процесса, отдельных переходов. Как правило, управление технологическим процессом осуществляется непрерывно. При построении АСУ ТП необходимо:

– знать цели управления, показатель эффективности работы системы управления и его значение, а также иметь возможность определения степени приближения к цели;

– знать состояние входящих в систему подсистем, данные о результатах управления и внешней среды;

– иметь эффективные средства воздействия на управляемую систему и достаточную свободу их выбора;

– обеспечить минимальное число ступеней в структуре системы управления;

– при управлении динамической системой учитывать, что результаты управления проявляются с запаздыванием во времени;

– учитывать не только выводы, полученные в данный момент, но и их влияние на перспективы работы управляемого объекта в будущем;

– изменять структуру системы управления и алгоритм функционирования при накоплении опыта работы, изменении условий и целей.

Перечисленные пункты являются общими принципами построения систем управления. Управление технологическим процессом реализуется в самых коротких циклах управления.

В большинстве случаев разработчикам АСУ ТП представляется целесообразным использовать развитые инструментальные средства типа SCADA – систем (Supervisory Control And Data Acquisition).

Автомобильная промышленность является одной из важнейших отраслей экономики. От качества окрашивания кузовов автомобилей во многом зависит их внешний вид, долговечность и стоимость. Поэтому разработка эффективных систем управления процессом покраски является актуальной задачей.

В данном курсовом проектировании необходимо разработать и реализовать систему управления технологическим процессом покраски кузовов автомобилей с использованием программного обеспечения SCADA КРУГ-2000.

1 Разработка структурной схемы и переменных разрабатываемого технологического процесса

Структура ТП – древовидная схема, в которой отражена связь датчиков и входных переменных, выходных переменных и процессов в системе.

1.1 Разработка и описание структуры технологического процесса

Разработана структура ТП в соответствие с системным подходом (рисунок 1).

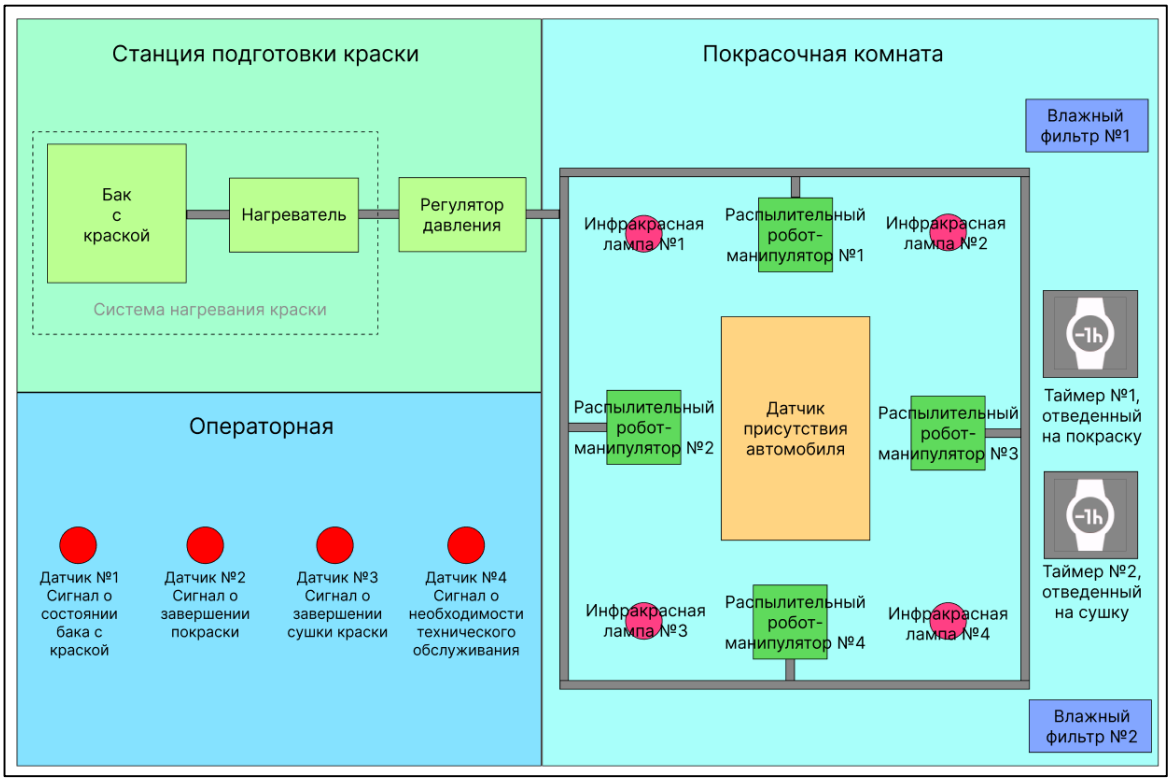


Рисунок 1. Структурная схема разрабатываемого технологического процесса

Структура включает в себя 3 помещения (комнаты):

1. Покрасочная комната: оснащена специальным оборудованием для распыления краски, фильтрации воздуха, сушильных устройств, а также включает себя датчик движения (для присутствия автомобиля). Предназначена для нанесения краски на кузов автомобиля.

2. Станция подготовки краски: включает оборудование для нагревания краски, подачи краски в покрасочную камеру. Предназначена для подготовки краски к нанесению.

3. Операторная: оснащена датчиками для наблюдения системы управления процессами покраски кузова автомобиля. Предназначена для мониторинга и контроля управления процессам покраски кузова автомобиля.

В структуру входит:

1. Датчик присутствия автомобиля: отслеживает наличие автомобиля в рабочей зоне.

2. Влажный фильтр №1, №2: используется для очистки воздуха от вредных и загрязняющих частиц.

3. Датчик №1: передает информацию о статусе распылительного бака (сигнал о состоянии бака с краской).

4. Система нагревания краски: поддерживает необходимую температуру краски для эффективного нанесения.

4.1. Бак с краской.

4.2. Нагреватель.

5. Регулятор давления воздуха: контролирует и регулирует давление воздуха для распылителя краски.

6. Распылительный робот-манипулятор №1, №2, №3, №4: осуществляют нанесение краски на автомобиль по заранее заданным параметрам.

7. Датчик № 2: предоставляет информацию о статусе процесса покраски.

8. Инфракрасная лампа №1, №2, №3, №4 с автоматическим встроенным таймером: используются для ускорения процесса сушки нанесенной краски за отведенное время с помощью таймера.

9. Датчик №3: передает информацию о статусе сушки краски.

10. Датчик №4: необходим для необходимости технического обслуживания.

11. Датчик №5: необходим для аварийных сигналов.

1.2 Разработка и описание переменных технологического процесса

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

Таблица 1 – Разработка переменных технологического процесса.

Название и идентификатор переменной	Значения переменных	Процесс
Входные переменные		
Присутствие автомобиля (ВД1)	ВД1 = 1 ВД1 = 0	ДВ1 = 1 (датчик среагировал) ДВ1 = 0 (датчик не среагировал)
Датчик №1 (статус распыл. бака) (ВД2)	ВД2 = 1 ВД2 = 0	Бак не заполнен краской Бак заполнен краской
Датчик №2 (сигнал о заверш. покраски) (ВД3)	ВД3 = 1 ВД3 = 0	Покраска завершена Покраска не завершена
Датчик №3 (сигнал о заверш. сушки) (ВД4)	ВД4 = 1 ВД4 = 0	Сушка завершена Сушка не завершена
Датчик №4 (сигнал о необх. тех. обслуж. (ВД5)	ВД5 = 1 ВД5 = 0	Вызов сотрудника Отсутствие вызова сотрудника
Влажность воздуха в покрасочной камере (ВА1)	ВА1 >= 40% и ВА1 <=50% ВА1 >= 35% и ВА1 <=50% ВА1 <= 30% и ВА1 < =60%	ДВ2 = 0 (увлажнитель выключен) ДВ2 = 1 (увлажнитель включен) ВД5 = 1 (вызов сотрудника)
Объем жидк. в баке (ВА2)	ВА2 > 1 л ВА2 <= 1 л	ВД1 = 1 (не выключать систему) ВД1 = 0 (выключать систему)
Вязкость краски (ВА3)	ВА3 >= 18 и ВА3 <= 20 (Па*с) ВА3 >= 8 и ВА3 <= 20 (Па*с) ВА3 < 8 Па*с	ДВ3 = 0 (нагревание не нужно) ДВ3 = 1 (нагревание нужно) ВД5 = 1 (вызов сотрудника)
Давление воздуха в распылителе (ВА4)	ВА4 >= 2 бар и ВА4 <= 4 бар ВА4 < 2 бар и ВА4 > 4 бар	ДВ4 = 0 (регулир. давление) ДВ4 = 1 (не регулир. давление)
Таймер №1, отведенный на покраску (ВА5)	ВА5 >= 0 сек ВА5 = 0 сек	ДВ5 = 1 (робот включен) ВД2=0 (покраска не завершена) ДВ5 = 0 (робот выключен) ВД2=1 (покраска завершена) ВД3 = 1 (сушка включена)
Таймер №2, отведенный на сушку (ВА6)	ВА6 >= 0 сек ВА6 = 0 сек	ДВ7=1 (лампы включены) ДВ9 = 0 (сигнал отсутствует) ДВ7=0 (лампы включены) ВД3=0 (сушка завершена)

Название и идентификатор переменной	Значения переменных	Процесс
Выходные переменные		
Датчик присутствия автомобиля (ДВ1)	ДВ1 = 1 ДВ1 = 0	Среагировал (автомобиль присутствует) Не среагировал (автомобиль не присутствует)
Влажный фильтр (ДВ2)	ДВ2 = 1 ДВ2 = 0	Включен Выключен
Система нагревания краски (ДВ3)	ДВ3 = 1 ДВ3 = 0	Включена Выключена
Регулятор давления воздуха (ДВ4)	ДВ4 = 1 ДВ4 = 0	Включен Выключен
Распылит. робот-манипулятор (ДВ5)	ДВ5 = 1 ДВ5 = 0	Включен Выключен
Инфракрасн. лампы для сушки (ДВ6)	ДВ6 = 1 ДВ6 = 0	Включены Выключены
Добавление краски (ДВ7)	ДВ7 = 1 ДВ7 = 0	Краска добавляется Краска не добавляется
Убавление краски (ДВ8)	ДВ8 = 1 ДВ8 = 0	Краска убавляется Краска не убавляется

Описаны разработанные входные и выходные переменные в соответствие с приведенной таблицей.

Входные переменные:

1. Присутствие автомобиля (ВД1). Датчик, который определяет наличие автомобиля в зоне покраски, чтобы запускать или останавливать процесс покраски.

2. Сигнал о статусе распылительного бака с краской (ВД2). Переменная, указывающая на текущее состояние (заполненность/незаполненность).

3. Сигнал завершения покраски (ВД3). Переменная, сообщающая о завершении процесса покраски.

4. Сигнал завершения сушки (ВД4). Переменная, указывающая на завершение процесса сушки.

5. Сигнал о необходимости технического обслуживания (ВД5). Переменная, указывающая на необходимость обслуживания.

6. Влажность воздуха в покрасочной камере (ВА1). Измеряет процент относительной влажности воздуха внутри покрасочной камеры, что может влиять на качество нанесения краски.

7. Уровень жидкости в баке (ВА2). Датчик, контролирующий уровень жидкости в баке с краской, чтобы обеспечить непрерывность подачи краски в распылитель.

8. Вязкость краски (ВА3). Измеряет вязкость краски, что позволяет регулировать параметры нанесения краски для достижения оптимального покрытия.

9. Давление воздуха в распылителе (ВА4). Контролирует давление воздуха в распылителе краски для правильной дисперсии краски при нанесении и обеспечивает равномерное покрытие.

10. Таймер, отведенный на покраску (ВА5). Устанавливает время, отведенное на процесс покраски, что позволяет автоматизировать процесс и оптимизировать время покраски.

11. Таймер, отведенный на сушку (ВА6). Задает время, требуемое для сушки краски после нанесения, чтобы обеспечить правильное высыхание и закрепление покрытия на кузове автомобиля.

Выходные переменные:

1. Присутствие автомобиля (ДВ1). Дискретная переменная, указывающая на наличие автомобиля.

2. Состояние влажного фильтра (ДВ2). Переменная, показывающее текущее значение влажности воздуха.

3. Состояние системы нагревания краски (ДВ3). Переменная, показывающая текущее значение температуры.

4. Давление воздуха в распылителе (ДВ4). Переменная, отражающая текущее значение давления.

5. Статус распылительного робота-манипулятора (ДВ5). Переменная, указывающая на его текущее состояние.

6. Включение/выключение инфракрасных ламп для сушки со строенным таймером (ДВ6). Переменная, показывающая состояние ламп.

7. Добавление краски в бак (ДВ7). Увеличивает краску на 1 литр в баке.

8. Убавление краски в баке (ДВ7). Уменьшает краску на 1 литр в баке.

Переменные разрабатываемого технологического процесса представлены на рисунке 2.

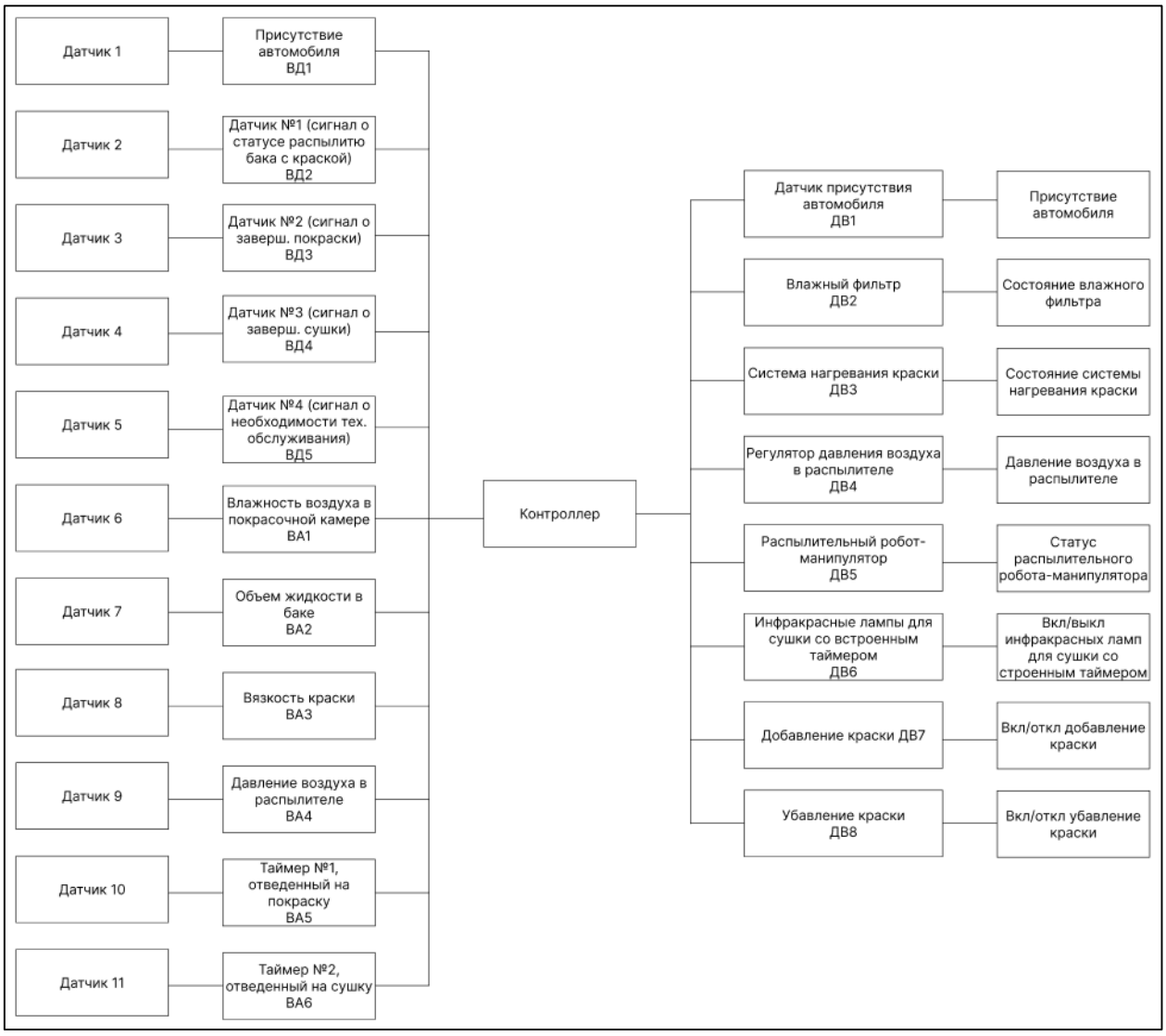


Рисунок 2. Переменные разрабатываемого технологического процесса

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

Во вкладке "Словари" в системе SCADA КРУГ-2000 содержится информация о единицах измерения, логических состояниях (например, вкл/выкл), цветах системы для отображения различных состояний устройств, двумерные и трехмерные таблицы нелинейности для конвертации значений сенсоров, а также словарь качества (например, плохое, среднее, хорошее). Эти данные помогают пользователю легко интерпретировать и анализировать информацию, полученную от контролируемых объектов.

Словарь единиц измерения предназначен для хранения списка используемых в системе единиц измерения, и применяется в дальнейшем, при описании аналоговых переменных базы данных и переменных ручного ввода вещественного типа. Для данного курсового проектирования необходимо ввести новые данные только для словаря единиц измерения: для вязкости краски – Пас*с, для давления воздуха в распылителе – бар. Изменения представлены на рисунке 3.

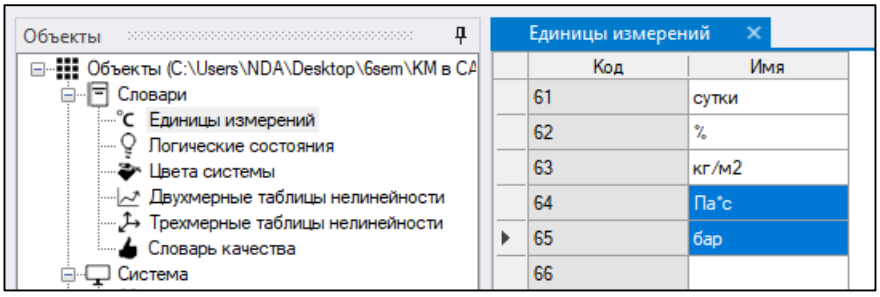


Рисунок 3. Внесение дополнительных единиц измерений

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 файл-обмена.

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

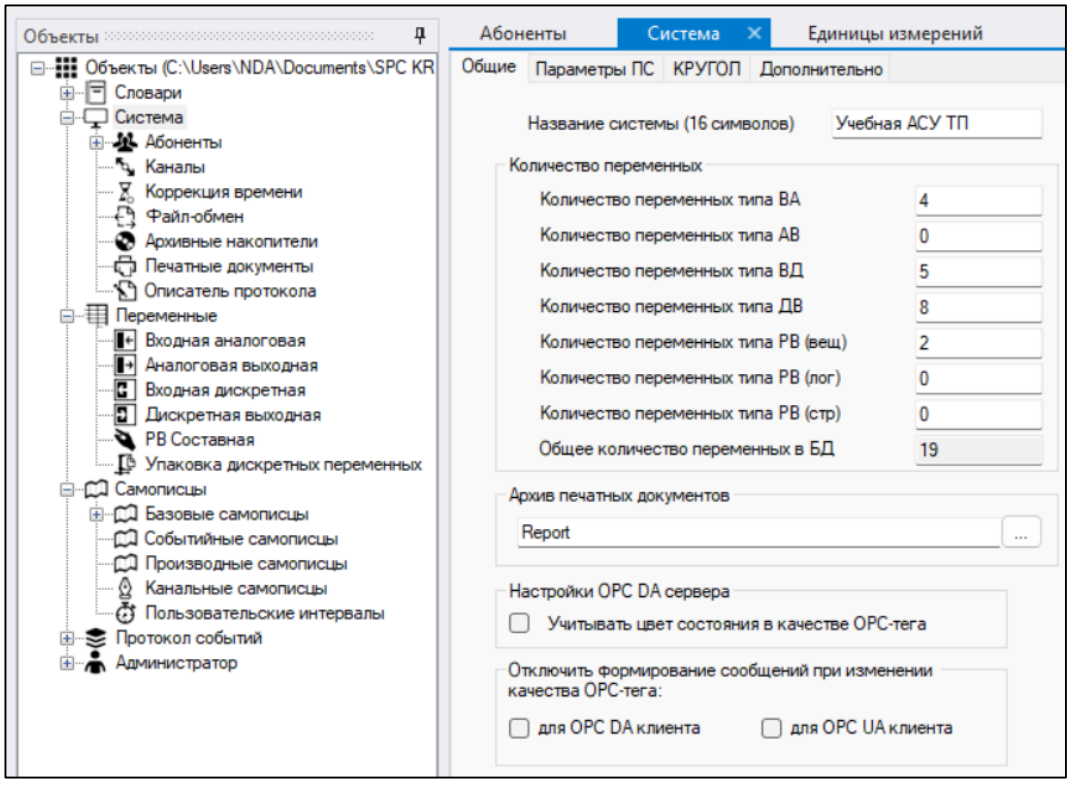


Рисунок 4. Переменные разрабатываемого технологического процесса

2.2.1 Добавление и описание абонентов

Абоненты – элементы системы, которые собирают и обрабатывают информацию, осуществляют управление системой. Для данной учебной задачи будет достаточно двух типов абонентов: контроллер и станция оператора. Наша задача не требует дополнительного описания абонентов.

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

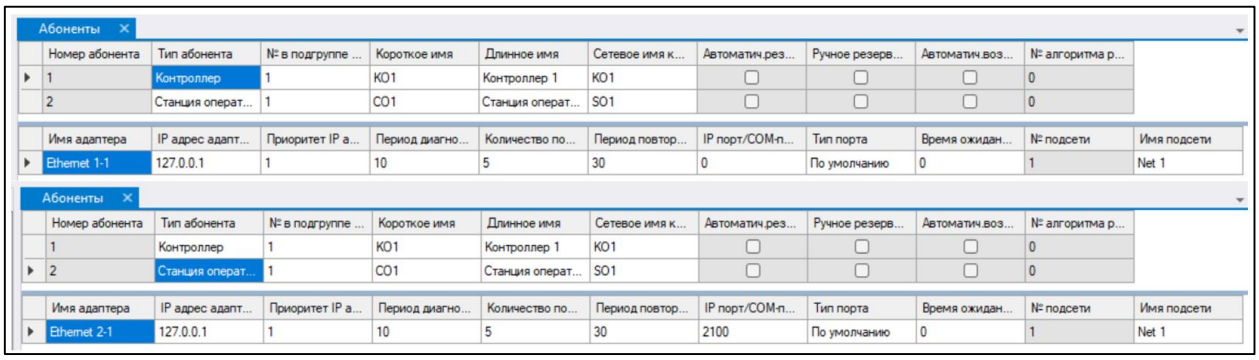


Рисунок 5. Абоненты контроллера и станции оператора

К параметрам адаптеров связи абонентов относятся:

1. Номер и имя абонента в ПТК – выбираются из выпадающего списка абонентов. № адаптера (порта) – уникальный порядковый номер адаптера, имя адаптера (порта) – пользовательское имя адаптера.
2. IP адрес адаптера – IP-адрес адаптера абонента ПТК, используемого для связи с другими абонентами через данный адаптер (заполняется при связи с абонентом по сети Ethernet по протоколу TCP/IP).
3. IP_порт – порт связи сервера базы данных с абонентом типа «Контролер». Один порт сетевого адаптера абонента типа «Контроллер» может отвечать только одному серверу БД, запускаемому на абоненте ПТК верхнего уровня.
4. Номер подсети – порядковый номер локальной вычислительной подсети, к которой подключен данный адаптер.

2.2.2 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. При выборе иконки «Каналы» на экран выводится форма (рисунок 6) для заполнения параметров описания каналов связи, к которым относятся:

1. Номер и тип канала – порядковый номер канала связи сервера базы данных и тип протокола обмена по каналу связи. Тип протокола связи выбирается из списка протоколов с помощью левой клавиши мыши. В зависимости от выбранного протокола, в окне формы выводятся параметры настройки для данного типа.
2. Номер и имя Абонента – отображает номер и имя абонента ПТК, обмен данными с которым осуществляется по указанному каналу связи в соответствии с выбранным протоколом обмена. Выбор абонента осуществляется через поле «Номер и имя абонента» данной формы из выпадающего списка абонентов ПТК.
3. IP-адрес (Имя) – информационное поле, отображает IP-адрес подсети №1 для абонента ПТК типа «Контроллер» (УСО).
4. IP порт – информационное поле, отображает номер порта связи сервера базы данных с абонентом ПТК типа «Контроллер», указанным в описании адаптера локальной сети №1 абонента.
5. Период опроса (мсек) – период опроса абонента ПТК типа «Контроллер», назначенного для связи по данному каналу (в миллисекундах).
6. Количество переменных типа ВА в УСО – информационное поле, отображающее количество переменных типа ВА, которые будут приниматься по данному каналу связи. Определяется на основе максимального значения атрибута «№ переменной в УСО» для данного канала.
7. Количество переменных типа АВ в УСО – информационное поле, отображающее количество переменных типа АВ, которые будут приниматься

по данному каналу связи. Определяется на основе максимального значения атрибута «№ переменной в УСО» для данного канала.

8. Количество переменных типа ВД в УСО – информационное поле, отображающее количество переменных типа ВД, которые будут приниматься по данному каналу связи. Определяется на основе максимального значения атрибута «№ переменной в УСО» для данного канала.

9. Количество переменных типа ДВ в УСО – информационное поле, отображающее количество переменных типа ДВ, которые будут приниматься по данному каналу связи. Определяется на основе максимального значения атрибута «№ переменной в УСО» для данного канала.

10. Количество переменных типа РВ в УСО – информационное поле, отображающее количество переменных типа РВ, которые будут приниматься по данному каналу связи. Определяется на основе максимального значения атрибута «№ переменной в УСО» для данного канала.

11. Состояние канала – связи с абонентом ПТК типа «Контроллер» – определяется состоянием селекторных кнопок (Включен/Выключен). После запуска сервера БД, каналы, имеющие состояние «Включен», опрашиваются сервером в соответствии с заданным периодом опроса.

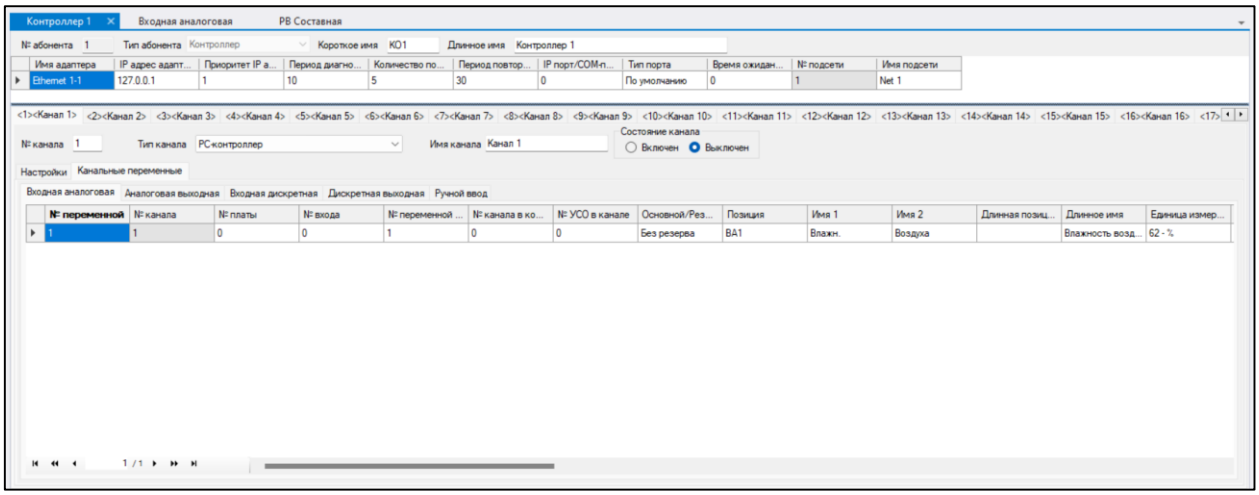


Рисунок 6. Форма описания каналов связи

2.2.3 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 5-55 минут любого часа.

Описание параметров коррекции системного времени выполняется на этапе генерации базы данных.

Работа с подменю «Коррекция времени» состоит из следующих этапов:

– описание групп корректоров времени;
– описание свойств корректоров времени;
– описание абонентов коррекции времени;
– описание параметров переходов Зима-Лето.

При выборе иконки «Группы корректоров» на экран вызывается табличная форма, содержащая следующие поля для заполнения:

1. № группы – уникальный пользовательский номер группы.
2. Имя группы – имя группы корректоров времени (64 символа).
3. Количество корректоров – количество назначенных в данную группу серверов коррекции времени (информационное поле).
4. Час 1-ой коррекции – час первой коррекции от начала суток (целое от 2 до 22), выбирается из выпадающего списка или вводится вручную.
5. Количество сеансов коррекции – количество сеансов коррекции абонентов за сутки (целые: 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24) – выбирается из выпадающего списка.

6. Период проверки связи – период проверки существования сервисов коррекции времени данной группы в секундах (в данной версии не используется).

Форма предназначена для описания свойств корректоров системного времени. При выборе иконки «Свойства корректоров» генератора на экран вызывается табличная форма (рисунок 7).

Форма содержит следующие поля для заполнения:

1. Группа корректоров – выбирается из выпадающего списка групп корректоров, в виде полей «№ группы + Имя группы». Для выбранной группы в табличной форме заполняются свойства отдельных корректоров, входящих в данную группу.

2. № в группе – уникальный номер корректора внутри группы.

3. Имя абонента – имя абонента, на котором запускается сервис коррекции времени и который будет корректировать системное время остальных абонентов системы – выбирается из списка абонентов системы.

4. Статус корректора – статус корректора времени по умолчанию, выбирается из списка значений: «включен» (1), «выключен» (0). При статусе корректора «включен» корректор выполняет функции коррекции абонентов группы в соответствии со своими настройками.

5. Режим коррекции – признак режима коррекции сервера выбирается из списка значений: «внутренний» (0) – от одного из серверов коррекции времени системы КРУГ-2000, «внешний» (1) – от внешнего эталонного сигнала коррекции времени – в данной версии не поддерживается.

6. Коррекция при запуске – признак коррекции системного времени абонентов при запуске сервиса коррекции времени: «включена» (1) – коррекция системного времени с каждым запуском компьютера, на котором запускается сервер коррекции времени со статусом «включен», «отключена» (0) – системное время не корректируется при запуске.

7. Самокоррекция – признак собственной коррекции времени при восстановлении связи с базой данных выбирается из списка значений: «включена» (1) – коррекция системного времени от основного корректора, «отключена» (0) – системное время не корректируется (в данной версии не используется).

8. Приоритет – заданный приоритет корректора времени в группе: 0 – корректор времени является основным по умолчанию 1, 2, 3 и т.д. – корректор времени является резервным (в группе не может задаваться одинаковый номер приоритета для нескольких корректоров).

9. Установка приоритета – признак установки приоритета: 0 – «ручная установка», 1 – «автоматическая» (повышение и понижение приоритета осуществляется в зависимости от текущего состояния корректоров времени), выбирается из списка значений, (в данной версии не используется).

10. Восстановление приоритета – признак восстановления приоритета корректора после восстановления связи с базой данных выбирается из списка значений.

11. Период обновления таблиц – период обновления таблиц с данными о параметрах настройки корректора и переходах зима-лето в секундах.

При щелчке на иконке «Абоненты коррекции времени» подменю «Коррекция времени» генератора вызывается форма, предназначенная для описания списка корректируемых абонентов для каждой группы корректоров системного времени.

Форма, содержит следующие поля для заполнения:

1. Группа корректоров – выбирается из выпадающего списка групп корректоров, в виде полей «№ группы + Имя группы». Для выбранной группы в табличной форме формируется список абонентов, которые будут корректироваться данной группой корректоров времени.

2. № абонента в ПТК – выбирается из выпадающего списка абонентов Признак коррекции времени – текущий признак коррекции абонента группой корректоров («не корректировать» (0), «корректировать» (1)), выбирается из списка значений.

Форма, предназначенная для описания параметров переходов «Зима-Лето» и «Лето-Зима» для всех корректоров системы, вызывается из закладки «Коррекция времени» генератора при щелчке на иконке «Переходы Зима/Лето».

Форма содержит поля:

– режим перехода;
– месяц;
– неделя;
– день недели;
– час перехода.

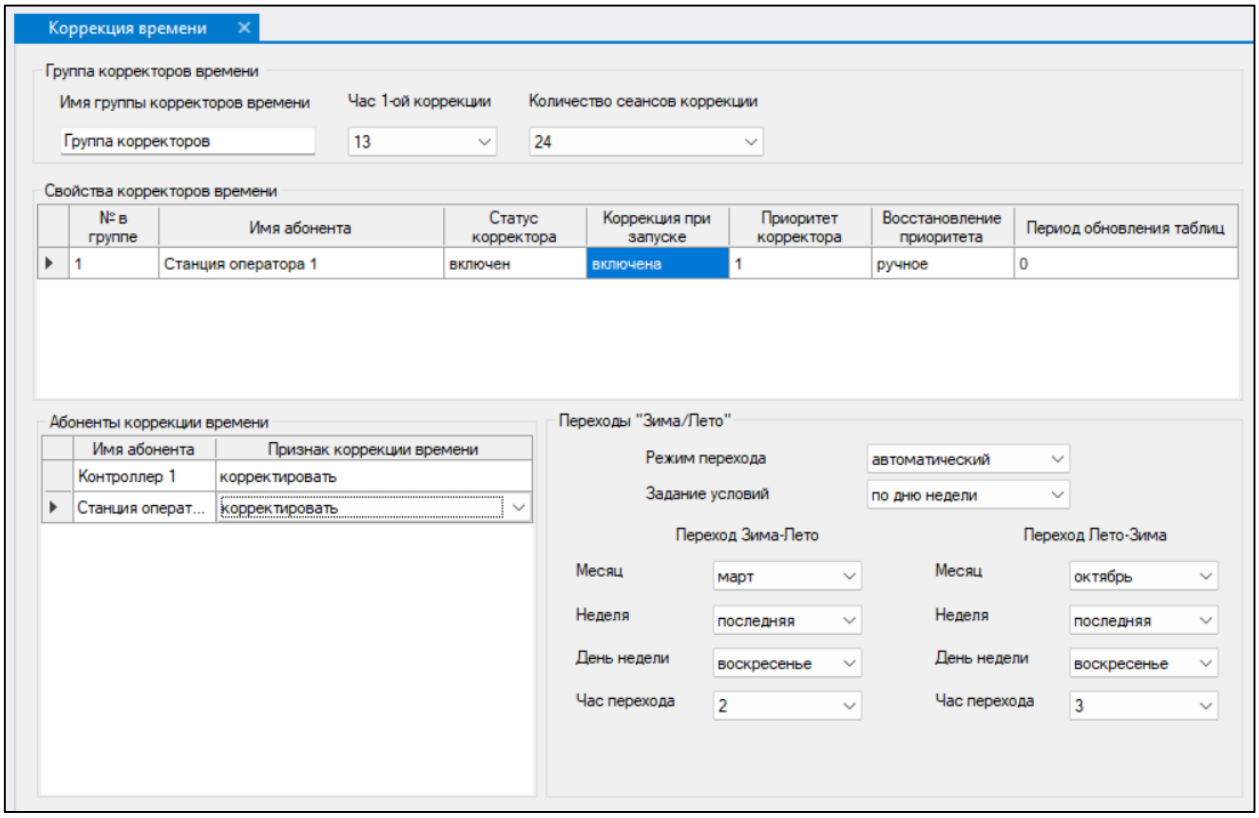


Рисунок 7. Настройка корректировки времени

2.3 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».

На данный момент настраивать условия и правила взаимодействия между переменными не нужно. Однако предупредительные и предаварийные границы при необходимости всё же указываются. Остальные условия и границы будут задаваться далее.

Здесь описаны параметры для каждого типа переменных, которые понадобятся для реализации заданной системы. Остальные параметры с высокой вероятностью будут избыточны.

Кроме основных типов переменных в системе Круг-2000 могут задаваться и переменные ручного ввода. Это вещественные, логические или строковые переменные, значения которых вводятся и изменяются пользователем вручную в процессе моделирования.

Подменю «Переменные» позволяет описать все типы переменных, используемых в системе.

В результате были определены 4 типа переменных: входные аналоговые переменных, входные дискретные переменные, выходные дискретные переменные и переменные ручного ввода.

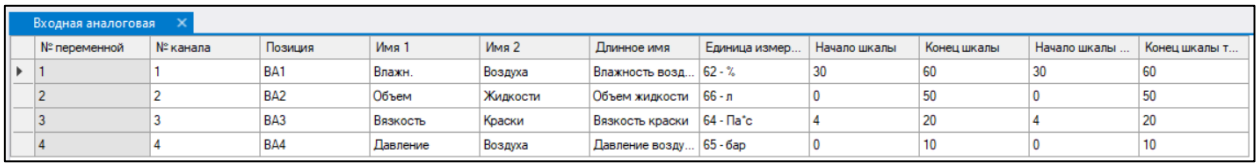
2.3.1 Входные аналоговые переменные

При выборе пункта меню «Входная аналоговая» на экран выводится табличная форма для описания входной аналоговой переменной, состоящая из следующих атрибутов, представленные в таблице 2:

Таблица 2 – Параметры входных аналоговых переменных.

Параметр	Описание параметра
№ переменной	Текущий номер переменной в базе данных сервера БД. Каждая переменная имеет индивидуальный номер переменной в пределах одного типа переменных.
№ канала	Номер канала в соответствии с таблицей «Каналы», по которому осуществляется обмен между сервером базы данных и УСО, в котором обрабатывается данная переменная.
Позиция	Код параметра, в качестве которого обычно используется технологическая позиция параметра, которая может использоваться при отображении.
Имя 1	Это первые 8 символов в названии параметра.
Имя 2	Это вторые 8 символов в названии параметра.
Длинное имя	Расширенное наименование параметра (до 64 символов).
Единица измерения	Единица измерения параметра, выбирается из выпадающего списка единиц измерения при его активизации.
Начало шкалы	Используется для масштабирования переменной или для определения нижней границы недостоверности.
Конец шкалы	Используется для масштабирования переменной или для определения верхней границы недостоверности.
Начало шкалы тренда	Используется для масштабирования трендов.
Конец шкалы тренда	Используется для масштабирования трендов.

Входные аналоговые переменные указаны на рисунке 8.


Входная аналоговая

№ переменной	№ канала	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинное имя	Единица измер...	Начало шкалы	Конец шкалы	Начало шкалы ...	Конец шкалы т...
1	1	BA1	Влажн.	Воздуха	Влажность возд...	62 - %	30	60	30	60
2	2	BA2	Объем	Жидкости	Объем жидкости	66 - л	0	50	0	50
3	3	BA3	Вязкость	Краски	Вязкость краски	64 - Па*с	4	20	4	20
4	4	BA4	Давление	Воздуха	Давление возду...	65 - бар	0	10	0	10

Рисунок 8. Входные аналоговые переменные

2.3.2 Входные дискретные переменные

При выборе пункта меню «Входная дискретная» на экран выводится табличная форма для описания входной дискретной переменной, состоящая из следующих атрибутов, представленные в таблице 3:

Таблица 3 – Параметры входных дискретных переменных.

Параметр	Описание параметра
№ переменной	Текущий номер переменной в базе данных сервера БД. Каждая переменная имеет индивидуальный номер переменной в пределах одного типа переменных.
№ канала	Номер канала в соответствии с таблицей «Каналы», по которому осуществляется обмен между сервером базы данных и УСО, в котором обрабатывается данная переменная.
Позиция	Код параметра, в качестве которого обычно используется технологическая позиция параметра, которая может использоваться при отображении.
Имя 1	Это первые 8 символов в названии параметра.
Имя 2	Это вторые 8 символов в названии параметра.
Длинное имя	Расширенное наименование параметра (до 64 символов).
Код цвета состояния <0>	Цвет, соответствующий состоянию.
Код логического состояния <0>	Обозначение состояния.
Код цвета состояния <1>	Цвет, соответствующий состоянию.
Код логического состояния <1>	Обозначение состояния.

Входные дискретные переменные указаны на рисунке 9.

Входная дискретная

№ переменной	№ канала	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинное имя	Код цвета сост...	Код логическог...	Код цвета сост...	Код логическог...
1	5	ВД1	Присут.	Автомоб.	Присутствие ав...	0 - Черный	46 - ЖДУ	2 - Зеленый	47 - СРАБОТАЛ
2	6	ВД2	Датчик№1	Сигнал.	Звуковой датчи...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
3	7	ВД3	Датчик№2	Сигнал.	Звуковой датчи...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
4	8	ВД4	Датчик№3	Сигнал.	Звуковой датчи...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
5	9	ВД5	Датчик№4	Сигнал.	Звуковой датчи...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН

Рисунок 9. Входные дискретные переменные

2.3.3 Выходные дискретные переменные

При выборе пункта меню «Выходная дискретная» на экран выводится табличная форма для описания выходной дискретной переменной, состоящая из следующих атрибутов, представленные в таблице 4:

Таблица 4 – Параметры выходных дискретных переменных.

Параметр	Описание параметра
№ переменной	Текущий номер переменной в базе данных сервера БД. Каждая переменная имеет индивидуальный номер переменной в пределах одного типа переменных.
№ канала	Номер канала в соответствии с таблицей «Каналы», по которому осуществляется обмен между сервером базы данных и УСО, в котором обрабатывается данная переменная.
Позиция	Код параметра, в качестве которого обычно используется технологическая позиция параметра, которая может использоваться при отображении.
Имя 1	Это первые 8 символов в названии параметра.
Имя 2	Это вторые 8 символов в названии параметра.
Длинное имя	Расширенное наименование параметра (до 64 символов).
Код цвета состояния <0>	Цвет, соответствующий состоянию.
Код логического состояния <0>	Обозначение состояния.
Код цвета состояния <1>	Цвет, соответствующий состоянию.
Код логического состояния <1>	Обозначение состояния.

Выходные дискретные переменные указаны на рисунке 10.

Дискретная выходная

№ переменной	№ канала	Позиция	Имя 1	Имя 2	Длинное имя	Код цвета сост...	Код логическог...	Код цвета сост...	Код логическог...
1	10	ДВ1	Датчик	Движения	Датчик движен...	4 - Красный	46 - ЖДУ	2 - Зеленый	47 - СРАБОТАЛ
2	11	ДВ2	Влажный	Фильтр	Влажный фильтр	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
3	12	ДВ3	Система	Нагрев.	Система нагрев...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
4	13	ДВ4	Регулят.	Давления	Регулятор давл...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
5	14	ДВ5	Распыл.	Робот	Распылительны...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
6	15	ДВ6	Инфракр.	Лампы	Инфракрасные ...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
7	16	ДВ7	Добавл.	Краски	Добавление кр...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН
8	17	ДВ8	Убавл.	Краски	Убавление крас...	4 - Красный	18 - ОТКЛЮЧЕН	2 - Зеленый	17 - ВКЛЮЧЕН

Рисунок 10. Выходные дискретные переменные

2.3.4 Переменные ручного ввода

При выборе пункта меню «РВ составная» на экран выводится табличная форма для описания составной переменной ручного ввода, состоящая из следующих атрибутов, представленные в таблице 5:

Таблица 5 – Параметры входных дискретных переменных.

Параметр	Описание параметра
№ переменной	Текущий номер переменной в базе данных сервера БД. Каждая переменная имеет индивидуальный номер переменной в пределах одного типа переменных.
№ канала	Номер канала в соответствии с таблицей «Каналы», по которому осуществляется обмен между сервером базы данных и УСО, в котором обрабатывается данная переменная.
Позиция	Код параметра, в качестве которого обычно используется технологическая позиция параметра.
Имя 1	Это первые 8 символов в названии параметра.
Имя 2	Это вторые 8 символов в названии параметра.
Длинное имя	Расширенное наименование параметра (до 64 символов).
Единица измерения	Единица измерения параметра.
Max возможное значение	Попытка ввода в действующей системе числа большего, чем заданное в этом атрибуте значение игнорируется и сохраняется предыдущее значение.
Min возможное значение	Попытка ввода в действующей системе числа меньшего, чем заданное в этом атрибуте значение игнорируется и сохраняется предыдущее значение.
Текущее значение	Это вещественное значение, которое будет присвоено переменной при первоначальном запуске системы.
Тип переменной	Переменная, которая может принимать значение из множества типов данных.

Переменные ручного ввода указаны на рисунке 11.

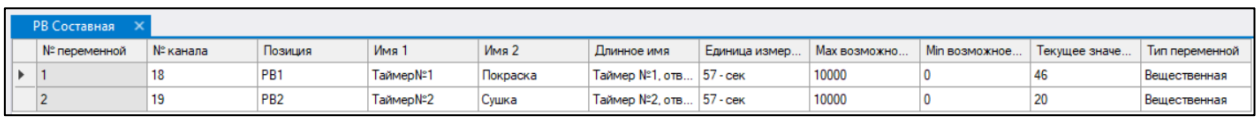


Рисунок 11. Переменные ручного ввода

2.4 Добавление и описание самописцев и перьев

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

2.4.1 Самописцы

Описание самописцев выполняется на этапе генерации системы после того, как описаны все типы переменных системы и конфигурация системы в целом. Самописцы предназначены для непрерывной регистрации и хранения каких-либо значений параметров системы любых форматов в течение определенного интервала времени.

Количество самописцев может быть произвольным, однако количество перьев рекомендуется выбирать равным количеству переменных (входных и выходных). в системе КРУГ выделяют базовые, событийные производные и канальные самописцы.

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 12.

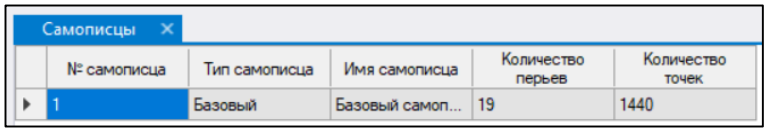


Рисунок 12. Самописцы системы

Для конфигурации базовых самописцев при выборе иконки "Базовые самописцы" на экран вызывается табличная форма для работы со списком базовых самописцев, используемых в системе.

Навигатор записей в нижней части формы в режиме добавления имеет следующие базовые поля:

1. № самописца – порядковый номер самописца в системе, каждый самописец должен иметь индивидуальный номер.

2. Имя самописца – наименование (64 символа), для однозначной идентификации самописца рекомендуется давать различные названия самописцам (например, минутный 1, где 1 – период записи в минутах).

3. Количество перьев – количество перьев, назначенных для данного самописца (информационное поле), максимальное количество перьев для одного самописца – 1500.

4. Количество точек – количество точек записи, хранимых в самописце по каждому перу.

5. Кратность записи – периодичность сохранения значений перьев самописцев из оперативной памяти компьютера на жесткий диск в интервалах записи.

6. Период записи – период записи точек самописца в выбранных единицах измерения периода записи.

7. Единица записи – признак и единица времени для указанного периода записи точек самописца (выбирается из списка), в качестве которых могут быть следующие.

8. Период обработки – период вызова функции обработки перьев самописца в выбранных единицах измерения периода обработки. Конкретная функция обработки указывается индивидуально при описании перьев данного самописца.

9. Единица обработки – признак и единица времени для указанного периода обработки.

С помощью навигатора записей в режиме добавления записи были заполнены поля, представленные 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	Упаковывать данные	Глубина хранения	Интевал хранения
1	Базовый са...	19	1440	1	1	Новая с...	1	Новая секунда	Без простоя	0	Без простоя	0	☐	1	Год

Рисунок 13. Базовый самописец

2.4.2 Перья

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

При выборе иконки «Базовые перья», на экран выводится форма для описания перьев базовых самописцев (рисунок 14). Перемещение между записями перьев осуществляется с помощью навигатора записей в нижней строке формы или с помощью клавиатуры.

Форма описания перьев самописцев предназначена для выполнения следующих операций:

– выбор формы заполнения перьев самописца;
– изменение и добавление перьев в самописец;
– автоматический режим заполнения перьев самописца;
– удаление перьев самописца;
– копирование перьев самописца.

Базовый самописец

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 ВА1 Влажнос...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
2	Перо2	Входная аналог...	2 ВА2 Объем ...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
3	Перо3	Входная аналог...	3 ВА3 Вязкост...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
4	Перо4	Входная аналог...	4 ВА4 Давлени...	65 Текущее зн...	Текущее на инт...			
5	Перо5	Входная дискре...	1 ВД1 Присутс...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			
6	Перо6	Входная дискре...	2 ВД2 Звуково...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			
7	Перо7	Входная дискре...	3 ВД3 Звуково...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			
8	Перо8	Входная дискре...	4 ВД4 Звуково...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			
9	Перо9	Входная дискре...	5 ВД5 Звуково...	45 Текущее зн...	Текущее на инт...			
10	Перо10	Дискретная вы...	1 ДВ1 Датчик ...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
11	Перо11	Дискретная вы...	2 ДВ2 Влажны...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
12	Перо12	Дискретная вы...	3 ДВ3 Систем...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
13	Перо13	Дискретная вы...	4 ДВ4 Регулят...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
14	Перо14	Дискретная вы...	5 ДВ5 Распыл...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
15	Перо15	Дискретная вы...	6 ДВ6 Инфрак...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
16	Перо16	Дискретная вы...	7 ДВ7 Добавл...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
17	Перо17	Дискретная вы...	8 ДВ8 Убавле...	46 Текущее зн...	Текущее на инт...			
18	Перо18	Ручной ввод	1 РВ1 Таймер ...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			
19	Перо19	Ручной ввод	2 РВ2 Таймер ...	11 Текущее зн...	Текущее на инт...			

Рисунок 14. Перья

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).

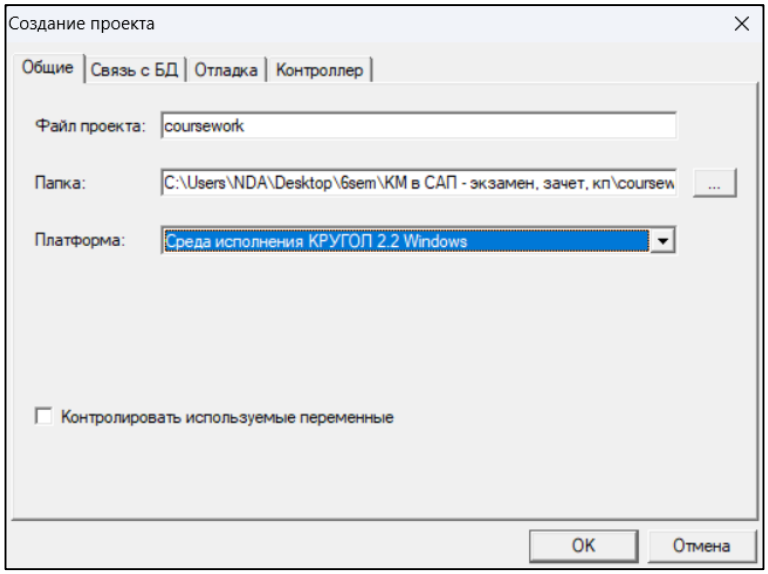


Рисунок 15. Создание проекта в ИСР Кругол

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).

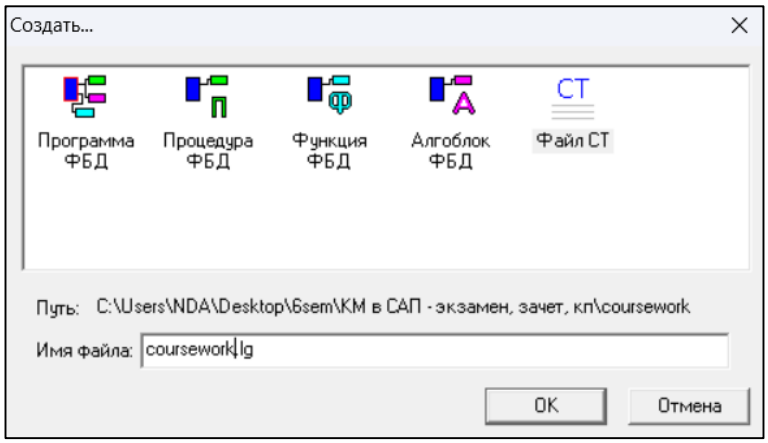


Рисунок 16. Создание файла CT в ИСР Кругол

CT представляет собой язык скриптов со своим синтаксисом. Для учебной задачи использование CT 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 нагревания:

```
Если (рв1#0) :проверка времени покраски
            {
                  вд3=0 :датчик №2 не среагировал (покраска не завершена)
            }
            Иначе :время покраски истекло
            {
                  ва2=ва2
                  рв1=рв1+1
                  вд3=1 :датчик №2 среагировал (покраска завершена)
                  дв5=0 :распылительный робот-манипулятор выключен
                  дв6=1 :инфракрасные лампы для сушки включены
                  рв2=рв2-1
```

```
            Если (рв2#0) :проверка времени сушки
            {
                  вд4=0 :датчик №3 не среагировал (сушка не завершена)
            }
            Иначе :время сушки истекло
            {
                  рв2=рв2+1
                  вд4=1 :датчик №3 среагировал (покраска завершена)
                  дв6=0 :инфракрасные лампы для сушки выключены
                  вд1=0 :процесс завершен
            }
      }
```

В данном фрагменте кода представлены изменения выходных дискретных переменных при разных условиях. Если таймер, отведенный на покраску, больше 0, значит покраска не завершена. Если таймер, отведенный на покраску, равен 0, то покраска завершена, распылительные роботы-манипуляторы выключены и процесс переходит к сушке и инфракрасные лампы включаются. Дальше по аналогии. Если таймер, отведенный на сушку, больше 0, значит сушка не завершена. Если таймер, отведенный на сушку, равен 0, то сушка завершена, инфракрасные лампы для сушки выключены и процесс завершен.

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 ТП, которая объединяет в себе все предыдущие работы.

В данной работе используется 2 приложения: Генератор динамики и Станция оператора. С помощью генератора динамики создается и настраивается графический интерфейс, через станцию оператора происходит взаимодействие с этим интерфейсом в роли оператора. Алгоритм работы с Генератором динамики приведен на рисунке 17.

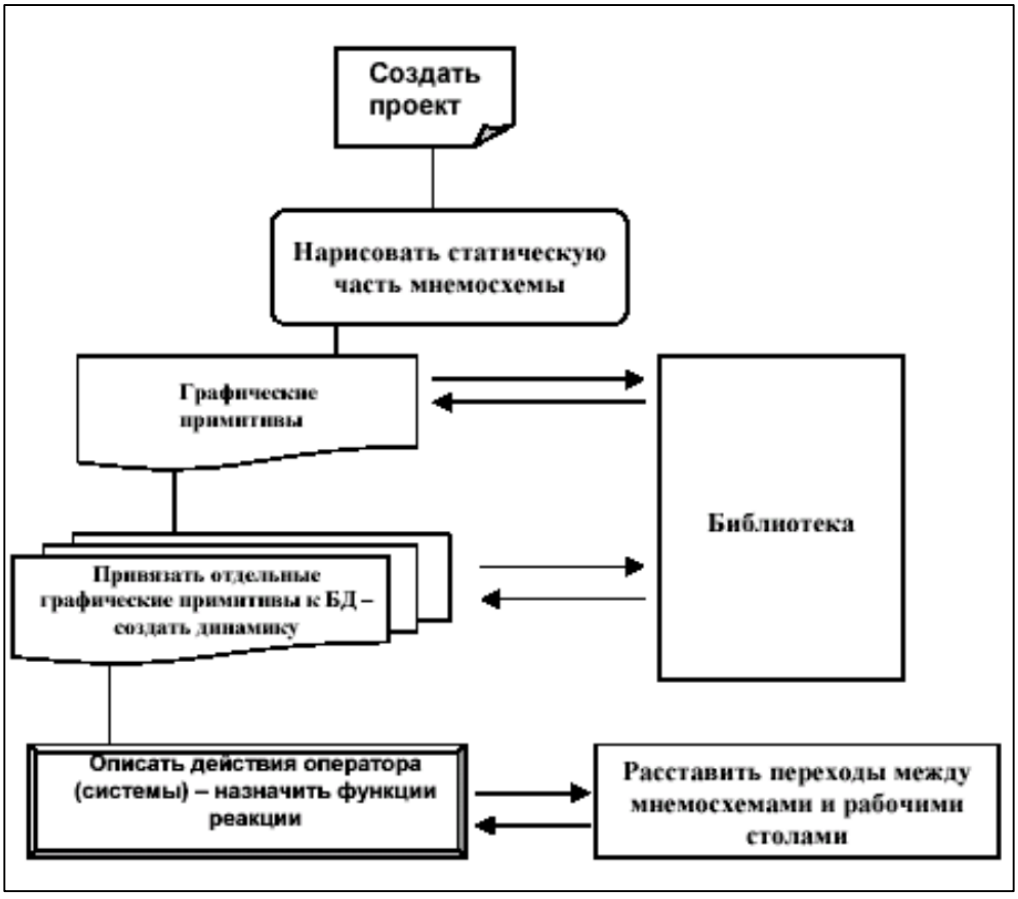


Рисунок 17. Алгоритм работы с Генератором Динамики

На первом этапе в Менеджере задач необходимо создать проект, к которому в дальнейшем подключается остальные основные модули (рисунок 18).

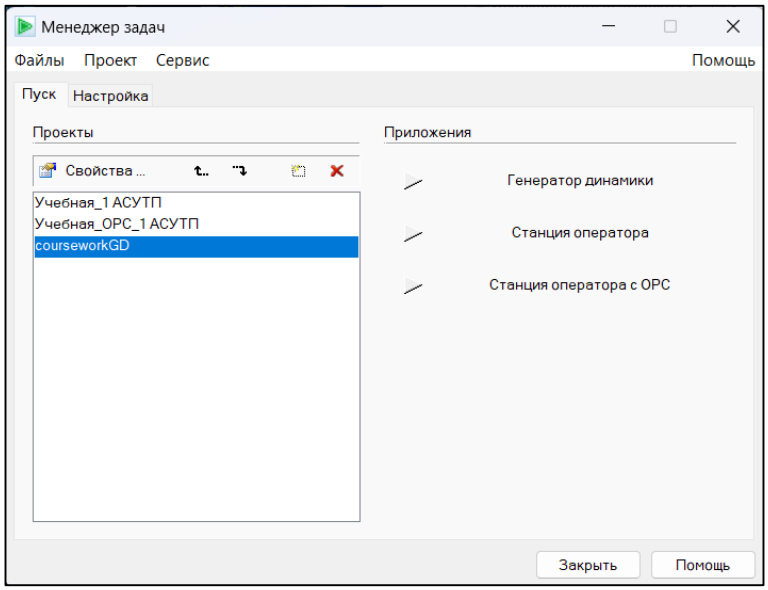


Рисунок 18. Создание проекта

В дополнительных свойствах проекта настроены параметры запуска для Генератора динамики и Графического интерфейса. Для этого указаны имя и абсолютный путь до БД .db, программы .lg и файла генератора динамики .kgp в кавычках (рисунок 19).

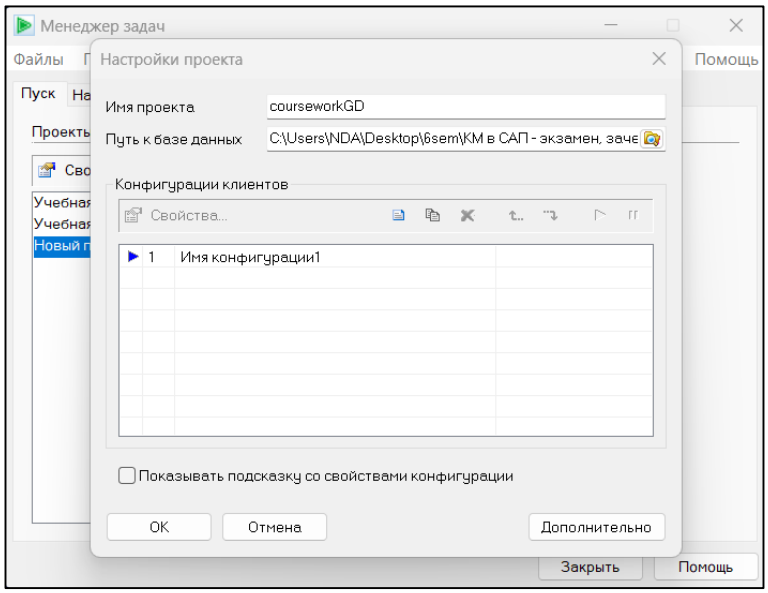


Рисунок 19. Настройки проекта

Конфигурация – это вариант запуска проекта. Для данной работы достаточно 1 конфигурации.

Настройка конфигурации производится из окна Настройки проекта. В свойствах конфигурации указаны имя конфигурации и имя файла графической баз данных.

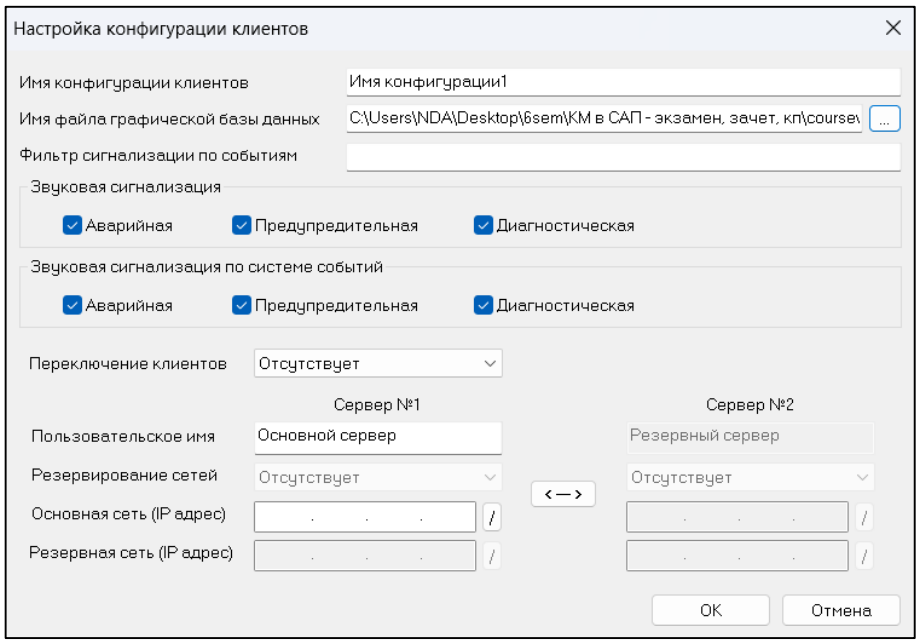


Рисунок 19. Настройки проекта

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, лампочка, которая загорается, когда влажность воздуха в покрасочной камере (BA1) падает ниже заданного значения.

В данной работе требуется создать 3 мнемосхемы. Зачастую это:

– Главная мнемосхема, отражающая работу систему,

– Мнемосхема с трендами,

– Мнемосхема с управлением — элементами переключения между мнемосхемами на рабочем столе (содержаться в базовой библиотеке).

Мнемосхемы составляются из геометрических примитивов, можно брать элементы из стандартной библиотеки. При необходимости возможно добавить изображение.

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 понадобиться индикаторы, кнопки, тренды, ёмкости, приборы и другие элементы. Для манипуляции с переменными ручного ввода используются приборы соответствующего типа.

Заключение

В результате выполнения курсового проектирования с помощью SCADA-системы КРУГ-2000 была спроектирована система управления процессами покраски кузовов автомобилей. 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 рекомендуемой литературы

1) Макей С., Парк Дж. Сбор данных в системах контроля и управления: Практическое руководство. Изд-во: Группа ИДТ – 2006, 504 стр.

2) Э. Таненбаум, М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. Изд-во.: СПб.: Питер – 2003, 877 стр.

3) А. Казинцев. Шесть Сигм в России: методика снижения потерь-дефектов-издержек. Изд-во: Ассоциация Шесть Сигм – 2009, 368 стр.

Приложение А. Листинг программы

```
Программа Учебная
Начало
:-------------------------------------------------------
Если дв1=1
{
      вд1=1
      :-------------------------------------------------------
      Если (ва1>=40)&(ва1<=50)
      {
            дв2=0
      }
      Иначе_если (ва1>=35)&(ва1<=50)
      {
            дв2=1
            ва1=ва1+0.5
            Если (ва1>=40)
            {
                  ва1=ва1
            }
      }
      Иначе
      {
            дв2=0
            вд5=1
      }
      :-------------------------------------------------------
      Если ва2<=1
      {
            вд2=1
      }
      Иначе
      {
            вд2=0
      }
      :-------------------------------------------------------
      Если (ва3>=18)&(ва3<=20)
      {
            дв3=0
      }
      Иначе_если (ва3>=8)&(ва3<=20)
      {
            дв3=1
            ва3=ва3+0.5
            Если (ва3>=18)
            {
                  ва1=ва1
            }
      }
```

```
      Иначе
      {
            дв3=0
            вд5=1
      }
      :-------------------------------------------------------
      Если (ва4>=2)&(ва4<=4)
      {
            дв4=0
      }
      Иначе
      {
            дв4=1
      }
      :-------------------------------------------------------
      Если (вд1=1)&(дв1=1)&(дв2=0)&(дв3=0)&(дв4=0)&(вд5=0)
      {
            дв5=1
            рв1=рв1-1
            Если ва2<=1
            {
                  ва2=0
                  вд2=1
                  рв1=рв1+1
            }
            Иначе
            {
                  ва2=ва2-1
                  вд2=0
            }
            :-------------------------------------------------------
            Если (рв1#0)
            {
                  вд3=0
            }
            Иначе
            {
                  ва2=ва2
                  рв1=рв1+1
                  вд3=1
                  дв5=0
                  дв6=1
                  рв2=рв2-1
                  :-------------------------------------------------------
----
                  Если (рв2#0)
                  {
                        вд4=0
                  }
```

```
                Иначе
                {
                      рв2=рв2+1
                      вд4=1
                      дв6=0
                      вд1=0
                      ва2=ва2+1
                }
                :-------------------------------------------------------
----
           }
           :-------------------------------------------------------
      }
      Иначе
      {
           дв5=0
      }
      :-------------------------------------------------------
}
Иначе
{
      выключение_системы
}
:-------------------------------------------------------
Если дв7=1
{
      ва2=ва2+1
      Если (ва2>=49)&(ва2<=50)
      {
           дв7=0
      }
}
Иначе
{
      ва2=ва2
}
:-------------------------------------------------------
Если дв8=1
{
      ва2=ва2-1
      Если (ва2>=0)&(ва2<=1)
      {
           дв8=0
      }
}
Иначе
{
      ва2=ва2
}
:-------------------------------------------------------
Конец
```

```
ПРОЦЕДУРА выключение_системы
Начало
:-------------------------------------------------------------
вд1=0
вд2=0
вд3=0
вд4=0
вд5=0
дв2=0
дв3=0
дв4=0
дв5=0
дв6=0
Выход
Конец
```

Приложение Б. Функционирование программы

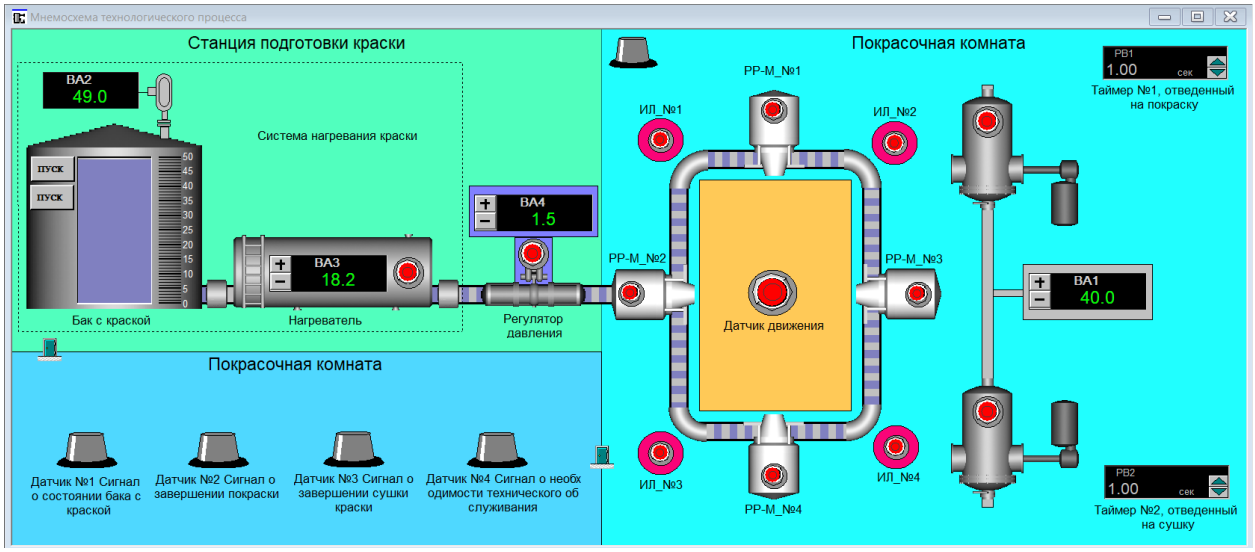


Рисунок 20. Мнемосхема технологического процесса

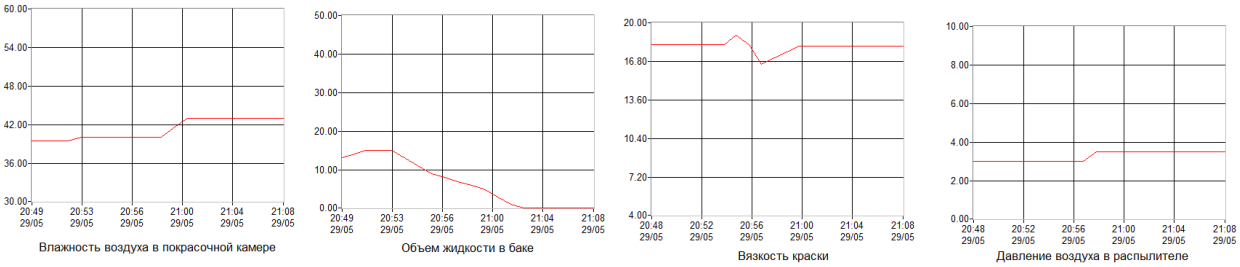


Рисунок 21. Мнемосхема с групповым трендом

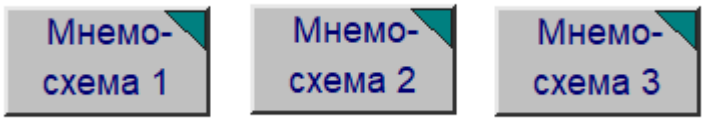


Рисунок 22. Мнемосхема с управлением