

**М. А. Новикова**  
**И. В. Ремизова**

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ  
И АВТОМАТИЧЕСКИМИ  
ПРОИЗВОДСТВАМИ  
ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
КОМПЛЕКС VALMET**

**Практикум**

**Санкт-Петербург**  
**2025**

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»  
Высшая школа технологии и энергетики**

**М. А. Новикова**

**И. В. Ремизова**

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ  
И АВТОМАТИЧЕСКИМИ  
ПРОИЗВОДСТВАМИ  
ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
КОМПЛЕКС VALMET**

**Практикум**

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург  
2025

**УДК 681.515.3(07)**

**ББК 31.261я7**

**Н 75**

*Рецензент*

кандидат технических наук, доцент Высшей школы технологии и энергетики  
Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий  
и дизайна

*Е. П. Дятлова*

**Новикова, М. А.**

**Н 75** Интегрированные системы проектирования и управления автоматизированными и автоматическими производствами. Программно-технический комплекс Valmet: Практикум / М. А. Новикова, И. В. Ремизова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2025. — 90 с.

Практикум соответствует программам и учебным планам дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления автоматизированными и автоматическими производствами» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств». В практикуме собраны практические работы по дисциплине, выполняемые с использованием программно-технического комплекса Valmet.

Практикум предназначен для подготовки магистров очной и заочной форм обучения.

УДК 681.515.3(07)

ББК 31.261я7

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2025

© Новикова М. А., Ремизова И. В., 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....   | 4  |
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 4  |
| 1. ВОЗМОЖНОСТИ VALMETDNA .....                                       | 5  |
| 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УЧЕБНОГО КЛАССА .....                    | 7  |
| 2.1. Сервер станции разработки.....                                  | 7  |
| 2.2. Клиентские станции разработки и оперативного управления.....    | 7  |
| 2.3. Комплект технических средств.....                               | 7  |
| 3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ VALMETDNA .....                             | 9  |
| 3.1. Функциональная группа взаимодействия с пользователем.....       | 9  |
| 3.2. Функциональная группа автоматизированного процесса.....         | 10 |
| 3.3. Функциональная группа поддержки и обслуживания системы.....     | 11 |
| 4. ИНСТРУМЕНТЫ DNA EXPLORER И FBCAD .....                            | 13 |
| 5. БИБЛИОТЕКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ FBCAD .....                      | 15 |
| 6. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС VALMET                            |    |
| ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ .....  | 21 |
| 6.1. Содержание отчета.....  | 21 |
| 6.2. Практическая работа № 1 «Регулирование давления в баке» .....   | 21 |
| 6.3. Практическая работа № 2 «Создание блока симуляции FbCAD» .....  | 48 |
| 6.4. Практическая работа № 3 «Каскадная система регулирования» ..... | 70 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....                                | 87 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ .....   | 88 |

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ЛКМ – левая кнопка мыши;  
ПКМ – правая кнопка мыши;  
ПЛК – программируемый логический контроллер;  
АСУ – автоматизированная система управления;  
ПО – программное обеспечение.

## ВВЕДЕНИЕ

Возрастающие потребности человечества приводят к тому, что с каждым днем появляется все больше и больше объектов, подлежащих автоматизации. Огромное многообразие различных технических средств, которые могут быть использованы для оснащения объектов автоматизации, ставит проблему правильного подбора оборудования, а в дальнейшем и управления им. Как следствие, возникает потребность в квалифицированных специалистах. Подготовкой таких кадров занимаются профессиональные учебные заведения, в том числе и Высшая школа технологии и энергетики. Результатом тесного сотрудничества кафедры Информационно-измерительных технологий и систем управления (ИИТСУ) и Санкт-Петербургского отделения компании Valmet стало появление учебного класса, оснащенного стендом с оборудованием фирмы Valmet [1].

Несмотря на уход фирмы с российского рынка, на целлюлозно-бумажных комбинатах до сих пор используются и нуждаются в обслуживании программируемые логические контроллеры данного производителя. Вместе с уходом компании ушли и специалисты, занимавшиеся задачами эксплуатации оборудования. Поэтому сейчас стоит большая необходимость в подготовке кадров, умеющих работать с системами Valmet.

Учебный класс Valmet применяется для знакомства студентов с системой ValmetDNA, дает возможность выполнения лабораторных, практических, курсовых и выпускных квалификационных работ по автоматизации отдельного оборудования и процессов в целлюлозно-бумажной промышленности.

## 1. ВОЗМОЖНОСТИ VALMETDNA

ValmetDNA – это платформа автоматизации и информационная платформа управления процессом, объединяющая все элементы управления процессом, машиной, качеством и приводами, а также оптимизацию и мониторинг состояния механики, в единую платформу.

В составе ValmetDNA имеются также инструментальные системы безопасности и пакетные решения.

ValmetDNA можно применять также в качестве программируемого логического контроллера (ПЛК) или SCADA-системы.

Автоматизированная система управления (АСУ) ValmetDNA может быть представлена в виде многоуровневой структуры, в составе которой выделяются:

- уровень автоматизации процесса;
- уровень операторского управления;
- уровень разработки.

На уровне автоматизации процесса возможно реализовывать следующие функции:

1. Задачи измерения:

– ввода и первичной обработки информации (при наличии контрольно-измерительных приборов).

2. Задачи управления:

- регулирования по ПИД-закону;
- каскадного регулирования;
- регулирования для объектов с запаздыванием;
- регулирования с коррекцией.

3. Задачи сбора и обработки информации:

- предупредительной и аварийной сигнализации;
- противоаварийной защиты и блокировки оборудования.

На уровне операторского управления возможно поддержание следующих интерфейсов:

– автоматического или по вызову отображения информации на обзорных и групповых видеокдрах, мнемосхемах технологических процессов, графиков;

– изменения технологических переменных во времени, экранных панелях;

– предупредительной и аварийной сигнализации;

– цветовой и звуковой сигнализации нарушений технологического процесса и отказов технических средств системы;

– ручного дистанционного управления регулирующими и отсечными клапанами, электродвигателями и приводами, исполнительными механизмами и агрегатами;

– изменения настроек и структуры регуляторов;

– переконфигурирования функций системы, изменения коэффициентов вычислений, модификации форм отображения информации, выполняемые с инженерной станции в реальном времени.

На уровне разработки АСУ реализована возможность следующих функций:

1. Разработка компоновки системы.
2. Разработка прикладного программного обеспечения (ПО) контроллера управления техпроцессом.
3. Разработка прикладного ПО операторского интерфейса.

Современные технологические производства накапливают огромное количество данных в режиме онлайн, которые часто хранятся и эффективно обрабатываются для последующего анализа. ValmetDNA объединяет технологические интерфейсы, вычисления и базы данных в единое решение. Базы данных хранят все измерения, уставки, выходы контроллера, состояния устройств, запуски двигателей, аварийные сигналы, отслеживание операций и т.д.

Распределенные системы управления используются в различных типах процессов, часто требующих масштабируемой многопользовательской среды для параллельного проектирования. Инженерная среда ValmetDNA содержит универсальные инструменты для проектирования и обслуживания автоматизации предприятия.

Инструменты позволяют управлять жизненным циклом всех приложений управления, полевых шин и полевых устройств, а также управлять сетевым документооборотом. Кроме того, передовые диагностические инструменты обеспечивают простоту обслуживания как приложений, так и аппаратных компонентов.

## **2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УЧЕБНОГО КЛАССА**

В состав обучающего класса на базе АСУ ValmetDNA включены:

1. Сервер станции разработки (инженерная) для преподавателя, включая необходимое ПО и лицензии.
2. Клиентские станции разработки и оперативного управления для студентов (3 станции), включая необходимое ПО и лицензии.
3. Контроллер процессовой станции серии ACN C20.
4. Каркасы и платы ввода-вывода, укомплектованные оборудованием МІО для контроля и управления параметрами.
5. Сетевое оборудование, включая лицензии на программное обеспечение.

### **2.1. Сервер станции разработки**

Сервер станция (или инженерная станция) используется исключительно преподавателем.

Техническое обеспечение – стандартный сервер на базе DELL.

Операционная система – Microsoft Windows Server 2012 R2 English.

ПО – базовое ПО для сервера разработки ValmetDNA.

### **2.2. Клиентские станции разработки и оперативного управления**

Клиентские станции разработки и оперативного управления используются студентами.

Техническое обеспечение – стандартные персональные компьютеры на базе DELL (HP).

### **2.3. Комплект технических средств**

#### **Полевой интерфейс**

ACN M80 I/O платы и шкафы:

- D201134 AI8C – модуль аналогового входа, 20 мА;
- D201136 AO4C – модуль аналогового выхода, 20 мА;
- D201126 DI8P – модуль двоичного входа, PNP;
- D201129 DO8P – модуль двоичного выхода, PNP;
- D201897 парная группа В/В M80, макс. 16 модулей В/В;
- D201832L IPSP – блок питания МІО;
- D201138 IBC – контроллер шины;
- F100206 – блок разъемов с пружинными клеммами FCS для одной группы В/В ACN;

– D201936 – коммутатор Ether. 205A, неуправляемый, 5\*10 100BaseTX, 24 VDC.

#### **Контроллеры управления процессом**

- ACN CS контроллер:
- D202593 – контроллер ACN CS PCIe;
- F100052 – кабель соединения рабочей станции, CAT-5e;
- 70600035 – монтажный провод 0,5 мм<sup>2</sup>.

#### **Сеть и инфраструктура**

Электропитание:

- D201634L – блок питания AC 100-240V/ DC24V, 20A.

#### **CD-ROM диск с экземплярами следующих лицензий для системы ValmetDNA:**

- D200989SU – базовая лицензия контроллера процесса & передачи данных, за узел – 1 шт.;
- D200464 – антивирусная лицензия ValmetDNA на ПК на один год – 3 шт.;
- D200804SU DNA – operate для местных операций – 3 шт.;
- D201767SU – сервер DNA Operate Alarms & Events – 1 шт.;
- D201690 – платформа Valmet CAD– 3 шт.;
- D202081SU – сервер инжиниринга ValmetDNA – 1 шт.;
- D202082SU – клиент инжиниринга ValmetDNA – 3 шт.;
- D200001SU Производительность репозитория сервера инжиниринга / на 100 ед. – 1 шт.;
- D200004SU – DNA Backup Server, за систему – 1 шт.

В Приложении представлена организация учебного класса на базе АСУ ValmetDNA.

### 3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ VALMETDNA

ValmetDNA состоит из 3-х функциональных групп:

1. **Функциональная группа взаимодействия с пользователем** объединяет интуитивно понятные инструменты для пользователей и предоставляет доступ к фактам и информации. Она обеспечивает реальный доступ к событиям процесса, позволяющий пользователям взаимодействовать с процессом производства.

2. **Функциональная группа автоматизированного процесса** включает все, что работает автоматически: все элементы управления, различные полевые интерфейсы и шины, а также оптимизацию. Данная функциональная группа поддерживает как централизованные, так и распределенные решения, и подключения к системам сторонних производителей. С помощью инструментальной системы безопасности достигается высокий уровень безопасности. Комплексные информационные сервисы осуществляют запись хронологических данных в соответствующие базы данных.

3. **Функциональная группа поддержки и обслуживания системы** содержит инструментарий для разработки и поддержания автоматизации предприятия. Она также обеспечивает текущую и будущую безопасность инвестиций в автоматизацию.

#### 3.1. Функциональная группа взаимодействия с пользователем

Взаимодействие с пользователем осуществляется посредством интерфейса пользователя DNAOperate.

Интерфейс пользователя DNAOperate – это пользовательский интерфейс ValmetDNA, который используется для управления и просмотра всех событий процесса.

DNAOperate позволяет просматривать видеogramмы технологического процесса, задавать управляющие воздействия, просматривать архивные видеogramмы. Удобной функцией может являться одновременный просмотр архивной видеogramмы с видеogramмой текущего момента времени.

Предусмотрена возможность работы с аварийными сообщениями.

В DNAOperate предусмотрены три разных уровня доступа к управлению процессом и просмотру архивных данных.

Пример рабочего стола DNAOperate представлен на рисунке 3.1.

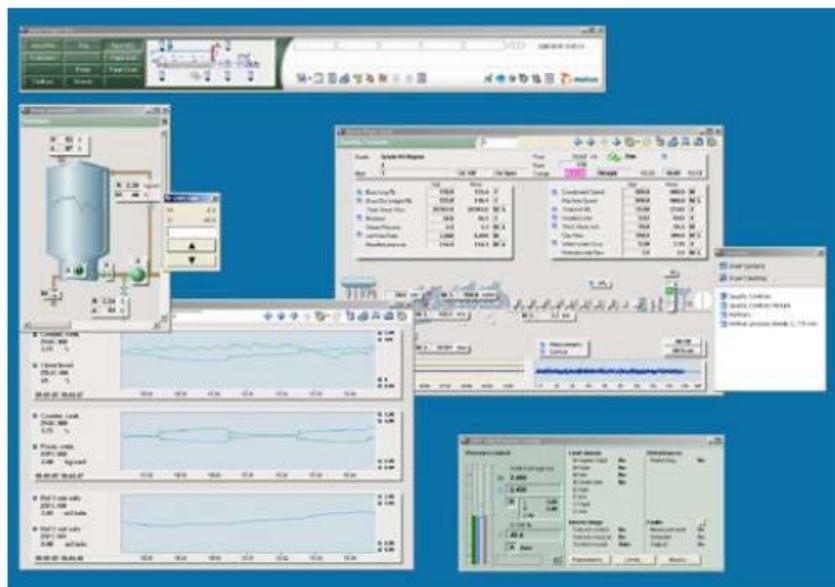


Рисунок 3.1 – Рабочий стол DNAOperate

DNAOperate физически расположен в промышленном персональном компьютере (ПК) ACSN PO (контроллер процессовой станции).

Операции выполняются с помощью мыши и стандартной буквенно-цифровой клавиатуры. К каждому узлу пользовательского интерфейса можно подключить до 6 мониторов.

### 3.2. Функциональная группа автоматизированного процесса

Функциональная группа автоматизированного процесса относится к контроллерам и модулям ввода/вывода. В узлах ACSN физически размещаются процессовые контроллеры.

Процессовые контроллеры обеспечивают встроенные аналоговые и логические элементы управления. Основные элементы управления включают в себя надежные измерения, ПИД-регуляторы, управление двигателями и клапанами, групповые запуски и шаговые программы. Практический максимум количества управляющих контуров на контроллер отсутствует. Оптимизация может быть реализована внутри одного и того же контроллера, т.е. дополнительное оборудование не нужно. Оптимизация включает в себя нечеткую логику, нейросети, Java-программирование и многопараметрическое управление.

Процессовые контроллеры могут быть резервированными (резерв 1:1).

Задачу управления выполняют функциональные блоки в контроллере ACSN.

Управляющие приложения разрабатываются инструментом проектирования функциональных блок-схем Functional Block Computer aided design (FbCAD). FbCAD имеет большую библиотеку функциональных блоков. Каждый контур является одной прикладной функцией. Прикладная функция

содержит функциональные блоки, определения имен тэгов для элементов управления (или измерений, двигателей и т.д.), времени циклов и определений сигналов ввода/вывода.

### **3.3. Функциональная группа поддержки и обслуживания системы**

Инструменты разработки и обслуживания включают в себя инжиниринговый сервер и при необходимости инжиниринговую станцию. Несколько одновременно работающих пользователей могут использовать одну и ту же базу данных одновременно. На инжиниринговом сервере находится база данных, в которой располагаются все приложения управления и параметры полевых приборов.

DNAExplorer – это инжиниринговый инструмент, который в основном используется для разработки и обслуживания приложений. Разработка и обслуживание поддерживается также набором других инструментов инжиниринговой среды.

Инструмент FbCAD применяется на инжиниринговых серверах или инжиниринговых рабочих станциях. Он используется для разработки функциональных блок-схем, которые являются соответствующими контурами регулирования и мониторинга процесса под управлением ValmetDNA. На основе созданных схем инструменты разработки создают приложение, которое можно загрузить в исполнительную среду ValmetDNA.

Физически инжиниринговый сервер – это сервер ValmetDNA на базе Windows или сервер ACN AS, а инжиниринговая станция – это рабочая станция ValmetDNA под управлением Windows.

Инжиниринговый сервер и его рабочая станция подключены к системной локальной сети. Приложения из базы проектных данных инжинирингового сервера загружаются непосредственно в серверы приложений (операционный сервер, сервер управления процессом, сервер аварийных сообщений и событий и т.д.) и сервер резервного копирования системы.

#### **Сервер резервного копирования Backup и способы архивирования**

Имеется несколько уровней резервного копирования ValmetDNA. Любое изменение конфигурации загружается на серверы различных приложений системы в реальном времени через сервер резервного копирования (Backup), который подключен к системной шине. Backup ValmetDNA сохраняет как само приложение, так и его параметры реального времени, используемые этим приложением. Все серверы приложений загружают свои приложения с сервера резервного копирования. В инжиниринговом сервере имеются также прикладные пакеты. Дисковое хранилище сервера резервного копирования содержит конфигурацию каждого узла, подключенного к шине. При отказе оборудования узла управления процессом потребуется заменить только оборудование, а приложение и большая часть последних параметров реального времени восстанавливаются из данных сервера резервного копирования.

Модуль приложений загружается из инжинирингового сервера или рабочей станции непосредственно в среду реального времени (мягкий пуск в реальном времени). Одновременно копия этого модуля добавляется в базу данных, хранящуюся на сервере резервного копирования. Определенная информация о процессе (например, параметры регуляторов) циклически сохраняется на сервере резервного копирования через заданные интервалы времени.

Инжиниринговый сервер периодически архивируется на ленту. Резервная копия также включает содержимое самого сервера резервного копирования.

#### 4. ИНСТРУМЕНТЫ DNA EXPLORER И FBCAD

Как уже упоминалось, DNAExplorer используется для разработки и обслуживания приложений.

К функциям DNAExplorer относятся:

- управление объектами проектирования и назначение их зонам и пакетам техпроцесса;
- осуществление поиска объектов проектирования в базе данных проектирования;
- поочередное создание новых объектов проектирования;
- просмотр и редактирование информации объектов проектирования;
- редактирование объектов проектирования с помощью графических инструментов проектирования;
- загрузка пакетов и объектов в реальную или виртуальную операционную среду выполнения («Загрузить в»);
- считывание значений объектов проектирования из среды выполнения в базу данных проектирования («Выгрузить из»);
- вывод отчетов и распечатка на принтере.

С помощью FbCAD создаются функциональные блок-схемы, являющиеся соответствующими контурами регулирования, управления и мониторинга технологического процесса. Программа пишется на так называемом «языке автоматизации», который используется во всей системе ValmetDNA. Создание программы осуществляется с помощью блоков-модулей [1].

С точки зрения разработчика прикладных программ, модуль является логической единицей. Модули – это минимальные программные блоки, которые могут быть индивидуально загружены на серверы приложений. Модулем может быть отдельный контур управления или измерения, программа сквозного последовательного управления, программа управления группой электродвигателей или дисплей, отображаемый на экране видеомонитора [1].

В библиотеках FbCAD имеется большое количество блоков. Их количество настолько велико, что неопытному пользователю может быть затруднительно найти требуемый блок. В такой ситуации рекомендуется пользоваться справкой. Справку требуется задействовать и в случае, если необходимо разобрать готовый работающий алгоритм, т. к. язык описания блоков не стандартизирован. Однако, если пользователь плохо владеет английским языком, использование предоставляемой справки может создавать определенную сложность [1].

Результатом программирования является модуль автоматизации (рис. 4.1).

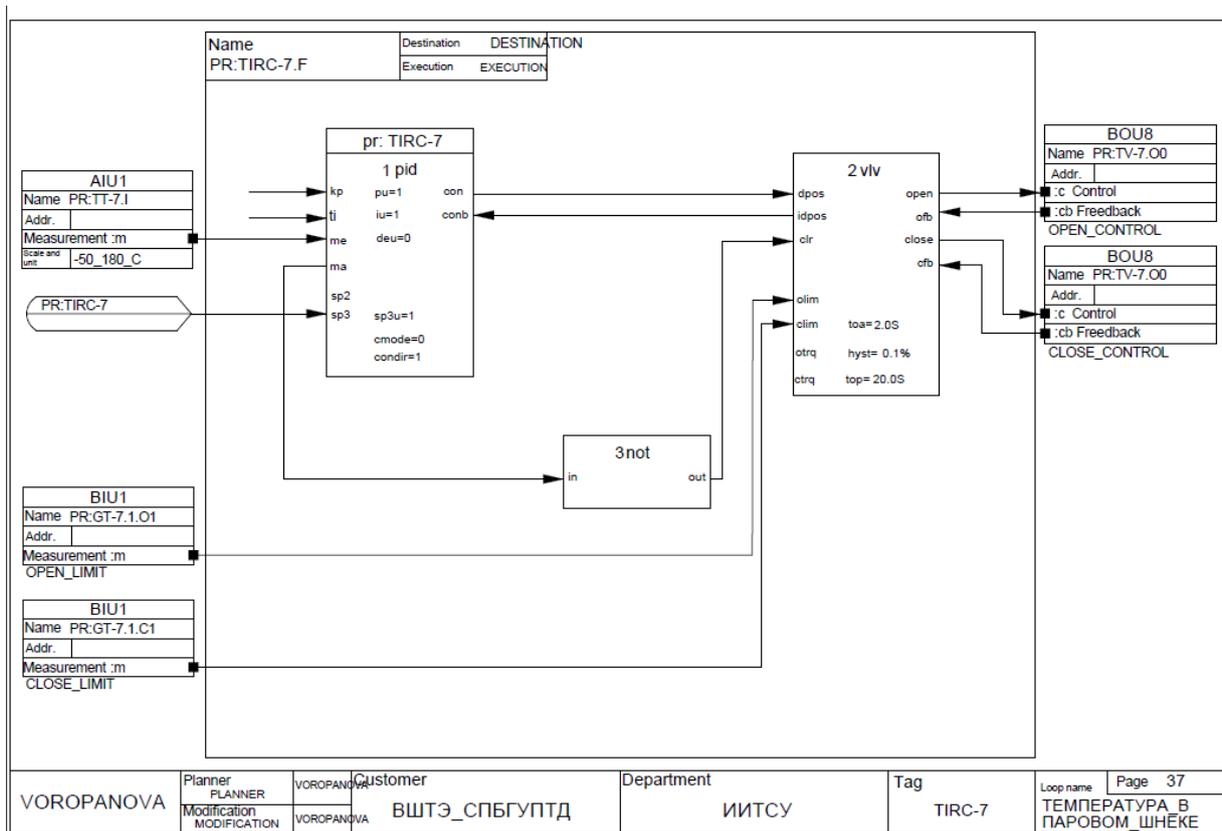


Рисунок 4.1 – Блок-схема модуля автоматизации

Модуль автоматизации – это графическое представление прикладной программы [1].

Посредством FbCAD формируется универсальная система измерения и управления промышленным процессом, представляющая собой иерархический набор прикладных модулей, связанных с устройствами. Устройства связаны между собой сетью, которая поддерживает наиболее распространенные структуры связи, такие как передача сообщений, общая память, прерывания и аналоговые сигналы.

## 5. БИБЛИОТЕКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ FbCAD

Для функций управления технологическим процессом программа FbCAD содержит широкий выбор функциональных блоков, таких как «pid» для контроллеров, «mtr» для электродвигателей, «mvg» для магнитных клапанов, «calc», «compare» и «logic» для вычислений и логики, которые задаются как формулы.

Блоки ввода/вывода в программе FbCAD определяют связь с модулями ввода/вывода.

Блоки ввода/вывода и функциональные блоки соединяются линиями связи. Для большей наглядности программы различные типы сигналов отображают разными цветами. Соединять вместе можно только сигналы одного цвета. Линии на изображении могут пересекаться без соединений. Для объединения сигналов разных линий используются соединительные точки.

На рисунке 5.1 представлено меню библиотеки функциональных блоков и их модификаций FBLOCKS 1 [2].



Рисунок 5.1 – Меню FBLOCKS 1

Меню FBLOCKS 1 содержит следующие блоки:

- am..., am2... – функциональные блоки аналоговых измерений;
- ahs..., ahs2... – архивные аналоговые функциональные блоки;
- bhs..., bhs2... – функциональные блоки двоичной предыстории;
- bm2... – функциональный блок двоичных измерений;

- cnt... – функциональный блок счетчика;
- grp... – функциональный блок группового управления;
- mca... – функциональный блок управления исполнительным устройством электродвигателя;
- mgv..., mgv2... – функциональные блоки управления магнитным клапаном;
- mgve... – снабженный временной отметкой функциональный блок управления электромагнитным клапаном;
- mtr..., mtr2... – функциональные блоки управления электродвигателем;
- mtr2e..., mtre... – снабженные временной отметкой функциональные блоки управления электродвигателем;
- pid... – функциональный блок контроллера;
- qcnt... – функциональный блок счетчика количества;
- vlv... – функциональный блок позиционирования клапана.

На рисунке 5.2 представлено меню библиотеки функциональных блоков и их модификаций FBLOCKS 2 [2].

Меню FBLOCKS 2 содержит следующие блоки:

- csoX left – функциональные блоки условного копирования, входы слева;
- csoX2 left – функциональные блоки условного копирования с временной отметкой, входы слева;
- disX left... – двойные входные переключатели, входы слева;
- dosX left... – двойные выходные переключатели, входы слева;
- tisX left... – переключатели таблицы входа, входы слева;
- tosX left... – переключатели таблицы выхода, входы слева;
- btoicnv ... – преобразование двоично-десятичное/двоичное число → целое;
- cng... – функциональный блок условного перехода;
- eqg... – функциональный блок условного перехода со сравнением равенства;
- label... – функциональный блок места назначения перехода;
- dvsX... – двойной переключатель входного значения;
- itobcncv... – преобразование целое → двоично-десятичное/двоичное число;
- itotime... – преобразование целое → время;
- not... – операция логического «НЕ»;
- pls... – импульсный функциональный блок;
- timetoi... – преобразование время → целое;
- timefun... – функциональный блок расчета времени;
- tsel... – функциональный блок выбора времени;
- tm... – функциональный блок измерения времени;
- ramp... – функциональные блоки линейного изменения;

- ccoX right – функциональные блоки условного копирования, входы справа;
- ccoX2 right – функциональные блоки условного копирования с временной отметкой, входы справа;
- disX right... – двойные входные переключатели, входы справа;
- dosX right... – двойные выходные переключатели, входы справа;
- tisX right... – переключатели таблицы входа, входы справа;
- tosX right... – переключатели таблицы выхода, входы справа.



Рисунок 5.2 – Меню библиотеки FBLOCKS 2

При выборе ccoX left или ccoX right на экран будет выведено показанное на рисунке 5.3 подменю, содержащее различные функциональные блоки копирования, отсортированные в соответствии с их размерами и доступными функциями.

При выборе ssoX2 left или ssoX2 right на экран также выводится соответствующее подменю (рис. 5.4).



Рисунок 5.3 – Подменю ssoX left и ssoX right

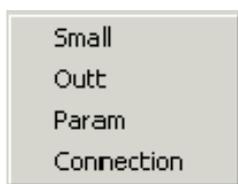


Рисунок 5.4 – Подменю ssoX2 left и ssoX2 right

На рисунке 5.5 представлено меню библиотеки функциональных блоков и их модификаций FBLOCKS 3 [2].

Меню FBLOCKS 3 содержит следующие блоки:

- calc left ... – функциональный блок вычислений, входы слева;
- cmp left... – функциональный блок сравнения, входы слева;
- logic left... – функциональный блок логической операции, входы слева;
- logice left... – функциональный блок логической операции с временной отметкой, входы слева;
- and/or left... – функциональный блок логической операции, входы слева;
- conv left... – функциональные блоки преобразования типа, входы слева;
- askfb... – функциональный блок тестирования битов неисправностей;
- cfab... – функциональный блок преобразования;
- cwsqrt... – функциональный блок охвата и квадратного корня;
- delay... – функциональный блок аналоговой задержки;
- fbor... – функциональный блок установки бита ошибки;
- hys... – функциональный блок гистерезиса;
- lela... – функциональный блок опережения-задержки;
- lim... – функциональный блок ограничителя;
- por... – функциональный блок пустой операции;
- prog... – произвольно программируемый функциональный блок, записанный в форме листинга (Java);

- stfl... – функциональный блок компенсации потока пара;
- tasX... – функциональный блок проверки и установки;
- tfunc... – функциональный блок табличной функции;
- sumta... – условный вычислительный функциональный блок сводной информации аналогового профиля;
- calc right... – функциональный блок вычислений, входы справа;
- cmp right... – функциональный блок сравнения, входы справа;
- logic right... – функциональный блок логической операции, входы справа;
- logice right... – функциональный блок логической операции с временной отметкой, входы справа;
- and/or right... – функциональный блок логической операции, входы справа;
- conv right... – функциональный блок преобразования типа, входы справа;
- Fuzzy – функциональные блоки нечеткого управления.



Рисунок 5.5 – Меню FBLOCKS 3

Если выбрана опция Fuzzy, на экран будет выведено подменю (рис. 5.6), в котором можно выбрать имеющиеся функциональные блоки нечеткого управления. До начала пользования в системе ValmetDNA функциональными блоками с нечетким управлением (fuzzy) необходимо наличие дополнительной лицензии.



Рисунок 5.6 – Подменю опции Fuzzy

Подменю опции Fuzzy содержит следующие функциональные блоки:

- Fuz, Fuz Short – функциональный блок подготовки задачи для решения методами нечеткой логики, обычный и короткий;
- Fuzinf, Fuzinf Short – функциональный блок логического вывода, обычный и короткий;
- Defuz, Defuz Short – функциональный блок получения решения задачи методами нечеткой логики, обычный и короткий.

## 6. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС VALMET ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### 6.1. Содержание отчета

Каждая практическая работа должна содержать следующие обязательные части:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Ход выполнения работы со скриншотами.
4. Необходимые блок-схемы модуля автоматизации (функциональные диаграммы).
5. Итоговый экран оператора.
6. Заключение / выводы.
7. Список литературы.

### 6.2. Практическая работа № 1 «Регулирование давления в баке»

Создать экран оператора и функциональную диаграмму для регулирования давления в баке в ValmetDNA.

#### Ход выполнения работы:

##### 1. Создание нового проекта

Для того, чтобы создать новый проект, потребуется запустить программу DNAExplorer, щелкнув на ее иконку (рис. ПР1.1).

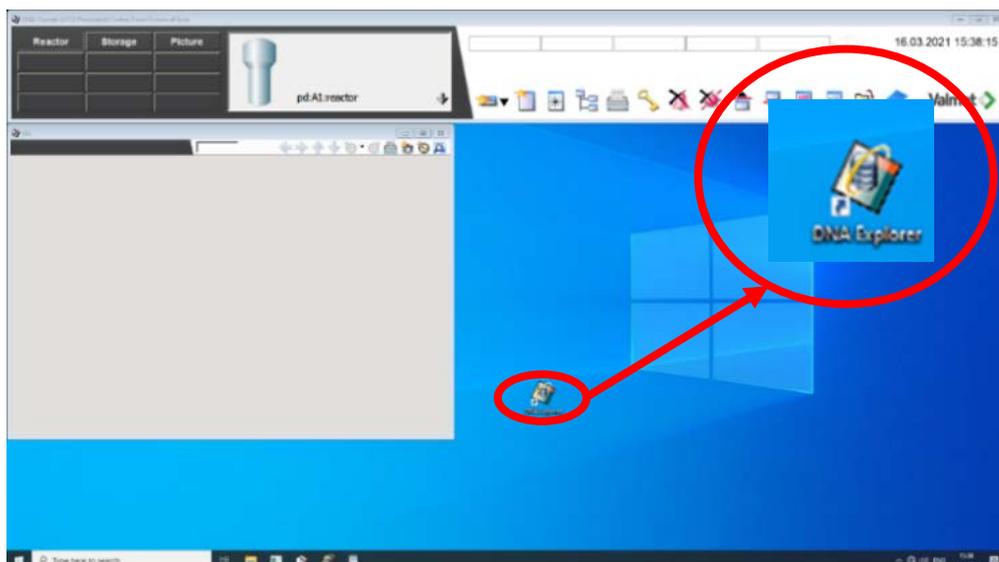


Рисунок ПР1.1 – Запуск программы DNAExplorer с помощью иконки

Или это можно сделать через Меню «Пуск» → ValmetDNA → DNA Explorer (рис. ПР1.2).

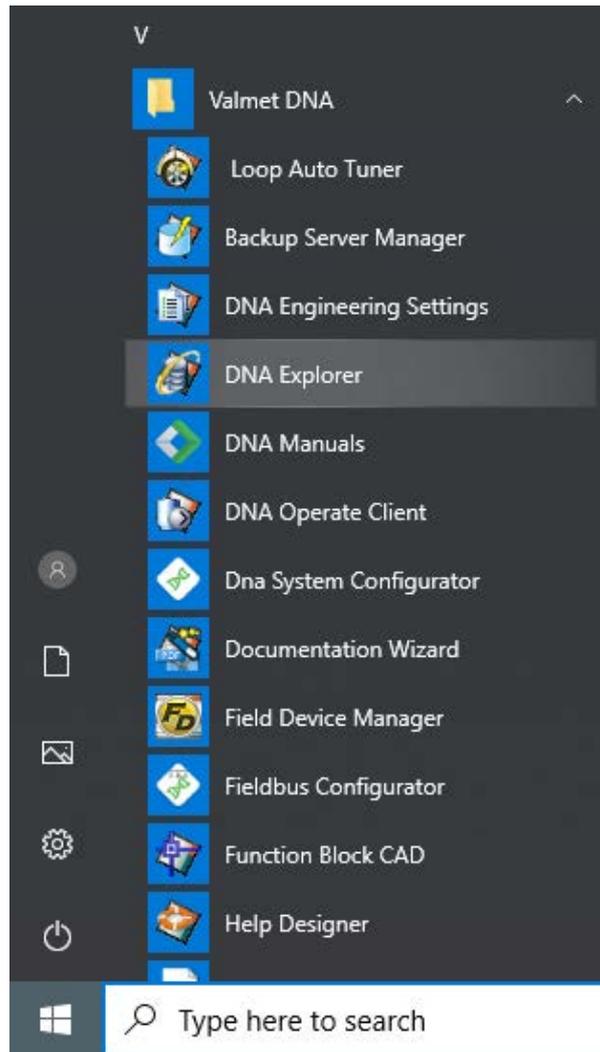


Рисунок ПР1.2 – Запуск программы DNAExplorer с помощью Меню «Пуск»

После того, как программа запущена, можно переходить к следующему шагу.

## 2. Создание экрана

Для создания экрана необходимо выбрать пункт меню Object → Create → Graphic Picture (рис. ПР1.3).

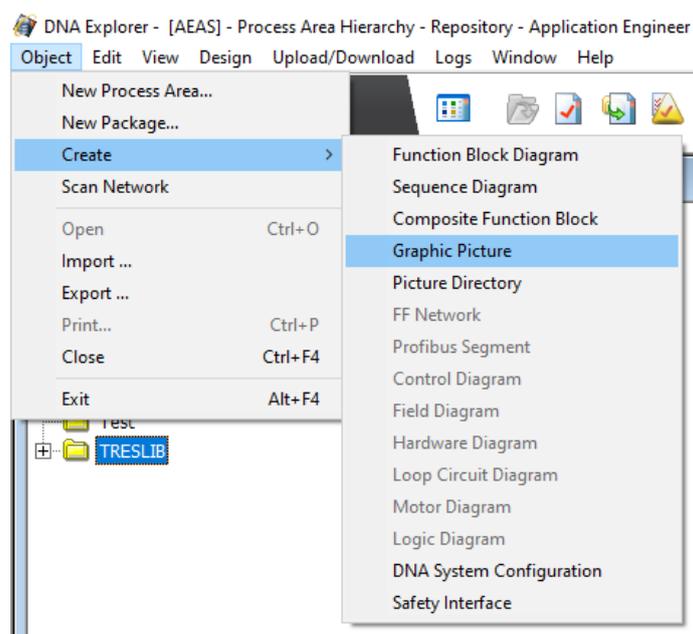


Рисунок ПР1.3 – Действия по созданию нового экрана

В появившемся окне нажать кнопку New Picture (рис. ПР1.4).

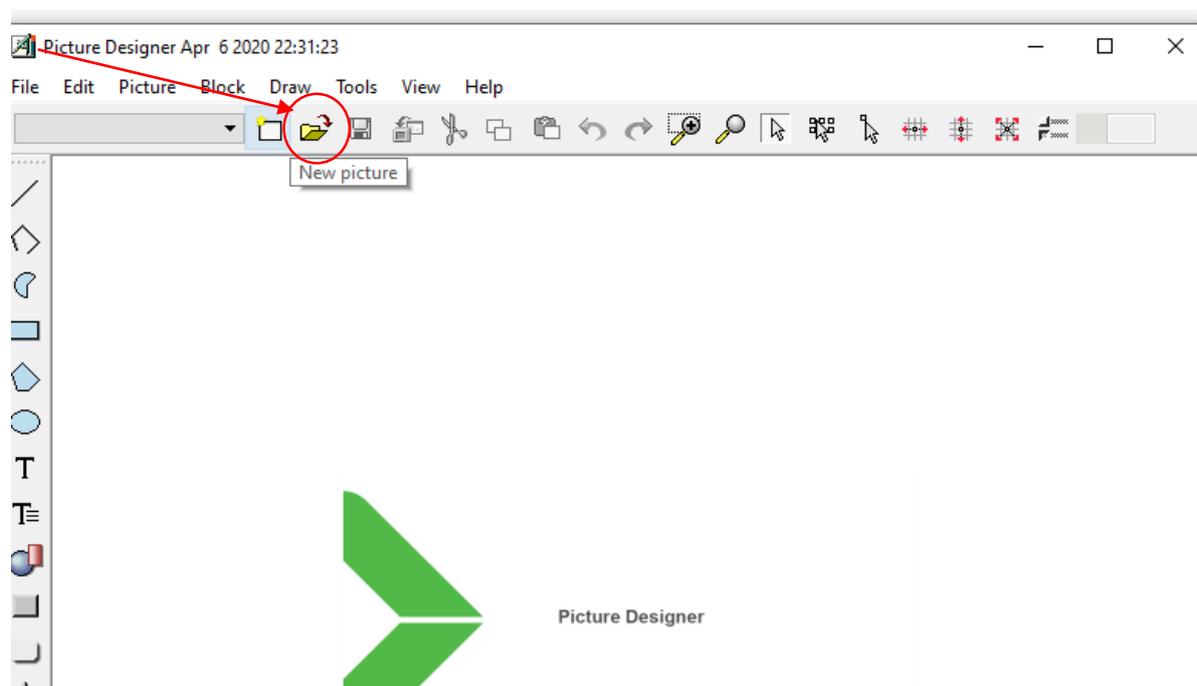


Рисунок ПР1.4 – Кнопка New picture

После этого следует задать настройки для нового экрана. Для этого нужно выбрать меню Picture → Properties (рис. ПР1.5).

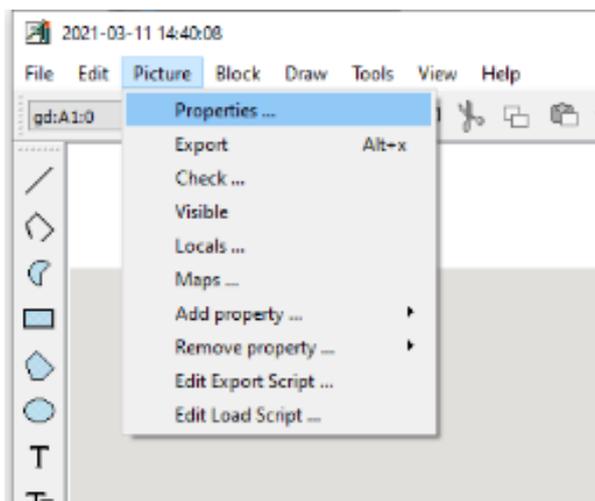


Рисунок ПР1.5 – Вызов окна настроек нового экрана

Данные настройки по умолчанию представлены на рисунке ПР1.6.

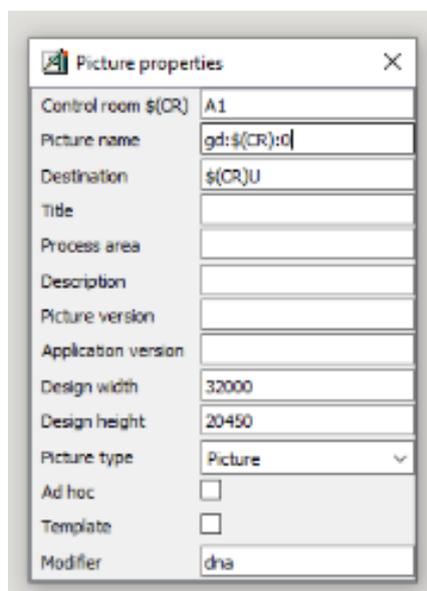


Рисунок ПР1.6 – Настройки экрана по умолчанию

Поля в данном окне требуется заполнить следующим образом (рис. ПР1.7):

- **Picture name** – изменить только последнюю цифру на любую **не занятую** другим проектом.
- **Title** – задать любой заголовок (можно на русском языке).
- **Process area** – задать имя создаваемой папки для сохранения всех составляющих разрабатываемого проекта (на английском языке).

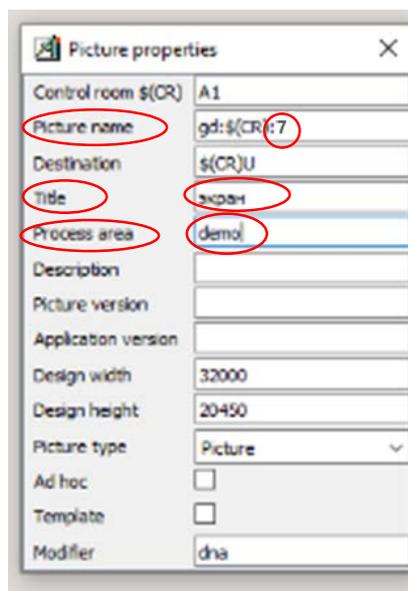


Рисунок ПР1.7 – Заполнение настроек экрана

После этого следует сохранить экран в директорию Repository (рис. ПР1.8).

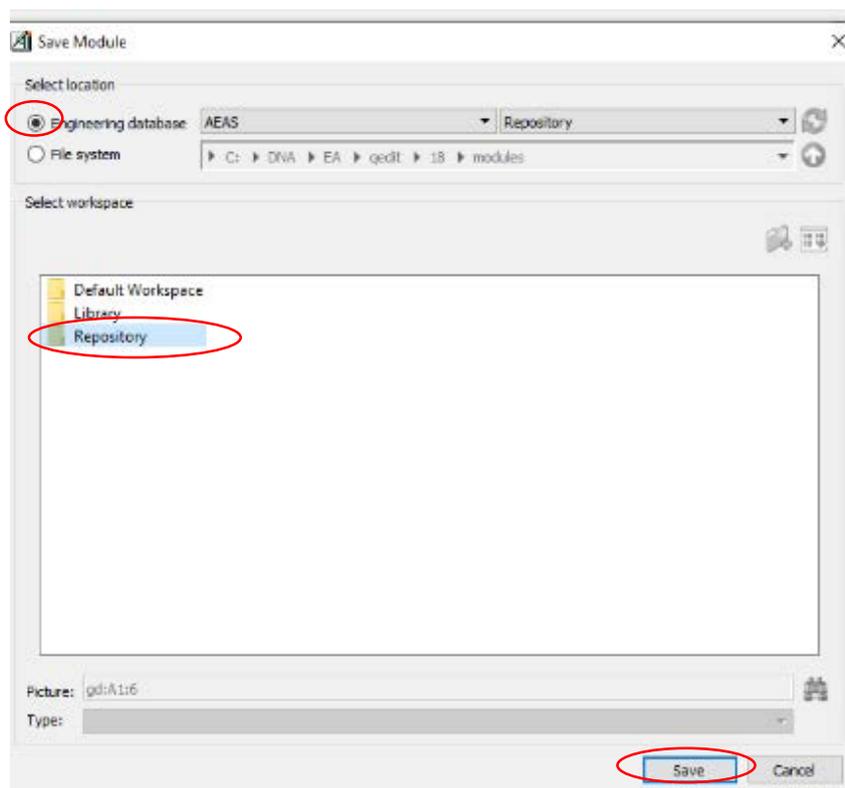


Рисунок ПР1.8 – Сохранение экрана в директорию Repository

В результате данного действия должна создаваться папка в директории с названием, введенным в поле Process area. Чтобы проверить, что папка создалась, необходимо нажать F5 (рис. ПР1.9).

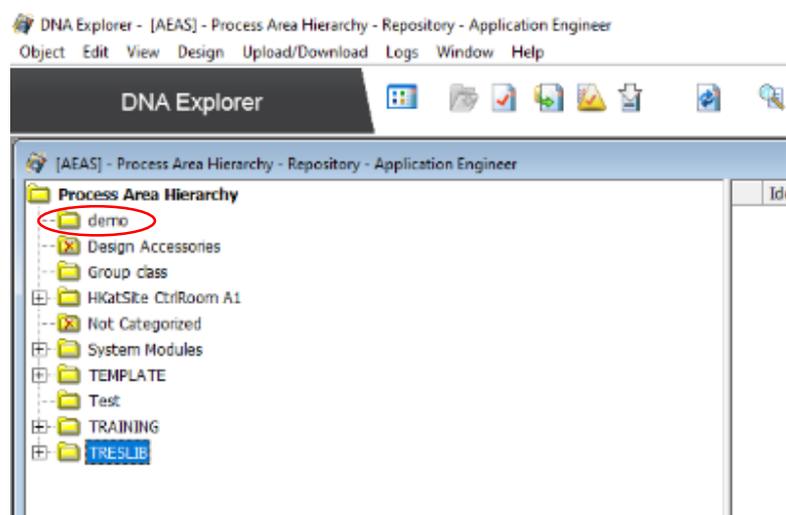


Рисунок ПР1.9 – Созданная папка

Для выполнения дальнейших действий следует зайти в созданную папку и открыть экран.

### 3. Разработка мнемосхемы

В данной практической работе необходимо создать мнемосхему, имеющую вид по аналогии с представленным на рисунке ПР1.10.

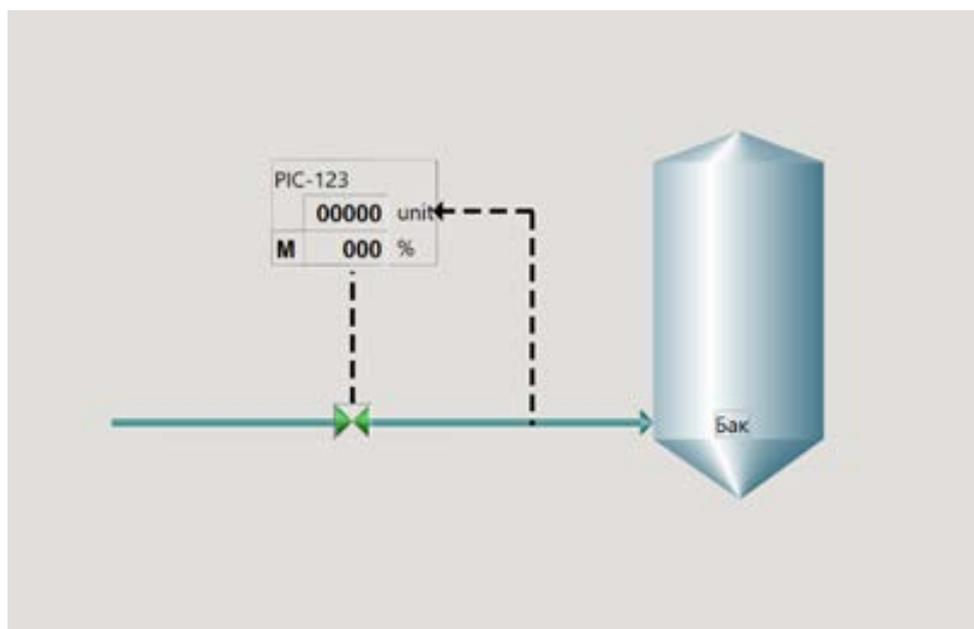


Рисунок ПР1.10 – Экран разрабатываемой мнемосхемы

Для выбора формы бака следует зайти в библиотеку Tanks: Draw → Library → Tanks (рис. ПР1.11)

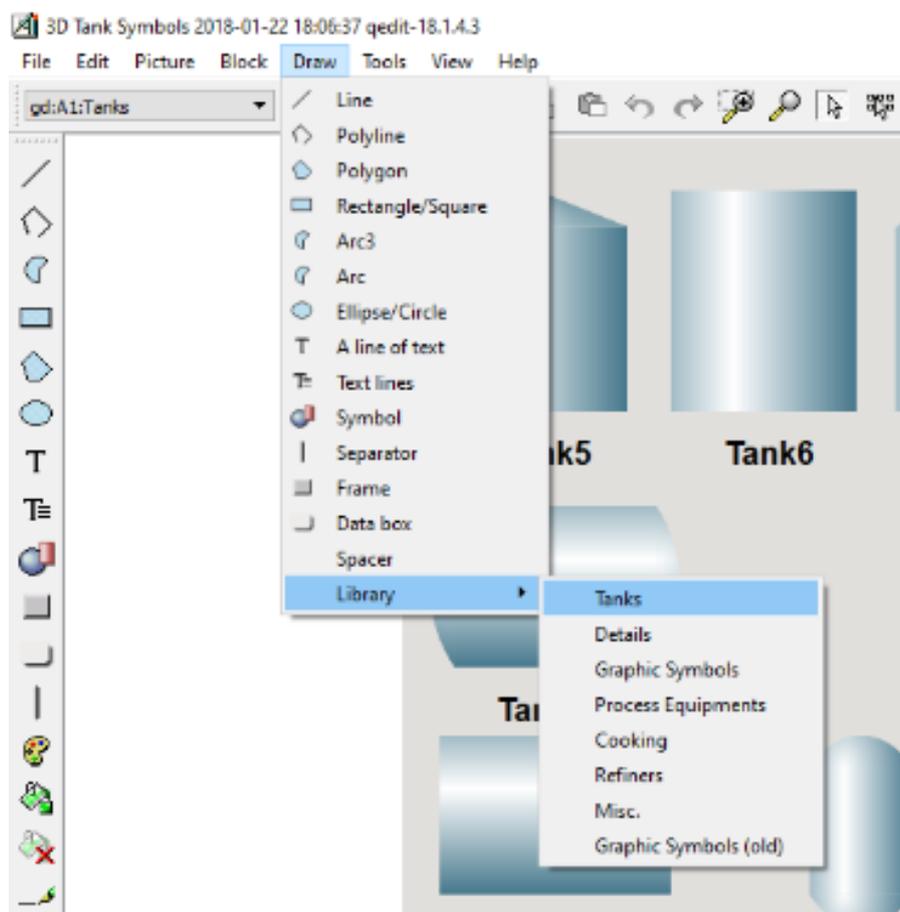


Рисунок ПР1.11 – Открытие библиотеки Tanks

В открывшейся библиотеке нужно выбрать необходимый бак с помощью ЛКМ или выделением (рис. ПР1.12)

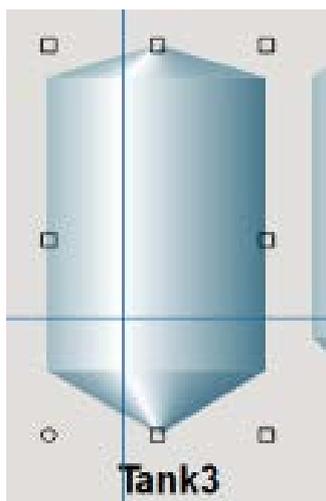


Рисунок ПР1.12 – Выделенный бак

После этого необходимо скопировать выделенный бак и перейти на созданный экран (рис. ПР1.13).

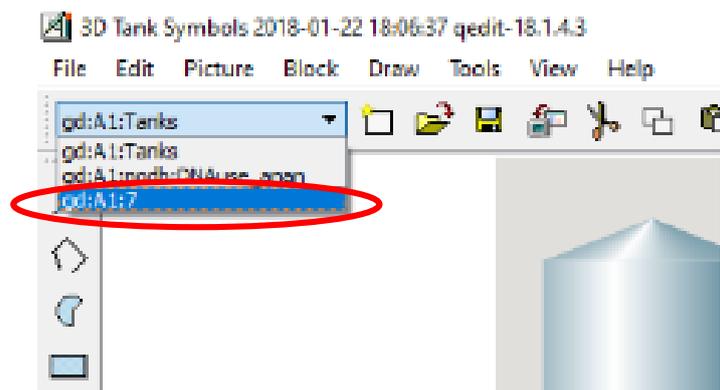


Рисунок ПР1.13 – Переход на созданный экран

Для выбора элемента отображения значений давления и процента открытия клапана необходимо перейти в библиотеку Pidn: Block → DNAoperate Library → Pidn (рис. ПР1.14).

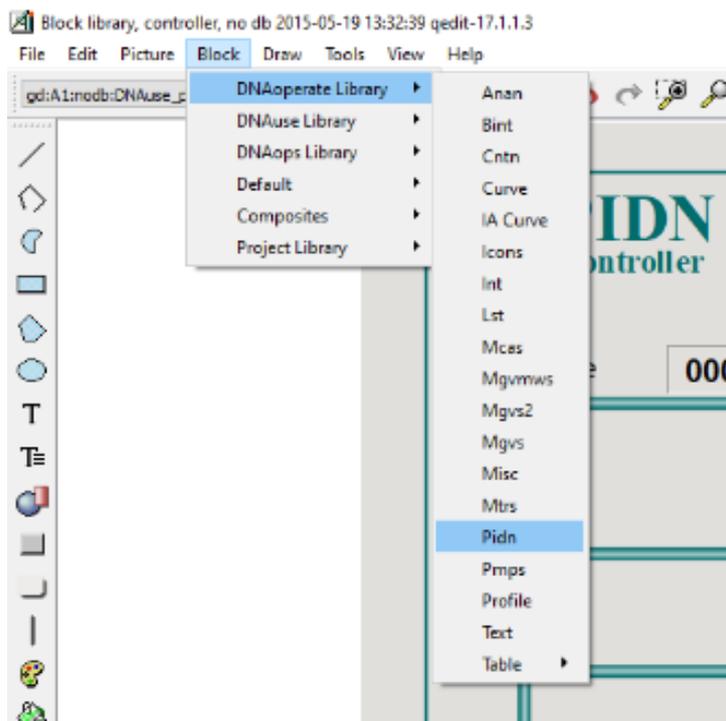


Рисунок ПР1.14 – Переход в библиотеку Pidn

После чего выбрать необходимый элемент визуализации (рис. ПР1.15).

Затем требуется скопировать его и вставить на разрабатываемый экран (так же, как это делалось с изображением бака).

Для выбора изображения клапана необходимо перейти в библиотеку Mgvs: Block → DNAoperate Library → Mgvs (рис. ПР.16).

Для изображения трубопровода необходимо нарисовать линию. Для этого: Draw → Line или в панели рисования слева (рис. ПР.17).

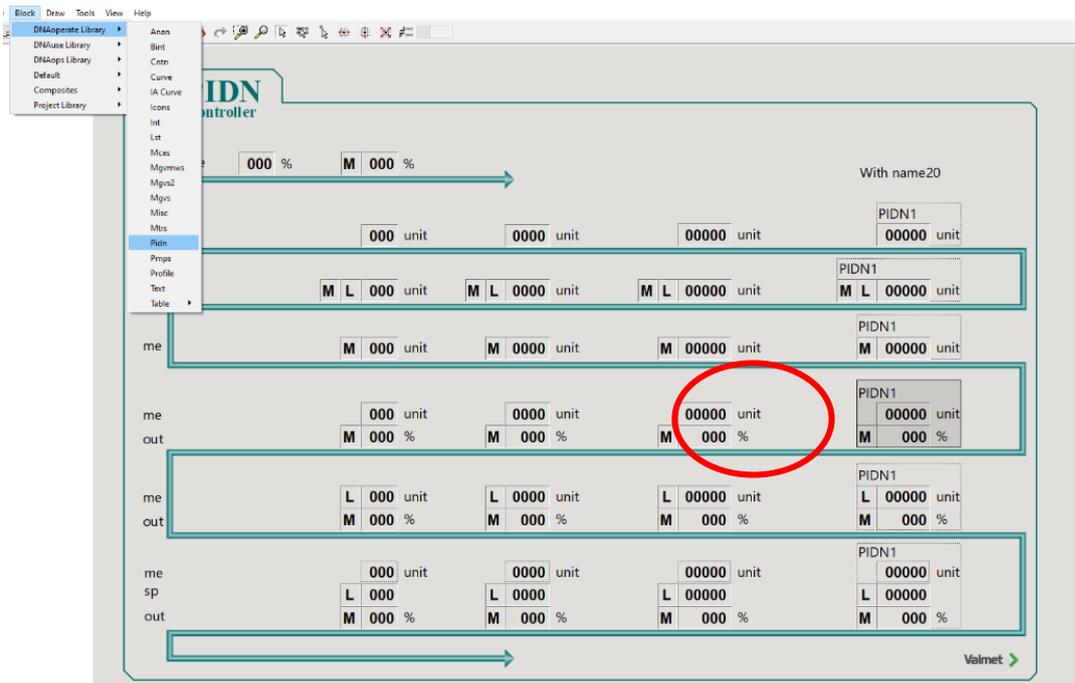


Рисунок ПР1.15 – Необходимый элемент визуализации блока Pidn

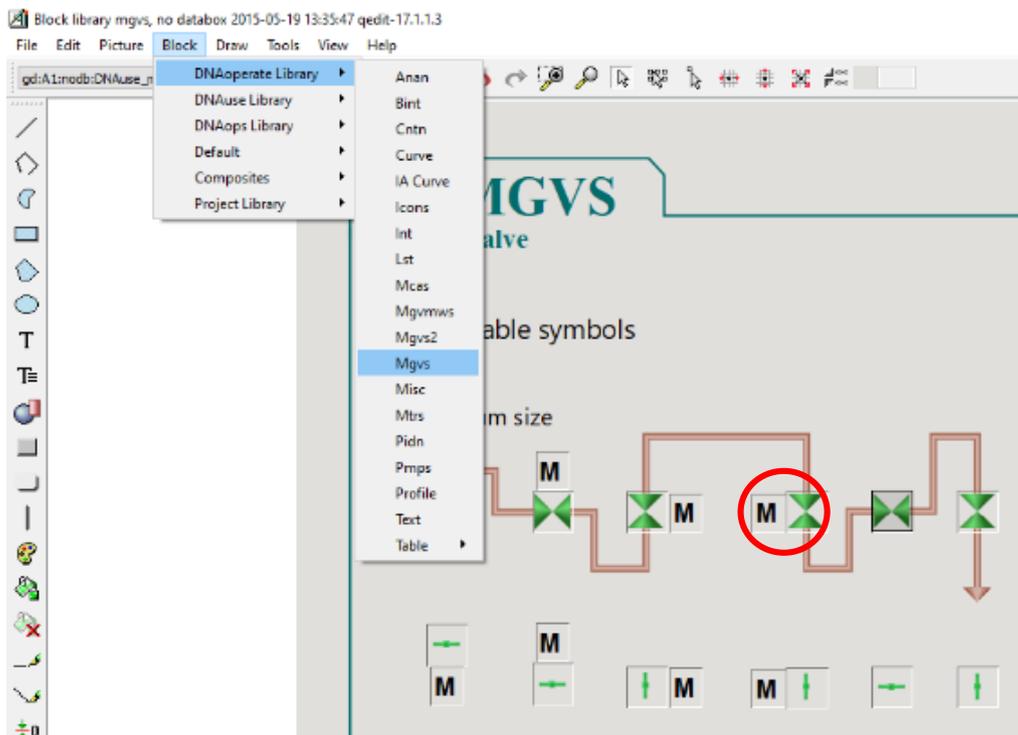


Рисунок ПР1.16 – Выбор изображения клапана

Чтобы открыть свойства линии, необходимо дважды кликнуть по ней ЛКМ.

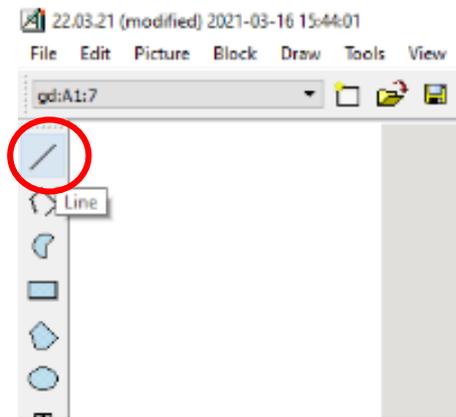


Рисунок ПР1.17 – Вызов инструмента Line

Проведенная линия представлена на рисунке ПР1.18.



Рисунок ПР1.18 – Проведенная линия

Первоначальные свойства линии представлены на рисунке ПР1.19. Перечисленные свойства линии требуется поменять:

- **Line width** – толщина линии;
- **Line style** – стиль линии;
- **Foreground color** – цвет линии;
- **Arrows** – направление стрелки.

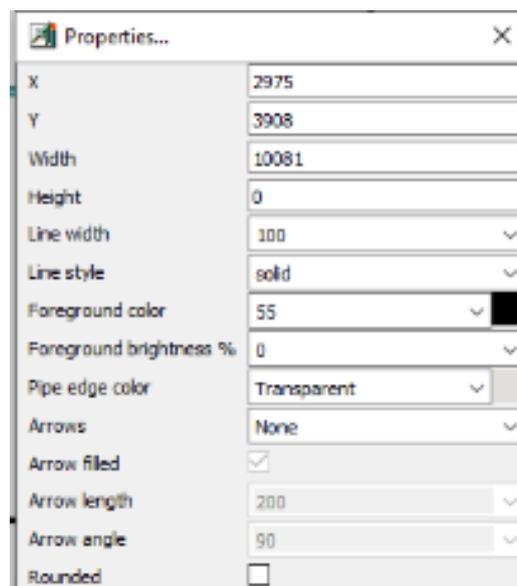


Рисунок ПР1.19 – Первоначальные свойства линии

На рисунке ПР1.20 представлен результат изменения свойств линии.

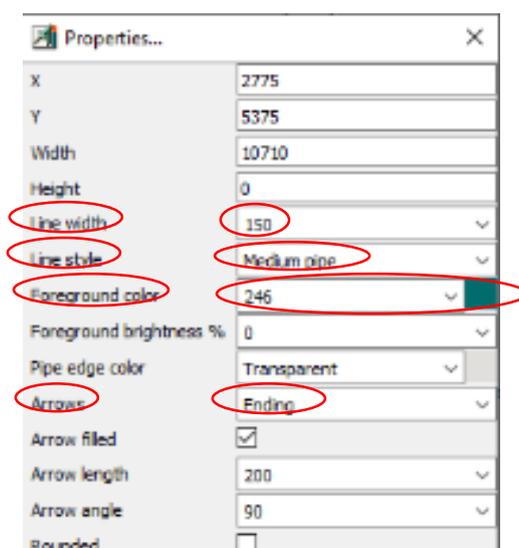


Рисунок ПР1.20 – Измененные свойства линии

На требуемой мнемосхеме изображена штриховая линия. Для создания штриховой линии требуется также воспользоваться инструментом Line и задать ей свойства, представленные на рисунке ПР1.21.

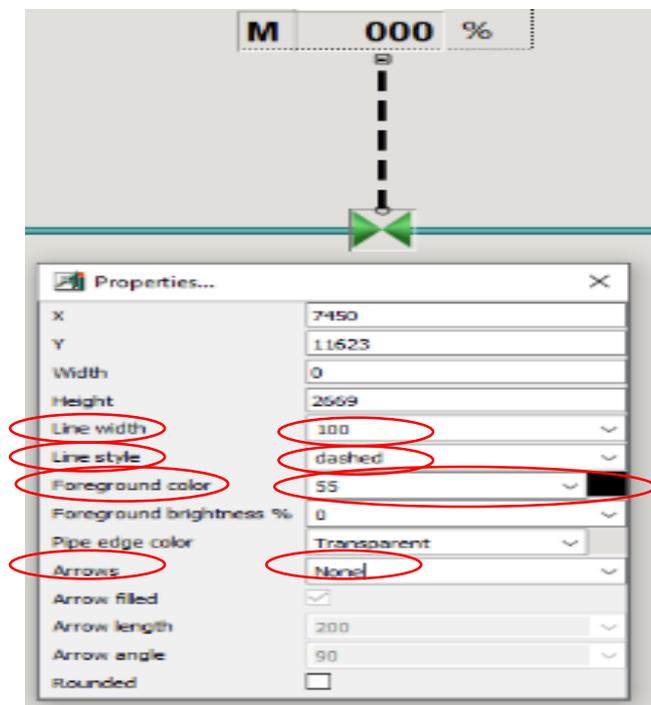


Рисунок ПР1.21 – Штриховая линия и ее свойства

Также следует создать штриховую линию со стрелкой. Ее свойства представлены на рисунке ПР1.22.

Необходимо будет создать и еще одну штриховую линию.

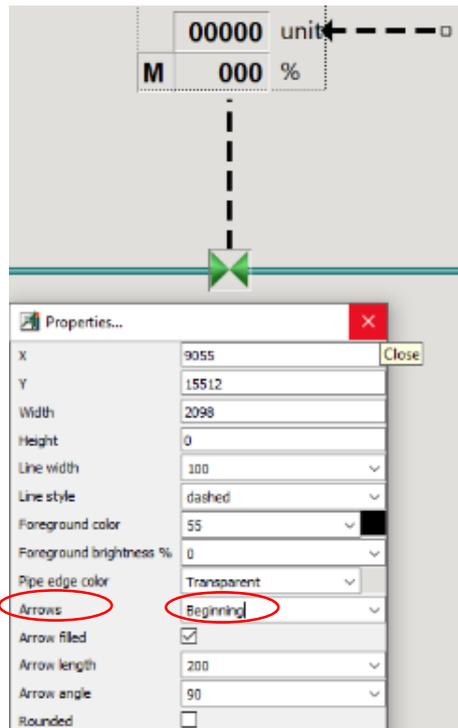


Рисунок ПР1.22 – Штриховая линия со стрелкой и ее свойства

После прорисовки всех элементов экрана требуется создать тэг для окна индикации, щелкнув по нему ЛКМ (рис. ПР1.23). Тэги в разных проектах должны отличаться друг от друга. Нельзя использовать уже занятый тэг.

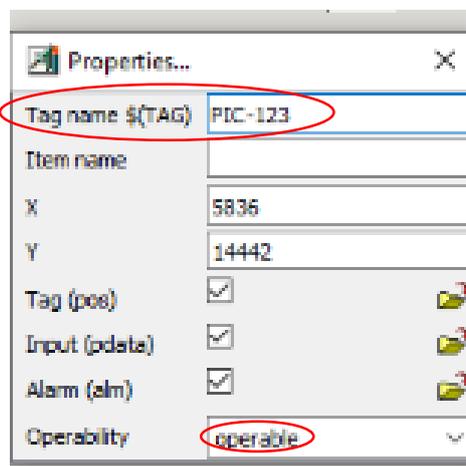


Рисунок ПР1.23 – Задание тэга для окна индикации

В свойствах окна индикации так же необходимо прописать **Item name** (рис. ПР1.24).

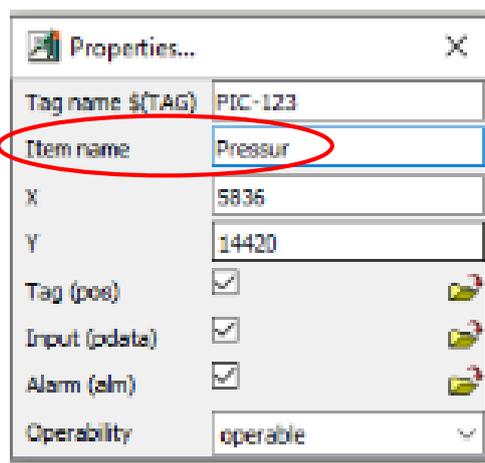


Рисунок ПР1.24 – «Item name» в свойствах окна индикации

Бак, изображенный на экране, следует подписать. Для этого можно воспользоваться инструментом Text (рис. ПР1.25).



Рисунок ПР1.25 – Инструмент Text

Для того, чтобы ввести текст в созданное текстовое окно, необходимо сделать двойной щелчок ЛКМ по текстовому окну и в появившихся свойствах написать текст «Бак» (рис. ПР1.26).

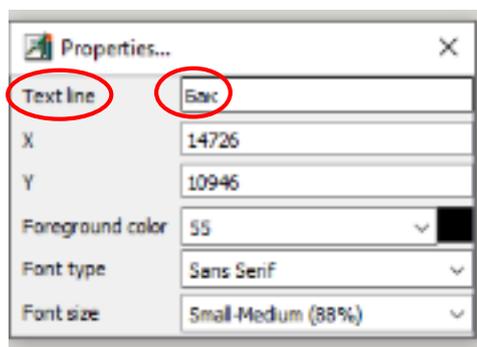


Рисунок ПР1.26 – Ввод текста с помощью окна свойств

Разработанный экран следует сохранить.

#### 4. Создание и разработка функциональной диаграммы

Чтобы создать функциональную диаграмму, необходимо в меню DNAExplorer выбрать Object → Create → Funktion Block Diagram (рис. ПР1.27).

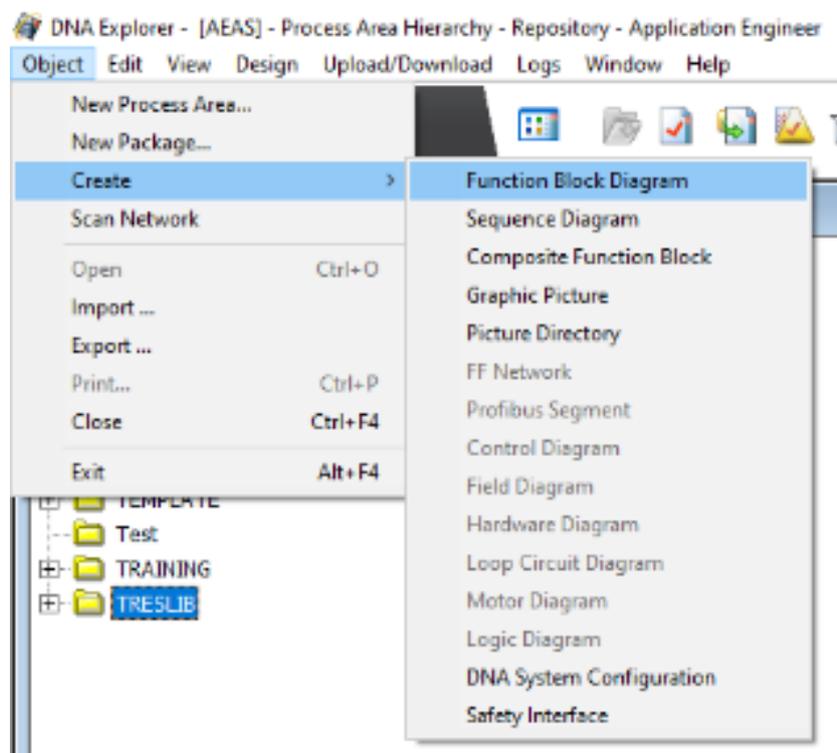


Рисунок ПР1.27 – Создание функциональной диаграммы

Разрабатываемая функциональная диаграмма должна иметь примерно следующий вид (рис. ПР1.28).

Сначала потребуется добавить вход: I/O → CAN I/O M80 → Analog input → ai8 (рис. ПР1.29).

У добавленного входа следует изменить следующие свойства (рис. ПР1.30):

- **Card place** – номер платы (модуля ввода/вывода). В данном классе номера плат следующие: AI8 – 0, DI8 – 1, DO8 – 2, AO4 – 3.

- **Chanel number** – номер канала (для каждого компьютера **разный!**).

- **Scale and unit** – указать пределы измерения (в данном случае давления).

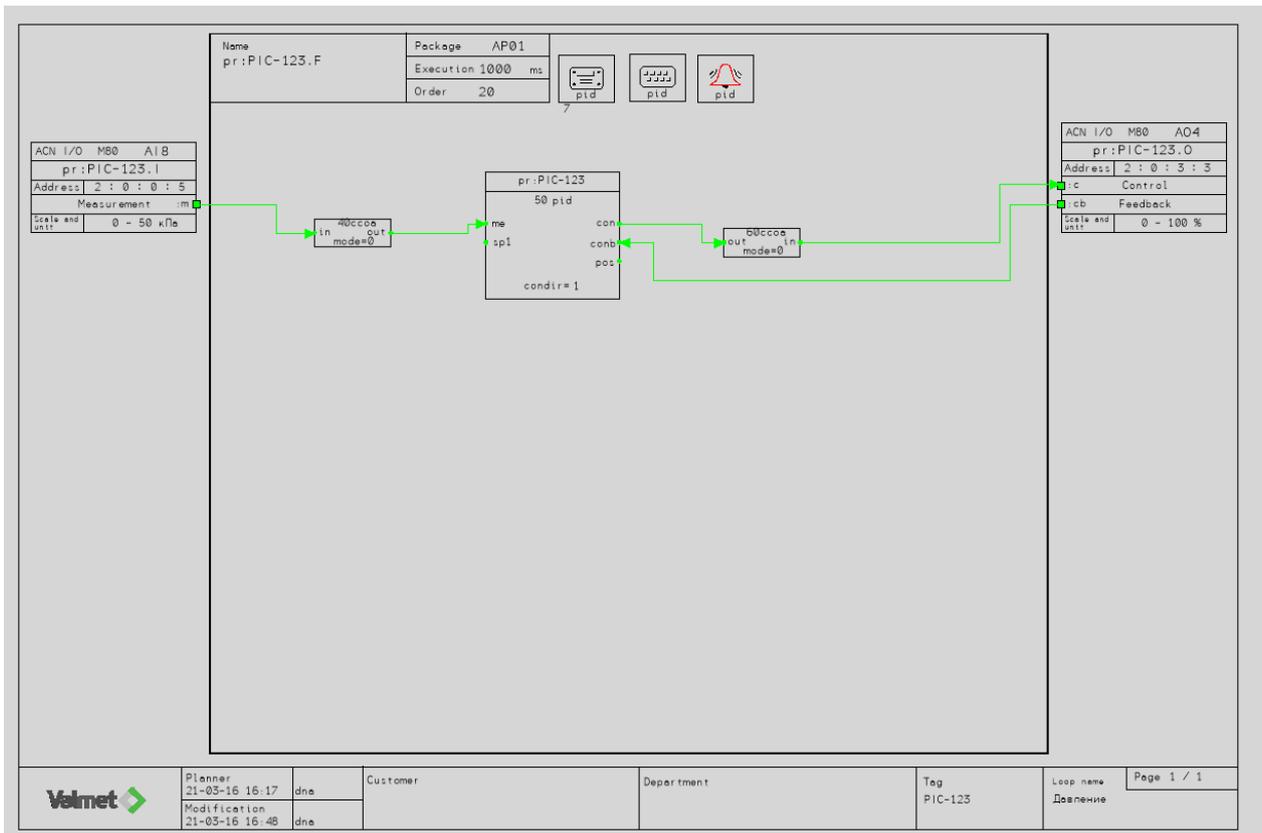


Рисунок ПР1.28 – Внешний вид разрабатываемой функциональной диаграммы

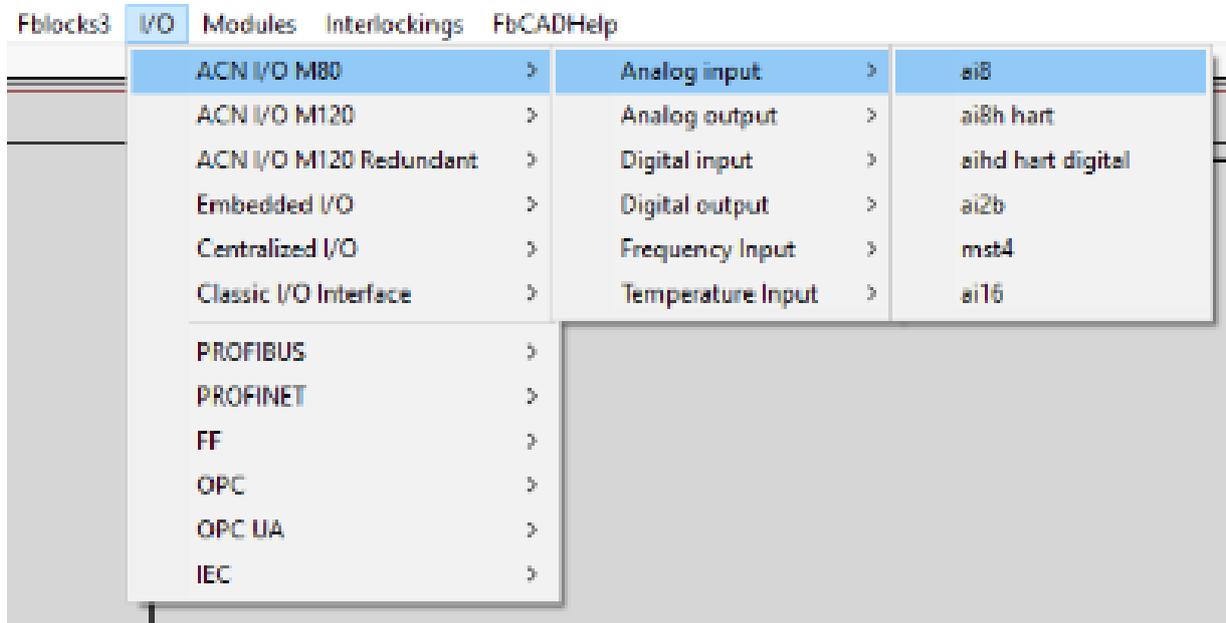


Рисунок ПР1.29 – Добавление входа

Editing attributes of -IO\_AI8

| Identifier     | Prompt                      | Value         |
|----------------|-----------------------------|---------------|
| SNAME          | Input module name           | pr:TAG_CODE.1 |
| SIOCARTYP      | Card type                   | AI8           |
| SIOCABINET     | ID cabinet                  |               |
| SFBC(2-15)     | FBC slot (2-15)             | 2             |
| SPIC(0-15)     | BC number (0-15)            | 0             |
| SCARD(0-15)    | Card place (0-15)           | 0             |
| SCHANNEL(0-7)  | Channel number (0-7)        | 5             |
| SPAR1          | Minimum                     | 5m            |
| SPAR2          | Maximum                     | 5ms           |
| SPAR3(0-15)    | Range (0-15)                | 0             |
| SPAR4          | Filter                      | 5             |
| SPAR5          | Line fault high limit       | 1             |
| SPAR6          | Line fault low limit        | 1             |
| SPAR7          | Measurement high limit      | 1             |
| SPAR8          | Measurement low limit       | 1             |
| SPAR10         | Additional parameter        | --            |
| SPAR11         | Input fault control         | 0             |
| SPAR12         | Line fault control          | 0             |
| SPAR13         | Measurement update method   | 4             |
| SSCALE         | Scale and unit              | 0 - 50 кПа    |
| SCOMMENT       | Comment text                |               |
| SSIM_HEADER    | -- Simulation parameters -- |               |
| SSIM_SIMGRP    | Simulation Group            | DefSimGroup   |
| SSIM_PERMITTED | Enable simulation           | 1             |
| SSIM_LOCATION  | Location                    |               |
| SSIM_DOCLINK1  | Document link 1             |               |
| SSIM_DOCLINK2  | Document link 2             |               |

Рисунок ПР1.30 – Изменение свойств входа

Затем добавить выход: I/O → CAN I/O M80 → Analog output → ao4 (рис.к ПР1.31).

И аналогично входу, изменить свойства выхода (рис. ПР1.32):

– **Card place** – номер платы (модуля ввода/вывода). В данном классе номера плат следующие: AI8 – 0, DI8 – 1, DO8 – 2, AO4 – 3.

– **Chanel number** – номер канала (для каждого компьютера **разный!**).

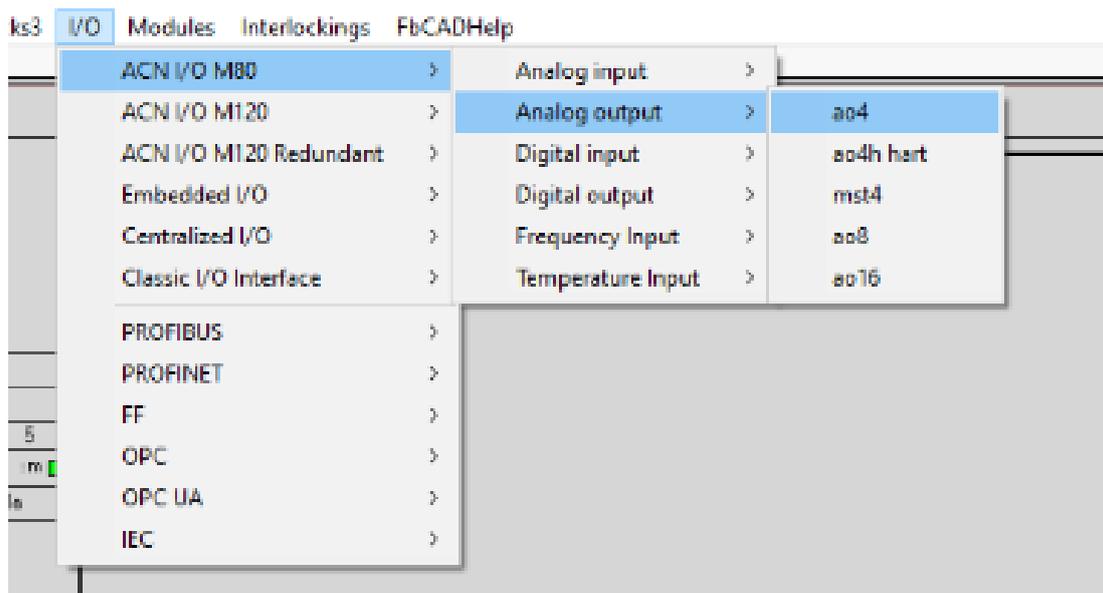


Рисунок ПР1.31 – Добавление блока выхода

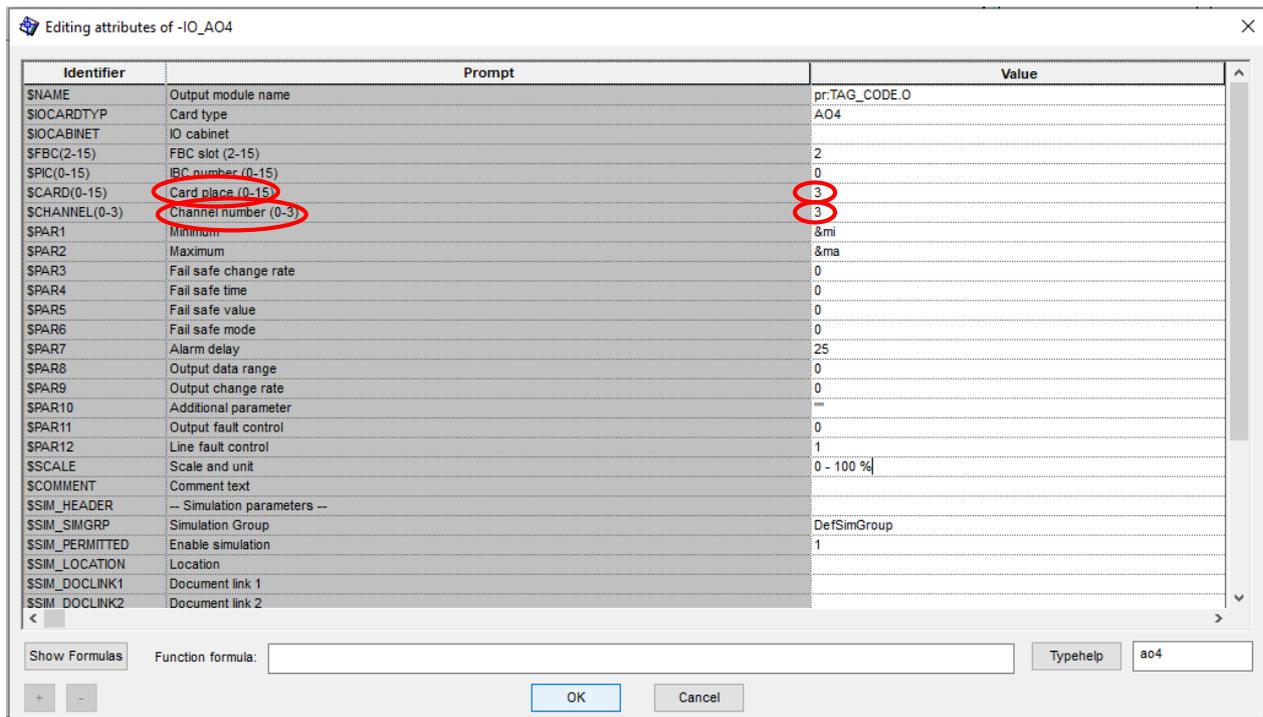


Рисунок ПР1.32 – Изменение свойств выхода

Далее необходимо добавить блок ПИД: Fblocks1 → pid → Выбрать первый блок → Ok (рис. ПР1.33).

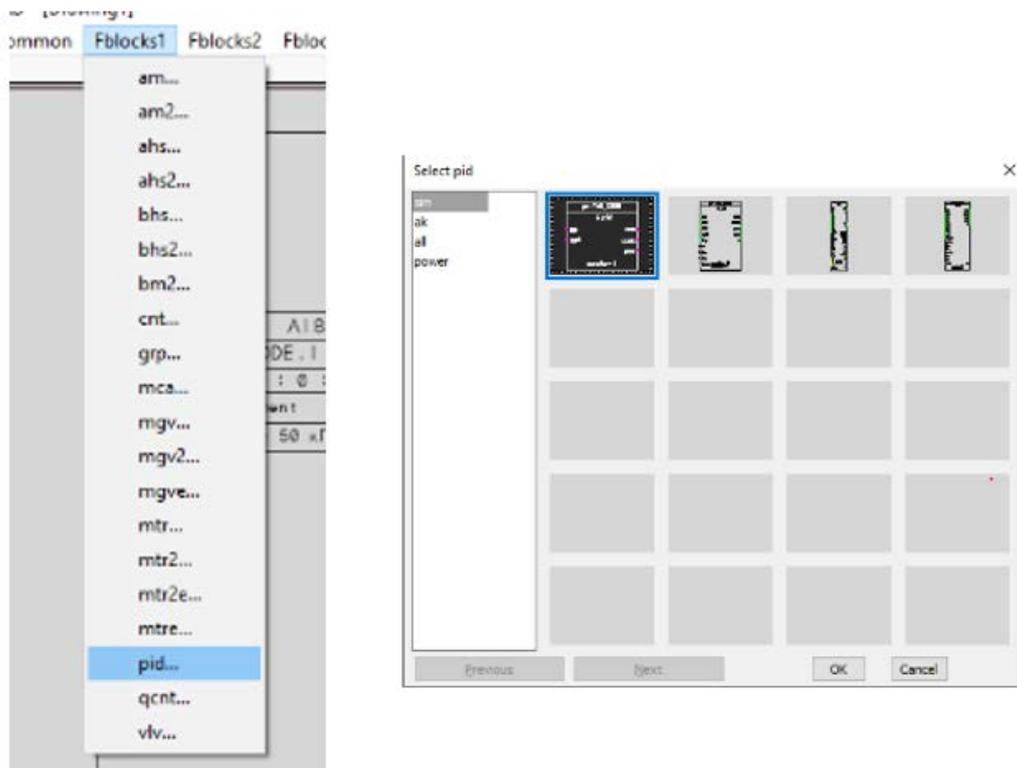


Рисунок ПР1.33 – Добавление блока pid

У данного блока требуется изменить следующие свойства (рис. ПР1.34):

- **execution order** – порядок выполнения блока внутри программы;
- **mema MEAS SCALE MAXIMUM** – максимальное значение регулируемой величины (**формат числа должен быть следующим: \_\_. \_\_**);
- **mehh MEAS H HIGH LIMIT** – сигнализация выше верхнего предела;
- **meh MEAS HIGH LIMIT** – сигнализация верхнего предела;
- **mel MEAS LOW LIMIT** – сигнализация нижнего предела;
- **mel MEAS LOW LIMIT** – сигнализация ниже нижнего предела.

| Identifier | Prompt                   | Value       |
|------------|--------------------------|-------------|
| BORDER     | EXECUTION ORDER          | 50          |
| SPOINT     | DIRECT ACCESS PORT NAME  | pr.TAG_CODE |
| CONDIR<    | condir CONTROL DIRECTION | 1           |
| MEMI<      | memi MEAS SCALE MINIMUM  | 0.0         |
| MEMA<      | mema MEAS SCALE MAXIMUM  | 50.0        |
| COMI<      | comi CONTROL SCALE MINIM | 0.0         |
| COMA<      | coma CONTROL SCALE MAXIM | 100.0       |
| TRACK1<    | track1 SETPOINT 1 TRACK  | 0           |
| EAU<       | eau ERROR ALARMS USED    | 0           |
| COAU<      | coau CONTROL ALARMS USED | 0           |
| KP<        | kp P-TERM GAIN           | 0.0.75      |
| TI<        | i INT ACTION TIME CONST  | 0.30.0      |
| COLMI<     | colmi MIN LIMIT OF CONTR | 0.0.0       |
| COLMA<     | colma MAX LIMIT OF CONTR | 0.100.0     |
| MEHH<      | mehh MEAS H HIGH LIMIT   | 50.0        |
| MEH<       | meh MEAS HIGH LIMIT      | 40.0        |
| MEL<       | mel MEAS LOW LIMIT       | 5.0         |
| MELL<      | mell MEAS L LOW LIMIT    | 0.0         |
| EH<        | eh DEVIATION HIGH LIMIT  | 100.0       |
| EL<        | el DEVIATION LOW LIMIT   | -100.0      |
| COH<       | coh CONTROL HIGH LIMIT   | 100.0       |
| COL<       | col CONTROL LOW LIMIT    | 0.0         |
| ACTCONB<   | actconb READ CNTRL BACK  | 1           |

Рисунок ПР1.34 – Свойства для блока pid

Также требуется добавить блок условного копирования входного сигнала: Fblocks2 → соХ left → Small → Выбрать первый блок → Ok (рис. ПР1.35) и изменить его свойства (рис. ПР1.36):

- **Execution order** – порядок выполнения блока внутри программы (**должен быть меньше порядкового номера блока PID**).

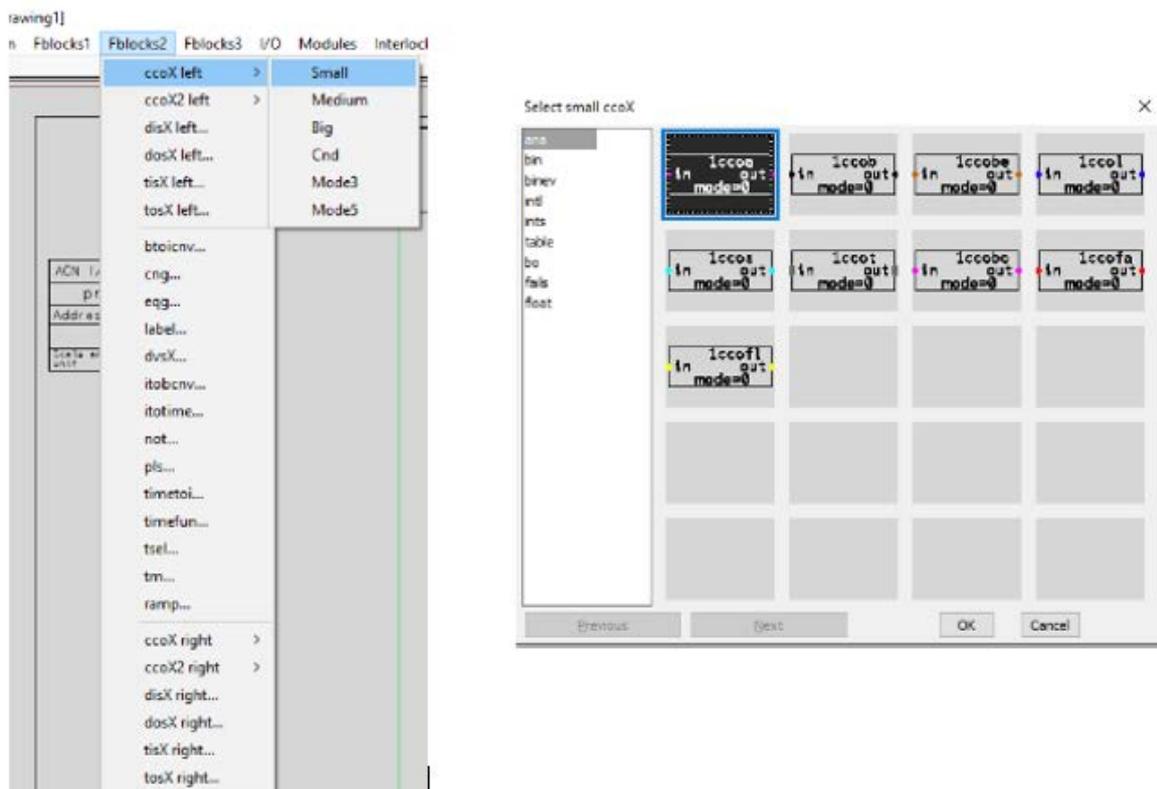


Рисунок ПР1.35 – Добавление блока условного копирования входного сигнала

| Identifie | Prompt                    | Value |
|-----------|---------------------------|-------|
| \$ORDER   | Execution order           | 40    |
| MODE-     | mode, copy condition      | 0     |
| CND<      | cnd, copy condition input | 1     |
| FMASK-    | fmask, fault bit mask     | 0     |
| MINCHA<   | mincha, minimum change    | 0,00  |

Рисунок ПР1.36 – Изменение свойств блока условного копирования входного сигнала

Аналогично следует добавить блок условного копирования выходного сигнала: Fblocks2 → ccoX right → Small → Выбрать первый блок → Ok (рис. ПР1.37) и изменить его свойства (рис. ПР1.38):

– **Execution order** – порядок выполнения блока внутри программы (должен быть больше порядкового номера блока PID).

Когда все блоки размещены, необходимо их соединить. Для этого требуется создать линии связи: Draw → Scalar autocolor wire (рис. ПР1.39).

Чтобы линии связи было удобнее располагать на пространстве функциональной диаграммы, следует отключить внизу инструменты SNAP и GRID (рис. ПР1.40).

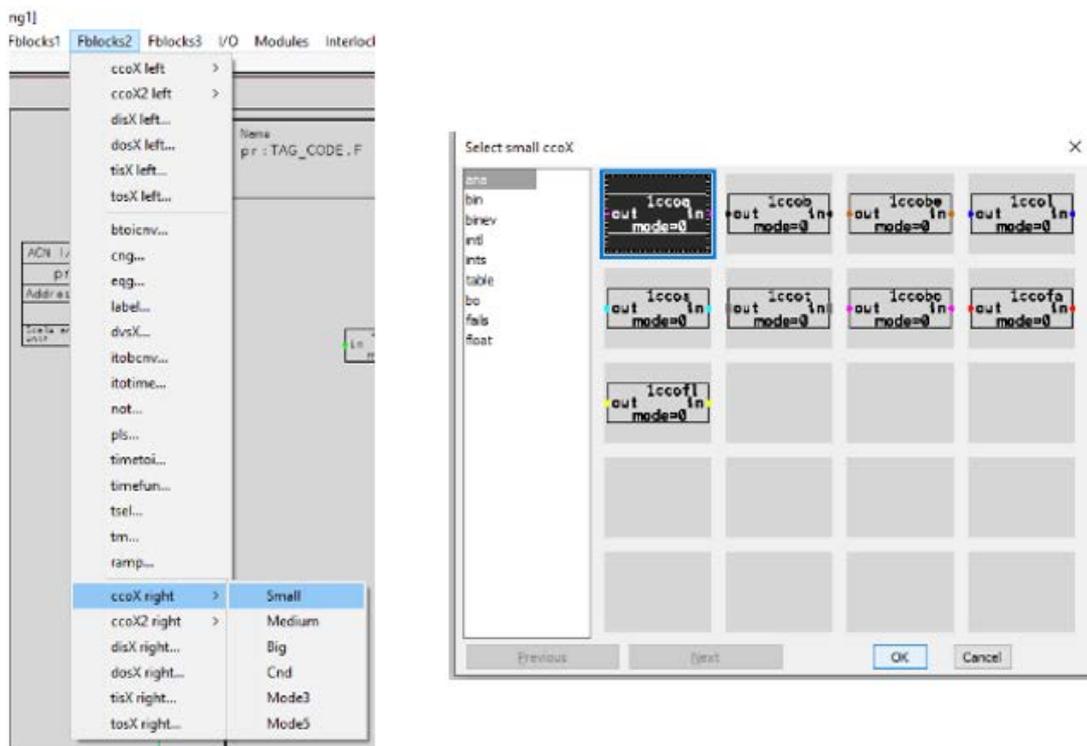


Рисунок ПР1.37 – Добавление блока условного копирования выходного сигнала

| Identifie | Prompt                    | Value |
|-----------|---------------------------|-------|
| \$ORDER   | Execution order           | 00    |
| MODE=     | mode, copy condition      | 0     |
| CND<      | cnd, copy condition input | 1     |
| FMASK=    | fmask, fault bit mask     | 0     |
| MINCHA<   | mincha, minimum change    | 0,0,0 |

Рисунок ПР1.38 – Изменение свойств блока условного копирования входного сигнала

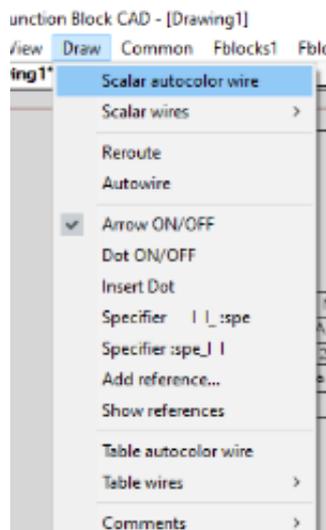


Рисунок ПР1.39 – Создание линий связи



Рисунок ПР1.40 – Инструменты SNAP и GRID

Рисование начинается щелчком ЛКМ от зеленого квадратика на блоке. Рисование завершается при попадании в зеленый квадратик следующего блока нажатием ПКМ.

Для изменения направления рисования используется щелчок ЛКМ.

Масштаб изменяется колесиком мыши.

Результат размещения и соединения блоков функциональной диаграммы представлен на рисунке ПР1.41.

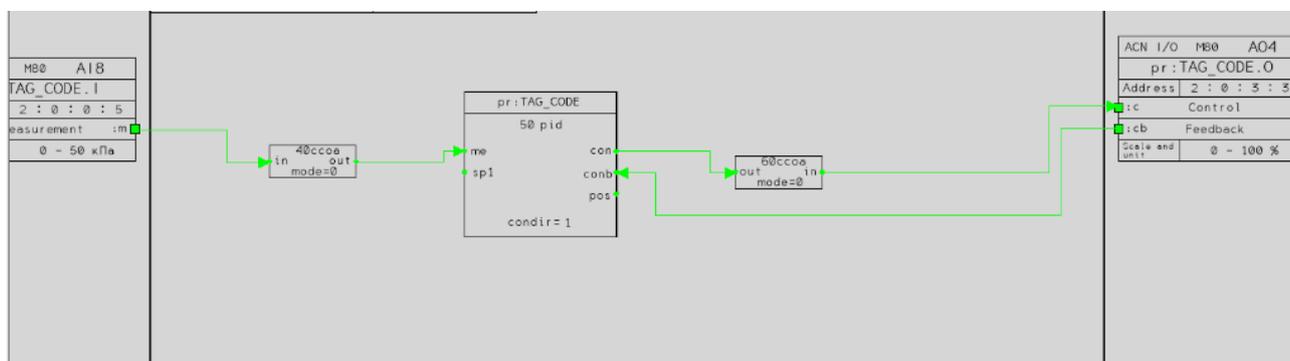


Рисунок ПР1.41 – Результат размещения и соединения блоков функциональной диаграммы

Для того, чтобы функциональная диаграмма в дальнейшем обеспечивала возможность наблюдения всех сигналов и аварийных сообщений, требуется также добавить несколько блоков. Одним из них является блок позиционирования pid: Modules → Position → Pid (рис. ПР1.42).

У блока позиционирования pid следует изменить следующие свойства (рис. ПР1.43):

- **MEASUREMENT MAXIM VALUE** – максимальное значение для позиционирования;
- **UNIT OF MEAS VAL. (8char)** – единицы измерения;
- **HIERARCHY CODE OF DISPL** – иерархический номер дисплея (необходимо указать номер экрана, который был предварительно создан).

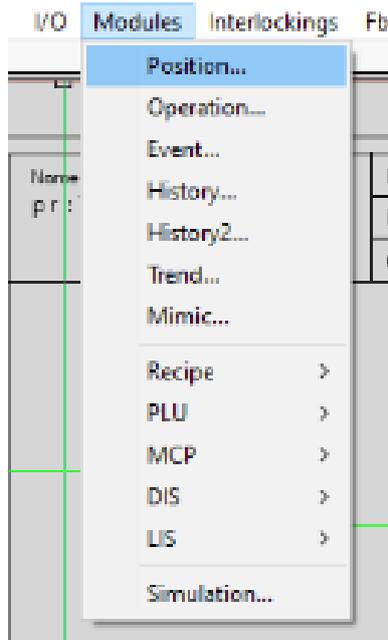


Рисунок ПР1.42 – Добавление блока позиционирования pid

| Identifier  | Prompt                                | Value |
|-------------|---------------------------------------|-------|
| SP1OP       | SETPOINT1 OPERABILITY                 | 1     |
| SP2OP       | SETPOINT2 OPERABILITY                 | 0     |
| SP3OP       | SETPOINT3 OPERABILITY                 | 0     |
| KPOP        | OPERABILITY OF KP-PARAM               | 1     |
| TIOP        | OPERABILITY OF TI-PARAM               | 1     |
| TDOP        | OPERABILITY OF TD-PARAM               | 0     |
| TDFOP       | OPERABILITY OF TDF-PARAM              | 0     |
| KFFOP       | OPERABILITY OF KFF-PARAM              | 0     |
| MESCMN      | MEASUREMENT MNIM VALUE                | 0     |
| MESCMAX     | MEASUREMENT MAXIM VALUE               | 50    |
| MESCPREC    | NO OF DEC. IN MEAS. (0-5)             | 0     |
| MESCFPPREC  | NO OF DEC. IN FACEPLATE MEAS. (0-5)   | 0     |
| MEUNIT      | UNIT OF MEAS VAL. (8char)             | kg/m  |
| SPOSTEP     | Setpoint operation step size (0=Auto) | 0     |
| OUTSCMIN    | MIN VALUE OF CONTR SCALE              | 0     |
| OUTSCMAX    | MAX VALUE OF CONTR SCALE              | 100   |
| OUTSCPREC   | NO OF DEC. OF CONTR(0-5)              | 0     |
| OUTFSPCPREC | NO OF DEC. OF FACEPLATE CONTR(0-5)    | 0     |
| OUTUNIT     | UNIT OF CONTROL (8char)               | %     |
| OUTOPSTEP   | OUTPUT OPERATION STEP SIZE (0=AUTO)   | 0     |
| SPFPSPCPREC | NO OF DEC. OF FACEPLATE SETPOINT(0-5) | 0     |
| \$DD        | HIERARCHY CODE OF DISPL               | 7     |
| --FM        | FM (0= ,1=ALM,2=MSG)                  | 0     |
| --FC        | FC (0= ,1=ALM,2=MSG)                  | 0     |
| --MEHH      | MEHH(0= ,1=ALM,2=MSG)                 | 0     |
| --MEH       | MEH (0= ,1=ALM,2=MSG)                 | 1     |
| --MEL       | MEL (0= ,1=ALM,2=MSG)                 | 1     |

Рисунок ПР1.43 – Изменение свойств блока позиционирования pid

Также необходимо добавить блок управления параметрами: Modules → Operation → Pid (рис. ПР11.44) и блок сигнализации: Modules → Event → Pid (рис. ПР1.45).

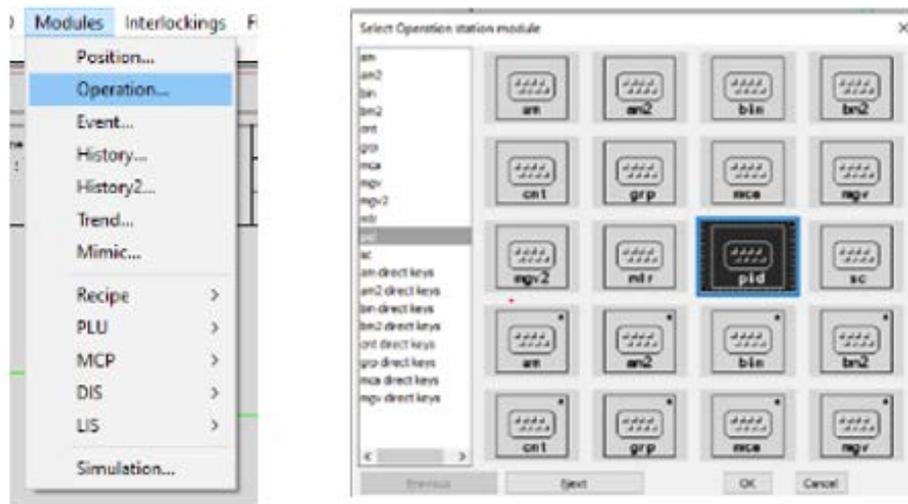


Рисунок ПР1.44 – Добавление блока управления параметрами

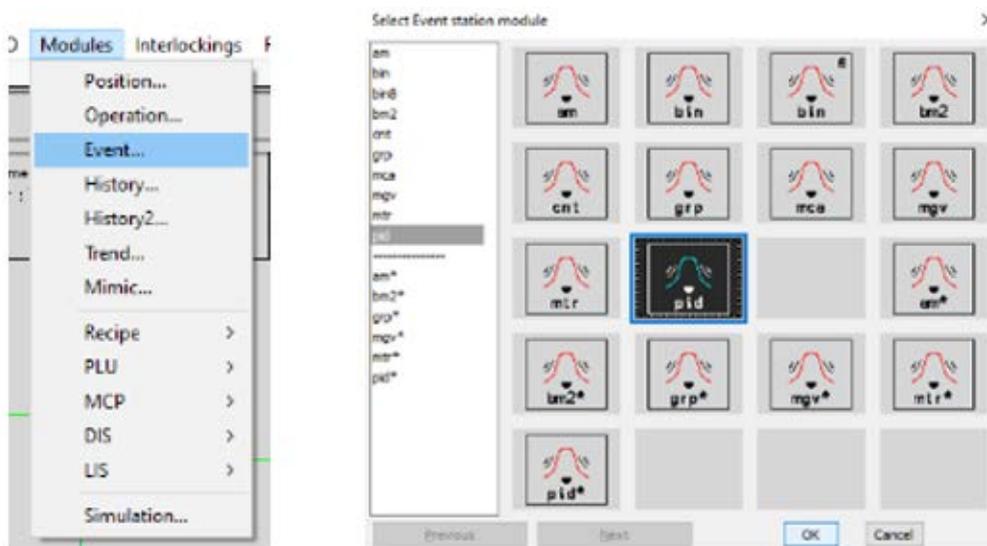


Рисунок ПР1.45 – Добавление блока сигнализации

Завершающим этапом является изменение имени контура и всех тэгов блоков функциональной диаграммы (они должны совпадать с тэгами разработанного экрана, поскольку именно по данным именам происходит связь экрана и функциональной диаграммы).

Для того, чтобы изменить имя контура, необходимо выделить внешнюю границу чертежа (ЛКМ 1 клик) → Edit → Value и в свойствах изменить **Loop name** (рис. ПР1.46).

| Identifier     | Prompt               | Value          |
|----------------|----------------------|----------------|
| \$NAME         | LOOP TAG             | TAG_CODE       |
| \$DESCRIPTION1 | LOOP NAME (FIELD 1)  | Давление       |
| \$DESCRIPTION2 | LOOP NAME (FIELD 2)  |                |
| \$STATUS       | LOOP STATUS          | complete       |
| \$CREATOR      | NAME OF PLANNER      | dna            |
| \$CREATED      | DATE OF PLANNING     | 21-03-16 16:17 |
| \$MODIFIER     | NAME OF MODIFIER     | -              |
| \$MODIFIED     | DATE OF MODIFICATION | YY-MM-DD HH:MM |
| \$PROCESSAREA1 | PROCESS AREA 1       |                |
| \$PROCESSAREA2 | PROCESS AREA 2       |                |
| \$PROCESSAREA3 | PROCESS AREA 3       |                |
| \$PROCESSAREA4 | PROCESS AREA 4       |                |

Рисунок ПР1.46 – Изменение имени контура

Чтобы изменить все тэги блоков функциональной диаграммы, необходимо выбрать Edit → Edit → Gedit → нажать Enter → Написать тэг (PIC-123) → нажать Enter (рис. ПР1.47).

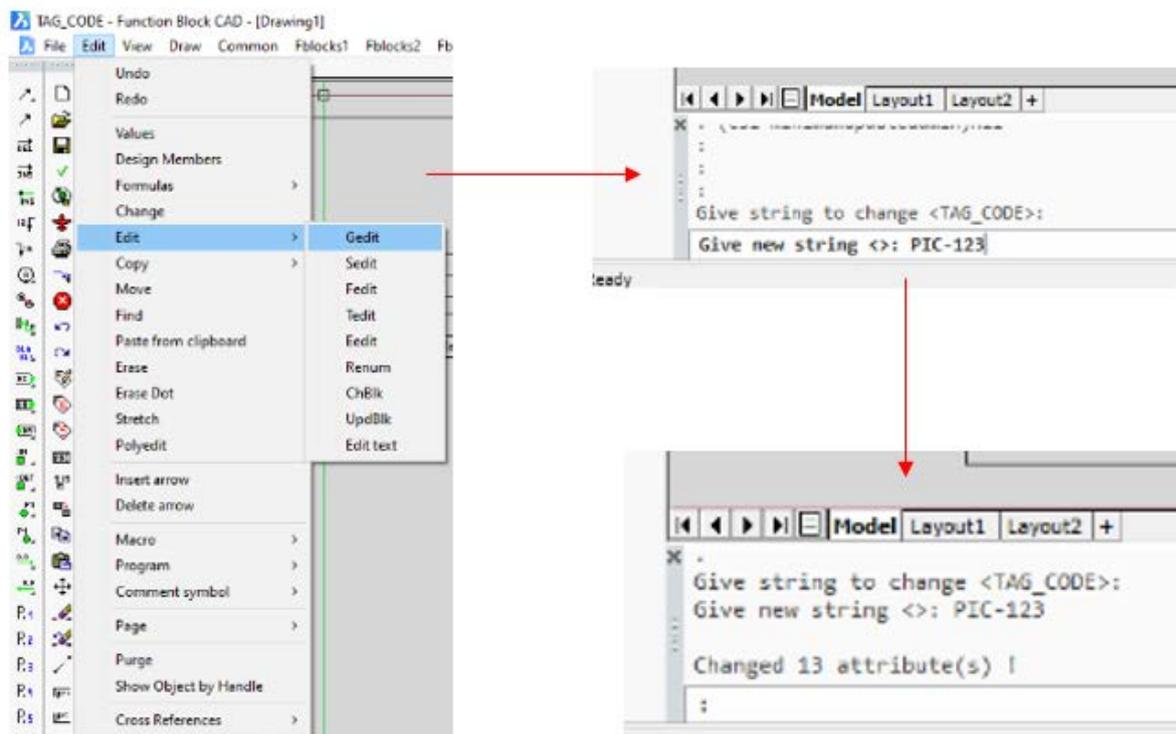


Рисунок ПР1.47 – Изменение всех тэгов блоков функциональной диаграммы

Теперь функциональная диаграмма является завершенной.

##### 5. Сохранение функциональной диаграммы

Чтобы сохранить функциональную диаграмму, необходимо нажать Save и выбрать директорию сохранения, как показано на рисунке ПР1.48.

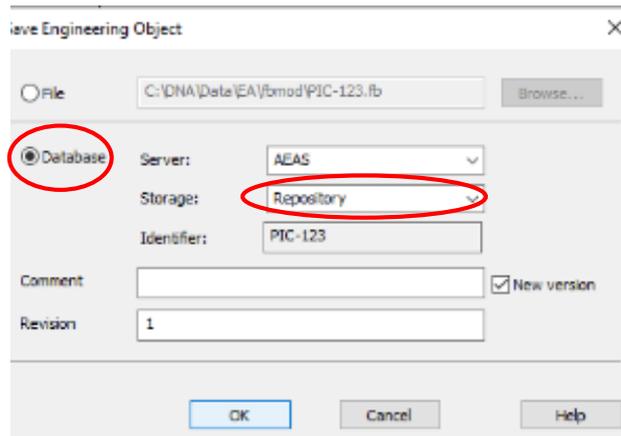


Рисунок ПР1.48 – Сохранение функциональной диаграммы

Функциональная диаграмма сохранена в директорию Repository в папку demo.

#### б. *Запуск симуляции*

Если проект не сохранился в созданную в самом начале папку, то он находится в папке NotCategorised. Его следует найти и перетащить в созданную папку.

Для загрузки проекта в сервер (только после этого можно будет запустить симуляцию на операторской станции) следует нажать Ctrl, выделить экран и функциональную диаграмму → щелкнуть ПКМ → Download to... (рис. ПР1.49).

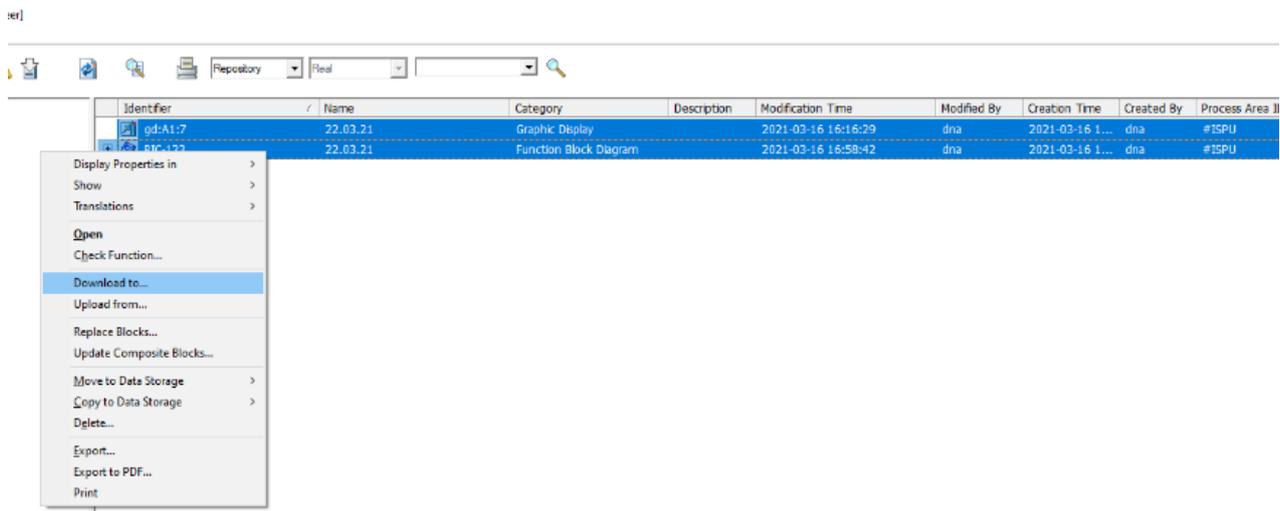


Рисунок ПР1.49 – Загрузка проекта на сервер

Затем в свойствах следует установить флажок Add (рис. ПР1.50).

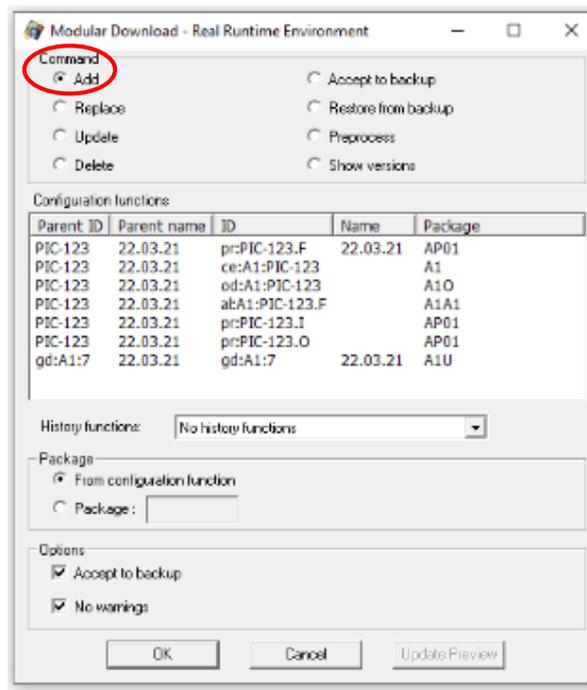


Рисунок ПР1.50 – Установка флажка ADD

После этого проект является загруженным и его можно запустить. Для этого необходимо перейти в панель оператора (рис. ПР1.51), ввести имя экрана (рис. ПР1.52).

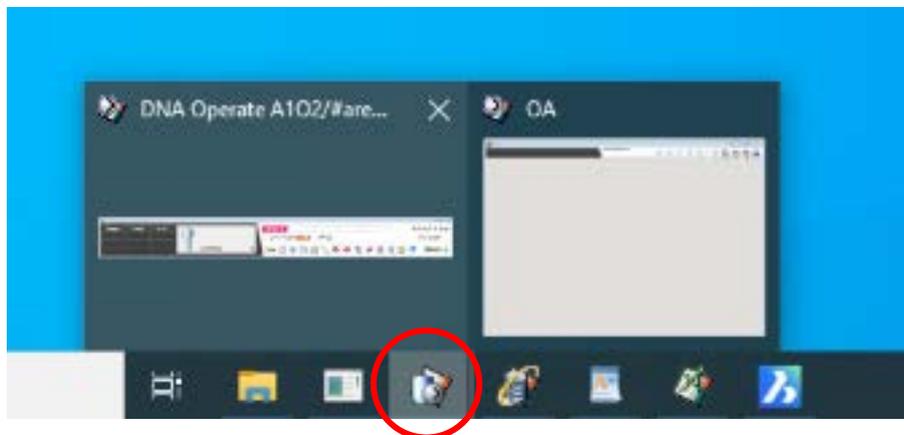


Рисунок ПР1.51 – Переход в панель оператора

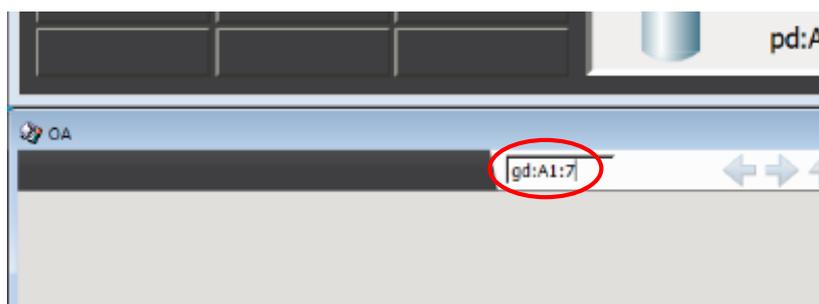


Рисунок ПР1.52 – Ввод имени экрана

Для того, чтобы изменить значения в контуре регулирования, необходимо щелкнуть ПКМ по окну с оранжевым индикатором → Окно контура (рис. ПР1.53). Окно контура S позволяет менять значение параметра (нажатием ЛКМ или вводом числа с клавиатуры + Enter).

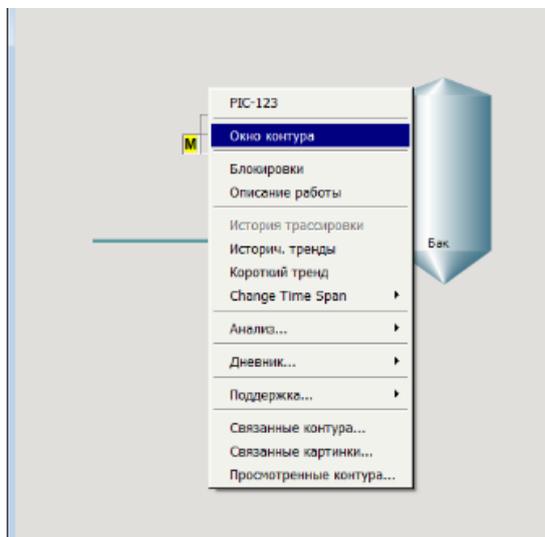


Рисунок ПР1.53 – Вызов Окна контура

На рисунке ПР1.54 показан экран оператора, на котором изменяют значения параметра.

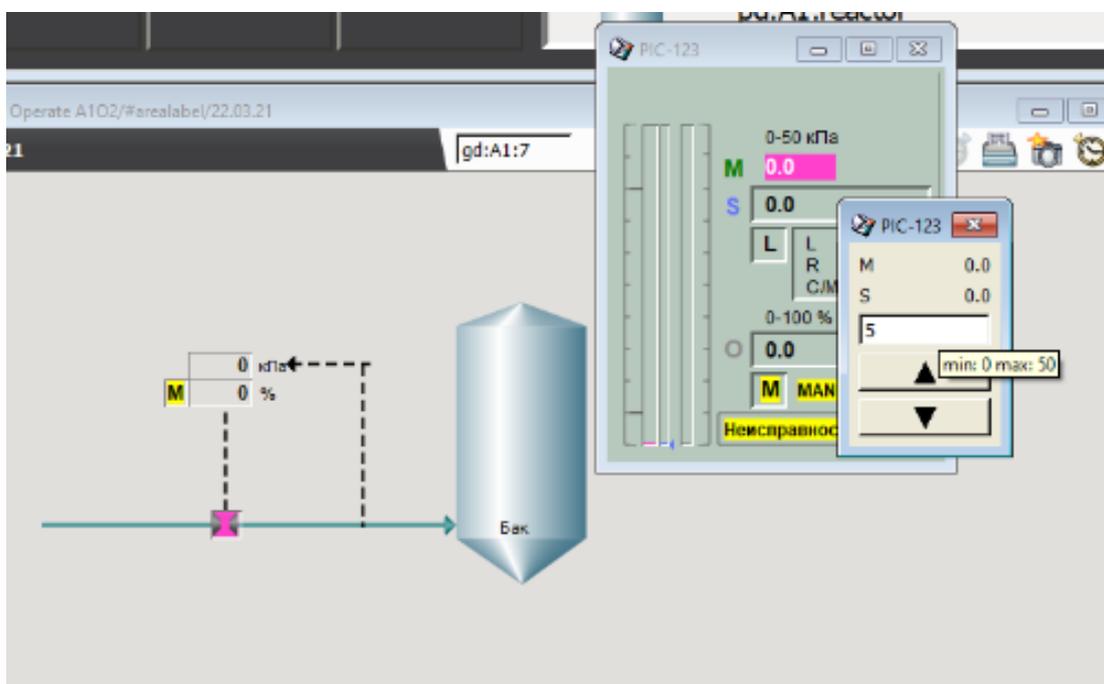


Рисунок ПР1.54 – Экран оператора, на котором изменяют значения параметра

Таким образом, была разработана простейшая программа регулирования давления в баке, создан экран оператора и проверена работоспособность программы в режиме симуляции.

### 6.3. Практическая работа № 2 «Создание блока симуляции FbCAD»

Создать блок симуляции FbCAD для разработанного ранее объекта регулирования.

#### Ход выполнения работы:

##### 1. Создание модуля симуляции

Перед началом выполнения данной работы необходимо выгрузить модуль **PIС-123** (разработанный в практической работе №1) из системы (щелчок ПКМ на файл → Download to → Выбрать Delete → ОК).

Для симуляции объекта потребуется новый модуль FbCAD. Заготовка для него находится в DNA Explorer → Repository → Process Area Hierarchy → Папка TRESLIB → Папка SIMULATORS → Модуль **MATHMODE** (рис. ПР2.1).

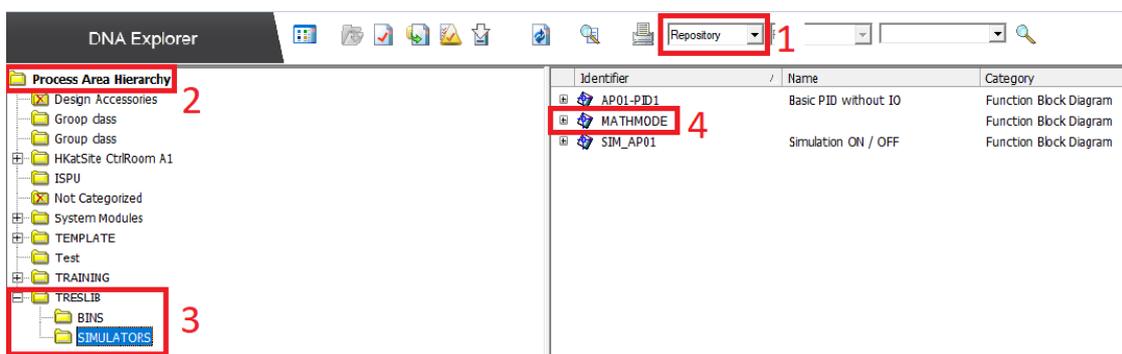


Рисунок ПР2.1 – Расположение модуля MATHMODE

Необходимо открыть данный модуль, а затем кликнуть ЛКМ Edit → Values → Щелчок на внешнюю рамку чертежа. В открывшемся окне свойств нужно поменять **LOOP TAG** → PIC-123M и **PROCESS AREA 1** → Название рабочей директории (рис. ПР2.2). После этого нажать ОК. Данные действия необходимы для сохранения модуля в нужную директорию.

| Identifier     | Prompt               | Value          |
|----------------|----------------------|----------------|
| \$NAME         | LOOP TAG             | PIC-123M       |
| \$DESCRIPTION1 | LOOP NAME (FIELD 1)  |                |
| \$DESCRIPTION2 | LOOP NAME (FIELD 2)  |                |
| \$STATUS       | LOOP STATUS          | complete       |
| \$CREATOR      | NAME OF PLANNER      | dna            |
| \$CREATED      | DATE OF PLANNING     | 19-11-20 14:17 |
| \$MODIFIER     | NAME OF MODIFIER     | DNA            |
| \$MODIFIED     | DATE OF MODIFICATION | 21-03-11 14:28 |
| \$PROCESSAREA1 | PROCESS AREA 1       | ISPU           |
| \$PROCESSAREA2 | PROCESS AREA 2       |                |
| \$PROCESSAREA3 | PROCESS AREA 3       |                |
| \$PROCESSAREA4 | PROCESS AREA 4       |                |

Рисунок ПР2.2 – Сохранение модуля PIC-123M в директорию ISPU

Для изменения имени модуля требуется выбрать меню Edit → Values → Щелчок на внутреннюю рамку чертежа (рис. ПР2.3). В открывшемся окне свойств следует изменить **FUNCTION MODULE NAME** → pr:PIC-123M.F.

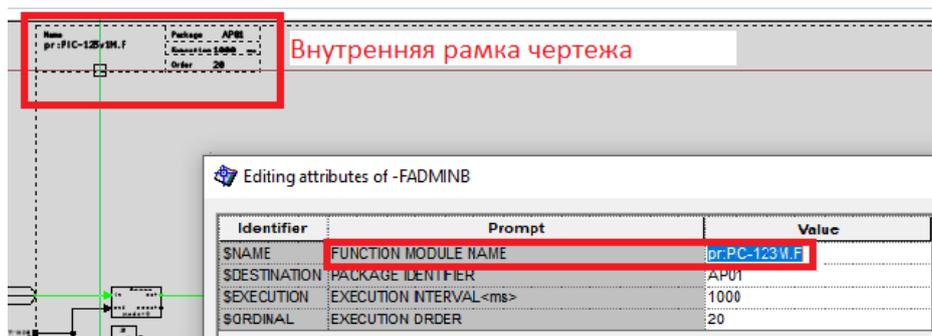


Рисунок ПР2.3 – Изменение имени модуля

Далее следует присвоить блоку внешнего ввода название тэга, откуда на данный модуль будет приходить сигнал. Для этого: Edit → Values → Щелчок на блок внешнего ввода (в левой части чертежа). В открывшемся окне свойств изменить **External continuous input name** → pr:PIC-123.F:CON (рис. ПР2.4).

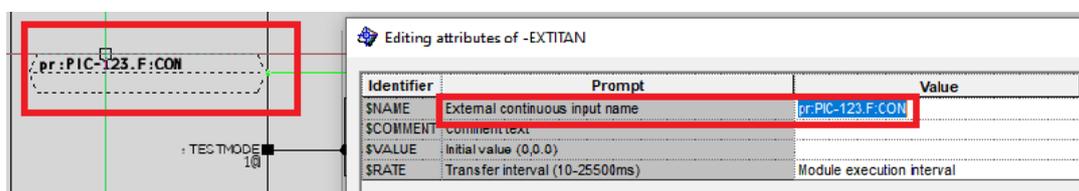


Рисунок ПР2.4 – Присвоение блоку внешнего ввода названия тэга, с которого будет поступать сигнал

Итогом является созданный модуль симуляции, с которым можно проводить дальнейшие действия.

## 2. Изменение модели модуля MATHMODE

Далее необходимо изменить параметры модели, чтобы она соответствовала заданным ранее пределам регулирования 0 – 50 кПа. Edit → Values → Щелчок на строку значений переменной P2 (рис. ПР2.5).

В открывшемся окне свойств изменить **Dimension of data** → 21 и **Initial value** → от 0 до 50 с шагом 2.5 (рис. ПР2.5).

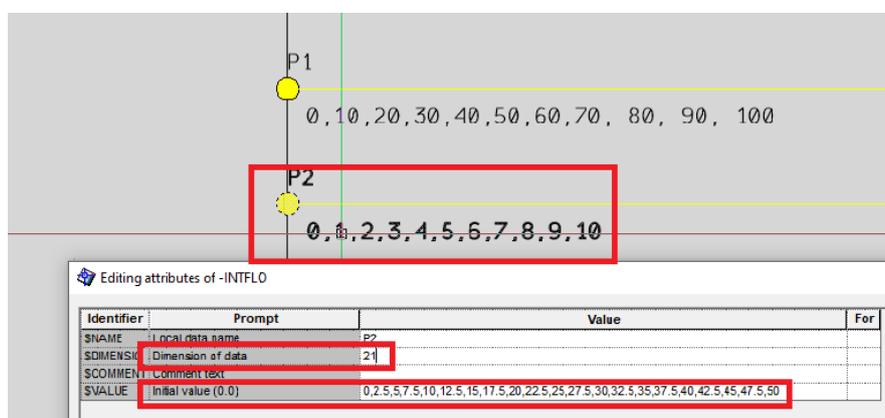


Рисунок ПР2.5 – Изменение переменной P2

Аналогичную операцию следует проделать с P1: **Dimension of data** → 21 и **Initial value** → от 0 до 100 с шагом 5 (рис. ПР2.6).

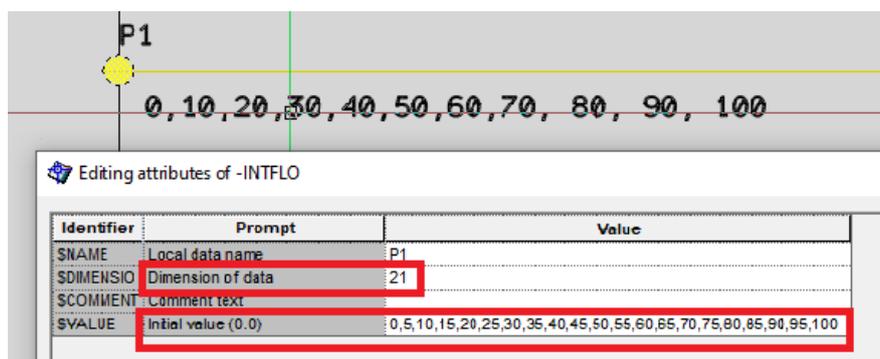


Рисунок ПР2.6 – Изменение переменной P1

После проделанных манипуляций следует сохранить модуль симуляции объекта в Repository: File → Save As → ОК (рис. ПР2.7).

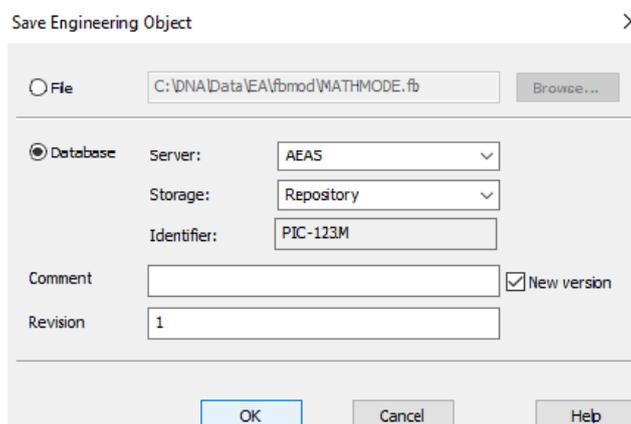


Рисунок ПР2.7 – Сохранение модуля в Repository

Теперь данную модель можно использовать в других модулях FbCAD.

### 3. Конфигурирование модуля FbCAD регулятора PID

После создания модуля симуляции объекта стоит изменить существующий модуль с PID регулятором, чтобы установить связь между ними. Для этого нужно открыть модуль PIC-123, выделить ЛКМ и удалить (DELETE) блоки ввода и вывода, расположенные слева и справа от внутренней рамки чертежа. На рисунке ПР2.8 представлен модуль после удаления блоков ввода-вывода.

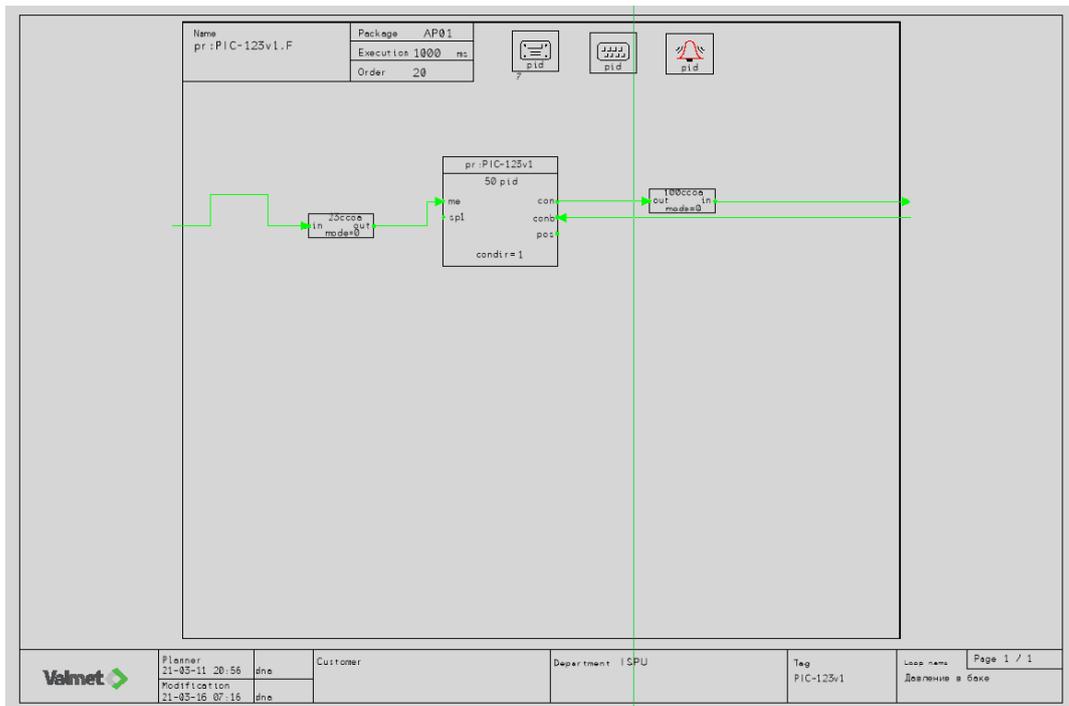


Рисунок ПР2.8 – Модуль PIC-123 после удаления блоков ввода-вывода

Теперь следует добавить блок внешнего ввода: Common b → External ports in... → выбрать блок аналогового типа (рис. ПР2.9).

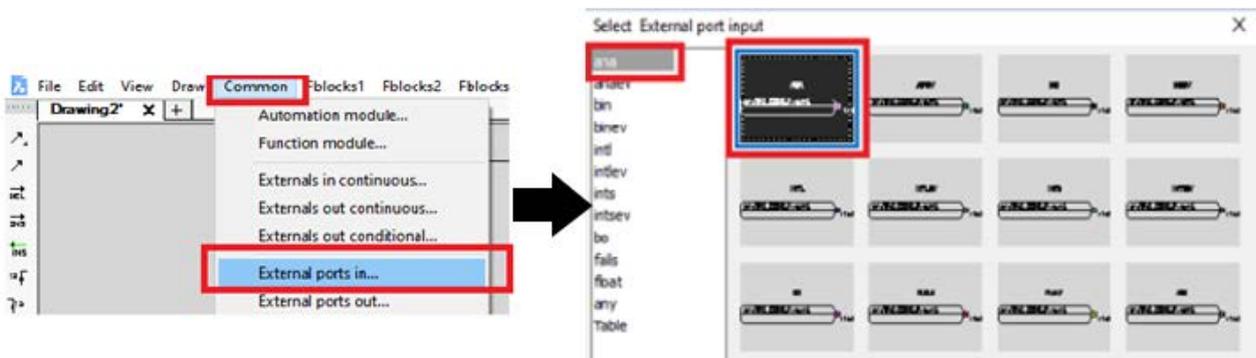


Рисунок ПР2.9 – Добавление блока внешнего аналогового ввода

Выбранный блок необходимо расположить в левой части пространства модели. В открывшемся окне свойств требуется изменить свойство **External continuous input name** → pr:PIC-123M:F:out1 (рис. ПР2.10).

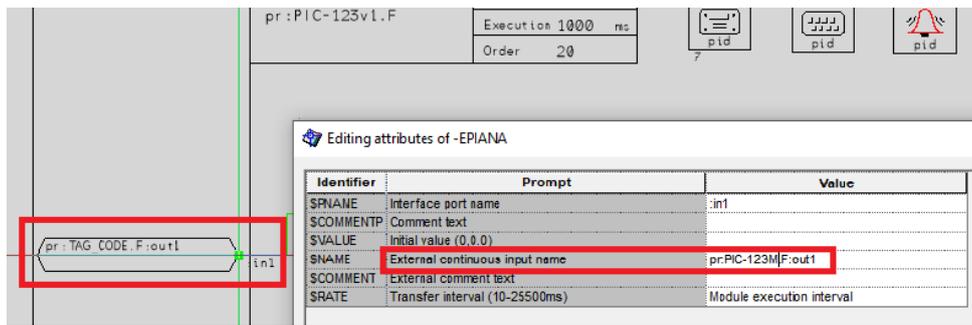


Рисунок ПР2.10 – Блок внешнего ввода на пространстве модели и окно его свойств

Этой операцией связывается выход модуля симуляции объекта и вход модуля PID регулятора.

Далее необходимо расположить порт вывода сигнала из модуля. Common → Interfaces out... → выбрать блок аналогового типа (рис. ПР2.11).

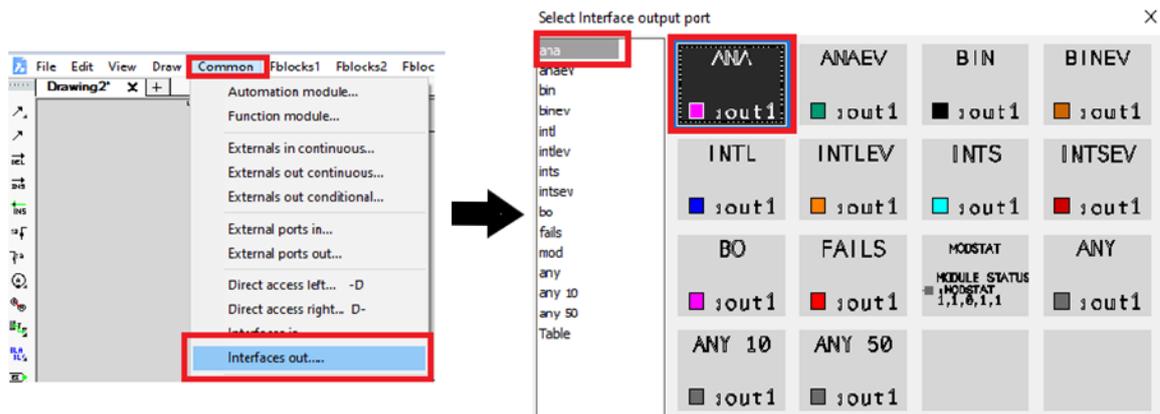


Рисунок ПР2.11 – Добавление блока внешнего аналогового вывода

Данный блок следует расположить в правой части пространства модели.

В открывшемся окне свойств требуется изменить свойство **Interface port name** → :CON (рис. ПР2.12).

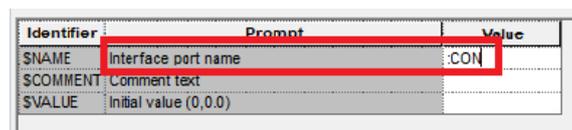


Рисунок ПР2.12 – Изменение свойств блока внешнего аналогового вывода

После этого следует нарисовать линии связи к новым блокам при помощи Draw → Scalar wires → ana (green). Далее устанавливается точка-разветвитель сигнала: Draw → Insert Dot (рис. ПР2.13).

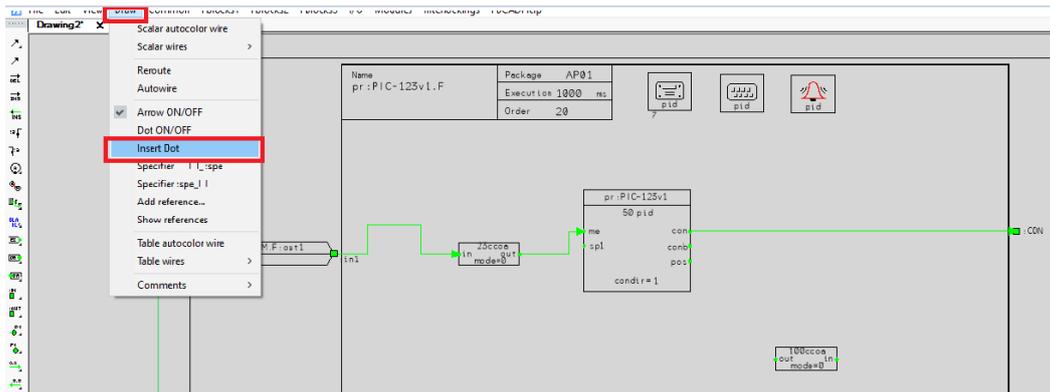


Рисунок ПР2.13 – Вставка точки-разветвителя сигнала

Точку требуется расположить на линии связи, как показано на рисунке ПР2.14.

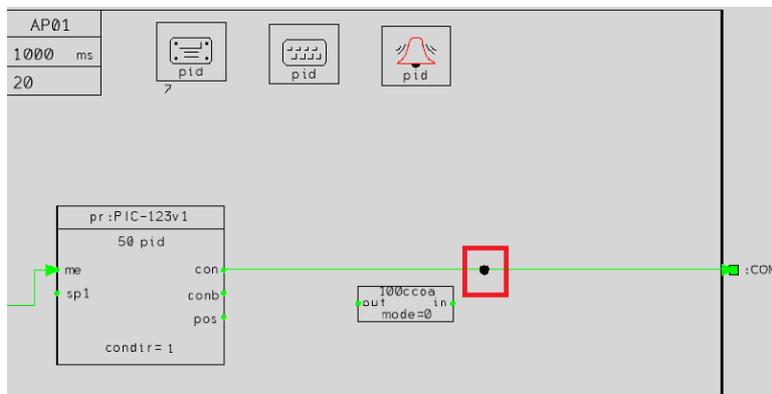


Рисунок ПР2.14 – Расположение точки-разветвителя сигнала на пространстве модели

Затем нужно провести недостающие линии связи, установить вторую точку-разветвитель сигнала (рис. ПР2.15).

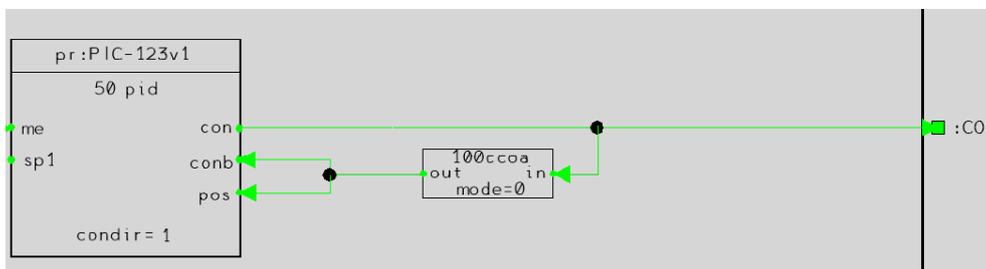


Рисунок ПР2.15 – Точки-разветвители сигнала и линии связи в правой части пространства модели относительно блока PID регулятора

Для того, чтобы проверить чертеж на наличие элементов, случайно размещенных за его пределами, следует нажать View → Zoom All (рис. ПР2.16).

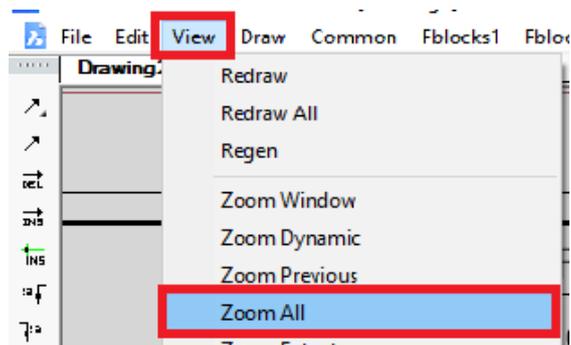


Рисунок ПР2.16 – Зумирование для проверки наличия размещенных за пределами пространства блоков

После этого требуется проверить модуль на наличие ошибок: File → Check... (рис. ПР2.17).

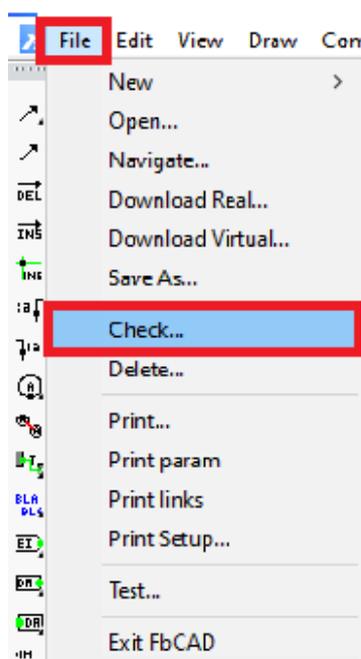


Рисунок ПР2.17 – Проверка модуля на наличие ошибок

В случае, если проверка прошла успешно, выведется следующее сообщение (рис. ПР2.18). Необходимо нажать Yes, для сохранения модуля.

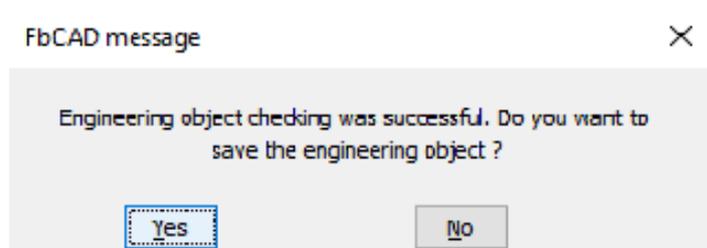


Рисунок ПР2.18 – Окно сообщения об отсутствии ошибок и сохранения модуля

Если проверка обнаружила ошибки, следует проверить модуль на корректность расположения новых блоков ввода-вывода и наличия всех линий связей.

Сохранение модуля необходимо произвести в директорию Repository (рис. ПР2.19).

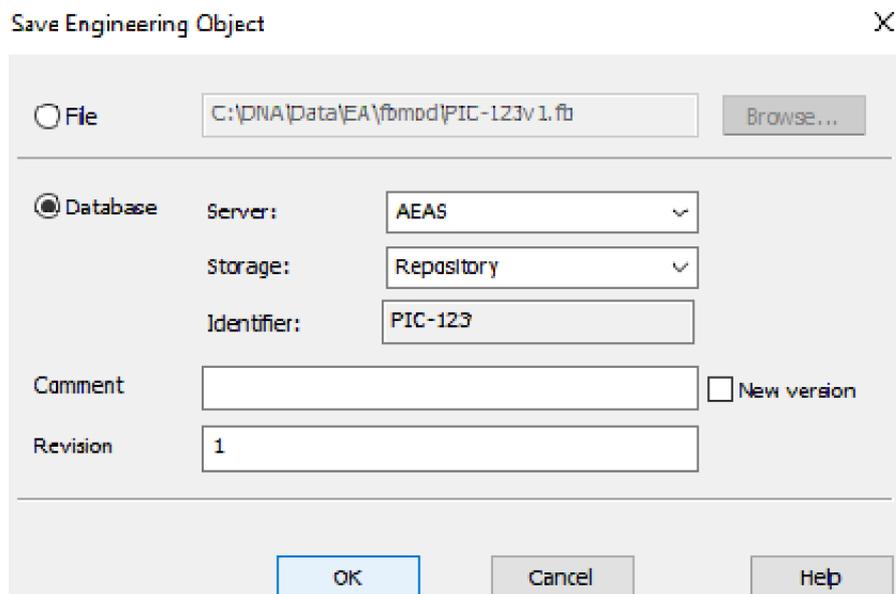


Рисунок ПР2.19 – Сохранение модуля в директорию Repository

После сохранения данного модуля становится возможным его привязка к экрану оператора.

4. *Проверка работы модуля симуляции объекта и вывод короткого тренда*

На данном шаге нужно загрузить модуль PID регулятора **PIC-123** и модуль симуляции объекта **PIC-123M**, а также экран **gd:A1:7** в систему. Для этого нужно выделить перечисленные файлы → Щелчок ПКМ → Download to → Выбрать Replace → ОК.

После загрузки в панели оператора ввести название экрана (**gd:A1:7**) → Enter и вызвать короткий тренд: Щелчок ПКМ на область вывода параметров контура → Короткий тренд (рис. ПР2.20).

Чтобы наблюдать изменения процесса, стоит установить автоматический режим и уставку.

Для изменения масштаба короткого тренда: щелчок ПКМ по области тренда → Масштаб/Граф. данных... (рис. ПР2.21).

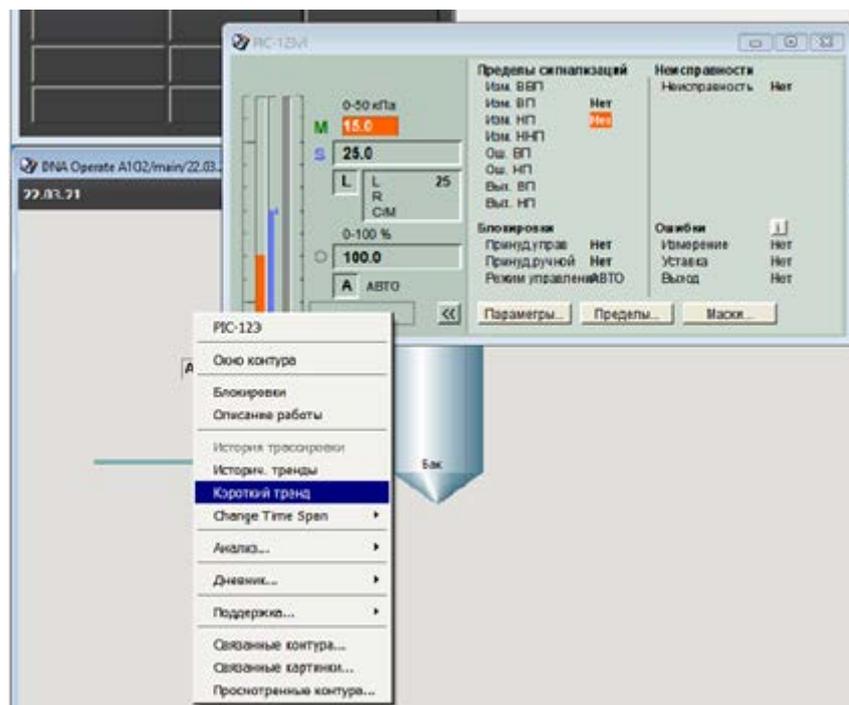


Рисунок ПР2.20 – Вызов короткого тренда

При необходимости можно развернуть тренд на весь экран. Это делается стандартным для всех окон Windows способом (правый верхний угол окна).

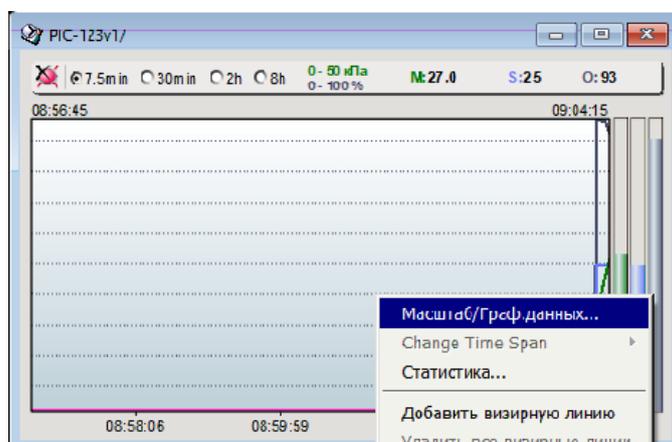


Рисунок ПР2.21 – Изменение масштаба короткого тренда

В окне масштаба можно изменять параметры масштабирования. Требуется установить параметры как показано на рисунке ПР2.22.

На рисунке ПР2.23 показан результат работы симуляции в окне короткого тренда.

Чтобы иметь возможность изменять коэффициенты PID регулятора, необходимо зайти в систему как инженер (по умолчанию пользователь является оператором и не имеет доступа к изменению коэффициентов).

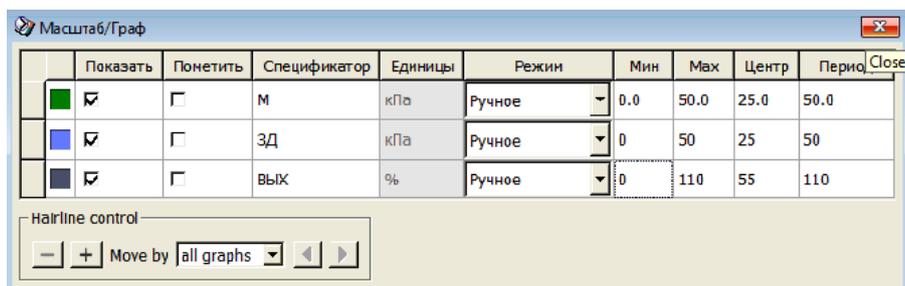


Рисунок ПР2.22 – Параметры масштаба

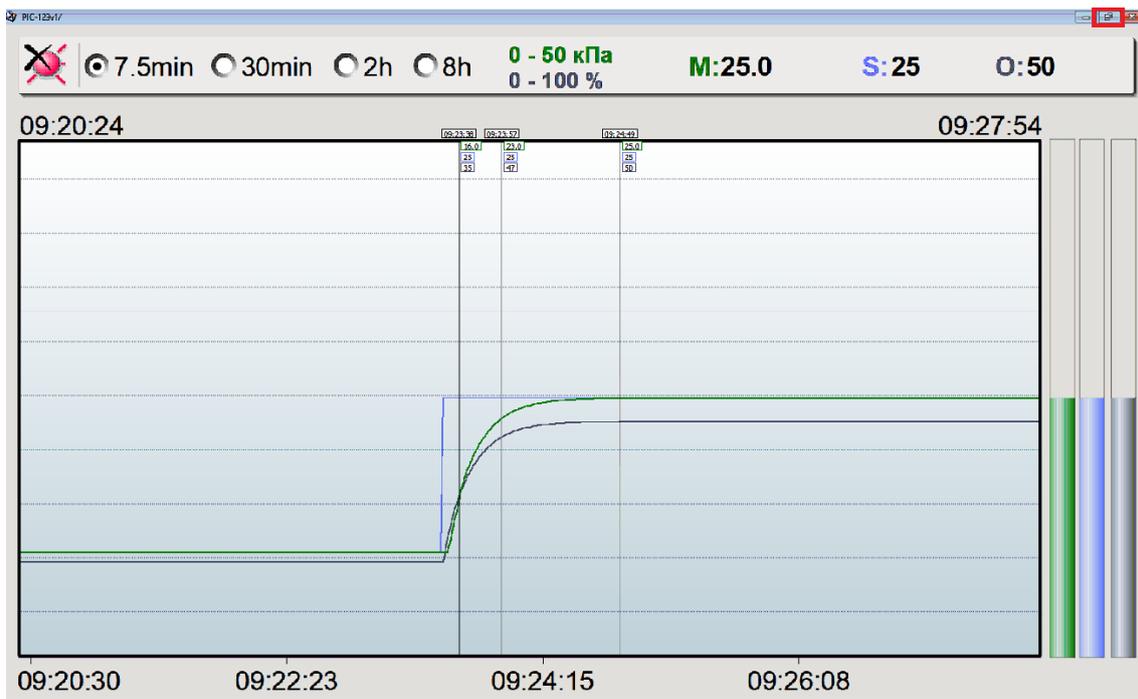


Рисунок ПР2.23 – Результат работы симуляции в окне короткого тренда

Для входа в систему в качестве инженера требуется: Щелчок ЛКМ на ключ на панели оператора → в открывшемся окне ввести имя пользователя **eng** и пароль **eng**. (точка входит в состав пароля) → Вход в систему (рис. ПР2.24).

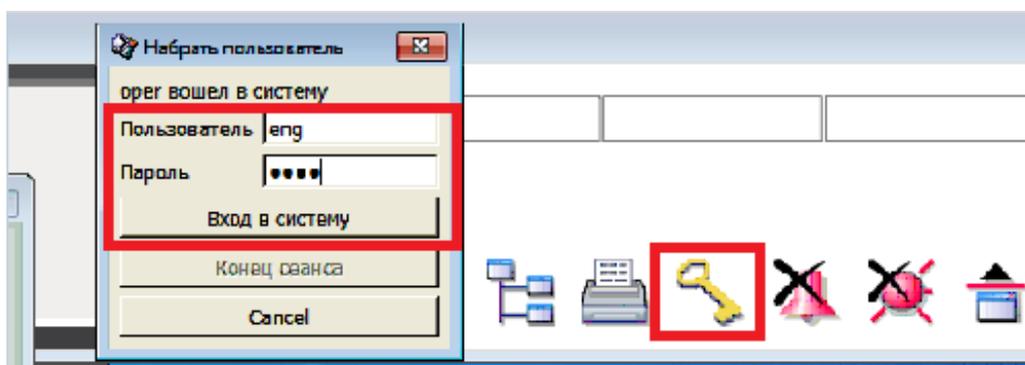


Рисунок ПР2.24 – Вход в систему в качестве инженера

После этого в окне контура (щелчок ПКМ по области вывода параметров контура → Окно контура) можно открыть окна параметров, пределов и масок и изменять параметры на свое усмотрение (рис. ПР2.25).

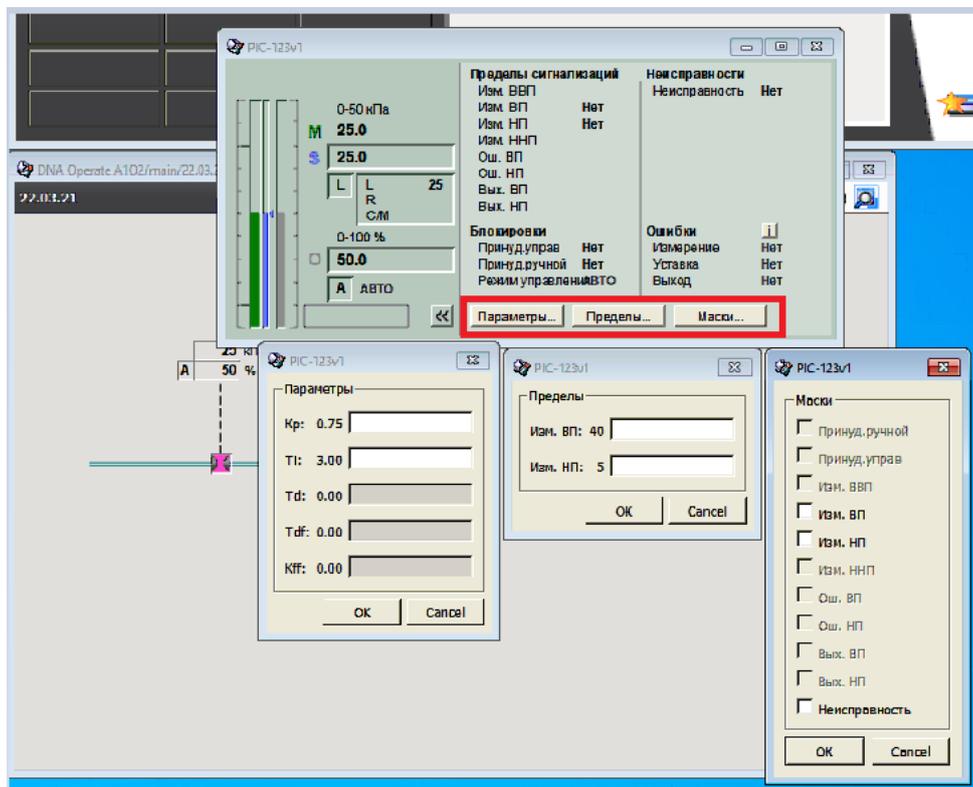


Рисунок ПР2.25 – Окно изменения параметров

После изменения параметров, следует выйти из системы как инженер, для этого нажать на ключ на панели оператора и в открывшемся окне щелкнуть на **Конец сеанса** (рис. ПР2.26).

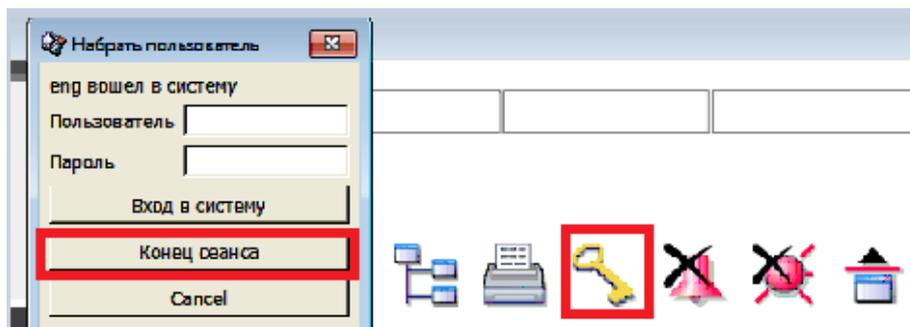


Рисунок ПР2.26 – Выход из системы как инженера

Завершение сеанса необходимо для доработки проекта.

### 5. Создание сложных трендов

Для формирования сложного тренда необходимо создать новую функциональную диаграмму, таким же образом, как это делалось ранее: DNA Explorer → Object → Create → Function Block Diagram.

В появившейся форме вставить тренд 3x2: Moules → Trend (рис. ПР2.27).

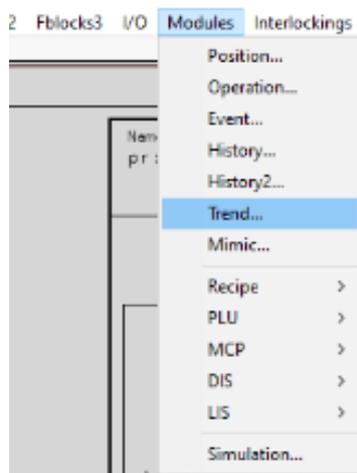


Рисунок ПР2.27 – Добавление тренда

Выбрать второй в списке тренд, соответствующий количеству разделов 3x2 и нажать ОК (рис. ПР2.28).

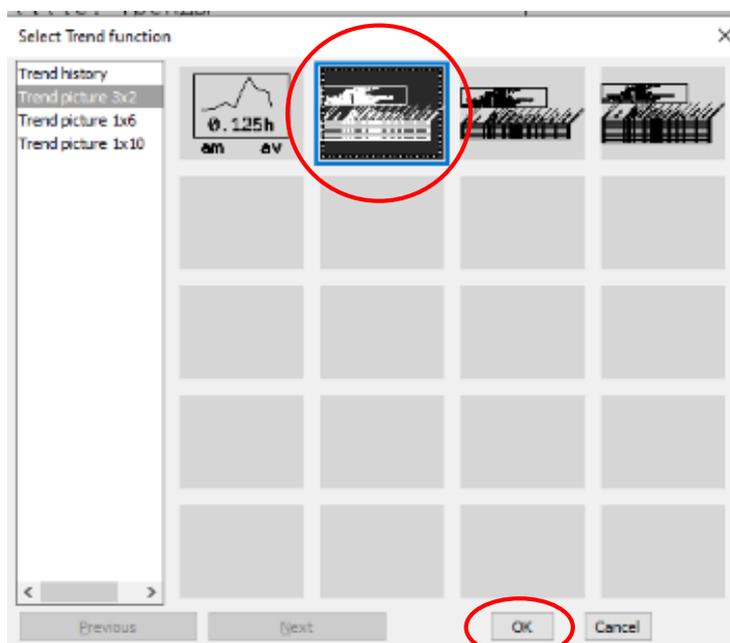


Рисунок ПР2.28 – Выбор необходимого тренда из библиотеки

Пусть в первом окне выводятся сигналы, выбираемые вручную. Для этого требуется задать свойства тренда: **C1FREESELECT** и **C2FREESELECT** – ручной выбор тренда. Задать значение 1 (рис. ПР2.29).

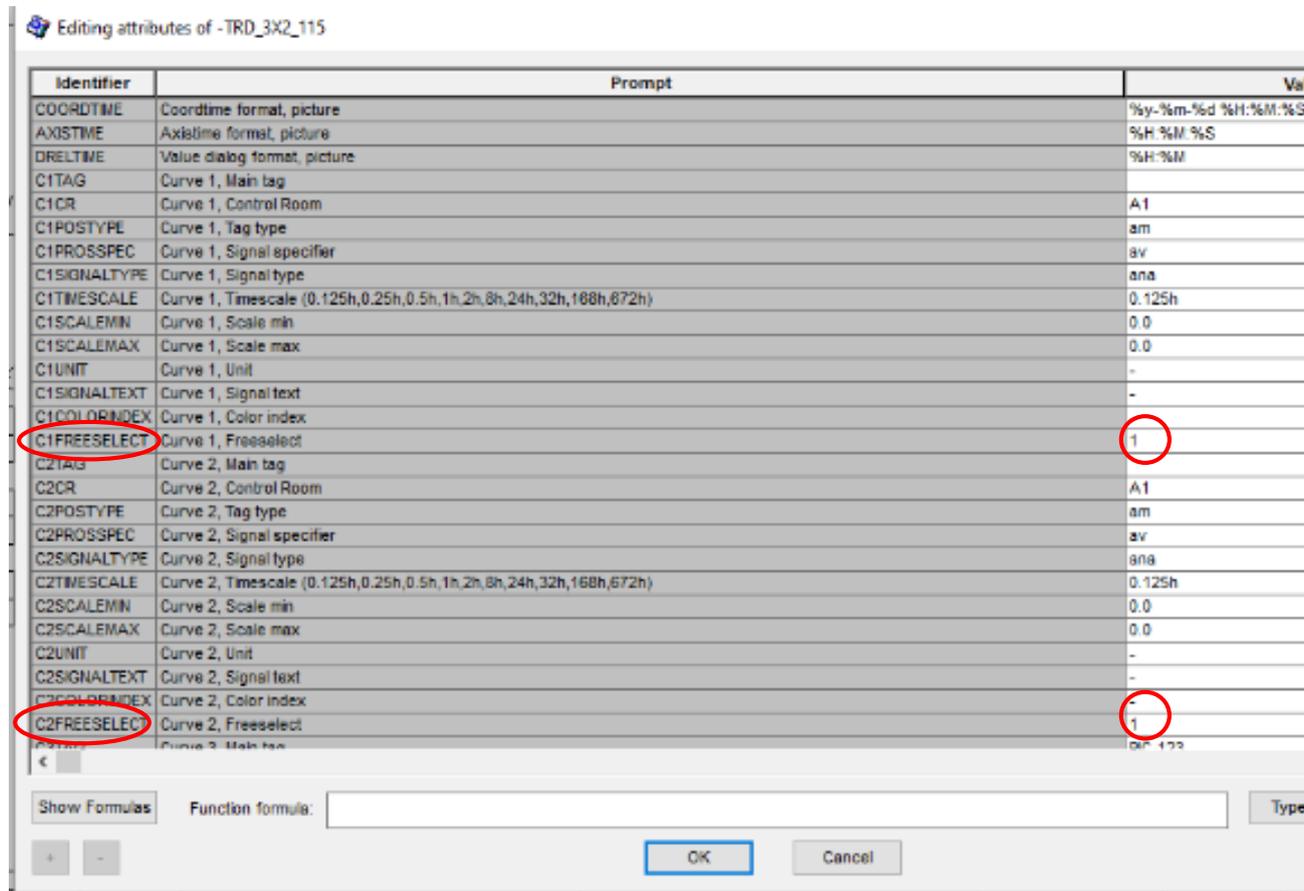


Рисунок ПР2.29 – Настройки, необходимые для выбора вручную выводимых параметров

Пусть во втором окне выводятся сигналы давления и процента открытия клапана автоматически. Для этого зададим следующие свойства тренда:

- **C3TAG** и **C4TAG** – тэг, из которого берутся эти сигналы (в данном случае PIC-123);
- **C3POSTYPE** и **C4POSTYPE** – тип тэга (pid);
- **C3PROSSPEC** и **C4PROSSPEC** – считываемое значение (me для сигнала давления и sop для сигнала открытия клапана).

Эти настройки показаны на рисунке ПР2.30.

Теперь необходимо поменять тэги точно также, как это делалось ранее: Edit → Edit → Gedit → нажать Enter → ввести название тэга PIC-123T → нажать Enter.

| Identifier   | Prompt  | Value   |
|--------------|---|---------|
| C3TAG        | Curve 3, Main tag   | PIС-123 |
| C3CR         | Curve 3, Control Room   | A1      |
| C3POSTYPE    | Curve 3, Tag type   | pid     |
| C3CROSSPEC   | Curve 3, Signal specifier   | me      |
| C3SIGNALTYPE | Curve 3, Signal type  | ana     |
| C3TIMESCALE  | Curve 3, Timescale (0.125h,0.25h,0.5h,1h,2h,8h,24h,32h,168h,672h) | 0.125h  |
| C3SCALEMIN   | Curve 3, Scale min  | 0.0     |
| C3SCALEMAX   | Curve 3, Scale max  | 0.0     |
| C3UNIT       | Curve 3, Unit   | -       |
| C3SIGNALTEXT | Curve 3, Signal text  | -       |
| C3COLORINDEX | Curve 3, Color index  | -       |
| C3FREESELECT | Curve 3, Freeselect   | 0       |
| C4TAG        | Curve 4, Main tag   | PIС-123 |
| C4CR         | Curve 4, Control Room   | A1      |
| C4POSTYPE    | Curve 4, Tag type   | pid     |
| C4CROSSPEC   | Curve 4, Signal specifier   | con     |
| C4SIGNALTYPE | Curve 4, Signal type  | ana     |
| C4TIMESCALE  | Curve 4, Timescale (0.125h,0.25h,0.5h,1h,2h,8h,24h,32h,168h,672h) | 0.125h  |
| C4SCALEMIN   | Curve 4, Scale min  | 0.0     |
| C4SCALEMAX   | Curve 4, Scale max  | 0.0     |
| C4UNIT       | Curve 4, Unit   | -       |
| C4SIGNALTEXT | Curve 4, Signal text  | -       |
| C4COLORINDEX | Curve 4, Color index  | -       |
| C4FREESELECT | Curve 4, Freeselect   | 0       |
| C5TAG        | Curve 5, Main tag   |         |
| C5CR         | Curve 5, Control Room   | A1      |
| C5POSTYPE    | Curve 5, Tag type   | am      |
| C5CROSSPEC   | Curve 5, Signal specifier   | sv      |

Рисунок ПР2.30 – Настройки для автоматического вывода значений давления и процента открытия клапана

Для того, чтобы на экране отображались тренды, выводимые автоматически, необходимо добавить два одинаковых блока позиционирования трендов: Modules → Trend → выбрать первый в списке тренд → ОК (рис. ПР2.31).

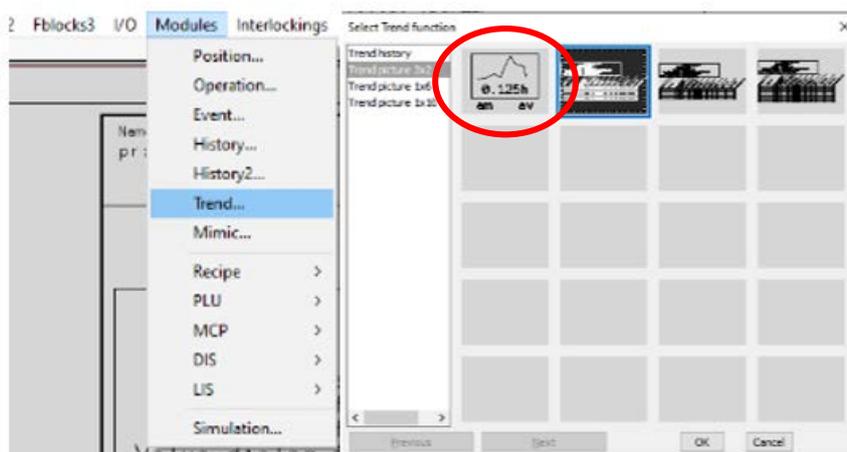


Рисунок ПР2.31 – Выбор блока тренда позиционирования

У данного блока следует изменить свойства (рис. ПР2.32):

- **\$NAME** – тэг, из которого берется сигнал (PIС-123);
- **CPOSTYPE** – тип тэга (pid);
- **CROSSPEC** – считываемое значение (me для сигнала давления).

| Identifier   | Prompt   | Value   |
|--------------|--|---------|
| \$NAME       | Main tag   | PIC-123 |
| PREFIX       | Tag prefix   | pr      |
| POSTYPE      | Tag type   | pid     |
| PROSSPEC     | Tag specifier  | me      |
| SIGNALTYPE   | Signal type  | ana     |
| TIMESCALE    | Timescale (0.125h,0.25h,0.5h,1h,2h,6h,24h,32h,168h,672h) | 0.125h  |
| SDESTINATION | Package  | AP01    |

Рисунок ПР2.32 – Изменение свойств блока тренда позиционирования

Затем требуется изменить свойства второго блока (рис. ПР2.33):

- **\$NAME** – тэг, из которого берется сигнал (PIC-123);
- **POSTYPE** – тип тэга (pid);
- **PROSSPEC** – считываемое значение (con для сигнала процента открытия клапана).

| Identifier   | Prompt   | Value   |
|--------------|--|---------|
| \$NAME       | Main tag   | PIC-123 |
| PREFIX       | Tag prefix   | pr      |
| POSTYPE      | Tag type   | pid     |
| PROSSPEC     | Tag specifier  | con     |
| SIGNALTYPE   | Signal type  | ana     |
| TIMESCALE    | Timescale (0.125h,0.25h,0.5h,1h,2h,6h,24h,32h,168h,672h) | 0.125h  |
| SDESTINATION | Package  | AP01    |

Рисунок ПР2.33 – Свойства второго блока позиционирования

После этого необходимо изменить папку сохранения: Edit → Values → нажать ЛКМ на Department → изменить свойство **\$PROCESSAREA1** на папку, в которой сохранены остальные части работы, стереть значение свойства **\$PROCESSAREA2** (рис. ПР2.34).

| Identifier     | Prompt               | Value          |
|----------------|----------------------|----------------|
| \$NAME         | LOOP TAG             | PIC-123        |
| \$DESCRIPTION1 | LOOP NAME (FELD 1)   |                |
| \$DESCRIPTION2 | LOOP NAME (FELD 2)   |                |
| \$STATUS       | LOOP STATUS          | complete       |
| \$CREATOR      | NAME OF PLANNER      | dna            |
| \$CREATED      | DATE OF PLANNING     | 21-03-16 08:20 |
| \$MODIFIER     | NAME OF MODIFIER     | dna            |
| \$MODIFIED     | DATE OF MODIFICATION | 21-03-16 08:41 |
| \$PROCESSAREA1 | PROCESS AREA 1       | ISPU           |
| \$PROCESSAREA2 | PROCESS AREA 2       |                |
| \$PROCESSAREA3 | PROCESS AREA 3       |                |
| \$PROCESSAREA4 | PROCESS AREA 4       |                |

Рисунок ПР2.34 – Изменение папки сохранения

Чтобы проверить правильность функциональной диаграммы (а в случае, если все верно, то и сохранить изменения), следует нажать File → Check (рис. ПР2.35).

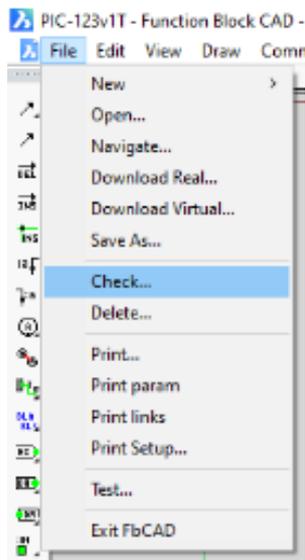


Рисунок ПР2.35 – Проверка правильности функциональной диаграммы

После сохранения функциональной диаграммы (PIC-123T) ее необходимо загрузить в контроллер (также, как это делалось с предыдущими функциональными диаграммами).

Чтобы увидеть экран с трендами, созданными с помощью функциональной диаграммы (PIC-123T), необходимо ввести имя для этого экрана (в данном случае tr:A1:PIC-123T). Данное действие показано на рисунке ПР2.36.

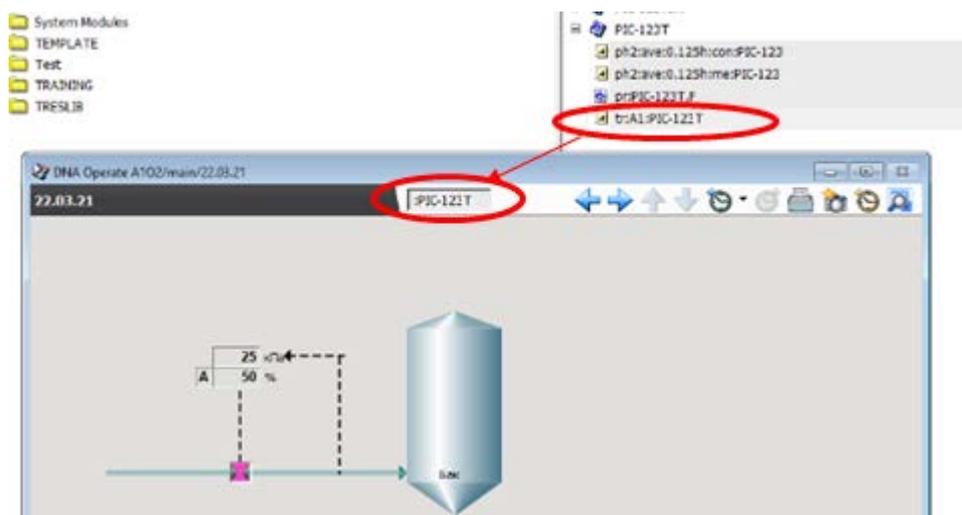


Рисунок ПР2.36 – Ввод имени экрана с трендами

На новом экране на месте второго графика появятся сигналы, которые и были заданы. Чтобы получить аналогичную картинку в окне первого графика, нужно добавить ручную тэги. Можно добавить не два сигнала, а только один. На выбор добавить сигнал задания вместо сигнала с датчика давления или вместо

сигнала от клапана). Для этого необходимо щелкнуть по диапазону для графика ПКМ → Тэг (рис. ПР2.37).

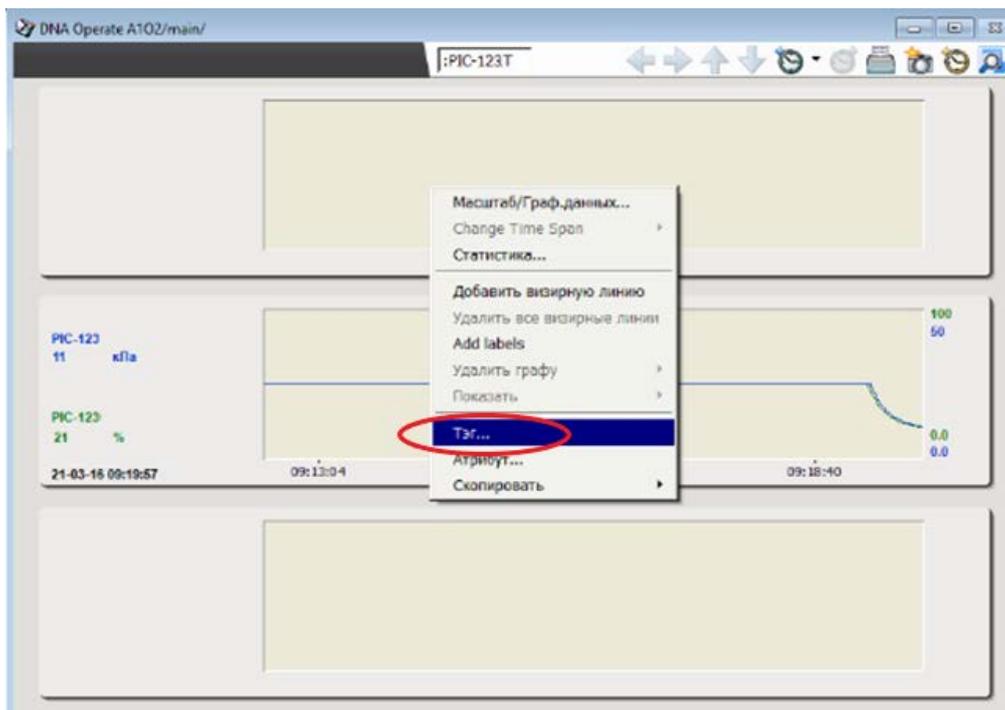


Рисунок ПР2.37 – Вызов настроек отображения графика

В появившемся окне добавить необходимые сигналы (рис. ПР2.38).

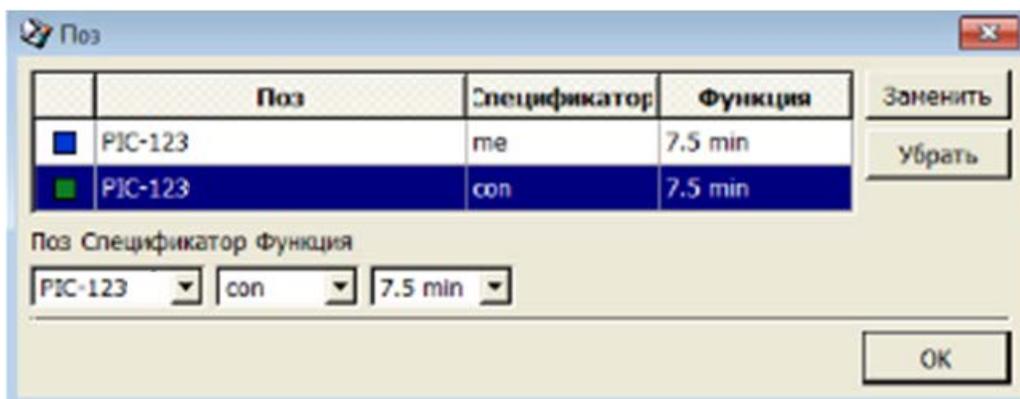


Рисунок ПР2.38 – Добавление необходимых сигналов

В данном случае были выбраны одинаковые сигналы для обоих графиков (рис. ПР2.39).



Рисунок ПР2.39 – Экран трендов, отражающий два одинаковых сигнала

После выполнения этих действий получено искомое изображение тренда, можно переходить к поиску настроек регулятора.

*б. Нахождение наилучших настроек регулятора*

Для нахождения наилучших настроек регулятора необходимо запустить Loop Auto Tuner: двойной щелчок ЛКМ по ярлыку на экране или Меню Пуск → ValmetDNA → Loop Auto Tuner (рис. ПР2.40).

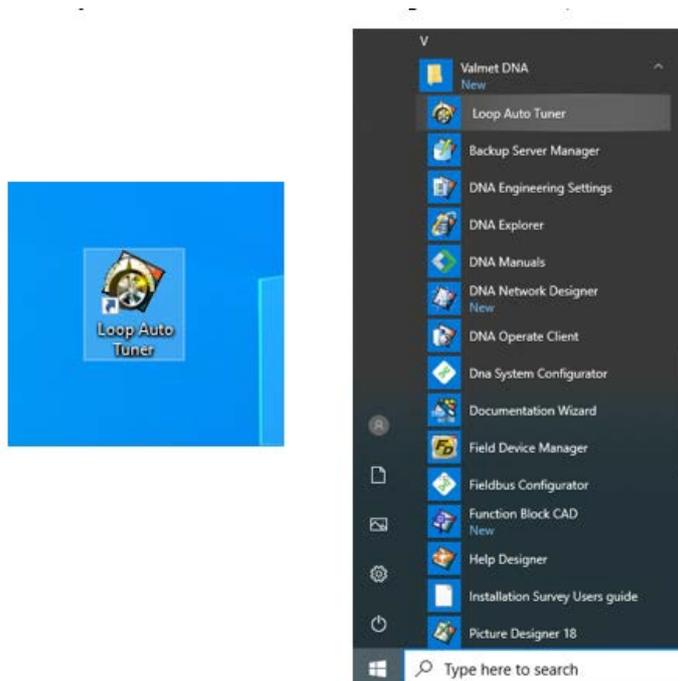


Рисунок ПР2.40 – Вызов пункта меню Loop Auto Tuner

В появившемся окне следует ввести тэг, для которого производится симуляция и для которого ищутся настройки регулятора (в данном случае PIC- 123). После этого надо нажать ОК (рис. ПР2.41).

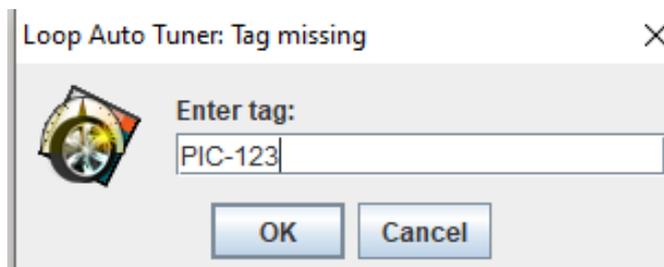


Рисунок ПР2.41 – Ввод тэга, для которого подбираются настройки регулятора

В открывшемся окне можно выбрать (рис. ПР2.42):

**Tuning options:** тестовый сигнал амплитуды (изменения на выходе контроллера в модулях вывода). Рекомендуется задавать значения от 5 до 10.

**Results:**

– **Select controller speed** – выбрать скорость регулирования (быстродействие системы);

– **Select controller type** – выбрать закон регулирования.

После того, как заданы все желаемы настройки, следует нажать на кнопку Start tuning.

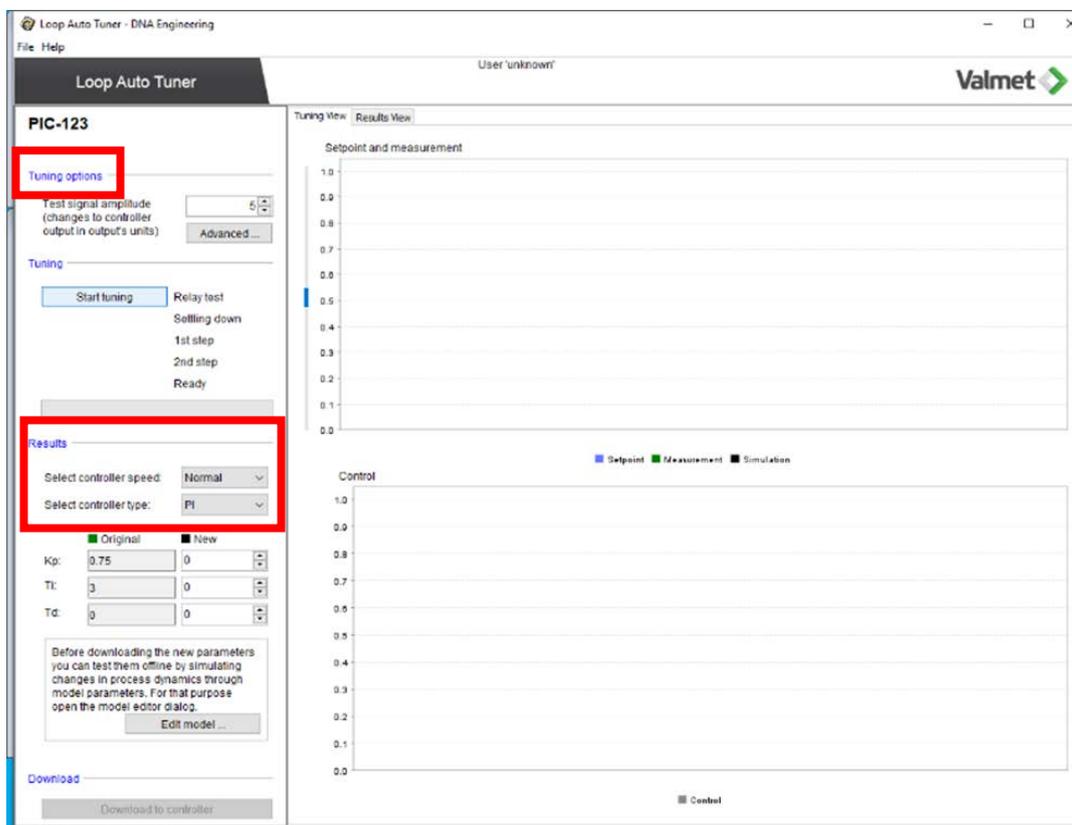


Рисунок ПР2.42 – Открывшееся окно Loop Auto Tuner

Затем в появившемся окне необходимо нажать Yes (рис. ПР2.43). Изменения сигнала будут отображаться на коротком графике симуляции.

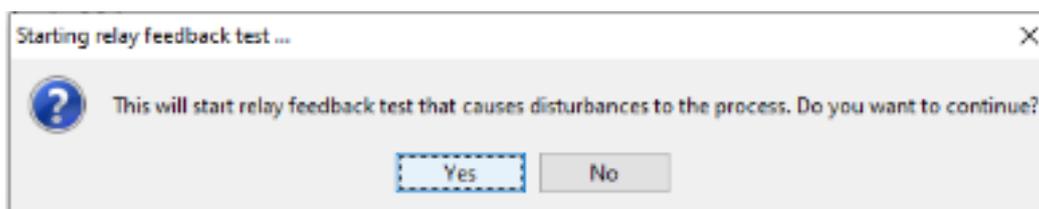


Рисунок ПР2.43 – Окно, разрешающее отображение изменения сигнала на коротком графике симуляции

Важно отметить, что настройки регулятора ищутся значительно быстрее, если сигнал управления при первоначальных настройках регулятора пришел к заданному значению.

В окне Tuning View будут отображаться сигнал задания, сигнал измерения, сигнал симуляции и сигнал регулирования (рис. ПР2.44).

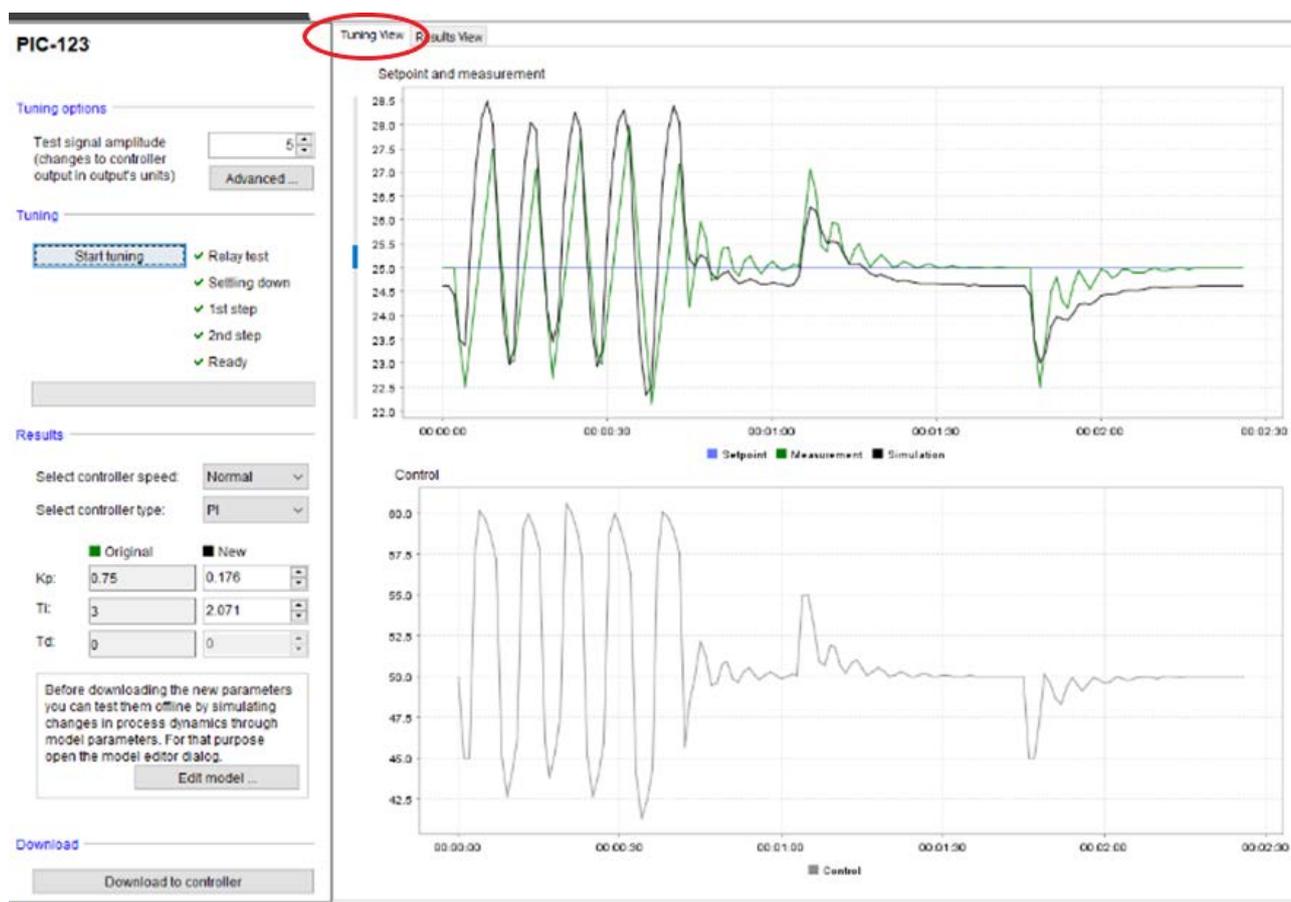


Рисунок ПР2.44 – Запущенный поиск нахождения настроек регулятора в окне Tuning View

В окне Results View будут отображаться итоговые графики (с новыми настройками регулятора). Данное окно представлено на рисунке ПР2.45.

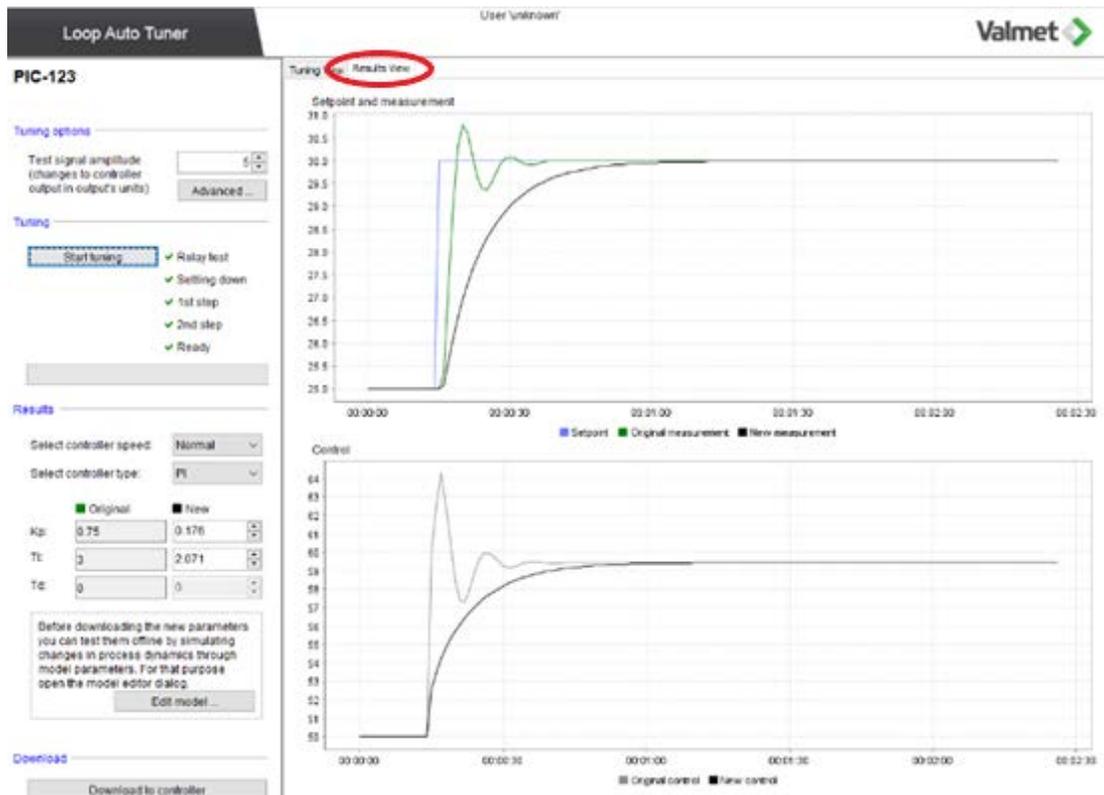


Рисунок ПР2.45 – Окно Results View с итоговым графиком

В разделе Results теперь можно увидеть новые настройки регулятора, а также (при нажатии кнопки Edit model) параметры полученного динамического звена, которые можно изменить с помощью «бегунков» (рис. ПР2.46).

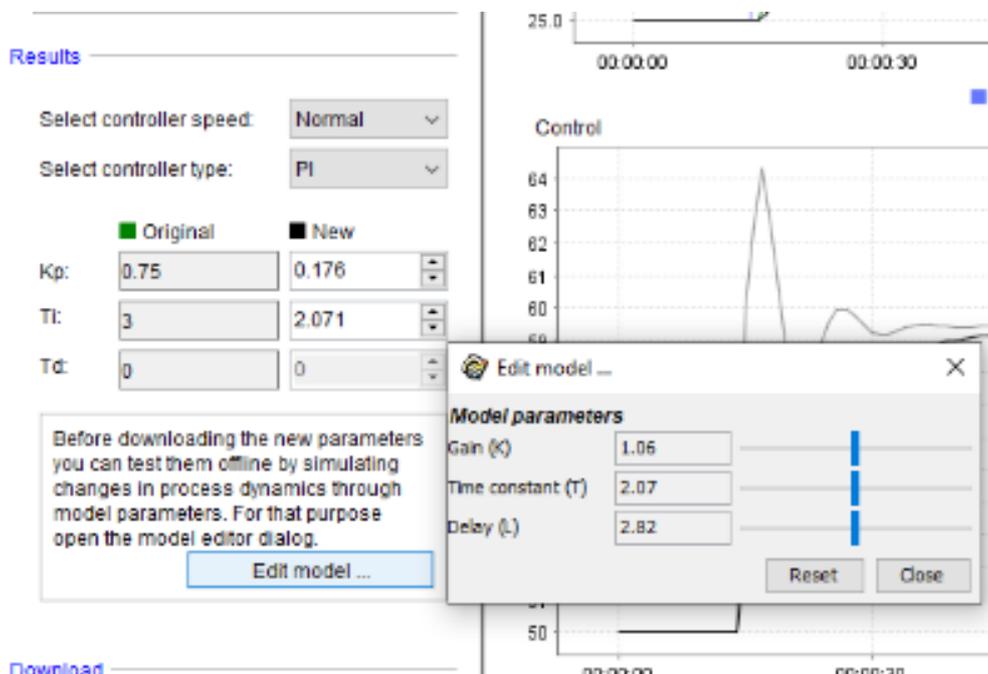


Рисунок ПР2.46 – Найденные настройки регулятора и окно изменения параметров модели

Полученные настройки регулятора можно загрузить в запущенный экран симуляции, нажав на кнопку Download to controller. Эта возможность доступна при входе в систему как оператор (рис. ПР2.47).

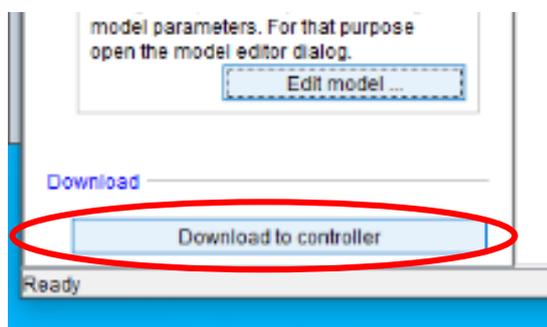


Рисунок ПР2.47 – Загрузка найденных настроек регулятора в контроллер

После в появившемся окне надо нажать Yes – разрешение на запись новых параметров в контроллер (рис. ПР2.48).

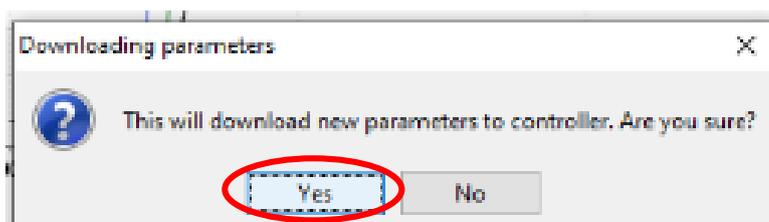


Рисунок ПР2.48 – Подтверждение загрузки найденных настроек регулятора в контроллер

В следующем окне можно нажать No, если не требуется распечатка отчета (рис. ПР2.49).

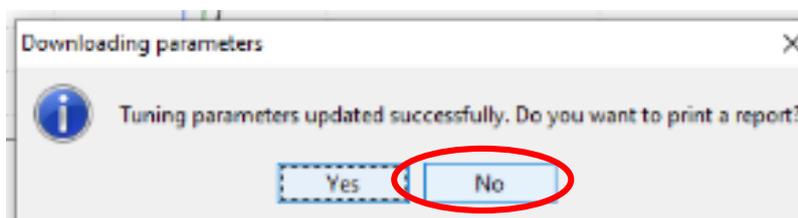


Рисунок ПР2.49 – Отмена распечатки отчета

На экране симуляции можно проверить переданные настройки регулятора (рис. ПР2.50).

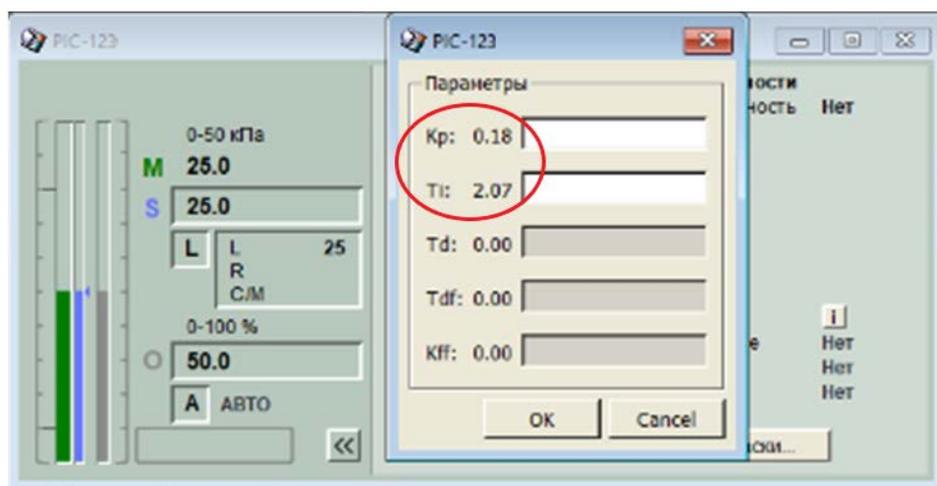


Рисунок ПР2.50 – Окно с новыми параметрами регулятора в режиме симуляции

7. *Запуск графиков с наилучшими настройками регулятора.*
8. *Сравнительный анализ качества переходного процесса при настройках регулятора по умолчанию и наилучших настроек регулятора.*

#### 6.4. Практическая работа № 3 «Каскадная система регулирования»

Каскадная система регулирования – это система, в которой два или больше контуров регулирования соединены таким образом, чтобы выход одного регулятора корректировал уставку другого регулятора.

Требуется создать каскадную систему регулирования на основе экрана и функциональных диаграмм, созданных в практических работах 1 и 2.

##### **Ход выполнения работы.**

1. *Дополнение элементами имеющегося экран оператора.*

Открыть файл экрана **gd:A1:7** и добавить на него визуальную индикацию давления: вкладка Block → DNAuse Library → Anan (рис. ПР3.1).

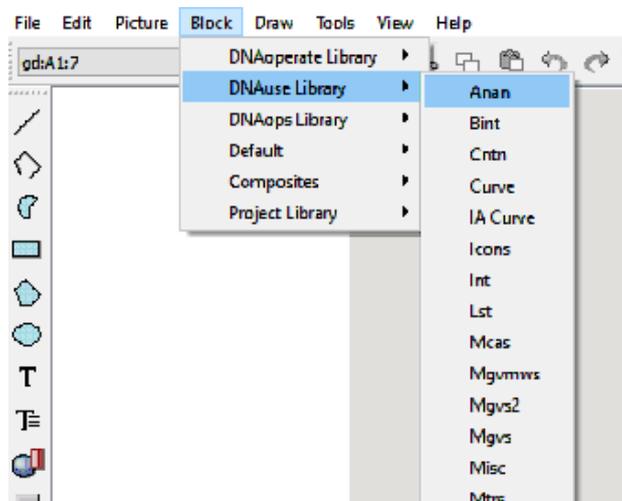


Рисунок ПР3.1 – Открытие раздела библиотеки с блоками визуальной индикации

Следует выбрать индикатор и скопировать его на экран. Далее потребуется открыть свойства индикатора через ПКМ → Properties... (рис. ПР3.2).

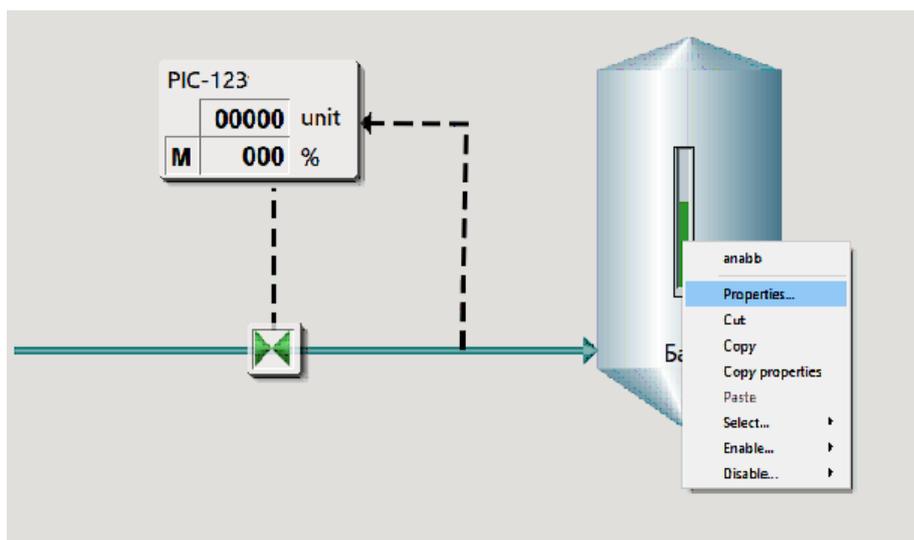


Рисунок ПР3.2 – Открытие свойств блока визуальной индикации

В свойствах следует указать тот же тэг (Tag name), что и слева от бака, в контуре управления (рис. ПР3.3).

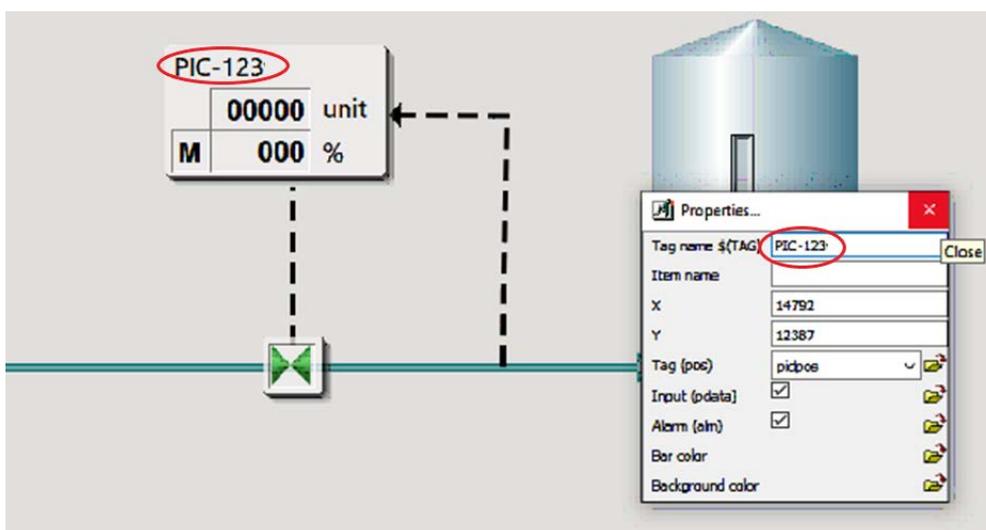


Рисунок ПР3.3 – Изменение имени тэга

Для лучшей видимости необходимо выделить индикатор и растянуть его (рис. ПР3.4).

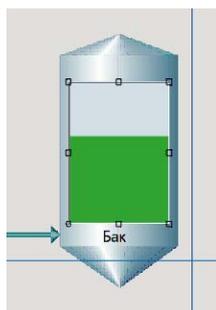


Рисунок ПР3.4 – Растянутый индикатор

Для второго контура следует добавить блок отображения и регулировки: Block → DNAuse Library → Pidn (рис. ПР3.5).

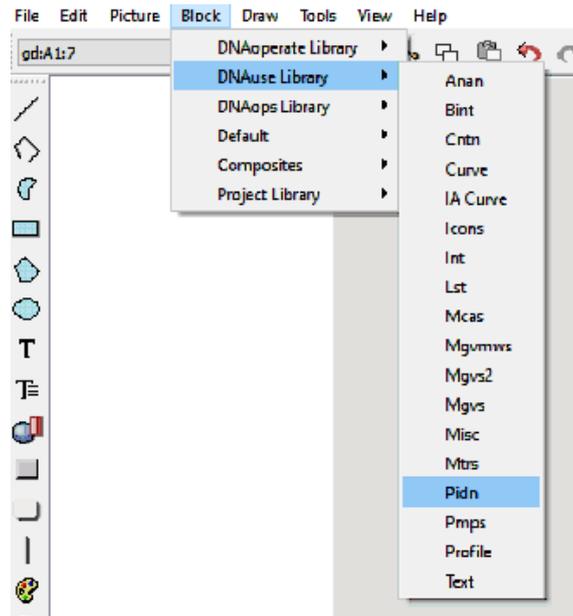


Рисунок ПР3.5 – Добавление блока отображения и регулировки Pidn для второго контура

Требуется выделить и скопировать выделенный на рисунке ПР3.6 блок.

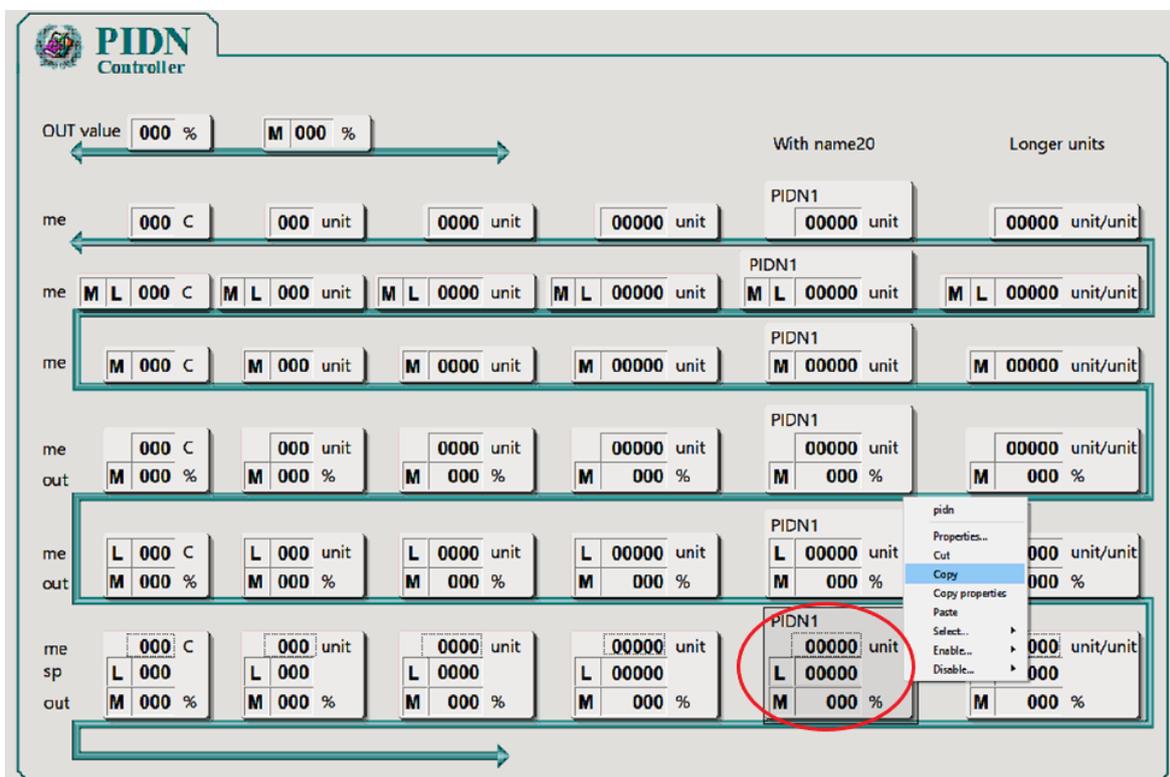


Рисунок ПР3.6 – Копирование блока отображения и регулировки PIDN1

На экране данный блок следует расположить справа от бака и в его свойствах указать Tag name → FIC-123v1 (рис. ПР3.7).

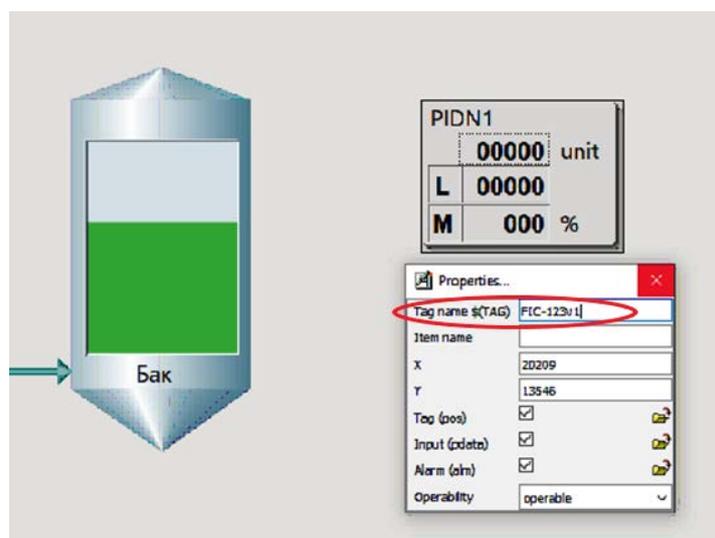


Рисунок ПР3.7 – Задание тэга окну визуализации и регулировки PIDN1

Затем нужно скопировать и вставить изображение трубы, ведущей в бак, справа от него. После этого для добавления места излома требуется нажать ПКМ на новую трубу → Add node (рис. ПР3.8).

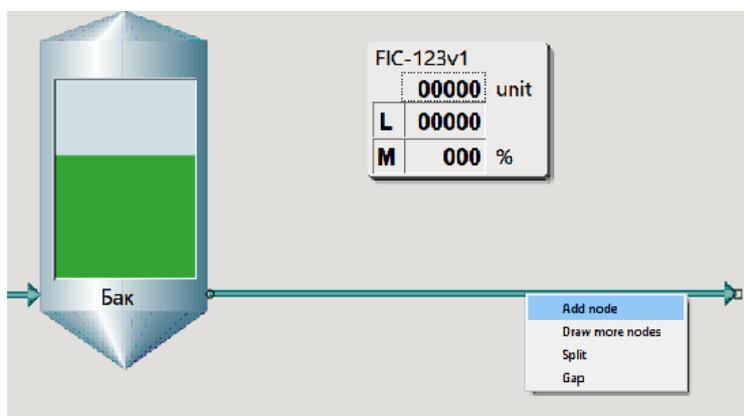


Рисунок ПР3.8 – Добавление места изображения излома трубы

Теперь в свойствах трубы в поле Arrows следует выбрать Beginning. После этого, используя правый конец трубы, повернуть ее правую часть на 90 градусов, как показано на рисунке ПР3.9.

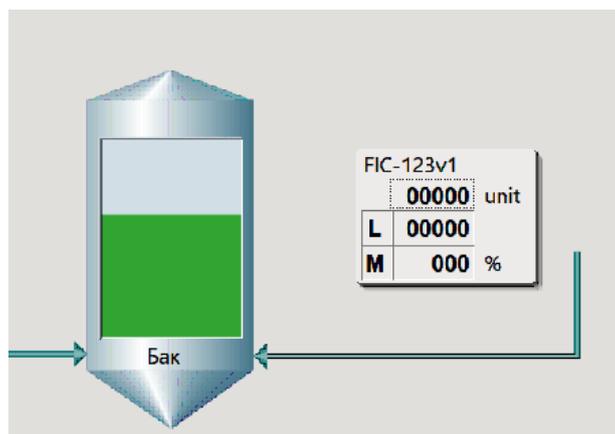


Рисунок ПР3.9 – Поворот изображения трубы

Далее следует добавить регулирующий орган второго контура: Block → DNAuse Library → Mgrvs (рис. ПР3.10).

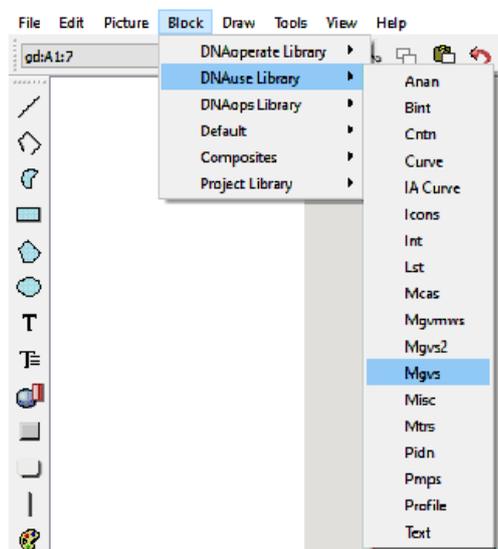


Рисунок ПР3.10 – Открытие библиотеки регулирующих органов

В открывшейся библиотеке необходимо выделить и скопировать на экран регулирующий орган, обведенный на рисунке ПР3.11.

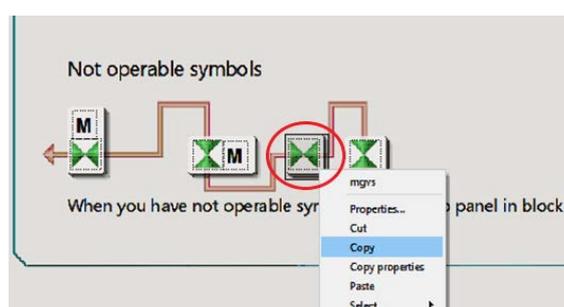


Рисунок ПР3.11 – Выбор изображения регулирующего органа

На экране данное изображение регулирующего органа необходимо расположить на трубе и в свойствах изменить **Tag name** → FIC-123v1 (рис. ПР3.12).

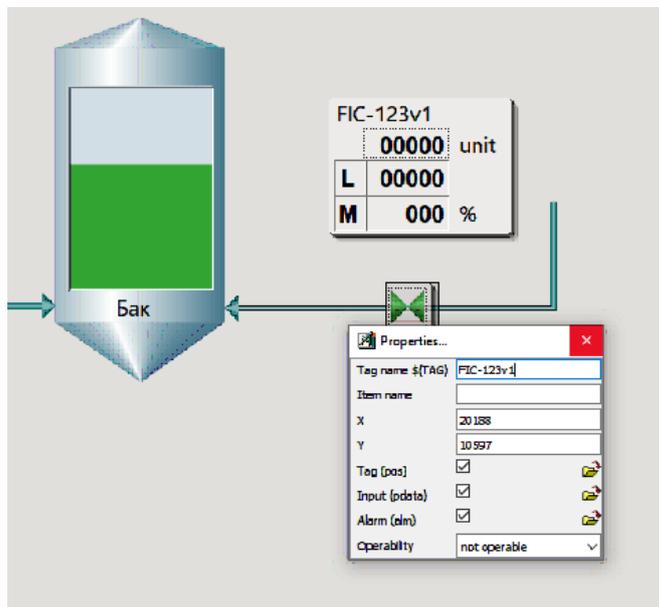


Рисунок ПР3.12 – Изображение регулирующего органа на экране и изменение его тэга

Далее следует скопировать пунктирные линии первого контура и расположить их, как показано на рисунке ПР3.13. При этом линии нужно укоротить нажатием и удерживанием ЛКМ, а затем потянуть в сторону параллельно линии.

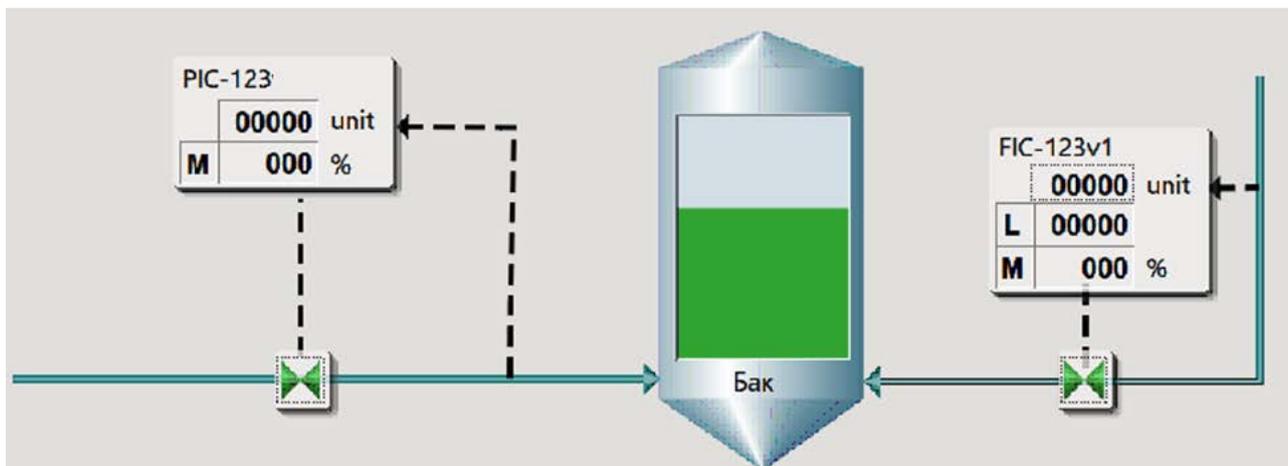


Рисунок ПР3.13 – Расположение пунктирных линий для второго контура

В завершение нужно добавить подпись к индикации давления: Draw → A line of text (рис. ПР3.14).

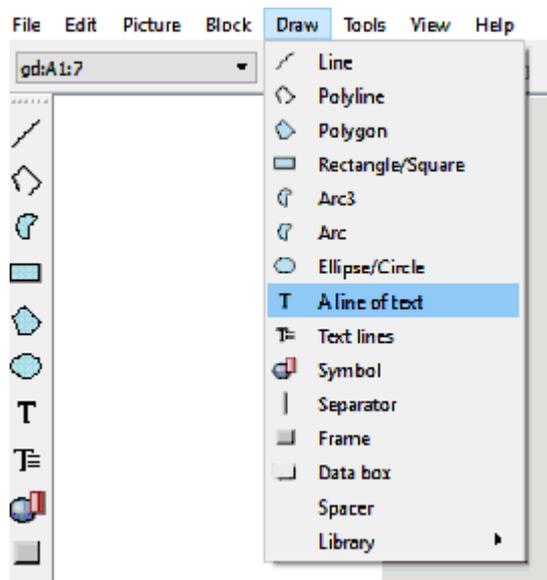


Рисунок ПР3.14 – Добавление текстового поля

Текст следует расположить над индикатором и задать в свойствах Text line «Давление» (рис. ПР3.15).

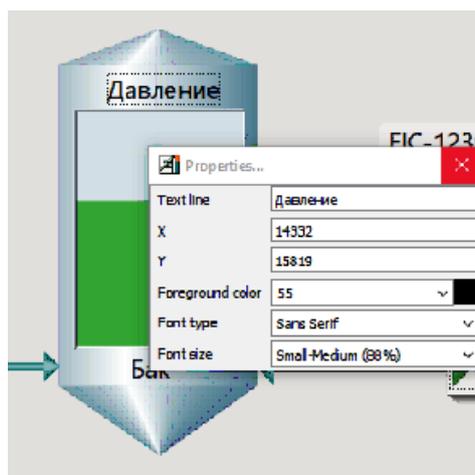


Рисунок ПР3.15 – Расположение текстового поля и добавление в него заданного текста

Наконец, следует сохранить экран (Ctrl+S).

## 2. Создание нового модуля FbCAD.

Чтобы создать модуль FbCAD, необходимо выполнить следующие действия: Object → Create → Function Block Diagram.

Далее нужно изменить свойства: Edit → Values, нажать ЛКМ на внешнюю рамку чертежа → Поменять **Loop name** (Filed 1) → Расход воды и **Process Area 1** → ISPU (рис. ПР3.16).

Editing attributes of -ADMIN

| Identifier     | Prompt               | Value          |
|----------------|----------------------|----------------|
| \$NAME         | LOOP TAG             | TAG_CODE       |
| \$DESCRIPTION1 | LOOP NAME (FIELD 1)  | Расход воды    |
| \$DESCRIPTION2 | LOOP NAME (FIELD 2)  |                |
| \$STATUS       | LOOP STATUS          | complete       |
| \$CREATOR      | NAME OF PLANNER      | dna            |
| \$CREATED      | DATE OF PLANNING     | 21-04-21 12:13 |
| \$MODIFIER     | NAME OF MODIFIER     | -              |
| \$MODIFIED     | DATE OF MODIFICATION | YY-MM-DD HH:MM |
| \$PROCESSAREA1 | PROCESS AREA 1       | ISPU           |
| \$PROCESSAREA2 | PROCESS AREA 2       |                |
| \$PROCESSAREA3 | PROCESS AREA 3       |                |
| \$PROCESSAREA4 | PROCESS AREA 4       |                |

Рисунок ПР3.16 – Изменение свойств функциональной диаграммы

Следует добавить блок ПИД-регулятора: Fblocks1 → pid... Необходимо выбрать второй слева блок PID (рис. ПР3.17).

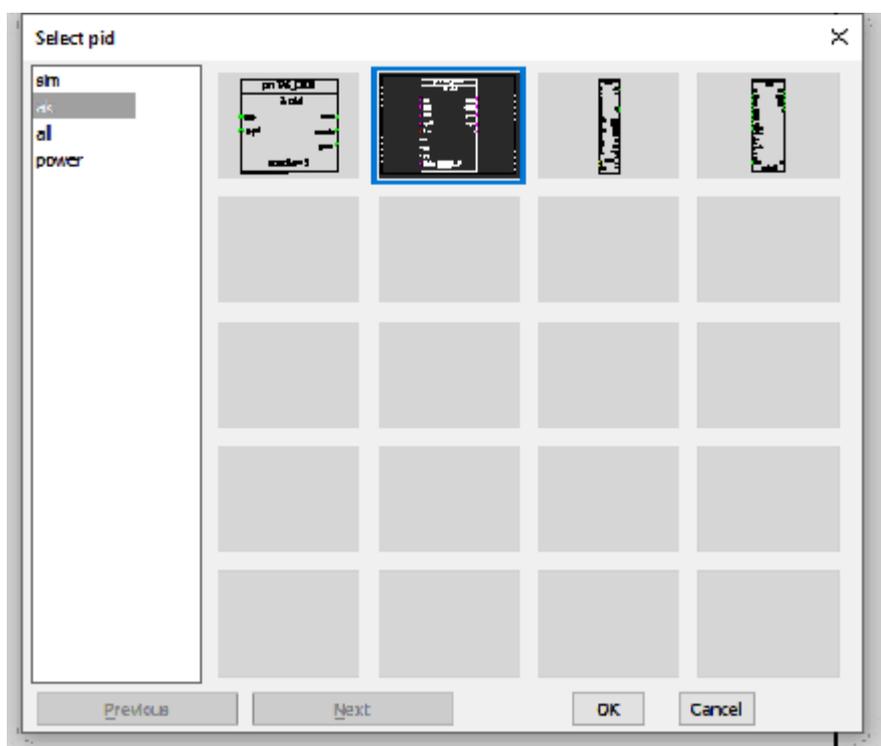


Рисунок ПР3.17 – Выбор блока PID

Расположить блок в центре чертежа и в свойствах (рис. ПР3.18) поменять: **EXECUTION ORDER** → 50, **mem MEAS SCALE MAXIMUM** → 20, **sp2u SETPOINT 2 USED** → 1 и **track2 SETPOINT 2 TRACK** → 1.

Далее следует добавить модули позиции (Position), операции (Operation) и события (Event), находящиеся во вкладке Modules. Это выполняется аналогично добавлению модулей для регулятора PID из практической работы №1.

| Identifier | Prompt                    | Value       |
|------------|---------------------------|-------------|
| \$ORDEF    | EXECUTION ORDER           | 50          |
| \$PORT     | DIRECT ACCESS PORT NAME   | pr:TAG_CODE |
| CMODE=     | cmode CONTROL MODE        | 0           |
| CONDIR=    | condir CONTROL DIRECTION  | 1           |
| AFTFM=     | aRfm AFTER F MAN CONTR    | 0           |
| AFTFC=     | aRfc AFTER FORCED CONTR   | 1           |
| FBACT=     | fbact MEAS FB ACTION      | 2           |
| FBMASK=    | fbmask MEAS FB MASK       | 140         |
| MEMI=      | memi MEAS SCALE MINIMUM   | 0.0         |
| MEMA=      | memA MEAS SCALE MAXIMUM   | 20.0        |
| COMI=      | comi CONTROL SCALE MINIM  | 0.0         |
| COMA=      | coma CONTROL SCALE MAXIM  | 100.0       |
| CONCH=     | conch MAX RATE OF CONTR C | 1.0         |
| SP2U=      | sp2u SETPOINT 2 USED      | 1           |
| SP3U=      | sp3u SETPOINT 3 USED      | 0           |
| TRACK1=    | track1 SETPOINT 1 TRACK   | 0           |
| TRACK2=    | track2 SETPOINT 2 TRACK   | 1           |
| TRACK3=    | track3 SETPOINT 3 TRACK   | 1           |
| EAU=       | eau ERROR ALARMS USED     | 0           |
| COAU=      | coau CONTROL ALARMS USED  | 0           |
| KP<        | kp P-TERM GAIN            | 0.075       |
| TI<        | ti INT. ACTION TIME CONST | 0.30.0      |
| COLMI<     | colmi MIN LIMIT OF CONTR  | 0.0.0       |
| COLMA<     | colma MAX LIMIT OF CNTR   | 0.100.0     |
| AMC<       | amc AUTO -> MANUAL        | 1           |
| MAC<       | mac MANUAL -> AUTO        | 1           |
| MEHH<      | mehh MEAS H HIGH LIMIT    | 100.0       |
| MEH<       | meh MEAS HIGH LIMIT       | 100.0       |
| MEL<       | mel MEAS LOW LIMIT        | 0.0         |
| MELL<      | mell MEAS L LOW LIMIT     | 0.0         |
| EH<        | eh DEVIATION HGH LIMIT    | 100.0       |
| EL<        | el DEVIATION LKW LIMIT    | -100.0      |

Рисунок ПР3.18 – Настройки PID регулятора

В свойствах модуля позиции (Position) следует поменять: **Setpoint2 Operability** → 1, **Measurement Maxim Value** → 20, **Unit if Meas Val** → м3/ч и **Hierarchy Code Of Displ** → 7 (номер экрана) (рис. ПР3.19).

| Identifier                 | Prompt                                      | Value    |
|----------------------------|---|----------|
| \$NAME                     | TAG MODULE NAME                             | TAG_CODE |
| \$SCR                      | CONTROL ROOM IDENTIFIER                     | A1       |
| \$S(01/2/3/4/5/6/7/8/9)GRP | DISTRIBUTION GROUP (none/1/2/3/4/5/6/7/8/9) | none     |
| PREFX                      | PCS PREFIX                                  | DF       |
| REL_TAG(SIZE)              | RELATED TAG NAME(S)                         |          |
| NAME1                      | NAME TEXT 1(14char)                         |          |
| NAME2                      | NAME TEXT 2(14char)                         |          |
| NAME3                      | NAME TEXT 3(20char)                         |          |
| POS1                       | TAG_CODE 1(14char)                          | TAG_CODE |
| POS2                       | TAG_CODE 2(14char)                          |          |
| POS3                       | TAG_CODE 3(14char)                          |          |
| INFO                       | INFO DISP HIERARCHY CODE                    |          |
| OPM                        | OPERATING MODULE NAME                       | TAG_CODE |
| DEVDIAG                    | DEVICE DIAGNOSTICS                          |          |
| ADDDIAG                    | ADDITIONAL DEVICE DIAGNOSTICS PAGE          |          |
| CONMON                     | CONDITION MONITORING                        |          |
| ELECENTER                  | ELECTRICAL CENTER                           |          |
| POSOP                      | OPERABILITY OF TAG                          | 1        |
| SP1OP                      | SETPOINT1 OPERABILITY                       | 1        |
| SP2OP                      | SETPOINT2 OPERABILITY                       | 1        |
| SP3OP                      | SETPOINT3 OPERABILITY                       | 0        |
| KPOP                       | OPERABILITY OF KP-PARAM                     | 1        |
| TIOP                       | OPERABILITY OF TI-PARAM                     | 1        |
| TDOP                       | OPERABILITY OF TD-PARAM                     | 0        |
| TDOP                       | OPERABILITY OF TD-PARAM                     | 0        |
| KFFOP                      | OPERABILITY OF KFF-PARAM                    | 0        |
| MESMIN                     | MEASUREMENT MINIM VALUE                     | 0        |
| MESMAX                     | MEASUREMENT MAXIM VALUE                     | 20       |
| MESOPREC                   | NO OF DEC. IN MEAS (0-5)                    | 0        |
| MESOPFPREC                 | NO OF DEC. IN FACEPLATE MEAS (0-5)          | 0        |
| MEUNIT                     | UNIT OF MEAS VAL(0char)                     | м3ч      |
| SPORSTEP                   | Setpoint operation step size (0=Auto)       | 0        |
| OUTSCRIN                   | MIN VALUE OF CONTR SCALE                    | 0        |
| OUTSCMAX                   | MAX VALUE OF CONTR SCALE                    | 100      |
| OUTSCPREC                  | NO OF DEC. OF CONTR(0-5)                    | 0        |
| OUTFSPPREC                 | NO OF DEC. OF FACEPLATE CONTR(0-5)          | 0        |
| OUTUNIT                    | UNIT OF CONTRDL (0char)                     | %        |
| OUTOPSTEP                  | OUTPUT OPERATION STEP SIZE (0=AUTO)         | 0        |
| SPFSPPREC                  | NO OF DEC. OF FACEPLATE SETPOINT(0-5)       | 0        |
| \$DD                       | HIERARCHY CODE OF DISPL                     | 7        |

Рисунок ПР3.19 – Настройки блока PID

Для быстрого редактирования тегов, следует использовать последовательность: Edit → Edit → Gedit → ввести тег FIC-123v1 → Enter (рис. ПР3.20).

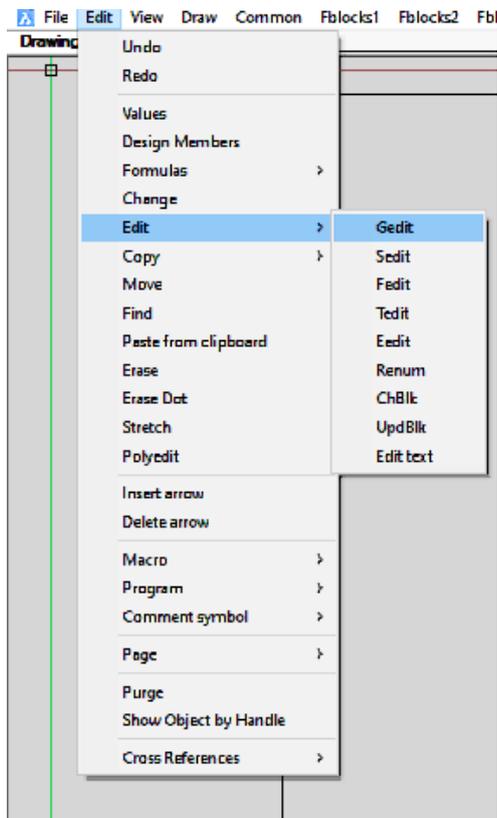


Рисунок ПР3.20 – Изменение всех тэгов на функциональной диаграмме

Далее следует добавить блоки ccoX left и ccoX right.

Начать можно с добавления ccoX left: Fblocks2 → ccoX left → Small.

Расположить блок следует слева от PID регулятора и задать **Execution order** → 21 в свойствах (рис. ПР3.21).

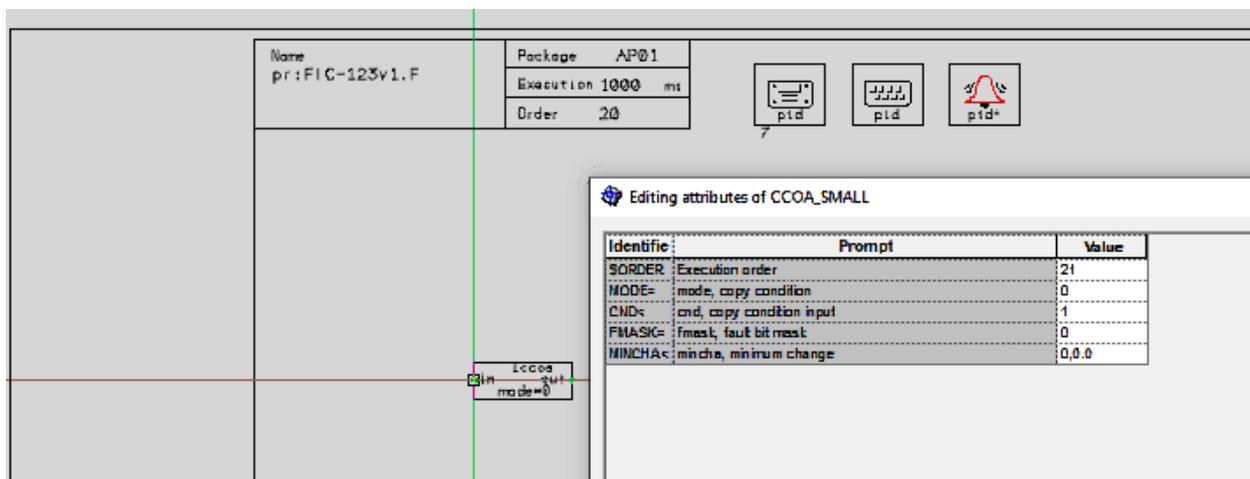


Рисунок ПР3.21 – Расположение блоков на пространстве функциональной диаграммы и изменение свойств блока ccoX left

Затем необходимо добавить такой же блок ssoX left и задать **Execution order** → 30, расположение блока указано на рисунке ПР3.22.

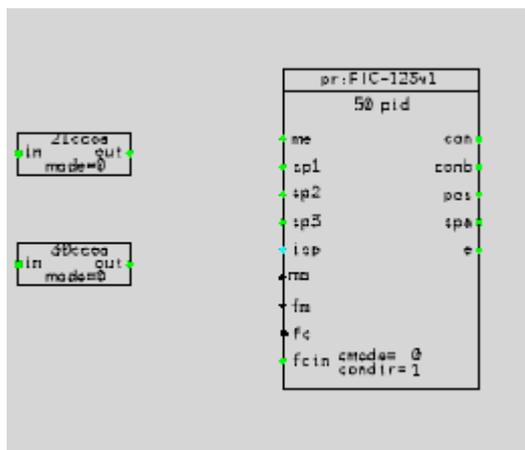


Рисунок ПР3.22 – Расположение второго блока ssoX left

Теперь нужно добавить блок ssoX right: Fblocks2 → ssoX right → Small. Его нужно расположить справа от блока PID (рис. ПР3.23) и задать в свойствах **Execution order** → 30.

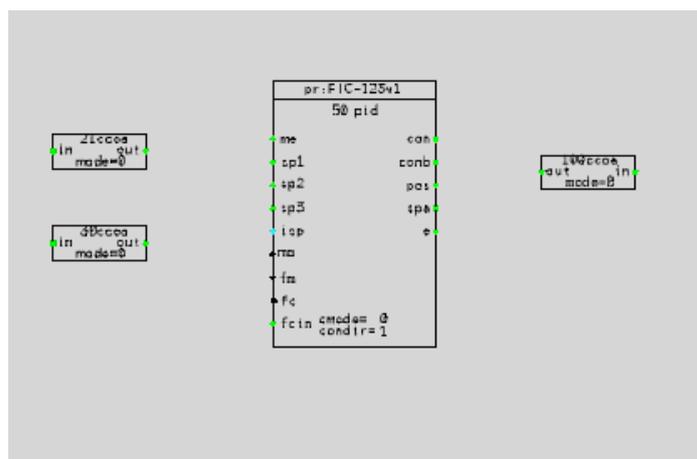


Рисунок ПР3.23 – Расположение блока ssoX right

Далее следует добавить внешний входной порт: Common → External ports in... → выбрать первый в списке.

Данный блок следует расположить слева от внутренней рамки чертежа. В свойствах задать **External continuous input name** → pr:FIC-123v1M.F:out1 (рисунки ПР3.24, ПР3.25).

| Identifier | Prompt                         | Value                     |
|------------|--------------------------------|---------------------------|
| \$PNAME    | Interface port name            | :in1                      |
| \$COMMENTP | Comment text                   |                           |
| \$VALUE    | Initial value (0.0.0)          |                           |
| \$NAME     | External continuous input name | pr:FIC-123v1M.F:out1      |
| \$COMMENT  | External comment text          |                           |
| \$RATE     | Transfer interval (10-25500ms) | Module execution interval |

Рисунок ПР3.24 – Свойства блока входного порта

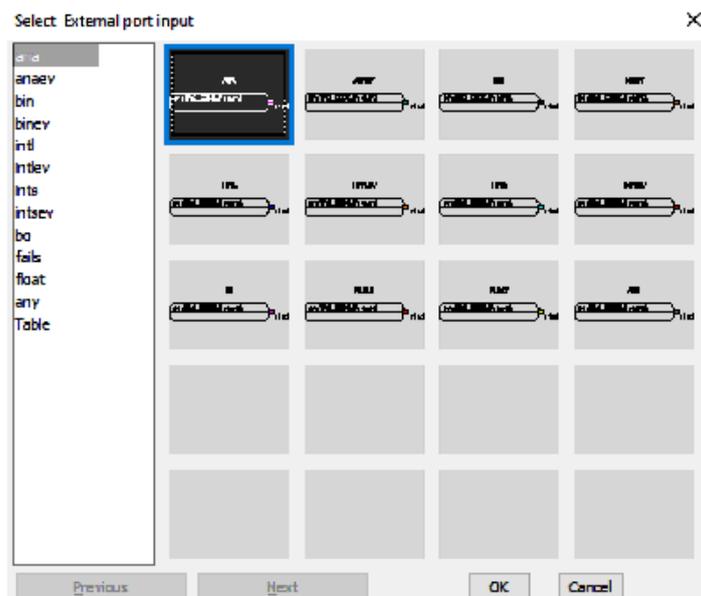


Рисунок ПР3.25 – Добавление входного порта

Затем добавить следующий внешний порт ввода: Common → External in continuous... и расположить его согласно рисунку ПР3.26, в свойствах задать **External continuous input name** → pr:FIC-123v1.F:in1.

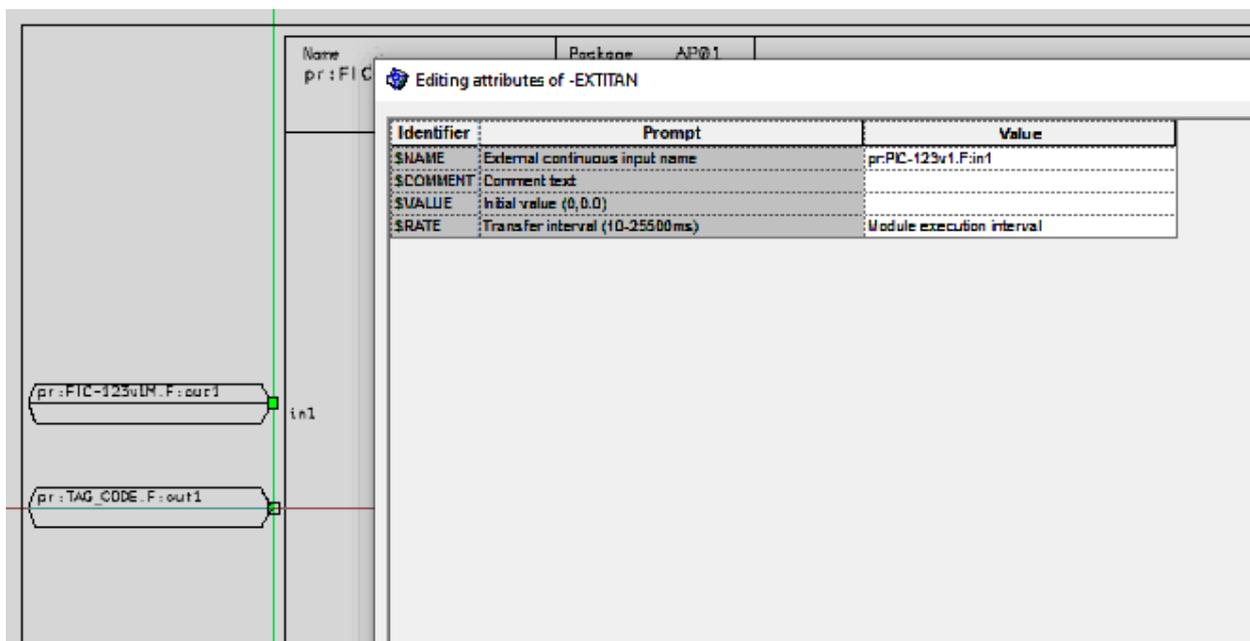


Рисунок ПР3.26 – Расположение и свойства второго блока входного порта

После этого требуется добавить выходной порт: Common → Interfaces out... и изменить его свойства: задать **Interface port name** → :CON (рис. ПР3.27).

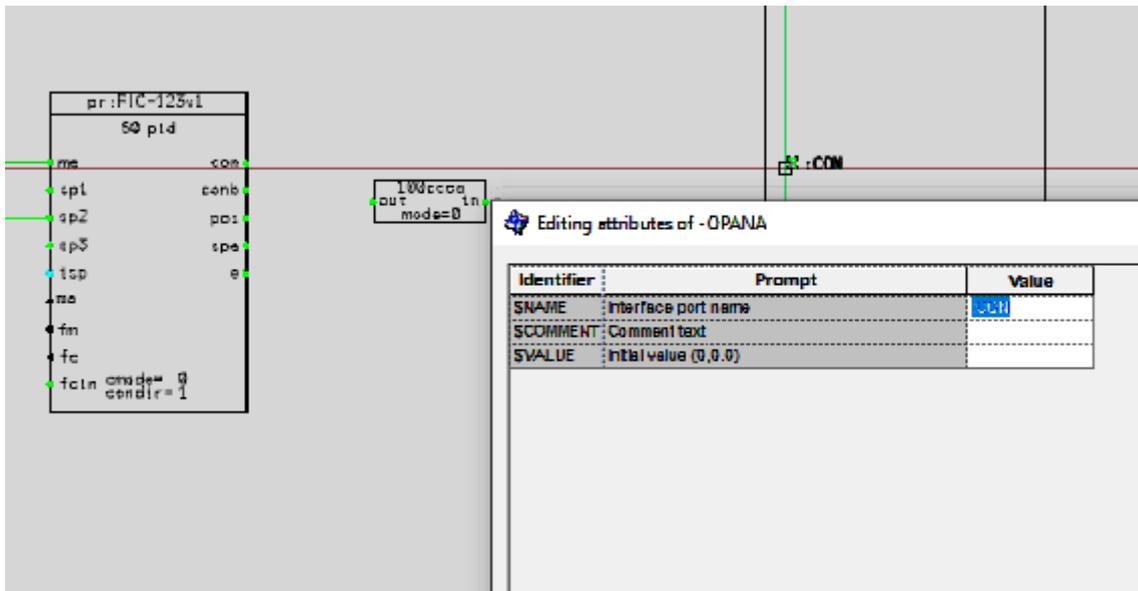


Рисунок ПР3.27 – Расположение и свойства выходного порта

Далее нужно соединить блоки и порты согласно рисунку ПР3.28.

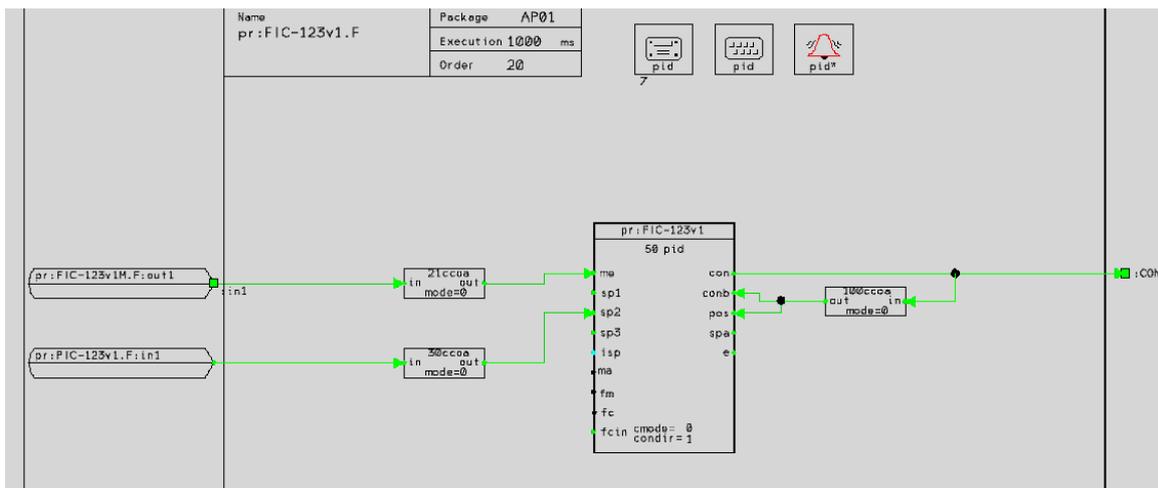


Рисунок ПР3.28 – Соединение всех блоков функциональной диаграммы

В завершение требуется выполнить проверку при помощи функции Check и сохранить в репозиторий.

3. *Сохранение под другим именем и внесение изменений в файл модели (MATHMODE)*

Необходимо открыть файл Mathmode и сохранить его под именем FIC- 123M в рабочую директорию (ISPU).

Затем в свойствах порта ввода поменять **External continuous input name** → pr:FIC-123v1.F:CON (рис. ПР3.29).

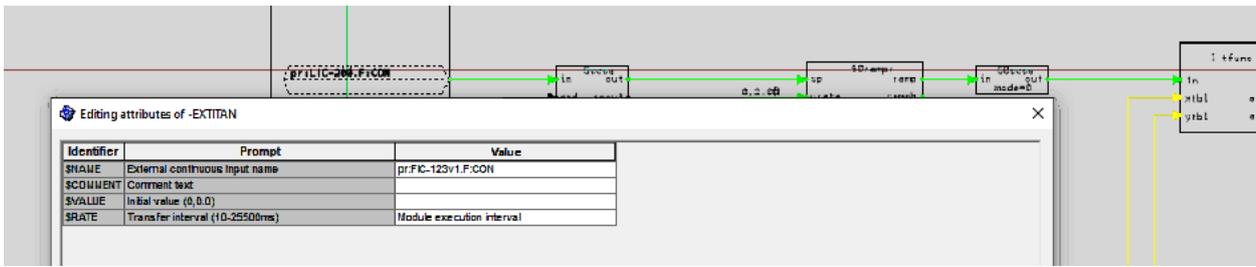


Рисунок ПР3.29 – Изменение свойств порта ввода

Далее поменять значения P1 и P2 согласно рисунку ПР3.30.

| Identifier | Prompt              | Value  |
|------------|---------------------|--|
| \$NAME     | Local data name     | P1   |
| \$DIMENSIO | Dimension of data   | 21   |
| \$COMMENT  | Comment text        |  |
| \$VALUE    | Initial value (0.0) | 0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75, 80,85, 90,95, 100 |

| Identifier | Prompt              | Value  |
|------------|---------------------|--|
| \$NAME     | Local data name     | P2   |
| \$DIMENSIO | Dimension of data   | 21   |
| \$COMMENT  | Comment text        |  |
| \$VALUE    | Initial value (0.0) | 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20 |

Рисунок ПР3.30 – Изменение свойств портов P1 и P2

Наконец, требуется выполнить проверку при помощи функции Check и сохранить в файл в Repository.

#### 4. Внесение изменений в модуль PIC-123T

Сначала необходимо открыть модуль PIC-123T, в свойствах блока трендов задать параметры для трендов 5 и 6: C5TAG, C6TAG (рис. ПР3.31).

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| C4CR         | Curve 4, Control Room   | A1        |
| C4POSTYPE    | Curve 4, Tag type   | pid       |
| C4PRODSPEC   | Curve 4, Signal specifier   | con       |
| C4SIGNALTYPE | Curve 4, Signal type  | ana       |
| C4TIMESCALE  | Curve 4, Timescale (0.125h,0.25h,0.5h,1h,2h,6h,24h,32h,168h,672h) | 0.125h    |
| C4SCALEMIN   | Curve 4, Scale min  | 0.0       |
| C4SCALEMAX   | Curve 4, Scale max  | 0.0       |
| C4UNIT       | Curve 4, Unit   | -         |
| C4SIGNALTEXT | Curve 4, Signal text  | -         |
| C4COLORINDEX | Curve 4, Color Index  | -         |
| C4FRESELECT  | Curve 4, Freeselect   | 0         |
| C5TAG        | Curve 5, Main tag   | PIC-123v1 |
| C5CR         | Curve 5, Control Room   | A1        |
| C5POSTYPE    | Curve 5, Tag type   | pid       |
| C5PRODSPEC   | Curve 5, Signal specifier   | me        |
| C5SIGNALTYPE | Curve 5, Signal type  | ana       |
| C5TIMESCALE  | Curve 5, Timescale (0.125h,0.25h,0.5h,1h,2h,6h,24h,32h,168h,672h) | 0.125h    |
| C5SCALEMIN   | Curve 5, Scale min  | 0.0       |
| C5SCALEMAX   | Curve 5, Scale max  | 0.0       |
| C5UNIT       | Curve 5, Unit   | -         |
| C5SIGNALTEXT | Curve 5, Signal text  | -         |
| C5COLORINDEX | Curve 5, Color index  | -         |
| C5FRESELECT  | Curve 5, Freeselect   | 0         |
| C6TAG        | Curve 6, Main tag   | PIC-123v1 |
| C6CR         | Curve 6, Control Room   | A1        |
| C6POSTYPE    | Curve 6, Tag type   | pid       |
| C6PRODSPEC   | Curve 6, Signal specifier   | con       |
| C6SIGNALTYPE | Curve 6, Signal type  | ana       |
| C6TIMESCALE  | Curve 6, Timescale (0.125h,0.25h,0.5h,1h,2h,6h,24h,32h,168h,672h) | 0.125h    |
| C6SCALEMIN   | Curve 6, Scale min  | 0.0       |
| C6SCALEMAX   | Curve 6, Scale max  | 0.0       |

Рисунок ПР3.31 – Изменение свойств модуля PIC-123T

Затем необходимо добавить 2 блока трендов: Modules → Trend... → Добавить первый из списка блок (рис. ПР3.32).

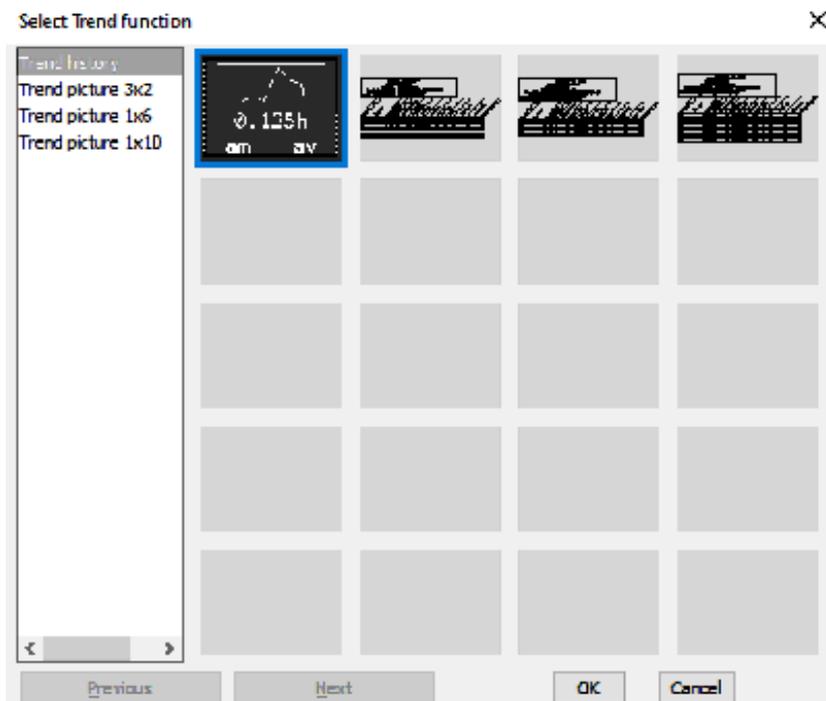


Рисунок ПР3.32 – Выбор блока тренда

Для первого блока в свойствах задать **Main tag** → FIC-123v1, **Tag type** → pid, **Tag specifier** → me, **Signal type** → ana.

Для второго блока в свойствах задать **Main tag** → FIC-123v1, **Tag type** → pid, **Tag specifier** → con, **Signal type** → ana (рис. ПР3.33).

Наконец, необходимо выполнить проверку при помощи функции Check и сохранить в Repository.

| Identifier    | Prompt  | Value     |
|---------------|---|-----------|
| \$NAME        | Main tag  | FIC-123v1 |
| PREFIX        | Tag prefix  | pr        |
| POSTYPE       | Tag type  | pid       |
| PRDSPEC       | Tag specifier   | me        |
| SIGNALTYPE    | Signal type   | ana       |
| TIMESCALE     | Timescale (0.125h, 0.25h, 0.5h, 1h, 2h, 8h, 24h, 32h, 168h, 672h) | 0.125h    |
| \$DESTINATION | Package   | AP01      |

| Identifier    | Prompt  | Value     |
|---------------|---|-----------|
| \$NAME        | Main tag  | FIC-123v1 |
| PREFIX        | Tag prefix  | pr        |
| POSTYPE       | Tag type  | pid       |
| PRDSPEC       | Tag specifier   | con       |
| SIGNALTYPE    | Signal type   | ana       |
| TIMESCALE     | Timescale (0.125h, 0.25h, 0.5h, 1h, 2h, 8h, 24h, 32h, 168h, 672h) | 0.125h    |
| \$DESTINATION | Package   | AP01      |

Рисунок ПР3.33 – Задание свойств для блоков добавляемых трендов

### 5. Запуск симуляции.

Сначала необходимо загрузить в систему экран gd:A1:7 и модули: FIC-123v1, FIC-123v1M, PIC-123, PIC-123M, PIC-123T. При загрузке использовать replace.

В окне контура FIC-123v1, нажав на L и затем в открывшемся окне – на R, можно установить взятие задания из контура PIC-123 (рис. ПР3.34-35).

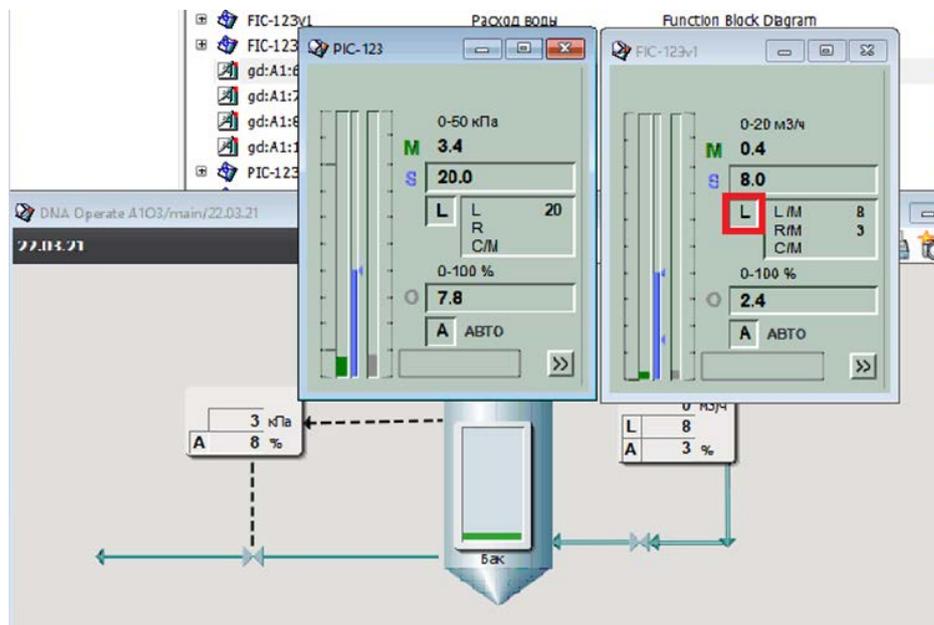


Рисунок ПР3.34 – Нажатие кнопки L

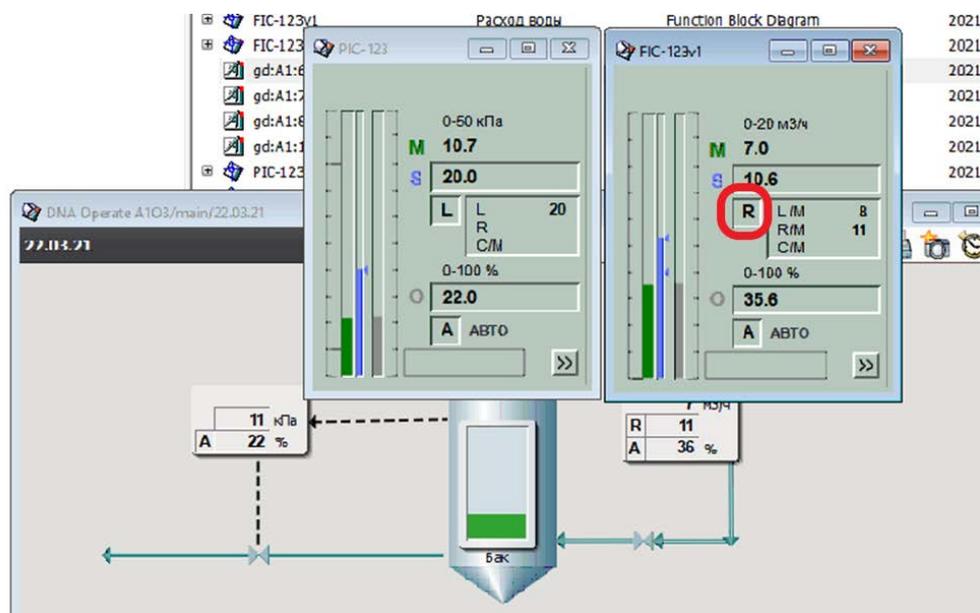


Рисунок ПР3.35 – Нажатие кнопки R

Для наглядности можно использовать тренды, на которых теперь отображаются параметры обоих контуров (рис. ПР3.36).

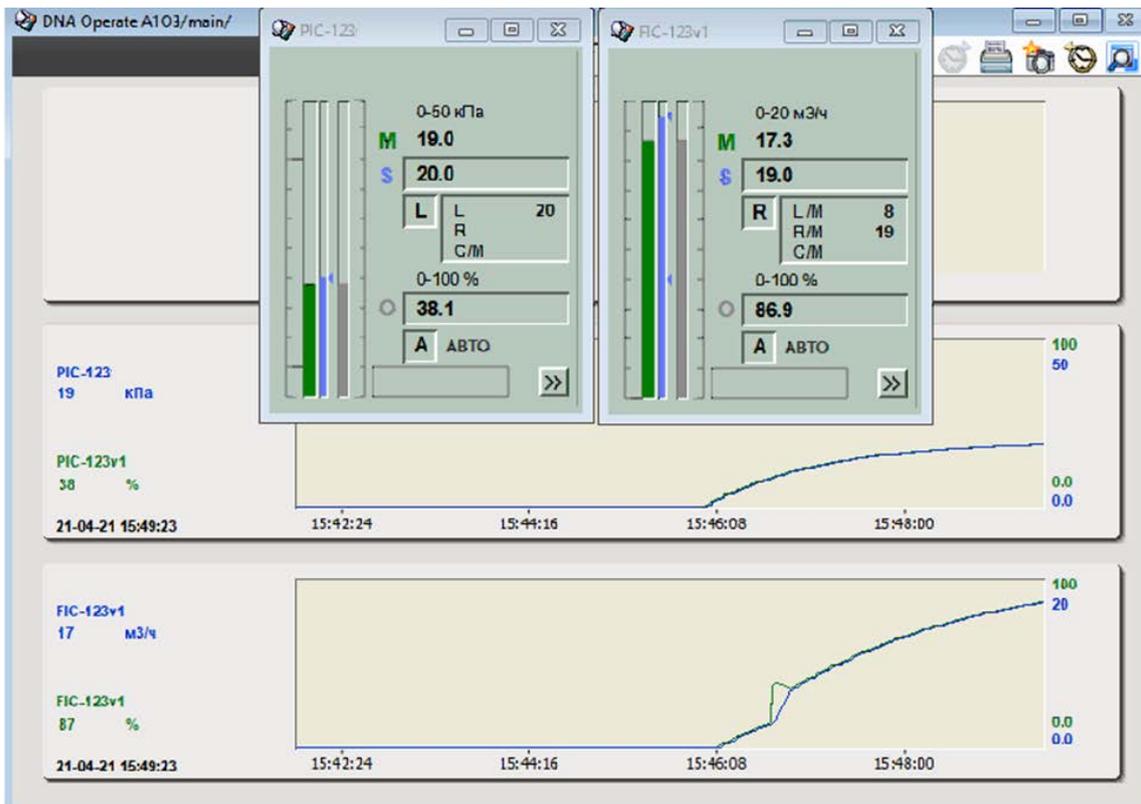


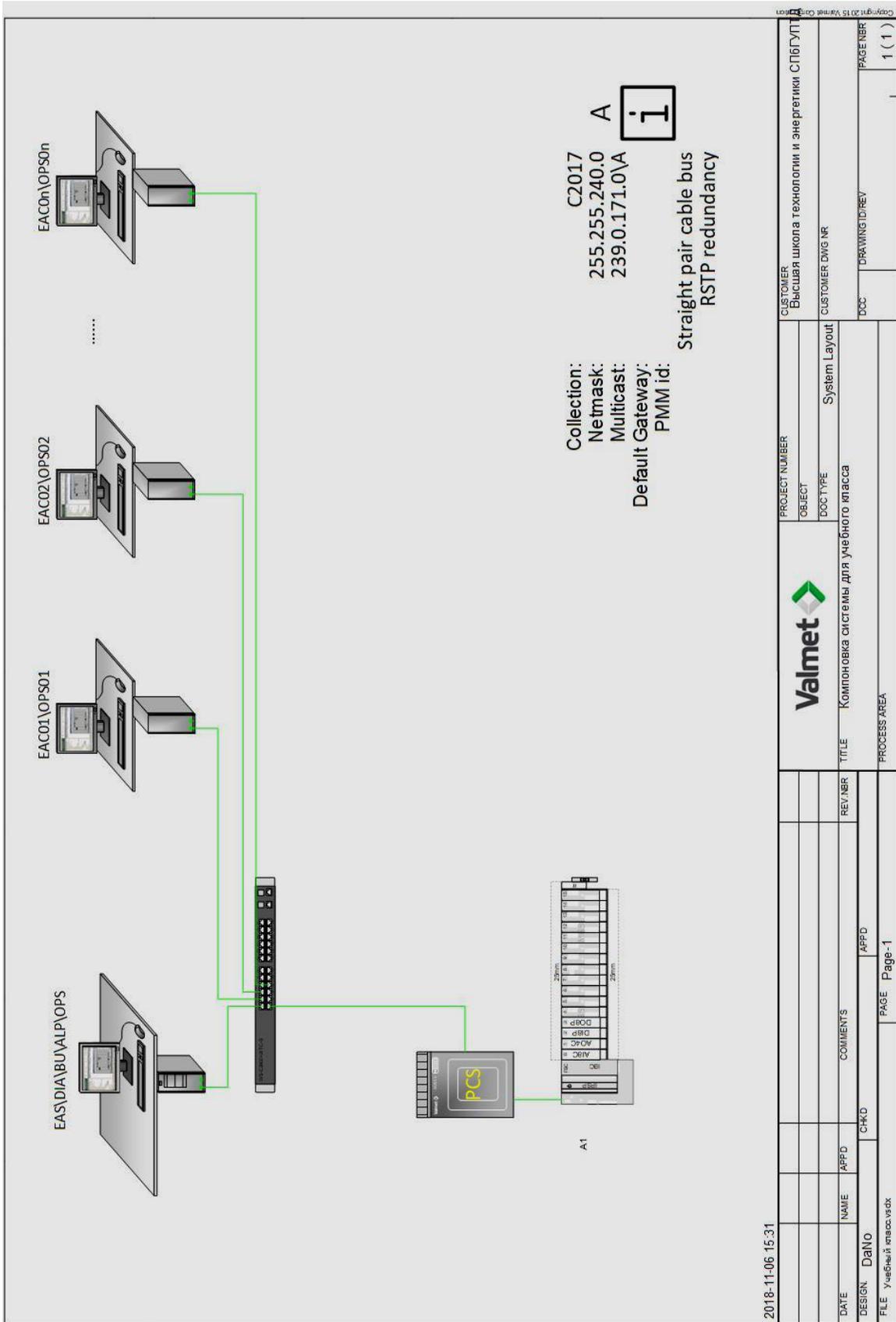
Рисунок ПР3.36 – Графики давления в баке и расхода жидкости в бак

Таким образом, была разработана программа управления для каскадной системы управления и протестирована работа этой программы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воропанова, М. А. Обзор и сравнительный анализ систем DNAExplorer и КОНГРАФ / М. А. Воропанова, И. В. Ремизова // Энергетика и автоматизация в современном обществе : Материалы IV Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. В 2-х частях, Санкт-Петербург, 04 июня 2021 года / Под общей редакцией Т.Ю. Коротковой. Том Часть 1. – СПб, ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – С. 198-203.
2. MetsoDNA. Техническая служебная программа FbCAD. DNA-EA-CAD-FB : Инструкция. Комплект документации 2001. ред. 3. – Тампере: Metso Automation Inc, 2001. – 220 с

# ПРИЛОЖЕНИЕ



2018-11-06 15:31

|                         |   |          |                 |                |  |  |  |
|-------------------------|---|----------|-----------------|----------------|--|--|--|
|                         |   |          |                 |                |  |  |  |
| PROJECT NUMBER          | OBJECT                                      | DOC TYPE | SYSTEM LAYOUT   |                |  |  |  |
| CUSTOMER                | Высшая школа технологии и энергетики СПбГУП |          | CUSTOMER DWG NR |                |  |  |  |
| DATE                    | NAME  | APPD     | COMMENTS        | PAGE NBR       |  |  |  |
| DESIGN: DaNo            | CHKD  | APPD     | APPD            | DRAWING ID/REV |  |  |  |
| FILE: Учебный класс.vsd | PAGE Page-1                                 |          | 1 (1)           |                |  |  |  |

Учебное издание

**Новикова Мария Андреевна  
Ремизова Ирина Викторовна**

**Интегрированные системы проектирования  
и управления автоматизированными  
и автоматическими производствами**

**Программно-технический  
комплекс Valmet**

Редактор и корректор Д.А. Романова  
Техн. редактор Д. А. Романова

Учебное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:  
электронное устройство с программным обеспечением  
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 06.03.2025 г. Рег.№ 5269/24

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.