

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 664:658.011.56

Полякова Татьяна Исматуллаевна

**«Модернизация работы экстрактора с использованием
информационно-коммуникационной системы управления»**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

***5А 321701– “Информационно-коммуникационные системы
управления технологическими процессами”***

Научный руководитель:

доц. Гафуров К.Х.

Бухара- 2018

Аннотация

Ушбу магистрлик диссертация иши МЧЖ “Евроснар” корхонаси мисолида экстракциялаш қурилмаси ишини АКТ ёрдамида бошқаришни такомиллаштириш масаласига бағишланган. Диссертация биринчи бобда МЧЖ “Евроснар” экстракциялаш цехи технологик схемаси таҳлили, жараёнга таъсир этувчи факторлар келтирилган. Иккинчи бобда МЧЖ “Евроснар” корхонаси экстракциялаш қурилмасини автоматлаштириш функционал схемаси ва автоматик ростлаш тизими тадқиқот қилинган. Учинчи бобда МЧЖ “Евроснар” корхонаси экстракциялаш қурилмасини бошқаришнинг ахборот-коммуникация тизимини яратилган. Жараённинг бошқариш дастури ва НМІ-интерфейси ишлаб чиқилган.

Аннотация

Настоящая магистерская диссертационная работа посвящена вопросам модернизации работы экстрактора с использованием информационно-коммуникационной системы управления на примере ООО “Евроснар”. В первой главе анализируется работа экстракционного цеха ООО “ЕвроСнар” и основные факторы, влияющие на процесс экстракции. Во второй главе проведена работа по разработке функциональной схемы управления процессом экстракции в ООО “Евроснар” и исследованию системы автоматического регулирования. В третьей главе разработана информационно-коммуникационная система управления процессом экстракции. Разработаны программа управления и НМІ-интерфейс.

Annotation

The present master's thesis is devoted to the issues of modernization of the extractor using information and communication control system on the example of ООО Evrosnar. In the first chapter, the work of the extraction shop of EuroSnar LLC and the main factors influencing the extraction process are analyzed. In the second chapter, work was carried out to develop a functional scheme for managing the extraction process at Eurosnar LLC and to study the automatic control system. In the third chapter, an information and communication system for managing the extraction process has been developed. The control program and HMI-interface are developed.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава I. Анализ процесса экстрагирования растительных масел с учетом особенностей технологической схемы экстракционного цеха ООО “Евроснар”	11
1.1. Краткая информация о теории процесса экстрагирования растительных масел.....	11
1.2. Анализ технологической схемы экстракционного цеха ООО “Евроснар”	22
1.3. Интенсификация процесса (факторы влияющие на процесс экстракции).....	28
Глава II. Разработка функциональной схемы управления процессом и исследование САР.....	30
2.1. Разработка функциональной схемы управления процессом.....	30
2.2. Выбор технических средств автоматизации.....	35
2.3. Создание и исследование контура регулирования.....	45
Глава III. Разработка информационно-коммуникационной системы управления процессом экстрагирования растительного масла на заводе «Евроснар»	57
3.1. Создание структуры ИКС управления процессом экстракции.....	57
3.2. Разработка программы и человеко-машинного интерфейса ИКС управления процессом экстрагирования масла на заводе «Евроснар».....	66
Общие выводы	89
Список использованной литературы.....	91
Приложения.....	94

Введение

Президент Узбекистана Шавкат Мирзиёев своим Указом утвердил стратегию развития страны на 2017-2021 годы [1].

В соответствии с документом, стратегия включает в себя модернизацию государственного управления, судебной-правовой системы, либерализацию экономики, реформы в социальном секторе и принципы внешней политики. Указом главы государства образована национальная комиссия по реализации стратегии, а также комиссии по реализации отдельных приоритетных направлений. В соответствии с документом, стратегия действий будет реализована в пять этапов, каждый из которых предусматривает утверждение отдельной ежегодной государственной программы в соответствии с объявляемым наименованием года.

Автоматизация играет решающую роль при организации промышленного производства по принципу: выпуск заданного количества продукции при минимуме материальных затрат и затрат ручного труда. В особенности актуальной автоматизация становится в отраслях промышленности, конечная продукция которых находит массовый спрос у потребителя и используется практически во всех производственных процессах. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (в металлургии, машиностроении, нефтегазовой промышленности, в пищевой промышленности и др.) являются высшим этапом комплексной автоматизации и призваны обеспечить существенное увеличение производительности труда, улучшения качества выпускаемой продукции и других технико-экономических показателей производства, а также защиту окружающей среды. Особенностью построения любой автоматизированной системы управления (АСУ) является системный подход ко всей совокупности технологических, теплотехнических, экологических и управленческих вопросов. Специалист в области разработки автоматизированной системы управления технологическими

процессами (АСУТП) должен владеть теорией автоматического регулирования и управления, разбираться в конструкциях и основах технологии производственных агрегатов, достаточно свободно ориентироваться в работе ЭВМ, математическом и алгоритмическом обеспечении, уметь правильно применять средства информационной и управляющей техники [2,3].

Развитие современного производства идет по пути создания высокоэффективных промышленных установок, сопровождается интенсификацией технологических и производственных процессов и систем управления ими. При этом постепенно был осуществлен переход от ручного управления технологическими процессами к автоматизированным и далее – к полностью автоматическим.

Для непрерывного рода экономики нашей страны решающее значение имеет непрерывный и быстрый рост производительности труда. Одной из главных предпосылок этого роста является комплексная механизация и автоматизация производства — важнейшее направление экономической политики нашего государства.

Под комплексной механизацией и автоматизацией понимают такой производственный процесс, при котором все операции выполняются машинами или механизмами, а их управление специальными устройствами - автоматами, действующими без непосредственного участия человека [3].

Факторами развития автоматизации явились: необходимость все более расширенного воспроизводства и повышения качества продукции, а также потребность в совершенствовании труда человека [2].

Современное производство характеризуется многообразием связей между отдельными процессами и необходимостью их четкой последовательности. Непрерывное и поточное производство, а также высокие скорости протекания отдельных операций вызывают необходимость в сокращении времени перехода от одной операции к другой, повышают требования к быстрдействию, точности и

объективности управления, которое стало практически невыполнимым для человека.

Массовое производство высококачественной продукции требует контроля практически на всех операциях технологического процесса и при необходимости быстрой перестройки параметров оборудования, что, безусловно, не по силам человеку и должно быть осуществлено без его участия.

В этих условиях на помощь человеку в управлении современным производством (получение информации, ее обработка и воздействие на соответствующие элементы процесса) пришли специальные устройства называемые автоматами. Роль человека при этом сводится только к наблюдению за работой автоматов, их наладке и регулированию.

Одним из основных путей повышения эффективности маслодобывающего производства является создание АСУ ТП на базе современных средств автоматизации и информационно-коммуникационных систем [3].

Управление технологическими процессами с использованием автоматических устройств включает в себя решение следующих основных задач: контроль параметров процессов (температуры и давления в аппаратах, состава и качества жидкостей и газов и т.д.); регулирование параметров (поддержание их в заданных значениях); сигнализацию (оповещение, предупреждение) об отклонениях значений параметров за допускаемые пределы; блокировку (запрещение) неправильного включения оборудования; защиту оборудования в аварийных ситуациях (выключение, перевод на безопасный режим). Автоматизация производственных процессов начинается с постановки задачи, определяющей уровень (степень) автоматизации конкретного объекта, например, технологической установки. Этим определяется направление всей дальнейшей работы, ее объем и стоимость затрат, в частности, на приобретение и внедрение средств автоматизации. Важным в решении

задачи автоматизации является выбор управляющей системы, т.е. определение степени участия людей в процессе управления, использования автоматических устройств, средств вычислительной техники.

Все эти вопросы решаются на основании тщательного изучения подлежащих автоматизации процессов. Изучаются свойства исходных, промежуточных и готовых продуктов – их взрыво- и пожароопасность, токсичность, физико-химические свойства. На основании поставленной задачи и исходных данных разрабатывается проект автоматизации. При этом может учитываться опыт автоматизации аналогичных процессов или установок.

Немаловажную роль в преобразовании экономики Узбекистана играет масложировая промышленность. Придавая огромное значение выводу масложировой промышленности Узбекистана на передовые рубежи развития отрасли, достигнутые промышленно развитыми странами, предприятия масложировой промышленности стремятся расширять свое сотрудничество с зарубежными партнерами, особенно с теми из них, которые пользуются известностью и авторитетом на мировом рынке современных технологий и оборудования [4].

Современная масложировая промышленность - технически развитая отрасль, предприятия которой имеют возможность перерабатывать ежегодно до 3,0 млн. тонн масличных семян [4].

Масложировая промышленность работает по схеме безотходного производства, т.е. такие побочные продукты как шрот, шелуха, соапсток и др. образуемые при производстве основной продукции масложировой промышленности, также используются для тех или иных благородных целей.

Движущей силой процесса экстракции в системе «твёрдое тело-жидкость» является разница концентраций экстрагируемого вещества в жидкости, заполняющей поры твёрдого тела, и в основной массе

экстрагента, находящегося в контакте с поверхностью твёрдых частиц [5,6].

В нашем регионе действуют несколько предприятий, специализирующиеся на производстве растительных масел. Среди них одно из молодых – это СП ООО «Евроснар». Это предприятие оснащено технологическим оборудованием компании «*Anlu Tianxing food and oil processing machine equipment Co LTD*» (КНР) производительностью 120 т. по мятке [7,8].

Технологическая схема экстракционного цеха СП «Евроснар» состоит следующих процессов: экстрагирование; отгонка растворителя; сушка шрота; выпаривание мисцеллы; конденсация растворителя.

Продукция масложировой промышленности пользуется огромной популярностью, как у жителей нашей страны, так и у потребителей из ближнего и дальнего зарубежья. По этой причине, производство, а следовательно и калькуляция продукции масложировой промышленности является актуальным для исследования и совершенствования [9]. Ведь продавать продукцию высшего качества по самым приемлемым ценам - лозунг любого предприятия, строящего планы своей деятельности в разрезе рыночной экономики.

На СП «Евроснар» на сегодняшний день действуют карусельные экстракторы. Автоматизированная система управления СП «Евроснар» устарела и требует модернизации. Особенно это касается такого сложного и одним из основного технологического процесса как экстракция.

Управление таким технологическим процессом возможно лишь при широком использовании методов и средств управления и автоматизации. В этом смысле применение информационно-коммуникационной системы (ИКС) для управления процессом экстракции в ООО «ЕвроСнар» является **актуальной задачей.**

Целью диссертационной работы является разработка информационно-коммуникационной системы управления для процесса

экстракции в ООО «Евроснар» для стабилизации эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса и обеспечения надежной и безаварийной работы производства.

Объектами исследования в диссертационной работе являются:

- технологическая схема экстракции в ООО «Евроснар»;
- функциональная система автоматизации процесса;
- система автоматического регулирования процесса;
- структура ИКС управления процессом.

Практическая значимость работы. Разработка информационно-коммуникационные системы управления для процесса экстракции позволяет поддержать всех параметров процесса в установленных пределах с учетом оптимального ведения процесса в целом.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи исследования:

- анализ процесса экстракции в системе «Твердое тело-жидкость»;
- разработана функциональная схема управления процессом;
- выполнен подбор и обоснование средств ИКС управления процессом;
- разработана архитектура управления процессом;
- проведены исследование и расчеты САР процесса;
- разработана программа и человеко-машинный интерфейс ИКС управления процессом экстракции в ООО «Евроснар».

Научной новизной работы является исследование и расчет САР процесса, моделирование на ЭВМ, разработка программы и человеко-машинного интерфейса ИКС управления процесса экстракции в ООО «Евроснар».

Настоящая диссертационная работа состоит из введения, трех глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений и составляет 90 машинописных страниц основной части диссертации.

Материалы работы опубликованы в следующих изданиях:

1.К.Х.Гафуров, Т.И.Полякова. Модернизация системы автоматизации экстракционного цеха ООО «Евроснар» // «Фан ватехнологиялар тараккиёти» илмий техникавий журнали , №1 2018, С.117-122.

2.Полякова Т., Гафуров К.Х. «Разработка системы автоматизации экстракционного цеха ООО «Евроснар» // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте», г. Кемерово, 2017 – С.307-309.

3. Полякова Т., Мирзаева Ш.У. Описание технологического процесса экстракции // Сборник материалов международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», г.Могилёв, 2017 г. –С.302.

Глава I. Анализ процесса экстрагирования растительных масел с учетом особенностей технологической схемы экстракционного цеха ООО “ЕвроСнар”

1.1. Краткая информация о теории процесса экстрагирования растительных масел

Экстрагирование (от лат. *extrahō* - *вытягиваю, извлекаю*), частный случай экстракции — это извлечение из твердого тела одного или нескольких веществ с помощью растворителя, обладающего избирательной способностью [5,6].

В пищевой промышленности экстрагированием обрабатывают капиллярно-пористые тела растительного или животного происхождения.

Экстракция - это диффузионный процесс, движущей силой которого является разность концентраций мисцеллы – растворов масла в растворителе внутри и снаружи частиц экстрагируемого материала. Растворитель, проникая через мембраны клеток экстрагируемой частицы, диффундирует в масло, а масло из клеток – в растворитель. Под влиянием разности концентраций масло перемещается из частицы во внешнюю среду до момента выравнивания концентраций масла в частице и в растворителе. В этот момент экстракция прекращается [5,6].

Основной задачей кинетики экстрагирования является определение продолжительности контакта взаимодействующих фаз, необходимой для достижения заданной степени извлечения экстрагируемого вещества. По продолжительности контакта фаз определяют размеры экстракционных аппаратов [6].

На массопередачу при экстрагировании большое влияние оказывает внутреннее строение твердого тела: размеры и форма капилляров, химический состав частиц. От внутреннего строения твердого тела зависит скорость массопередачи. Сложность внутреннего строения пористого тела

затрудняет аналитическое описание процесса массопередачи внутри капиллярно-пористого тела.

Экстрагирование представляет собой сложный многостадийный процесс, который заключается [5,6]:

- в диффузии растворителя в поры твердого тела;
- растворении извлекаемых веществ или вещества;
- диффузии экстрагируемых веществ в капиллярах внутри твердого тела к поверхности раздела фаз;
- массопередачи экстрагируемых веществ в жидком растворителе от поверхности раздела фаз в ядро потока экстрагента.

Из перечисленных четырех стадий процесса лимитирующими общую скорость массопередачи являются, как правило, последние две, так как скорость массопереноса на первых двух стадиях обычно значительно выше по сравнению со скоростью протекания двух последующих стадий.

Таким образом, общее диффузионное сопротивление массопереноса складывается из диффузионных сопротивлений внутри твердого тела и в растворителе.

Скорость диффузии вещества внутри капиллярно-пористого тела описывается, как известно [6], уравнением массопроводности, согласно которому масса вещества dM , продиффундировавшего за время dt через элементарную поверхность dF (нормальную к направлению диффузии), пропорциональна градиенту концентрации этого вещества:

$$dM = -DdF d\tau \frac{dc}{dn}$$

или

$$M = -DF\tau \frac{dc}{dn} \tag{1.1}$$

Скорость массоотдачи от поверхности раздела фаз в ядро потока экстрагента описывается уравнением массоотдачи [6], которое определяет количество M вещества, переносимого в единицу времени в каждой из фаз (к границе фазы или в обратном направлении) и выражается следующим образом: если распределяемое вещество переходит из фазы Φ_y в фазу Φ_x ,

для фазы Φ_y

$$M = \beta_y F(\bar{y} - y_{гр}) \quad (1.2)$$

для фазы Φ_x

$$M = \beta_x F(\bar{x} - x_{гр}). \quad (1.3)$$

Входящие в уравнения (1.2) и (1.3) разности концентраций $\bar{y} - y_{гр}$ и $\bar{x} - x_{гр}$ представляют собой движущую силу процесса массоотдачи соответственно в фазах Φ_y и Φ_x , причем \bar{y} и \bar{x} - средние концентрации в основной массе (ядре) каждой из фаз, $y_{гр}$ и $x_{гр}$ - концентрации у границы соответствующей фазы.

Коэффициенты пропорциональности β_x и β_y в уравнениях называются **коэффициентами массоотдачи**. Коэффициенты массоотдачи β_x (в фазе Φ_x) и β_y (в фазе Φ_y) показывают, какая масса вещества переходит от поверхности раздела фаз в ядро фазы: или в обратном направлении) через единицу поверхности в единицу времени при движущейся силе, равной единице. Коэффициент массоотдачи является не физической константой, а *кинетической* характеристикой, зависящей от физических свойств фазы (плотности, вязкости и др.) и гидродинамических условий в ней (ламинарный или турбулентный режим течения), связанных в свою очередь с физическими свойствами фазы, а также с геометрическими факторами, определяемыми конструкцией и размерами массообменного аппарата. Зависимость коэффициента массопроводности от перечисленных факторов устанавливается опытным путем.

Для оценки соотношения между скоростями массопроводности и массоотдачи используется критерий Био [6].

Критерий Био является мерой сравнения скорости переноса вещества в пограничном слое у поверхности раздела фаз и скорости переноса внутри фазы:

$$Bi_D = \frac{\beta l}{k_D} \quad (1.4)$$

где k_D - коэффициент массопроводности или коэффициент внутренней диффузии.

Таким образом, критерий Био является мерой сравнения скорости внешней и внутренней диффузии извлекаемого из твердой фазы вещества.

Особенно низкая скорость массопроводности имеет место в капиллярно-пористых телах растительного и животного происхождения.

На рис. 1.1 показана схема строения растительной клетки.

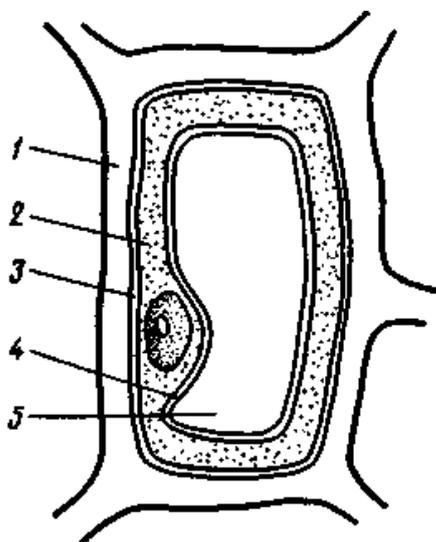


Рис. 1.1. Растительная клетка:

1 - клеточная оболочка; 2 - протоплазма; 3,4 - полупроницаемые мембраны; 5 - вакуоль

Основное сопротивление массопереносу оказывает протоплазма клетки. Поэтому перед проведением процесса экстрагирования растительное сырье подвергают специальной обработке. После денатурации стенки диффузионное сопротивление в клетке резко снижается и соответственно увеличивается коэффициент массопроводности.

Получение масел методом экстрагирования [5,6]. Для обезжиривания большинства высокомасличных семян масло предварительно выделяют прессованием, а затем направляют на последующее, окончательное извлечение его путем экстракции. Так перерабатывают семена подсолнечника, хлопчатника, льна, арахиса и др.

При смешивании экстрагируемого материала с растворителем происходит смачивание растворителем поверхности частиц материала, заполнение всех пор структуры мезги. При этом растворяется масло, находящееся в свободном состоянии на поверхности разрушенных частиц масличного материала. Далее растворитель проникает через клеточные оболочки и растворяет масло в неразрушенных и деформированных клетках. Образующийся раствор масла в растворителе, называемый *мицеллой*, под действием разности концентраций движется к поверхности экстрагируемого материала, выходит на его поверхность и переходит в растворитель [10].

К органическим растворителям, применяемым для экстракции, предъявляется ряд требований [11].

1. Органический растворитель должен хорошо извлекать исследуемое вещество.
2. Применяемый растворитель должен быть избирательным или селективным.
3. Органический растворитель по возможности не должен быть низкокипящим. Температура кипения растворителя должна быть выше 50

°С. Низкокипящие органические растворители даже при комнатной температуре быстро улетучиваются.

4. Растворители не должны быть огнеопасными или ядовитыми. Есть и некоторые другие требования, предъявляемые к растворителям.

В качестве растворителей для извлечения масла из растительного сырья применяют экстракционный бензин марки «А». Обычно применяют бензин с низкой температурой кипения (63-75°С), содержащий значительно меньшее количество ароматических углеводородов, что улучшает качество готового масла, снижает в нем содержание сопутствующих примесей [11].

Скорость экстракции зависит от состояния масличного материала, его температуры и влажности. Наиболее быстро проходит экстракция свободного масла, тогда как из неразрушенных клеток масло экстрагируется медленно. Поэтому при подготовке масличного материала следует максимально разрушить его клеточную структуру и высвободить масло. Для обеспечения хорошего продвижения растворителя через масличный материал необходимо, чтобы размер частиц разрушенных клеток составлял 0,5-1 мм и была определенная форма частиц — лепесток, крупка, гранулы.

Повышение температуры процесса значительно ускоряет экстракцию. Увеличение влажности экстрагируемого материала замедляет процесс экстракции. Оптимальная влажность при переработке семян подсолнечника не более 8-10%, хлопчатника — не более 8%.

Форпрессовый жмых для окончательного извлечения масла экстракционным способом проходит специальную обработку. Первоначально жмых измельчают на молотковых или дисковых дробилках, разрушая целые клетки масличного материала и структуры, образовавшиеся в процессе прессования.

Затем проводят влаготепловую обработку жмыховой крупки в чанных жаровнях для увеличения пластичности масличного сырья. Влажность

масличного материала из семян подсолнечника доводят до 8-9%, температуру — до 50°C. Кондиционированная по влажности и температуре жмыховая крупка поступает на двупарные плющильные вальцовые станки, где она приобретает форму лепестка толщиной 0,25-0,5 мм. Получение жмыхового лепестка применяют при подготовке к экстракции форпрессового жмыха из семян подсолнечника, льна, арахиса и др. Хлопковый жмых поступает на экстракцию в виде крупки, поэтому стадия его лепесткования исключается.

Экстракцию масла из масличного сырья проводят двумя способами: *погружением* и *ступенчатым орошением* [10].

Экстракция погружением происходит в экстракторах в процессе непрерывного прохождения сырья через непрерывный поток растворителя в условиях противотока, когда растворитель и сырье продвигаются в противоположном направлении относительно друг друга. По способу погружения работают экстракторы *НД-1000*, *НД-1250*, *«Олье-200»*. Такой экстрактор состоит из загрузочной колонны, горизонтального цилиндра и экстракционной колонны, внутри которых установлены шнеки. Сырье в виде лепестка или крупки поступает в загрузочную колонну, подхватывается витками шнека, перемещается в низ загрузочной колонны, проходит горизонтальный цилиндр и попадает в экстракционную колонну, где с помощью шнека поднимается в верхнюю ее часть. Одновременно с сырьем в экстрактор подается бензин температурой 55-60 °С. Бензин перемещается навстречу сырью и проходит последовательно экстрактор, горизонтальный цилиндр и загрузочную колонну. Концентрация мисцеллы на выходе из экстрактора составляет 15-17%.

Обезжиренный остаток сырья — шрот выходит из экстрактора с высоким содержанием растворителя и влаги (25-40%), поэтому его направляют в шнековые или чанные (тостеры) испарители, где из него удаляют бензин.

К преимуществам экстракции погружением относятся: высокая скорость экстракции, простота конструкторского решения экстракционных аппаратов, безопасность их эксплуатации. Недостатками этого способа являются: низкие концентрации конечных мисцелл, высокое содержание примесей в мисцеллах, что осложняет их дальнейшую обработку.

Экстракция способом ступенчатого орошения. При этом способе непрерывно перемещается только растворитель, а сырье остается в покое в одной и той же перемещающейся емкости или движущейся ленте. Этот способ обеспечивает получение мисцеллы повышенной концентрации (25-30%), с меньшим количеством примесей. Недостатки этого способа — большая продолжительность экстракции, повышенная взрывоопасность производства. использует горизонтальные ленточные экстракторы *МЭЗ-350, Г1-МЭМ-00, ДС-70, ДС-130, «Луги-100», «Лурги-200»*, ковшовые экстракторы *«Джанациа»*, корзиночный экстрактор *«Окрим»*. Более современным является карусельный экстрактор *«Экстехник» (Германия)*, работающий по принципу многоступенчатого орошения в режиме затопленного слоя.

Выходящая из экстрактора мисцелла может содержать от 15 до 35% масла, растворенного в экстрагенте, а также некоторые примеси. Обработку мисцеллы проводят в две стадии: очистка мисцеллы; отгонка растворителя — дистилляция мисцеллы.

Устройство экстрактора, работающего способом ступенчатого орошения [12]. Наиболее совершенным типом экстрактора в настоящее время является роторный карусельный экстрактор. Одноярусный экстрактор (рис.1.2) - это цилиндрический аппарат 4 с перфорированным стационарным днищем 5, над которым перемещается ротор 9 с радиальными перегородками 7, а под днищем размещаются мисцеллосборники 14 с перегородкой 15. Имеются загрузочные и разгрузочные устройства и насосы 1, 10, 11, привод, рециркуляционные насосы с оросителями 2, 3, 12.

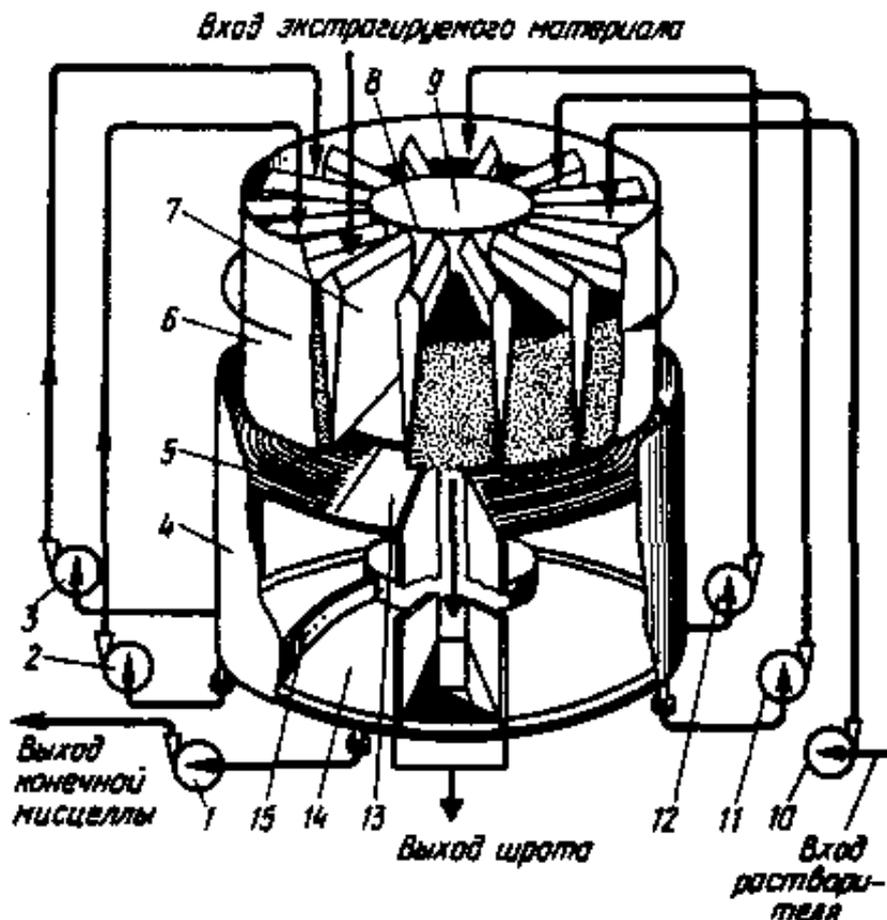


Рис. 1.2. Одноярусный роторный карусельный экстрактор:
 1, 10, 11 – насосы; 2, 3, 12 – насосы с оросителями; 4- цилиндрический аппарат; 5 - перфорированное стационарное днище; 6 - внешняя обечайка; 7 – радиальные перегородки; 8 - внутренняя обечайка; 9 – ротор; 13- участок загрузки (сплошной участок днища); 14- мисцеллосборники 15 – перегородка мисцеллосборника

Днище экстрактора неподвижно и имеет зеерную (щелевую) конструкцию. При этом зеерные прутья имеют концентрическое расположение, а в сечении - трапециевидную форму. Зазор между смежными зеерными прутьями через определённые участки прерывается особым переплетением зеерных прутьев, что способствует выводу из зазора застрявших частиц. Нижняя кромка радиальной перегородки при

движении ротора увлекает в движение вдоль зазора застрявшую частицу, и она, достигнув переплетения, попадает на наклонную плоскость и выскальзывает из зазора.

Основными частями ротора являются внутренняя 8 и внешняя 6 обечайки, образующие кольцевое пространство, которое разделено радиальными перегородками 7. В поперечном сечении каждая радиальная перегородка имеет сужающуюся книзу форму, что предохраняет от зависания материала при его выгрузке из секторного пространства ротора, выделенного двумя смежными радиальными перегородками. Выгрузку обезжиренного материала производят через секторный вырез в днище. Вслед за этим вырезом следует участок 13, выполненный сплошным, на котором происходит загрузка исходного материала для экстракции через бункер, снабженный мешалкой для предотвращения зависания материала. Для равномерной загрузки камеры экстрактора по всему радиусу материал из загрузочного бункера транспортируется несколькими параллельными шнеками разной длины. Загрузочный бункер снабжён уровнемером.

Выгрузка обезжиренного материала происходит через разгрузочный бункер шнеком, который имеет регулируемую частоту вращения.

Принцип работы [12]. Экстрагируемый материал загружается в секции ротора, располагается в виде слоя высотой 1...1,6 м. По мере медленного вращения ротора (один оборот совершается за 35...208 мин) материал орошается мисцеллой. За полный оборот ротора проходит полный цикл экстракции. Днище имеет секторный вырез, через который шрот в конце цикла выводится из экстрактора. Следующий за этим вырезом участок днища является сплошным и перфорации не имеет.

Экстракт, перемещая из секции в секцию, насыщают экстрагируемыми веществами и в виде концентрированного извлечения сливают в сборник. В секцию «а» загружают растительный материал и сюда же насосом подают извлечение из секции «b», а далее концентрированное извлечение насосом сливают в сборник. Чистый экстрагент насосом подают на

истощённое сырьё в секцию «с», он проходит через слой растительного материала, извлечение фильтруют через ситчатое дно подвижного барабана и собирают в нижнюю секцию неподвижного барабана. Благодаря создаваемой разности концентрация из истощённого сырья извлекают остатки лекарственных веществ. Вытяжку из секции «с» насосом передают на менее истощённое сырьё в секцию «д».

После того, как камера освободится от шрота, пройдет неперфорированный участок, экстрактор вновь заполняется свежим материалом. Мисцелла подогревается в теплообменниках типа труба в трубе до температуры 55... 60°C.

Благодаря создаваемой разности концентраций в неё переходит дополнительное количество масла. Указанным образом процесс протекает в каждой секции (количество секций 12-16). В секции «к» дно откидывают в подвижном и неподвижном барабанах и шрот выводят из экстрактора. Из секции «а» получают концентрированную вытяжку в соотношении 1:1, т.е. можно получить жидкий экстракт. Время экстракции 3-4 часа (время одного оборота), выход около 95-97%.

Особый интерес представляют экстракторы с двумя и более ярусами, в которых сырьё перегружается с яруса на ярус, перемешиваясь и обновляя поверхность фазового контакта. Это имеет большое значение, так как в неподвижном слое сырьё может слеживаться, в результате резко сокращается эффективная межфазовая поверхность и снижается эффективность экстрагирования.

Положительные стороны работы экстрактора:

- чёткое секционирование аппаратов по жидким фазам и в ряде случаев по твёрдым фазам, что позволяет создавать максимальную разность концентраций и получать концентрированное извлечение;
- в результате многократной фильтрации вытяжки через слой сырья получают экстракты высокой степени чистоты – отсутствие необходимости в трудоёмкой стадии последующей их очистки;

- возможность организации процесса по совмещенной схеме;
- минимальное количество движущихся частей (только ротор);
- надежность аппаратов в эксплуатации, их герметичность и компактность.

Отрицательные стороны работы экстрактора:

- возможность слеживания частиц тканей и уменьшение эффективной поверхности экстракции из-за неподвижности слоя сырья;
- наличие большого количества насосов для циркуляции.

1.2. Анализ технологической схемы экстракционного цеха ООО “Евроснар”

Технология получения масла методом экстракции складывается из следующих циклов: экстрагирование; отгонка растворителя; сушка шрота; выпаривание мисцеллы; конденсация растворителя (рис.1.3).

Движение экстрагируемого материала и шрота (рис.1.4). Экстрагируемый материал (ракушка) из прессового цеха по эстакаде скребковым конвейером 1 поступает в бункер-накопитель 2.

Из бункера-накопителя 2 ракушка по скребковому транспортеру «гусиная шея» 3 попадает на шлюзовый транспортер 4.

Шлюзовый герметичный транспортер 4 необходимо поддерживать заполненным сырьем, что играет роль уплотнителя и предотвращает утечку паров растворителя из экстрактора 5. Из шлюзового герметичного транспортера 4 ракушка попадает в роторный экстрактор 5.

Экстрактор 5 имеет герметичный цилиндрический корпус с щелевым днищем. Над щелевым днищем расположен ротор, имеющий ячейки (камеры).

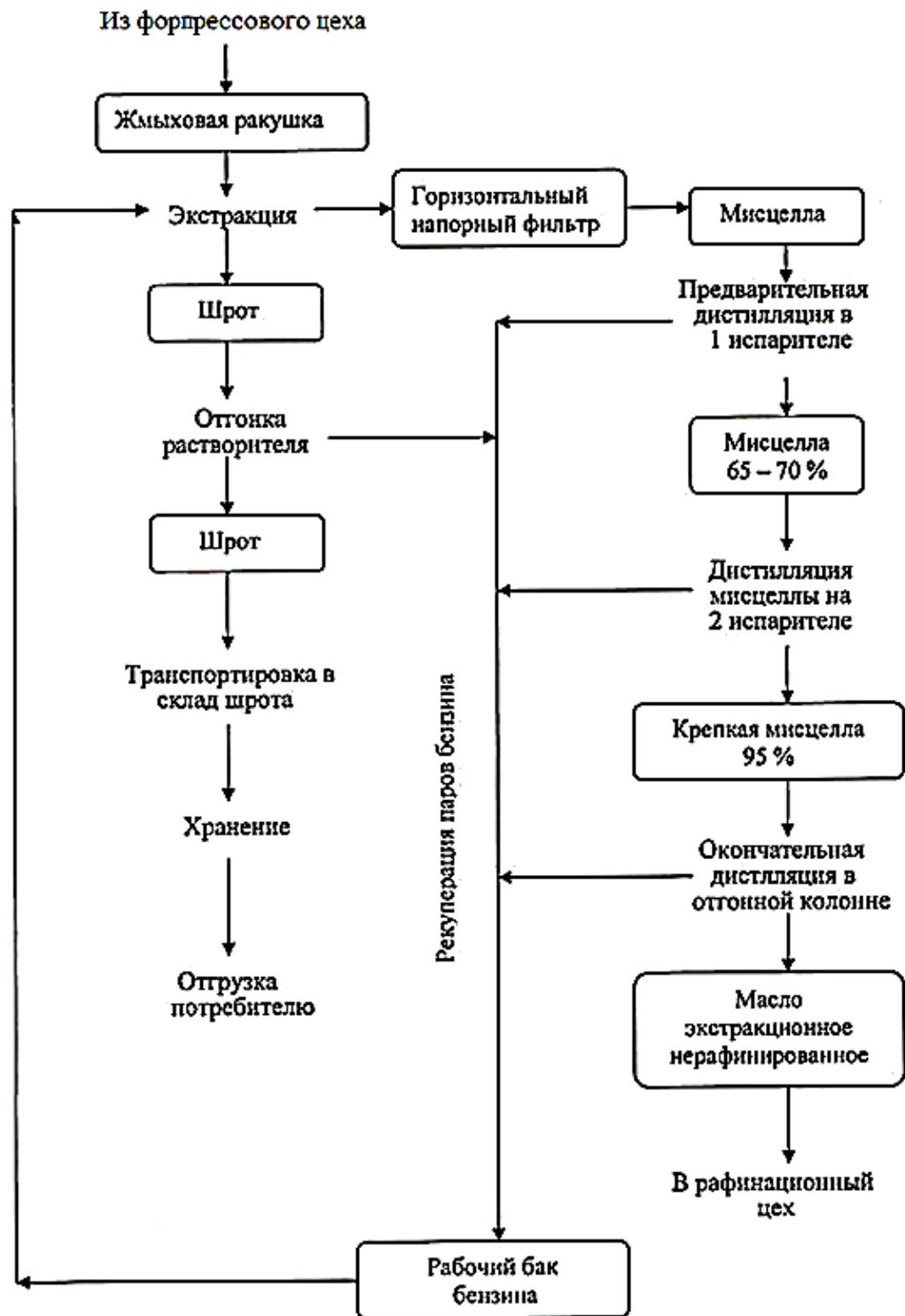


Рис.1.3. Схема материального потока в экстракционном цехе
ООО "Евроснар"

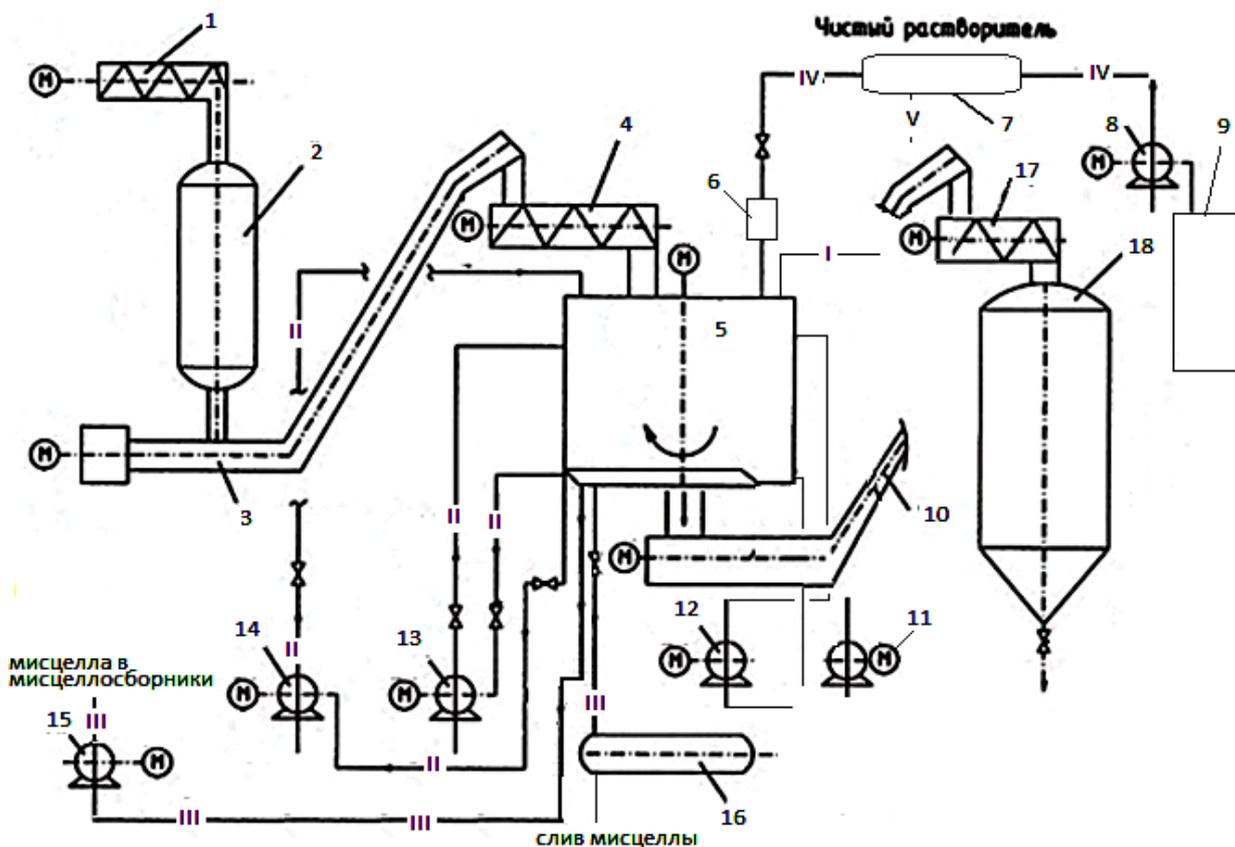


Рис.1.4. Технологическая схема линии экстракции в ООО «Евроснар»

1-скребковый конвейер; 2-бункер-накопитель; 3-транспортер «Гусиная шея»; 4- шлюзовый конвейер; 5-экстрактор; 6- форсунка для растворителя; 7-подогреватель растворителя; 8-насос для подачи растворителя; 9-рабочий бензиновый бак; 10-транпортер «Гусиная шея»; 11,12,13,14 – насосы для перекачки смеси «бензин-масло» с низу экстрактора на его вверх; 15-насос для пекачки мисцеллы в мисцеллосборники; 16- ёмкость для аварийного сбора мисцеллы; 17- шековый транспортер над тостером; 18-тостер.
I-пары растворителя; II-смесь «масло-бензин»; III-мисцелла; IV-растворитель; V-конденсат.

По мере движения ротора, камеры ячейки экстрактора поочередно заполняются материалом (заполнение ячеек сбора на 80-85%) высотой 1...1,4 м.

Температура в экстракторе 55-60⁰С. В процессе движения, материал подвергается орошению мисцеллой убывающей концентрации, а перед выходом из экстрактора орошается чистым растворителем.

Из скребкового транспортера шрот подается в герметичный винтовой конвейер 17.

Герметичный винтовой конвейер (транспортёр) 17 необходимо заполненным сырьем, во избежание поступления паров бензина из испарителя тостера 18 по транспортёру 10 в экстрактор 5. В тостере 18 с помощью острого и глухого пара, происходит отгонка растворителя из шрота.

Температура подаваемого в тостер товара должна быть около 50⁰С.

Температура выходящих из чанного испарителя (тостера) паров растворителя (в верхней части тостера) должна быть в пределах 70-80⁰С.

Из тостера 18 пары растворителя и воды с незначительным содержанием шротовой пыли направляются в бак фильтрации (шротоловушку). Здесь они делают очистку, и пары растворителя направляются в водяной конденсатор. Улавливаемые частицы шрота с растворителем из шротоловушки направляются в экстрактор 5.

Давление острого пара составляет 0,05-0,1 МПа. Давление глухого пара в глубинке тостера составляет 0,4-0,5 МПа. Температура глухого пара 180⁰С.

Шрот, очищенный от паров бензина, с помощью герметичного винтового конвейера выгрузки шрота из тостера выгружается в сборный шнек для шрота и передается в скребковый конвейер для шрота, откуда поступает на склад шрота.

Движение растворителя, мисцеллы и масла (рис.1.4). Растворитель на завод поступает в автомобильных цистернах. Для хранения растворителя на заводе существуют основное бензохранилище.

Растворитель из баков бензохранилища насосом подается в экстракционный цех в рабочий бензиновый бак 9.

В схеме бензохранилища предусмотрена линия транспортировки растворителя из экстракционного цеха в баки основного бензохранилища.

Растворитель из бака для бензина 9 насосом 8, через подогреватель типа «труба в трубе» 7 подается в форсунку емкости для растворителя 6 для прерывистого распыления растворителя в экстрактор 5.

Кроме того, растворитель тем же насосом 8 подается в шротоловушку на хранение шротовой пыли. Откуда растворитель со шротовой пылью будет поступать в экстрактор 5.

Экстракция жмыха растворителем происходит путем противотока.

В схеме движения растворителя и мисцеллы внутри экстрактора применен принцип ступенчатого орошения в противотоке с рециркуляцией мисцеллы. При этом, обезжиренный материал орошается чистым растворителем, а свежий материал наиболее концентрированной мисцеллой.

Проникая через слой движущегося в камерах материала растворитель экстрагирует остаток масла и, получаемая таким образом слабая мисцелла накапливается в мисцеллосборнике, расположенном под камерами экстрактора. Мисцеллосборник разделен на 6 секций для более четкого разделения концентраций мисцеллы и улучшения массообменных характеристик процесса. Из мисцеллосборника слабая мисцелла насосами 11,12 по трубопроводу через форсунку подается на экстрагируемый материал. Мисцелла, более обогащенная маслом насосами 13,14 по трубопроводу через форсунку подается на материал и т. д. Таким образом происходит орошение экстрагируемого материала через форсунки путем подачи мисцеллы насосами постепенное обогащение мисцеллы маслом. Во всем процессе экстракции формируется соответствующая разница концентрации, что является главной движущей силой для экстракции.

При аварийном случае мисцелла из экстрактора 5 поступает в бак для мисцеллы с поплавковым устройством, являющийся баком для аварийного слива мисцеллы.

В баке для соленой воды готовится 5% ный солевой раствор (NaCl) для мисцеллосборников и дистилляторов.

Снаружи экстракционного цеха предусмотрена емкость для аварийного слива мисцеллы.

Нормы технологического режима процесса экстракции приведены в табл.1.2.

Табл.1.2. Нормы технологического режима

№ п/п	Наименование операции	Показатели технологического режима			
		Подача материала	Температура, °С	Давление, МПа (кг с/см ²)	Прочие показатели
1	2	3	4	5	6
1	Подача экстрагируемого материала в загрузочное устройство экстрактора	Жмыховая ракушка	Для бензина экстракционногопрямогонного TSh39.3-241:2008 60-65°С		Уровень материала в загрузочном бункере экстрактора - не менее 1,4 м; Размер частицы - не более 12 мм; Содержание прохода через 1 мм сито, %, не более 10; Влажность, %, не более-7.
2	Отделение металлопримесей от жмыховой крупки или гранул	Жмыховая ракушка			Полное отсутствие ферромагнитных примесей
3	Подогрев растворителя перед подачей в экстрактор	Растворитель Пар насыщенный глухой	Для бензина экстракционногопрямогонного TSh39.3-241:2008 60-65°С 140°С	0,3 (3)	
4	Экстракция масла из жмыховой ракушки	Растворитель	55-60°С	Давление растворителя 0,5 (5)	Время одного оборота ротора экстрактора - 1,5-2,0 часа; Объем материала в экстракторе 80-85%
		Мисцелла на циркуляцию	55 - 60°С	Давление мисцеллы на торцевые уплотнения насосов- 0,2 (2)	

	Мисцелла на выходе из экстрактора	55-60°C		Концентрация - 18 - 19% (в зависимости от масляности ракушки)
	Шрот на выходе из экстрактора	55-60°C		Бензовлагодимость, 28 -35 %

1.3.Интенсификация процесса (факторы влияющие на процесс экстракции)

По сравнению с растворением экстрагирование протекает медленнее. Для его интенсификации целесообразны следующие способы:

1. Повышение температуры экстрагента. Приводит к увеличению коэффициент диффузии, что ускоряет извлечение растворенного и твердого веществ; в последнем случае возрастает и движущая сила процесса. При повышении температуры снижается также вязкость экстрагента, вследствие чего уменьшаются потери напора на прокачку растворителя через слои извлекаемого вещества.

2. Повышение относительной скорости движения фаз. Способствует увеличению коэффициент массоотдачи, что сокращает время экстрагирования (если процесс не лимитируется внутренней диффузией)

3. Интенсивное перемешивание. Приводит к обновлению поверхности контакта твердых частиц с экстрагентом (эффективно при внешнедиффузионном сопротивлении).

4. Повышение давления. Уменьшает объем воздуха, "защемленного" в пористом объеме частиц при погружении твердого вещества в экстрагент, и, следовательно, восстанавливает нарушенный при этом контакт внутренней поверхности частиц с жидкостью.

5. Подвод энергии (вибрации, пульсации, ультразвуковые и инфразвуковые колебания). Кроме того, при химических реакциях между

веществом и экстрагентом процесс можно ускорить, повышая концентрацию извлекаемого вещества.

6. Разность концентраций является основной движущей силой диффузионного процесса. Диффузионный процесс при экстракции протекает до установления динамического равновесия в системе твердое тело-жидкость. Поэтому в процессе экстракции необходимо поддерживать максимальную разность концентраций, чего на практике достигают перемешиванием, циркуляцией экстрагента или заменой извлечения чистым реагентом.

7. Выбор экстрагента определяется степенью гидрофильности извлекаемых веществ. Для экстрагирования полярных веществ с высоким значением диэлектрической постоянной используют полярные растворители: воду, метанол, глицерин; для неполярных – кислоту уксусную, хлороформ, эфир этиловый и другие органические растворители. Наиболее часто в качестве экстрагента применяют этанол – малополярный растворитель, который при смешивании сводой дает растворы разной степени полярности. Кроме этанола из малополярных растворителей применяют ацетон, пропанол, бутанол.

8. Вязкость экстрагента. Коэффициент диффузии обратно пропорционален вязкости экстрагента. Следовательно, в менее вязких жидкостях быстрее протекают диффузионные процессы. На вязкость извлекателей большое влияние оказывает температура, поэтому при необходимости экстракции извлекателем с большой вязкостью его целесообразно использовать в нагретом состоянии. Большая вязкость экстрагента и его поверхностное натяжение затрудняют проникновение жидкости в узкие капилляры (каналы) клеточных оболочек.

Глава II. Разработка функциональной схемы управления процессом.

Исследование системы автоматического регулирования

2.1. Разработка функциональной схемы управления процессом

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации [14,15].

Экстрагируемый материал - жмых (рис.2.1) подается скребковым конвейером 1 из форпрессового цеха в бункер-накопитель 2 экстракционного цеха. Из бункер-накопителя 2 жмых подается скребковым транспортером «Гусиная шея» 3 через уплотнительный шнек 4 в экстрактор 5.

Загрузочное устройство экстрактора включается, когда уровень материала в бункере 2 достигнет 50% объема бункера. Этот объем должен поддерживаться постоянно. Над загрузочным устройством экстрактора предусмотрен герметичный уплотнительный шнек 4. Этим создается газовый затвор для предотвращения выходов паров растворителя из экстрактора в падающий транспортный элемент.

Экстракция ведется в карусельном экстракторе 5, который имеет герметичный цилиндрический корпус с закрепленной сеткой. Экстрактор оснащен вариатором скоростей. Смачивание и экстрагирование происходит в подвижном состоянии при помощи ротора. По мере движения ротора камеры экстрактора поочередно заполняются материалом. Высота слоя материала (заполнение камер ротора на 60-80%) регулируется скоростью вращения. Пространство под неподвижной сеткой изготовлено в виде лотка для улавливания мисцеллы и разделено перегородками на ячейке для разных концентраций мисцеллы.

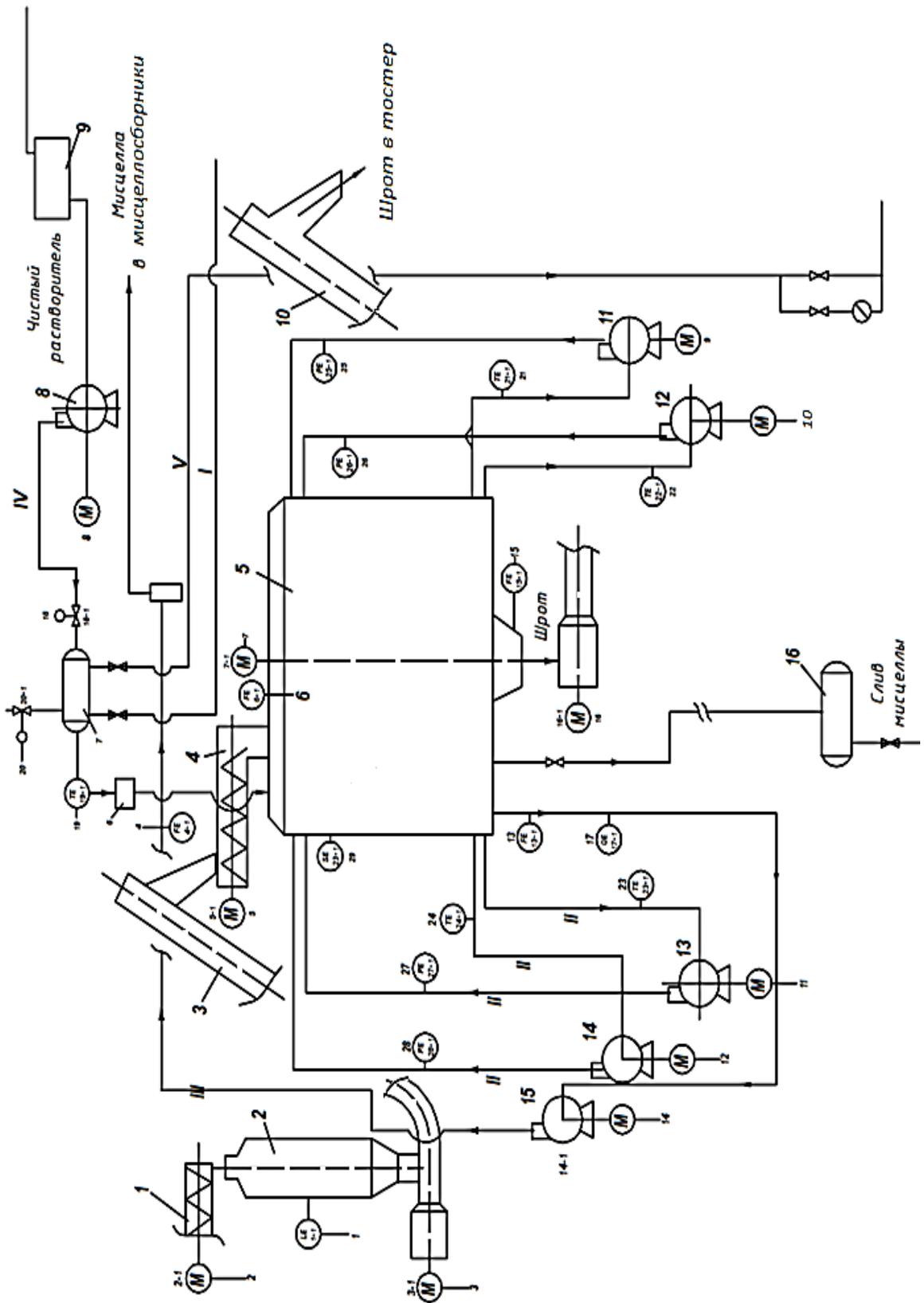


Рис.2.1. Функциональная схема автоматизации экстракционного цеха
ООО «Евроснар»

Карусельный экстрактор имеет функцию перколятора непрерывного действия, работающего по методу перекрестного противотока, т.е. растворитель или мисцелла с разной концентрацией и температурой 50-55⁰С протекают на отдельных экстракционных ступенях и экстрагируют при этом масло из твердого вещества. За счет непрерывной подачи растворителя и мисцеллы циркуляционными насосами 11,12,13,14 через форсунки и отбора насыщенной мисцеллы образуется постоянный поток жидкости, который движется в противотоке.

К концу экстракционного процесса на экстрагированный материал подается чистый растворитель насосом 8 через подогреватель 7 и форсуночную ёмкость 6. Насыщенная мисцелла с концентрацией около 18-20% сливается в мисцеллесборники насосом 15.

Шрот выводится из экстрактора и транспортером «гусиная шея» 10 отправляется на дальнейшую обработку.

Снаружи экстракционного цеха предусмотрена емкость 16 для аварийного слива мисцеллы.

В экстракционном цехе завода действует экстрактор карусельного типа. Система управления в экстракционном цехе СП «Евроснар» устарела. Используемые приборы измерения не отвечают современным требованиям.

Нашей задачей является модернизация системы управления работой карусельного экстрактора для более оптимальной работы СП «Евроснар».

Основные управляемые параметры процесса:

- уровень жмыховой ракушки (мятки) в бункере 2 (уровень материала в загрузочном бункере экстрактора -не менее 1,4 м);
- заполнение камер ротора экстрактора 5, которое должно составлять 60-80 % (высотой 1-1,5 м), что обеспечивается регулированием скорости вращения ротора;
- температура входящего в экстрактор чистого растворителя ($t=60-65^{\circ}\text{C}$, подогрев глухим насыщенным паром $P=0,3\text{ МПа}$; $t=140^{\circ}\text{C}$);

- концентрация выходящей мисцеллы из экстрактора ($Q=12-19\%$).

Основные контролируемые параметры:

- температура и давление промежуточных смесей «бензин+масло» (температура смеси $55-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление - $0,2\text{ МПа}$);
- частота вращения ротора экстрактора ($n=0,008-0,011\text{ об/мин}$).

Нами разработана функциональная схема автоматизации экстракционного цеха ООО «Евроснар» согласно [14,15] (рис.2.1).

Уровень в бункере 2 определяется датчиком уровня *уровнемером EasyTREK (для сыпучих материалов) во взрывозащищенном исполнении Ex* (поз.1-1) с выходным сигналом 4...20 мА. Когда заполнение бункера составляет ниже 50 %, сигнал из датчика уровня передается контроллеру *Simatic S7-300*, где обрабатывается и передается для исполнения исполнительному механизму привода загрузочного транспортера 1. Когда бункер заполнен более 50 %, сигнал через микроконтроллер передается исполнительным механизмам привода транспортера «Гусиная шея» 3 и включаются его электродвигатель. При уменьшении уровня от 50 % этот электродвигатель выключается, этим постоянно поддерживается заполнение бункера 2 на 50 %.

При выходе транспортера «Гусиная шея» 10 установлен датчик уровня и подпора *ЕПП-1 М во взрывозащищенном исполнении Ex* (4-1), который выпускает частотный сигнал, с начальной частотой 10 Гц при отсутствии продукта и 35 Гц - при наличии продукта. Этот сигнал передается преобразователю тока ИТП-01 (поз.4-2) для преобразования сигнала на сигнал диапазоном 4-20 мА, контроллер принимая такой сигнал, обрабатывает его и передает для включения магнитному пускателю электродвигателя уплотнительного шнека 4.

Подача сырья в камеры экстрактора 5 регистрируется расходомером *MICROFLOW для сыпучих продуктов во взрывозащищенном исполнении Ex* (поз.6-1), подаётся сигнал 4...20 мА контроллеру, где он обрабатывается и подается сигнал для исполнения вариатору скоростей электропривода

ротора экстрактора 5 и магнитным пускателям для запуска насосов 8,11 и 12.

Скорость вращения ротора экстрактора контролируется датчиком частоты вращения *Tахогенератор GT 3* (поз.29-1).

На выходном трубопроводе мисцеллы экстрактора установлен датчик расхода мисцеллы *Daniel 3804* (поз.13-1), который регистрирует наличие мисцеллы в трубопроводе и подает сигнал (4...20 мА) на аналоговый вход контроллера для дальнейшей обработки. Контроллер, обработав сигнал, дает сигнал включения/отключения магнитному пускателю электродвигателя насоса 14 для перекачки мисцеллы в мисцеллосборники.

В выходном патрубке экстрактора установлен *датчик уровня и подпора ЕПП-1 М во взрывозащищенном исполнении Ex* (поз.15-1), который выпускает частотный сигнал, с начальной частотой 10 Гц при отсутствии продукта и 35 Гц - при наличии продукта. Этот сигнал передается преобразователю тока ИТП-01 (поз.4-2) для преобразования сигнала на сигнал диапазоном 4-20 мА и передачи его контроллеру. контроллер принимая такой сигнал, обрабатывает его и передает для включения магнитному пускателю электродвигателя привода транспортера «Гусиная шея» 10 для подачи шрота в тостер.

В выходном трубопроводе мисцеллы установлен концентратомер *виолочный плотномер MicroMotion от Emerson во взрывозащищенном исполнении* (поз.17-1), который регистрирует окончательную концентрацию мисцеллы, передает сигнал контроллеру, контроллер анализируя эти сигналы управляет исполнительным механизмом клапана (поз.18-1).

Во входном трубопроводе растворителя в экстрактор установлен датчик температуры *THERMOCONT T* (поз.19-1), который измеряет температуру входящего растворителя в экстрактор, передает эти данные контроллеру, а контроллер регулирует работу исполнительного механизма клапана рабочего агента (поз.20-1) подогревателя «труба в трубе».

Температура в трубопроводах для перекачки смеси «растворитель + масло» контролируется датчиками температуры *THERMOCONT T* во взрывозащитном исполнении *Ex* (поз.21-1...24-1), а давление контролируется датчиками давления *APZ 3420* во взрывозащитном исполнении *Ex* (поз.25-1...28-1).

2.2.Выбор технических средств автоматизации

Уровнемер *EasyTREK* (для сыпучих материалов) [16]. Модификации *EasyTREK* для работы с сыпучими материалами представляют собой компактные и надежные устройства, оптимизированные для решения множества задач в больших АСУТП. На их базе строятся экономичные и качественные системы измерения и управления.

EasyTREK является ультразвуковым преобразователем уровня. Данная модификация служит для работы с твердыми материалами. Принцип действия подразумевает бесконтактное измерение уровня. Такая особенность приводит к упрощению конструкции, делает ее компактной и надежной. Благодаря отсутствию прямого контакта с материалом, не возникает проблем при работе с агрессивными или же коррозионными средами.

Программирование уровнемера возможно только удаленным способом посредством цифрового интерфейса HART. Доступно взрывобезопасное исполнение и силовой релейный выход в некоторых комплектациях. Реле может быть программно настроено в качестве регулятора или сигнализатора.

Использование системы *EasyTREK* с *MultiCont* будет оптимально для работы в АСУТП.

Принцип работы *EasyTREK*. Это ультразвуковой измеритель уровня и он использует в своей работе метод времени возвращенного сигнала. Оптимальное размещение устройства – на расстоянии $r=(0,3...0,5)R$ от

края емкости. Также нужно следить, чтобы конусный луч не касался боковой стены. Помимо этого, прибор не следует располагать параллельно поверхности среды. Исключение составляют узкие резервуары. В остальных случаях необходимо выставлять нужный угол отклонения при помощи специальной шариковой оси.

Посредством программирования в электронику прибора вносятся данные о среде измерения (геометрические размеры сосуда, глубина/высота, программируется диапазон измерения). Прибор излучает сигнал в ультразвуковом диапазоне. Этот сигнал доходит до продукта, отражается и возвращается обратно. Далее происходит расчет всех необходимых данных.

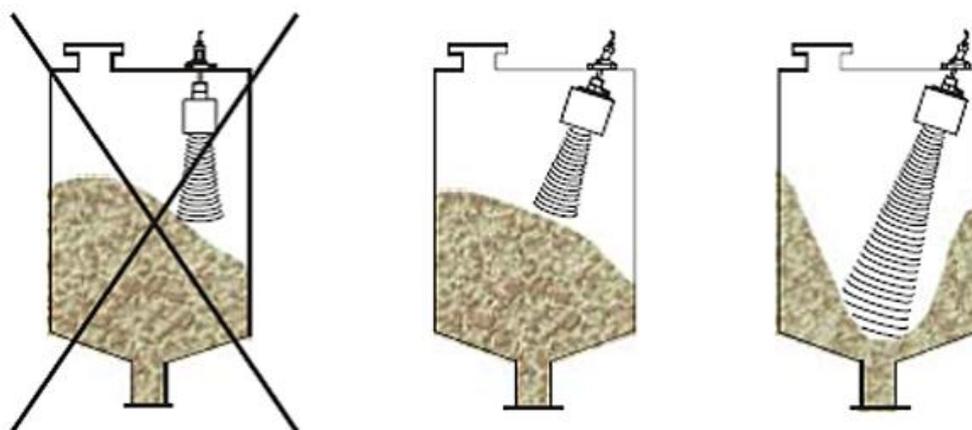


Рис.2.2. Схема монтажа уровнемера бункеру

Стандартная формула для уровня: $LEV = H - DIST$ и $DIST = \frac{1}{2} V_s t$, где V_s – скорость сигнала, t – время возврата сигнала (замеряется прибором)

После этого возможен расчет объема и веса материала.

Исполнения прибора отличаются некоторыми конструктивными моментами. Это влияет на диапазон измерения прибора и размеры мертвой зоны (минимальное расстояние, от которого возможно измерение). При более низкой конусности (у данной модификации $\sim 5^\circ$) излучения, диаметр

пучка излучения становится меньше и позволяет работать в более узких резервуарах. Минимальное расстояние (мертвую зону) рекомендуется настраивать программно в зависимости от условий работы.

С помощью программирования производится тонкая настройка конфигурации измерения, оптимизации измерения, расчет дополнительных величин и установка контрольных значений для реле и различных информационных параметров. Программирование прибора производится удаленным способом по цифровым протоколам.

Рабочий принцип ультразвукового уровнемера сыпучих материалов EasyTREK дает возможность бесконтактного измерения в агрессивных средах. Электроника EasyTREK хорошо оптимизирует процесс измерений и улучшает качество расчетов объема и веса.

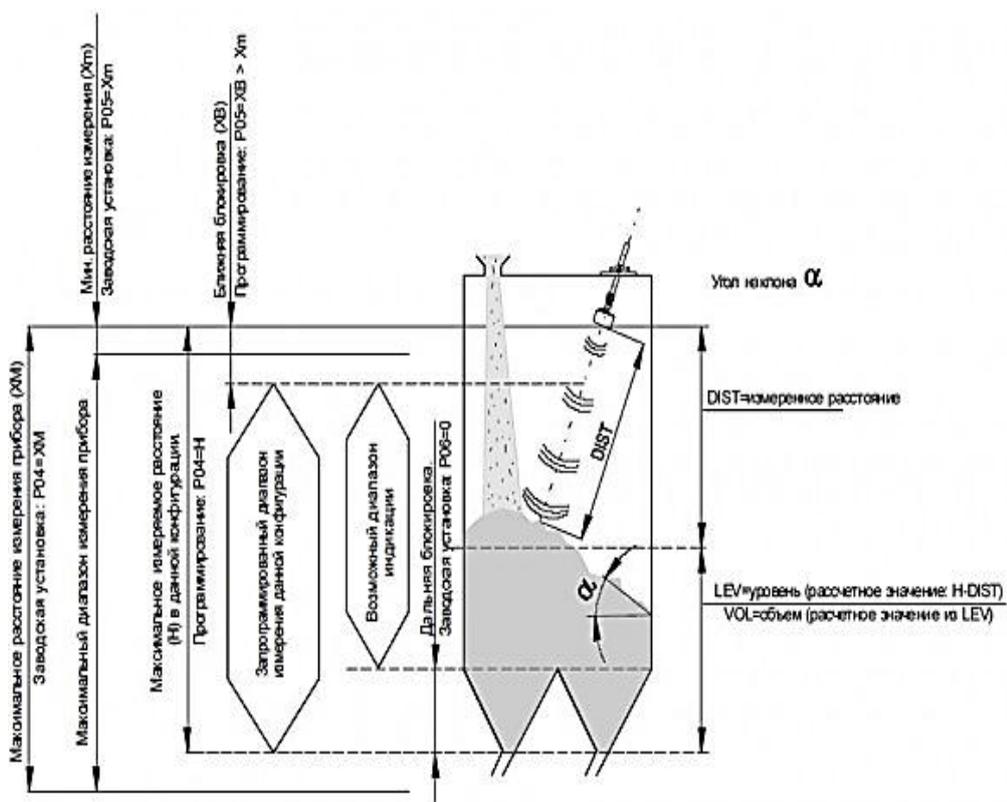


Рис.2.3. Принцип работы уровнемера EasyTREK

Датчик давления APZ 3420 [17] общепромышленный датчик давления (0,04...600 бар).

Применение датчика APZ 3420:

- Процессы автоматизации;
- Гидравлические системы;
- Пневматические системы;
- Измерительное оборудование;
- Испытательные стенды;

Измеритель температуры THERMOCONT T для жидкостей и газовых сред [18] предназначен для непрерывного измерения и сигнализации температуры с передачей на подключенное оборудование.

Серия THERMOCONT T включает несколько вариантов измерителей температуры, включая взрывозащищенные модификации. Устройства рассчитаны на работу с газообразными и жидкими средами, смесями, парами, в том числе взрывоопасными.

Двухпроводные преобразователи температуры THERMOCONT применяются для непрерывного измерения, сигнализации, передачи температуры нормальных и взрывоопасных газов, паров, жидкостей и смесей. Чувствительный элемент Pt100 прибора располагается в антикоррозийной металлической или металлической с пластмассовым покрытием защитной трубе, длина погружения и способ подсоединения которой определяется по заказу. Интеллектуальная электроника и коммуникация HART позволяет широкую эксплуатацию.

Специальное взрывозащищенное исполнение термопреобразователей THERMOCONT T и возможность работы с опасными материалами значительно расширяет возможности применения в опасных отраслях.

Принцип работы измерителя температуры THERMOCONT T. Датчики температуры *THERMOCONT T* работают по простому принципу. Измерительный элемент датчика опускается в контролируемую среду.

Термометр сопротивления, встроенный в датчик, фиксирует текущий уровень температуры. Электронный блок датчика преобразует полученное значение в электронный сигнал и передает информацию на подключенное оборудование.

Измеритель температуры THERMOCONT T работоспособен сразу после включения. Также в настройках предусмотрена возможность специального программирования выхода, параметров сигнализации, протокола обмена данными и других настроек.

Датчик подпора ЕПП-1 М [19] .

Датчик подпора ЕПП-1 М предназначен для применения в качестве датчиков уровня, подпора и наличия продукта в самотеках, бункерах и силосах, а также в качестве средства индикации в системах автоматизированного управления технологическими процессами.

Описание сигнализатора подпора ЕПП-1М. Датчик ЕПП-1М можно устанавливать вне помещения, а также во взрывоопасной среде.

Конструктивно преобразователь ЕПП-1М представляет собой цилиндрический корпус на основе ударопрочного полистирола, в котором размещена электрическая часть, подключенная гибким 3-х жильным проводом длиной не менее 300 мм и разделанным под панку.

На боковой поверхности корпуса имеется резьба и две гайки для крепления на рабочем месте. Торец датчика от начала резьбы является рабочей поверхностью и должен быть направлен к объекту срабатывания.

На рабочем месте ЕПП-1М устанавливается на фиксаторе (скобе) рабочей поверхностью направленной к продукту через оргстекло (сухое дерево или другой подобный диэлектрик) толщиной 4-10 мм.

Настройка датчика подпора производится поднесением постоянного магнита к указателю на корпусе (для датчиков с любым выходным сигналом) на время не менее 2 секунд.

Сигнализатор уровня ЕПП-1М имеет защиту от ошибки полярности напряжения питания и светодиодную индикацию объекта срабатывания.

Светодиодный индикатор светится при замкнутом состоянии выходного ключа датчика при наличие объекта реагирования ЕПП-Ш. Защита от кратковременной (не более 5 секунд) перегрузки по току и короткого замыкания нагрузки обеспечивается путем ограничения тока выходного ключа на уровне 300 мА.

Преобразователь тока ИТП-01 [20] предназначен для бесконтактного преобразования переменного тока промышленной частоты в постоянный ток, протекающий по цепи питания, с диапазоном (4-20 мА).

MICROFLOW представляет собой **расходомер сыпучих продуктов** [21], использующий микроволновый принцип измерения и работающий на частоте 24 ГГц. Прибор предназначен для измерения количества сыпучего продукта в трубопроводах с пневматической или гравиметрической подачей продукта. Датчик монтируется на трубу поперек потока продукта. Излучаемый сигнал отражается от частиц проходящего продукта. Специальный алгоритм формирует выходной сигнал пропорционально количеству частиц, проходящих через датчик.

Расходомер оснащен дисплеем и современным микропроцессором, поддерживаются сигналы 4-20 мА, RS422, а также релейный выход.

Датчики частоты вращения используются в тахометрах - приборах, измеряющих частоту вращения или угловую скорость вращающихся деталей.

Типичный тахогенератор представляет собой электрическую машину малой мощности, которая преобразует механическое вращение в электрический сигнал. Конструкция асинхронного тахогенератора ничем не отличается от асинхронного двигателя с полым немагнитным ротором. Подобно двигателю, одна из обмоток статора подключается к сети переменного тока (обмотка возбуждения), а другая - генераторная обмотка - служит для снятия выходного напряжения. Обмотки асинхронного генератора расположены под углом 90° друг к другу. Мощность выходного сигнала тахогенератора может достигать нескольких ватт. Помимо

асинхронных, выпускаются синхронные тахогенераторы и тахогенераторы постоянного тока.

Тахогенератор GT 3 производва компании Huebner, Германия [22].

Ультразвуковой жидкостный расходомер Daniel 3804 [23] предназначен для точного измерения жидких продуктов. Модель Daniel 3804 представляет собой 4-лучевой, фланцевый ультразвуковой расходомер, измеряющий время прохождения ультразвуковых импульсов через жидкость в четырех параллельных плоскостях. В каждом из четырех лучей имеется по два интегрально смонтированных ультразвуковых датчика. Эти два датчика действуют попеременно как излучатель сигнала и как приемник. Разница во времени прохождения импульсов в направлении по потоку и прохождения импульсов против потока прямо пропорциональна измеренной скорости потока.

Вилочные плотномеры MicroMotion от Emerson [24]– это быстрое решение для погружного измерения плотности и концентрации, допускающее установку на трубопроводы, байпасные контуры и резервуары и оснащенное инновационными встроенными преобразователями. Обладая гибким функционалом связи, новая модель измерительного преобразователя допускает заводскую настройку под потребности предприятия, снижая стоимость последующей интеграции в систему и установки. Используется в нефтехимической, химической, пищевой и др. отраслях.

Вариатор серии МК(F) представляет собой планетарно-фрикционный механизм, предназначенный для регулировки оборотов электродвигателя в заданном диапазоне. Вариатор серии МК(F) обладает следующими преимуществами: плавная бесступенчатая регулировка оборотов; бесшумность; широкий диапазон регулировок и увеличение мощности. Для реализации заданного диапазона регулировки оборотов создаются сборки мотор-вариатор-редуктор.

Пневматические запорно-регулирующие клапаны PN16 [25].

Пневматические запорно-регулирующие клапаны серии ecflo-GV (Ege industrial controls, Турция) спроектированы для регулирования потоков жидкостей, газов и пара в трубопроводах размерностью от DN15(1/2") DN 700(27").

Проходные клапаны являются традиционным решением для большинства областей промышленного применения благодаря долговременной герметичности седла, надежной конструкции и широкой гамме конструкционных материалов. Они применяются в основном для целей регулировки, благодаря правильным характеристикам потока при использовании их для этой цели. Типичными примерами применения являются регулировка температуры, давления, расхода и уровня

Двигатели взрывозащищенные серии 4BP [26] изготавливаются с исполнением по взрывозащите 1ExdellBT4. Окружающая среда – взрывоопасная с содержанием взрывоопасной пыли, газов или паров, категорий II A или II B, температурой воспламенения T4 по ГОСТ12.1.011 и ПУЭ гл.VII-3.

Электромагнитные пускатели серии ПМ12 на токи 100, 160, 250 А[27]. Пускатели серии ПМ12 предназначены для применения в схемах управления электроприводами на напряжение до 660 В переменного тока с частотой 50 и 60 Гц в категориях применения АСС1, АСС3 и АСС4.

Все пускатели могут поставляться с ограничителями перенапряжения типа ОПН, что позволяет применять их в схемах с микропроцессорной техникой.

Технические характеристики всех приборов приведены в Приложении 1.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) часто определяют, как промышленный миниатюрный компьютер, который включает аппаратные средства и программное обеспечение и используется для выполнения функций управления.

Контроллер в общем виде состоит из двух основных блоков: центрального процессорного устройства (ЦПУ) и системы ввода/вывода внешних сигналов. ЦПУ управляет всей логикой работы системы и делится на процессор и память. Система ввода/вывода подключается к полевым устройствам (реле, усилители, пускатели, датчики и т.д.) и обеспечивает интерфейс между процессорным модулем и информационными (входами) и управляющими (выходами) каналами.

При работе процессор «читает» входные данные с подключенных полевых устройств с помощью своих входных интерфейсов, а затем выполняет управляющую программу, загруженную в память процессорного модуля. Программы обычно разрабатываются на языке релейной логики, который очень похож на схемы релейной автоматики, и должны быть загружены в память контроллера до начала его работы. Наконец, на основании программы ПЛК «записывает» или обновляет управляющие выходы через выходные интерфейсы. Этот процесс, называемый циклом сканирования, постоянно выполняется в одной и той же последовательности без остановки и изменяется только тогда, когда вносятся изменения в управляющую программу

Для управления процессом экстракции принимаем в качестве ПЛК SIMATIC S7-300, который входит в семейство контроллеров средней производительности концерна Siemens AG из семейства систем автоматизации SIMATIC S7[28].

В линейке контроллеров этого семейства по своей производительности занимает промежуточное положение между семействами S7-200 и S7-300. Количество поддерживаемых входов и выходов до 65536 дискретных/4096 аналоговых каналов. Конструкция контроллера модульная, модули монтируются на профильной шине (рельсе).94/9/EU “Устройства и системы защиты, предназначенные для использования согласно предписанию во взрывоопасных помещениях”.



Рис.2.4. Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300

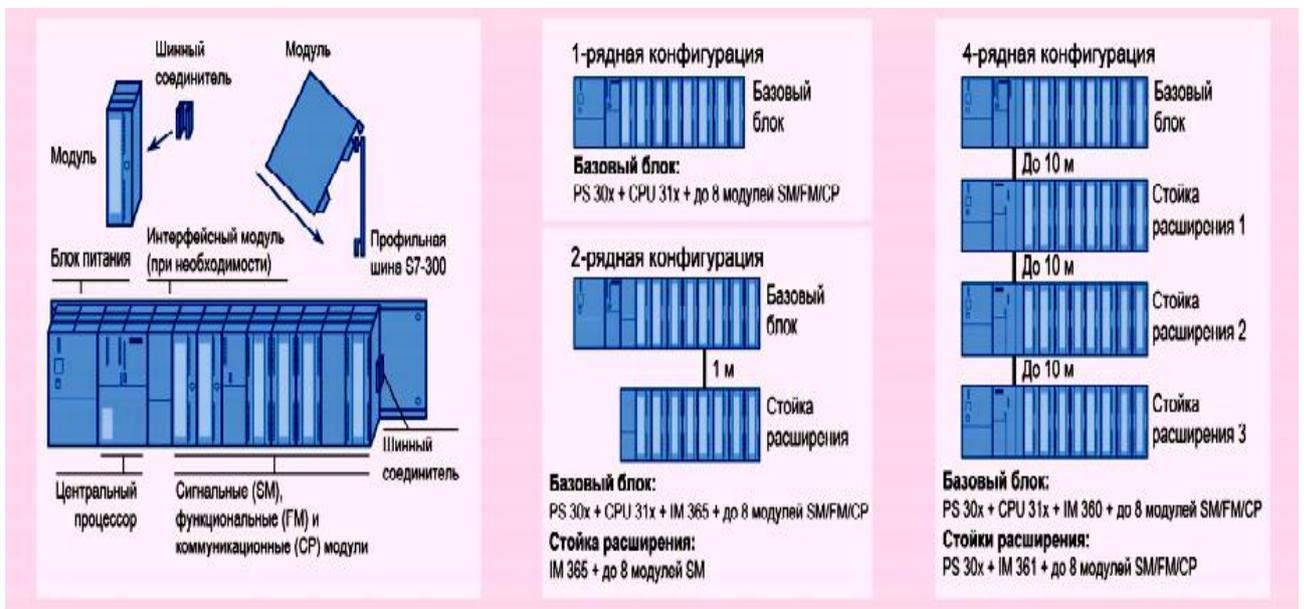


Рис.2.5. Составные части ПЛК SIMATIC S7-300

Табл.2.1. Техническая характеристика ПЛК SIMATIC S7-300

CPU	312
Рабочая память	32 КБ
Время выполнения операций, мкс:	
• логических	0.1
• с фиксированной точкой	0.32
• с плавающей точкой	1.1
Кол-во флагов/таймеров/счетчиков	1024/128/ 128
Кол-во каналов ввода-вывода, дискретных/ аналоговых, не более	256/64
Встроенные интерфейсы	MP1
Кол-во активных коммуникацион- ных соединений, не более	6
Габариты, мм	40x125x130

2.3.Создание и исследование контура регулирования

Получение продукции высокого качества возможно лишь при проведении технологического процесса с соблюдением требований регламента. Для стабилизации процессов объекты оснащают управляющими устройствами. Но под влиянием возмущений управляемый параметр отклоняется от заданного значения или при изменении задания не успевает следить за его изменением, т.е. возникает переходной процесс, появляется ошибка- рассогласование между текущим значением управляемой величины и её заданным значением во времени. Переходной процесс зависит от динамических характеристик объекта управления, характера и величины возмущающего воздействия, от закона управления и числовых значений параметров настройки управляющего устройства.

Управляемый объект бункер-накопитель экстракционного цеха.

Экстрагируемый материал - жмых подается конвейером в бункер накопитель. Уровень материала определяется датчиком уровня, когда

заполнение бункера составляет ниже 50% сигнал от датчика уровня поступает на управляющее устройство, которое управляет приводом загрузочного транспортера.

Объект управления устойчивый, имеет несколько емкостей и характеризуется запаздыванием. Аналитическое исследование таких объектов затруднено. Поэтому динамические характеристики объекта определяем экспериментально, по кривым разгона, полученным при ступенчатом изменении управляющего воздействия (рис.2.6).

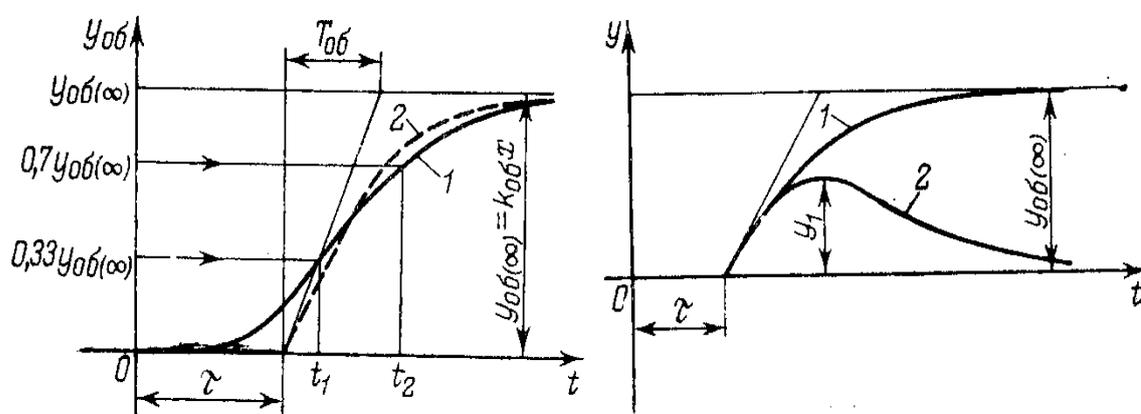


Рис.2.6. Динамические характеристики объекта управления

Упрощенно объект может быть аппроксимирован аperiodическим звеном II-порядка и звеном запаздывания.

Уравнение динамики такого соединения:

$$T_{об}[dy(t)]/dt + y(t) = k_{об}x(t - \tau) \quad (2.1)$$

где: x и y - изменения входной и выходной величин объекта; $k_{об}$ - коэффициент передачи объекта; $T_{об}$ - постоянная времени; τ – время запаздывания.

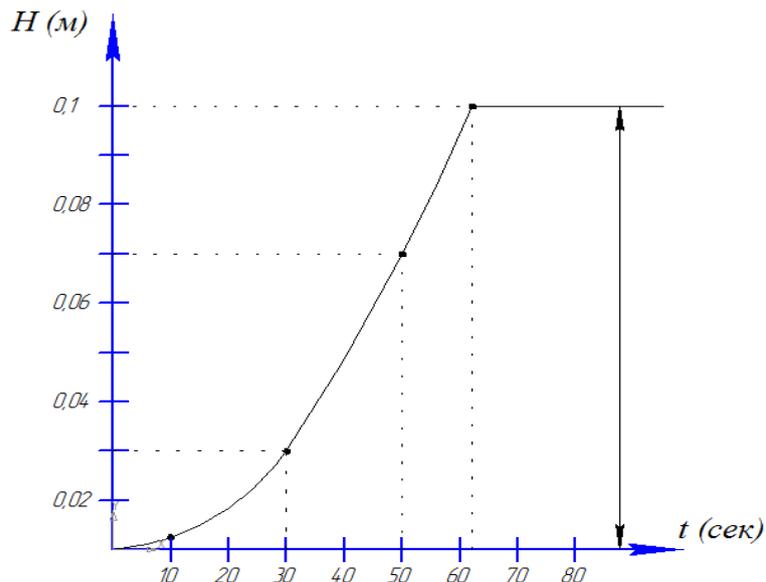


Рис.2.7. Схема аperiodического звена II-порядка с звеном запаздывания.

$$k_{об} = \frac{y_{об} - y_{об}(\infty)}{\Delta x_{вх}} = 0,12$$

Определению подлежат числовые значения величин $k_{об}$, $T_{об}$, τ .

Коэффициент передачи объекта:

$$k_{об} = y_{об}(\infty) / x$$

где $y_{об}(\infty)$ - изменение выходной величины при достижении объектом нового установившегося состояния; x - изменение входной величины. Для нахождения значений $T_{об}$ и τ на кривой разгона определяем значения:

$$y_1 = 0,33y_{об}(\infty)$$

$$y_2 = 0,7y_{об}(\infty)$$

а также соответствующее им время t_1 и t_2

$$y_1 = 0,33 \cdot 0,1 = 0,033; t_1 = 30 \text{ с}$$

$$y_2 = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07; t_2 = 50 \text{ с}$$

Вычисляем значения $T_{об}$ и τ по равенствам

$$T_{об} = 1,25(t_2 - t_1); T_{об} = 1,25(50 - 30) = 25 \text{сек.}$$

$$\tau = 0,5(3t_1 - t_2) = 0,5(3 \cdot 30 - 50) = 20 \text{сек}$$

$$\tau / T_0 = 20 / 25 = 0,8$$

Исходными данными для выбора закона управления являются: динамические характеристики объекта ($k_{об}$) и отношение $\tau / T_{об}$, максимальная величина возмущения Z_{max} вид типового переходного процесса, допустимые значения динамической ошибки управления $y_{1 доп}$ и времени регулирования $\tau_{p доп}$.

Определяем максимальное динамическое отклонение управляемой величины y , в замкнутой системе и сравнения его с допустимой динамической ошибкой управления $y_{1 доп}$. При этом должно соблюдаться условие $y_1 < y_{1 доп}$.

Для устойчивых объектов значение y , определяем:

$$y_1 = R_d y_{об}(\infty) = R_d k_{об} \cdot x_в = R_d k_в Z_{max}$$

где R_d — динамический коэффициент управления системы; $k_в$ — коэффициент передачи объекта по каналу возмущающего воздействия; Z_{max} — максимальное возмущающее воздействие; $x_в$ — управляющее воздействие вызывающее такое же изменение управляемой величины как и Z_{max} .

Коэффициент R_d характеризует степень воздействия управляющего устройства на объект (рис.2.) и определяется равенством $R_d = y_1 / y_{об}(\infty)$.

С увеличением коэффициента R_d динамическое отклонение y , в системе возрастает. Величину коэффициента $R_d = y_1 / y_{об}(\infty)$, при котором в замкнутой системе обеспечивается протекание заданного типового переходного процесса находим по графику (рис.2.8). По значению R_d

вычисляем y_1 и сравниваем его с допустимым значением по условию $y_1 < y_{1\text{доп}}$.

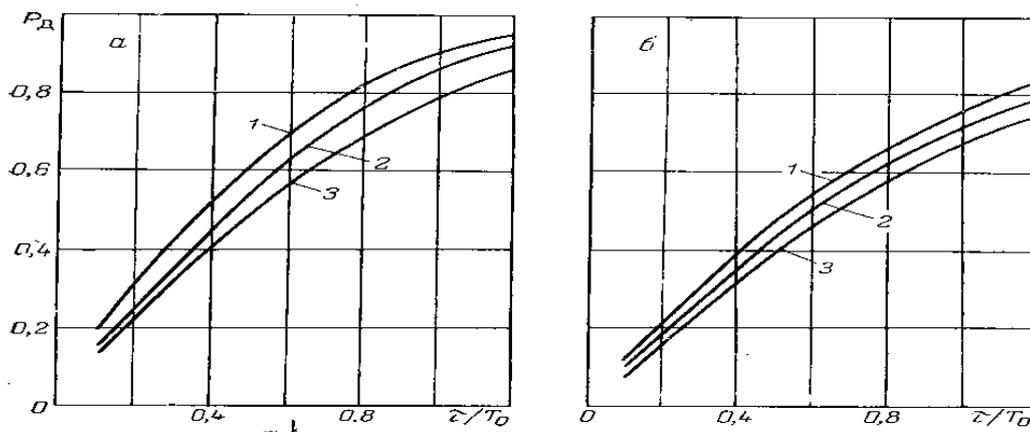


Рис.2.8. Схема к определению величину коэффициента R_d

При удовлетворении этого условия проверяем на время регулирования t_p в соответствии с условием $t_p < t_{p\text{доп}}$. Значение $t_{p\text{доп}}/\tau$, при которых в системе обеспечивается протекание заданного типового процесса находим по табл.2.1.

Табл.2.1.

Тип регулятора	Типовой переходный процесс		
	Граничный аperiodический	С 20% ным перерегулированием	С минимальной квадратичной площадью отклонения
ПИ	8	12	16

Оптимальное значения настроечных параметров ПИ- регулятора установленного на объекте берется из таблицы 2.2.

Табл. 2.2.

Тип регулятора	Типовой переходный процесс		
	Граничный аperiodический	С 20% ным перерегулированием	С минимальной квадратичной площадью отклонения
ПИ	$T_{из} = 0,8\tau + 0,5T_{об}$	$T_{из} = \tau + 0,3T_{об}$	$T_{из} = \tau + 0,35T_{об}$

Относительное время процесса регулирования $t_p/\tau = 8$, в системе с ПИ- регулятором.

Настроечные параметры регулятора:

Время интегрирования: $T_{и} = T_{из}/R_p$

Время дифференцирования: $T_g = T_{и} \cdot R_p$

$$R_p = 0,6T_{об}/(R_{об} \cdot \tau) = 0,6 \cdot 25 / 0,12 \cdot 20 = 6,25$$

$$T_{из} = 0,8\tau + 0,5T_{об} = 0,8 \cdot 20 + 0,5 \cdot 25 = 28,5$$

$$T_{и} = 28,5 / 6,25 = 4,56$$

Параметры настройки регулятора позволяет изменять степень его воздействия на объект, и существенно влияют на вид переходного процесса и показатели качества.

Для исследования и расчета структурную схему САУ путем эквивалентных преобразований следует привести к простейшему стандартному виду “объект-регулятор”. Это необходимо во- первых для того чтобы определить её передаточную функцию, а следовательно и математические зависимости которыми определяются переходные процессы в системе, все инженерные методы расчета и определения параметров настройки регуляторов применено для такой стандартной структуры.

По структурной схеме все воздействия следует указывать в преобразованном по Лапласу виде

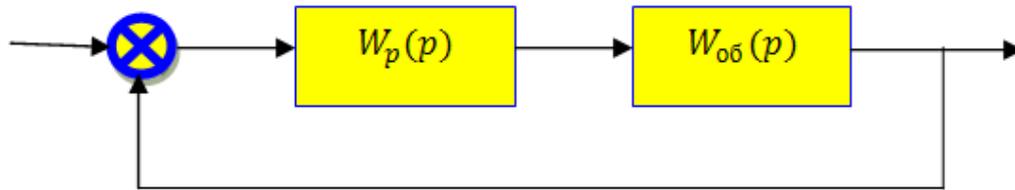


Рис.2.9.Преобразованная структурная схема САУ.

Все звенья определяющие динамические свойства узлов сопряжения объекта с регулятором, целесообразно как правило относить к объекту регулирования:

$$W_p(P) = W_{yc}(P) \cdot W_{им}(P)$$

$$W_{об}(P) = W_{p0}(P) \cdot W_{об}(P) \cdot W_g(P)$$

Объект регулирования представлен запаздывающим звеном и апериодическим звеном II-порядка:

$$W_{об}(P) = \frac{k_{об} \cdot e^{-\tau p}}{(1+p)(1+T_p)} = \frac{0,12 \cdot e^{-0,8p}}{(1+p)(25p+1)} = \frac{0,12 \cdot e^{-0,8p}}{25p^2 + 25p + 1}$$

Выбираем ПИ-закон управления:

$$W_p(P) = k_p \left[\frac{T_u P + 1}{T_u P} \right]$$

$$W_p(P) = 6,25 \cdot \left[\frac{4,56P + 1}{4,56P} \right] = \frac{28,5P + 6,25}{4,56P}$$

$$W_{раз}(P) = W_p(P) \cdot W_{об}(P) = \frac{28,5P + 6,25}{4,56P} \cdot \frac{0,12 \cdot e^{-0,8p}}{25p^2 + 26p + 1} = \frac{(3,42p + 0,75) \cdot e^{-0,8p}}{114p^3 + 118,56p^2 + 4,56p}$$

Передаточная функция замкнутой САУ:

$$W_{\text{зам}}(P) = \frac{W_{\text{раз}}(P)}{1 + W_{\text{раз}}(P)}$$

$$W_{\text{зам}}(P) = \frac{\frac{(3,42p + 0,75) \cdot e^{-0,8p}}{114p^3 + 118,56p^2 + 4,56p}}{1 + \frac{(3,42p + 0,75) \cdot e^{-0,8p}}{114p^3 + 118,56p^2 + 4,56p}} = \frac{(3,42p + 0,75) \cdot e^{-0,8p}}{(114p^3 + 118,56p^2 + 7,98p + 0,75) \cdot e^{-0,8p}}$$

По прикладной программе MAtLAB определим динамические характеристики:

$$W(t) = ft[3,42;0,75][114;118,56;7,98;0,75;1]$$

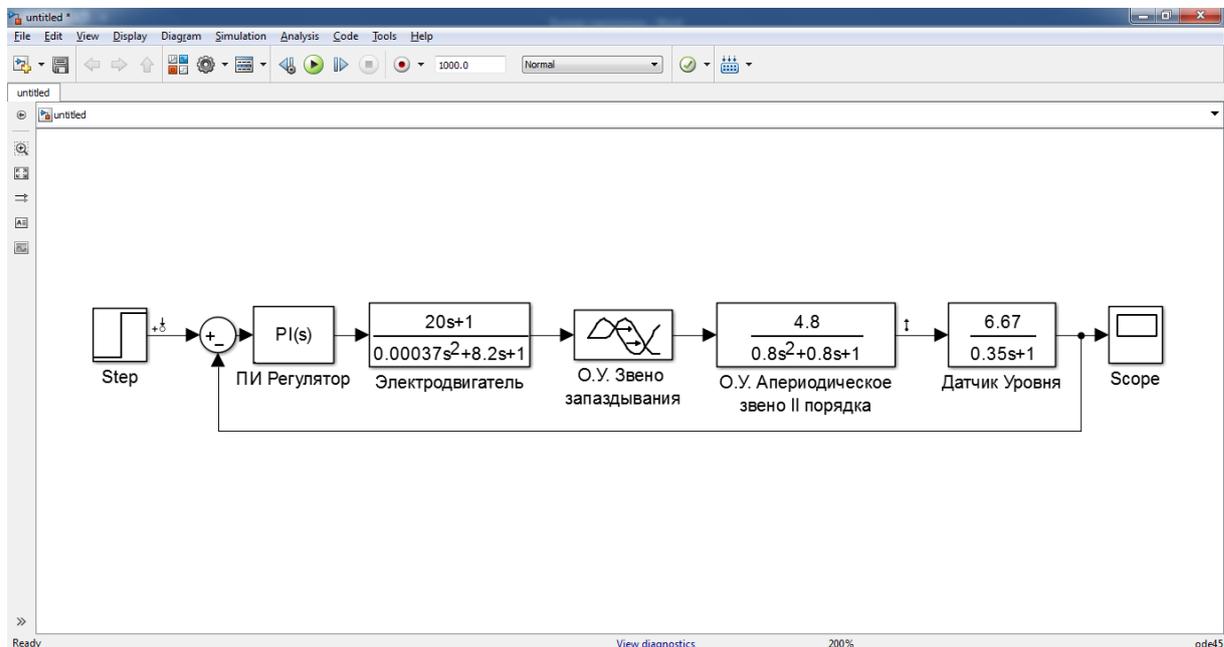
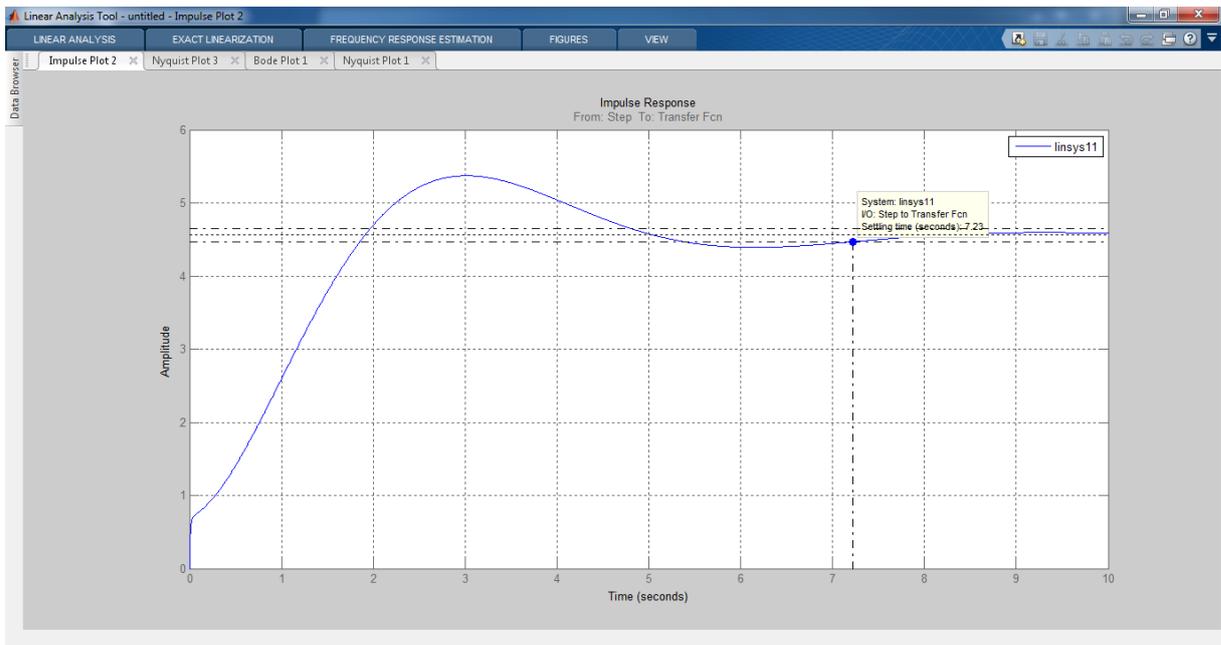
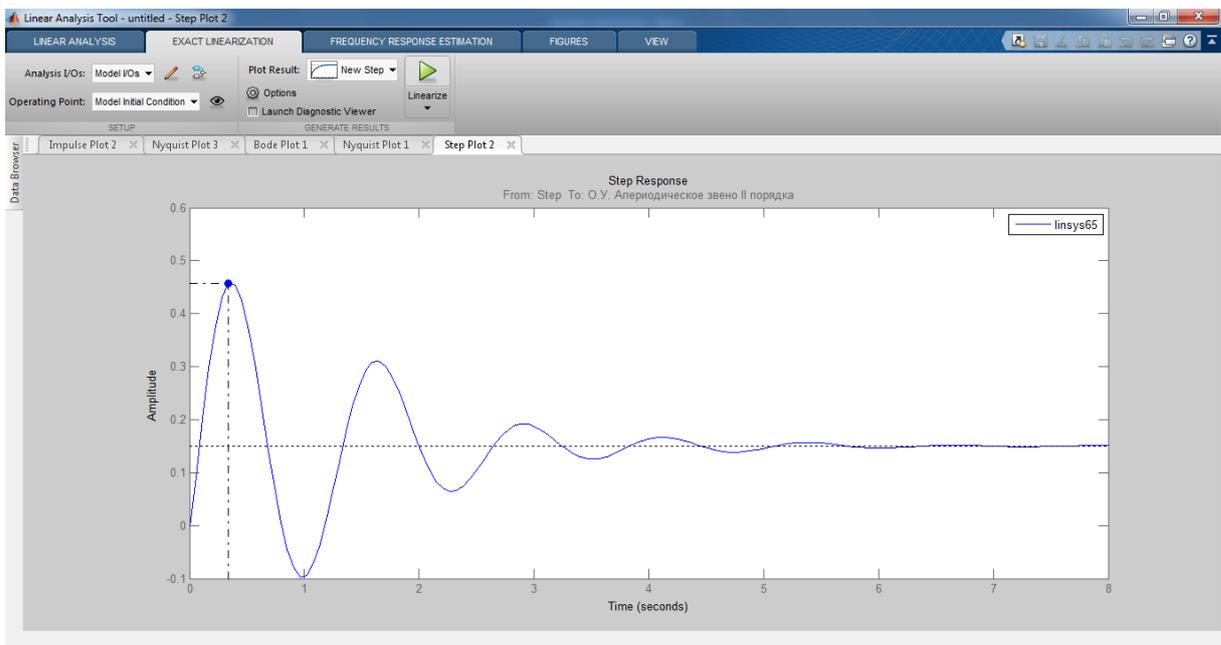


Рис.2.10. Структурная схема САУ уровня в бункер-накопителе

Рассмотрим переходную функцию САУ уровня в бункер-накопителе.



а



б

Рис. 2.11 График переходного процесса САР уровня в бункер-накопителе. а-импульсное; б-ступенчатое

По переходной функции определим следующие прямые показатели качества:

1. *Время регулирования* (переходного процесса) - время, по истечении которого $|h - h_{\infty}| < \Delta$,

где $\Delta = 3-5\%$ от h_∞ , т.к. теоретически $t_p \rightarrow \infty$.

Время регулирования характеризует быстродействие системы.

В данной системе время регулирования составляет около 7 секунд.

2. Величина перерегулирования

$$\sigma = h_m - h_\infty.$$

Относительное перерегулирование $-\sigma$.

$$\sigma = (h_m - h_\infty) / h_m * 100\%. \quad (3)$$

Величина относительного перерегулирования равна 10 %.

3. Число перерегулирований, т.е. число минимумов и максимумов за время регулирования - N .

В данной системе $N=$. Имеет максимума и минимум.

4. Период собственных колебаний $T_0 = 2\pi/\omega_0$

Данная система имеет незначительные колебания, поэтому расчет периода обственных колебаний не имеет смысла.

5. Величина статической ошибки $E_c = |1 - h_\infty|$.

Достоинство метода: простота и наглядность.

Недостатки метода: не учитывается правая часть уравнения; не видно влияния параметров на качество; сложность применения для систем выше 2-го порядка.

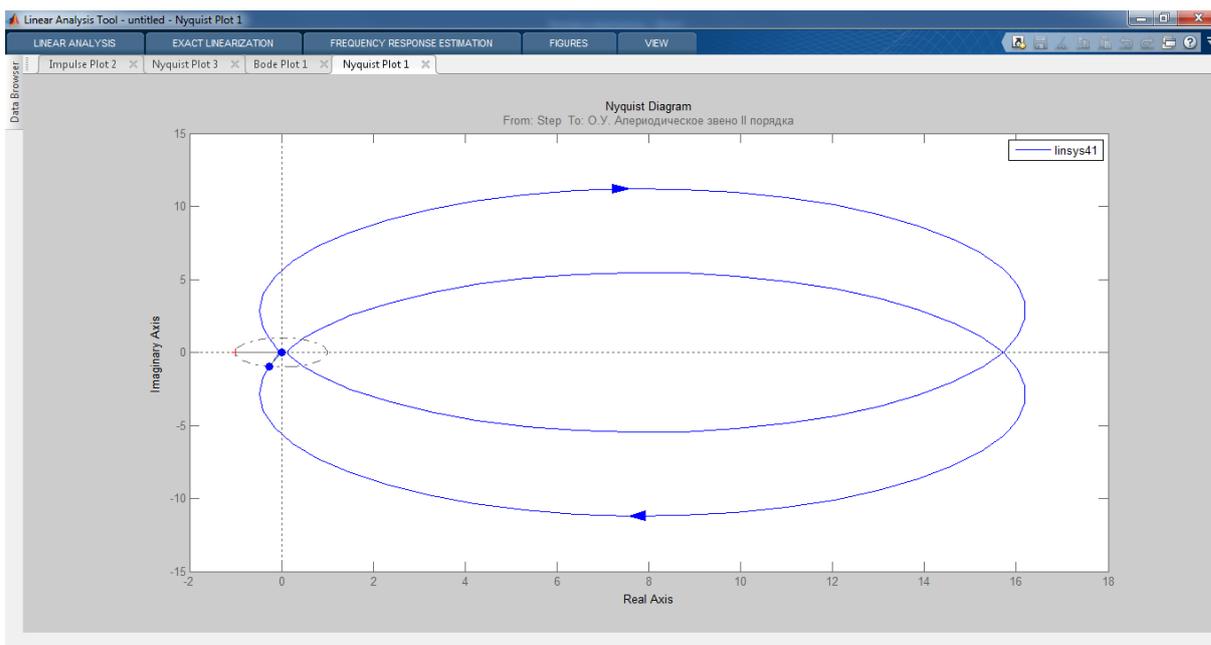
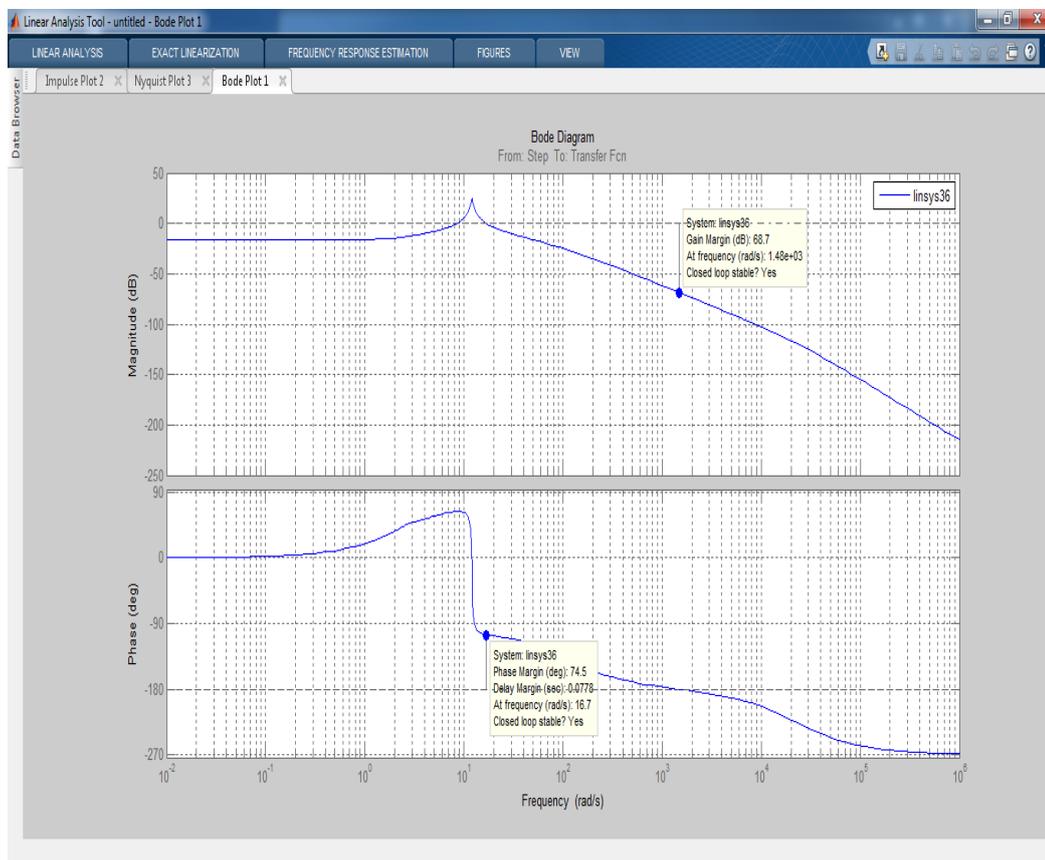
Оценка качества систем методами моделирования

При проектировании и исследовании систем управления широко используются методы моделирования (аналоговое, цифровое, имитационное и др.). Идея метода - использование вместо реальной системы адекватной ее модели. При моделировании систем управления используются либо языки моделирования (например: CSSL, GPSS, SIMULA и др.), либо пакеты прикладных программ (например: CC, SIAM, SIMULINK и др.)

Система автоматизированного регулирования уровня в бункер накопителе реализована методом моделирования в среде SIMULINK.

Данный метод позволил достичь полной информативности процесса регулирования.

Оценка качества регулирования по частотным характеристикам.



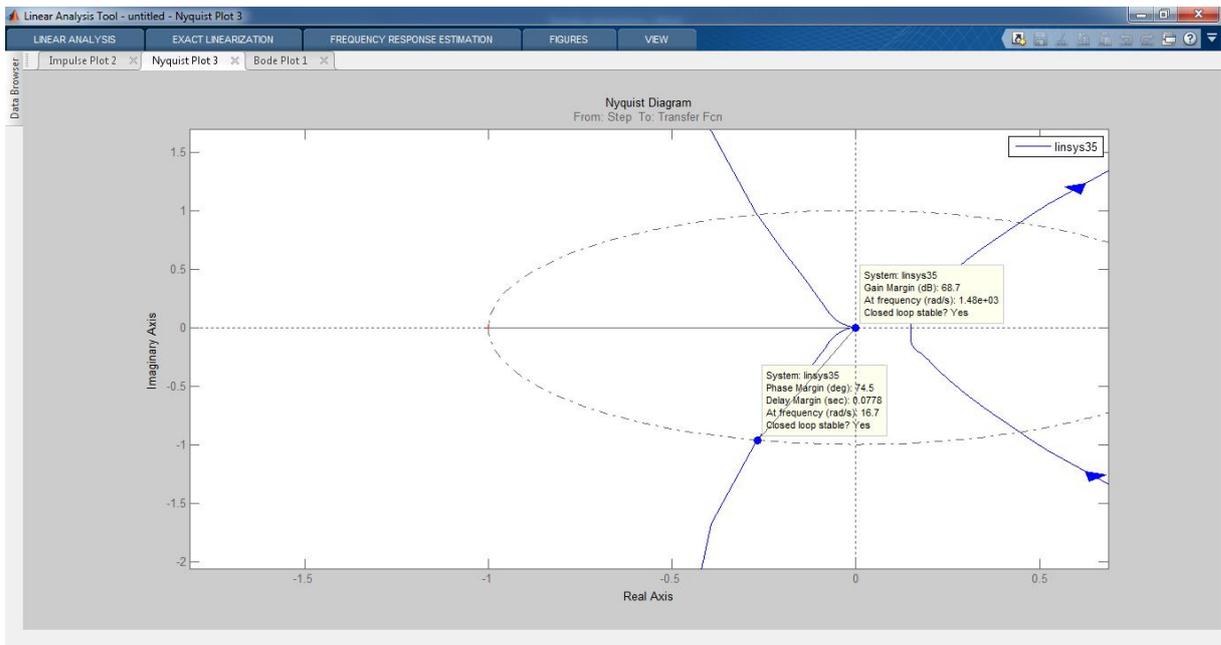


Рис. 2.12. Графики для расчета устойчивости САР в бункер-накопителе.

Из графиков ЛАЧХ и ЛФЧХ, выполненные в среде SIMULINK с помощью Bode diagram, видно, что САР уровня в бункер накопителе устойчива и имеет запас устойчивости по фазе Phase Margin = 74,5 градусов, по амплитуде Gain Margin = 68,7 дБ.

Перейдем к оценке качества регулирования по Найквисту.

На графике показан годограф Найквиста. Амплитудно-фазовая характеристика разомкнутого контура не охватывает точку с координатами (-1; j0). Система устойчива имеет запас устойчивости, идентичный запасу устойчивости из графиков ЛАЧХ и ЛФЧХ, по фазе Phase Margin = 74,5 градусов, по амплитуде Gain Margin = 68,7 дБ.

Глава III. Разработка информационно-коммуникационной системы управления процессом экстрагирования растительного масла на заводе «Евроснар»

3.1. Описание структуры ИКС управления процессом

Структура информационно-коммуникационной системы управления процессом экстракции на ООО «ЕвроСнар» будет построена на программном обеспечении компании *Siemens Automation Simatic S7*. Управляющий контроллер *PLC S7-300* реализует логику автоматического управления и обеспечивает выполнение основных функций высокоуровневого управления:

- Автоматизированный сбор аналоговой и дискретной информации о параметрах технологического процесса и состоянии исполнительных механизмов (ИМ).
- Выделение достоверной входной информации, её анализ и логическую обработку.
- Автоматическую выдачу сигналов управления на ИМ.
- Дистанционное («ручное») управление ИМ, в том числе и групповое, осуществляемое по заранее запрограммированным алгоритмам (при условии санкционированного доступа).
- Определение первопричины срабатывания системы аварийной защиты и останова.
- Передачу оперативной информации в РСУ для её последующей обработки средствами РСУ.
- Диагностику технических средств цеха, и идентификацию неисправности с точностью до модуля (блока).

Структурно АСУТП представляет из себя трехуровневую систему контроля и управления (рис.3.1).

Архитектура ИКС

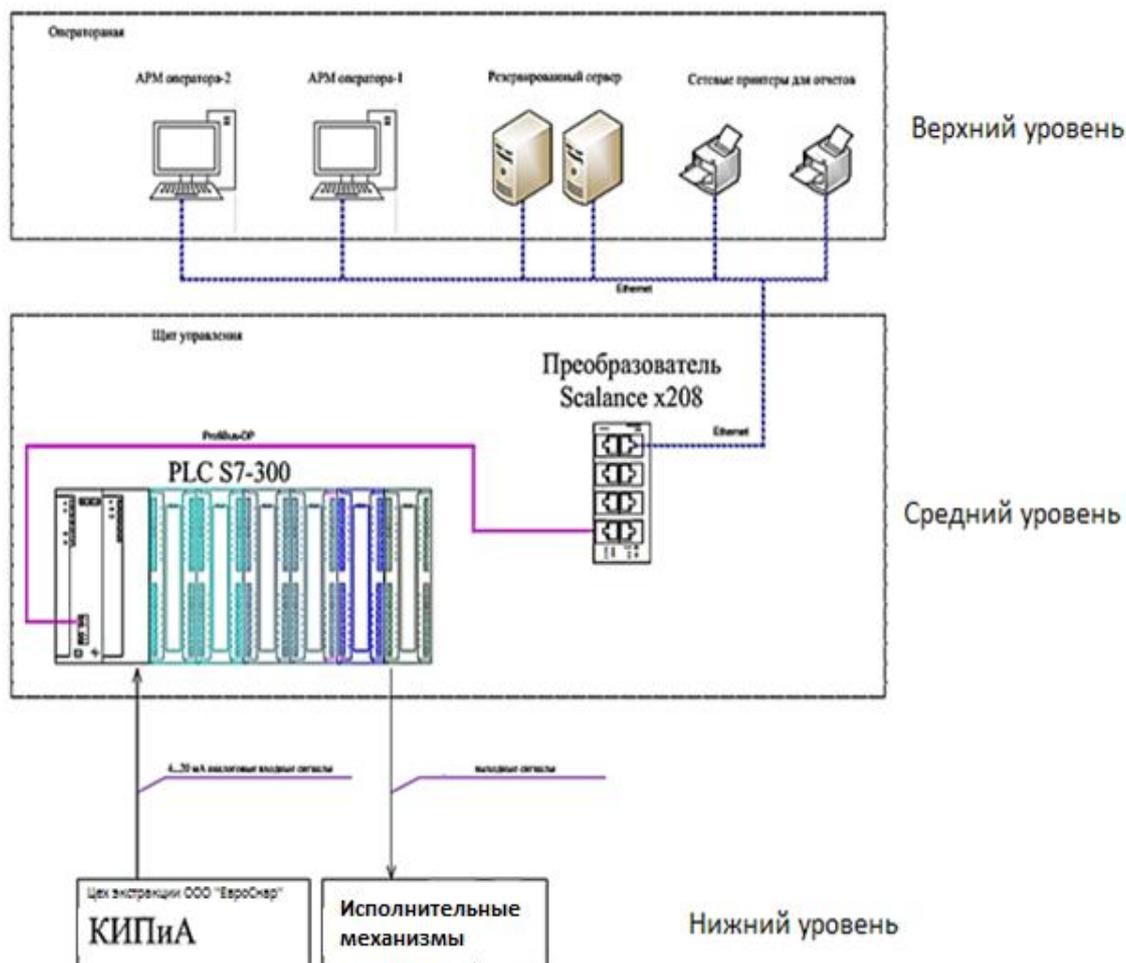


Рис.3.1. Архитектура ИКС управления процессом экстракции.

1. Нижний уровень (датчики, исполнительные механизмы). На этом уровне осуществляются:

- сбор и обработка информации от датчиков (нижний уровень);
- предоставление необходимой информации для среднего уровня;
- реализация алгоритмов контроля, сигнализации и блокировки.

2. Средний уровень, предназначенный для обработки сигналов от нижнего уровня и выработки управляющих воздействий на исполнительные механизмы, а также осуществляющий сбор, обработку и передачу на верхний уровень первичной информации;

3. Верхний уровень (контроль, управление, сбор и архивация данных), необходимый для обработки и визуализации информации о состоянии производства в графической форме в виде мнемосхем, графиков, таблиц, трендов, отслеживание аварийных и предаварийных ситуаций, формирование и печать отчетов о ходе процесса.

Основной режим функционирования системы - автоматический. Предусмотрена возможность перевода отдельных функциональных узлов в ручной дистанционный режим управления.

Верхний уровень представлен АРМ оператора, системного инженера и резервированным сервером баз данных.

Интерфейс АРМ оператора обеспечивает выполнение следующих функций в рамках управления и мониторинга работы системы:

- визуализация текущих получаемых и расчетных данных оборудования производства;
- расчет параметров режима в реальном времени;
- сигнализация и регистрация аварийных и предупредительных сигналов;
- просмотр архивов событий;
- просмотр трендов, динамики параметров в виде графиков и таблиц

Также АРМ реализуют функции по обеспечению защиты информации в системе:

- доступ к функциям управления только зарегистрированных пользователей, исключая возможность несанкционированного доступа;
- каждый пользователь имеет собственные права доступа - набор разрешенных действий для просмотра или изменения данных.

В рамках основных функций АРМ обеспечивают:

- отображение в удобной для оператора форме информации о состоянии технологического процесса;

- регистрацию основных параметров технологического процесса, с возможностью отображения их текущего состояния в графической форме;
- автоматическое формирование и ведение истории технологического процесса, с возможностью построения графиков параметров.
- автоматическое формирование, выдачу и сохранение сообщений о выходе параметров технологического процесса за допустимые рамки;
- возможность выборов режимов для механизмов: дистанционный, автоматический
- дистанционное управление технологическим оборудованием и параметрами технологического процесса
- вывод информации по диагностике

Таким образом, АРМ оператора представляет собой устройство управления, с которого оператор контролирует работу системы и может осуществлять оперативное управление. Для получения данных о состоянии системы ПО терминала оператора опрашивает управляющий контроллер, а при необходимости оперативного управления формирует и передает управляющие команды.

К контроллеру по протоколу *Profibus* подключены станции распределенного ввода-вывода *IM 153-2 HF*, основными функциями которых является [34]:

- прием значений технологических параметров с полевых устройств;
- коммуникация с процессорной частью контроллера;
- вывод управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

Связь станций ввода-вывода *IM 153-2 HF* с процессорной частью контроллера производится по высокоскоростной сети промышленного стандарта *Profibus*.

Взаимодействие распределенной станции ввода-вывода с уровнем первичных средств сбора данных и управления производится посредством сигнальных модулей ввода-вывода.

Измерительные средства АСУТП (датчики и измерительные приборы) имеют стандартный унифицированный выходной сигнал 4...20 мА.

Модули аналогового и дискретного ввода осуществляют сбор информации о ходе технологического процесса в виде аналоговых и дискретных величин, поступающих с вышеперечисленных датчиков и измерительных приборов, от локальных систем управления и технологического оборудования. Также эти модули формируют управляющие воздействия на исполнительные механизмы технологического оборудования.

Предусмотрена установка реле гальванической развязки выходов дискретных модулей контроллера, а также барьеров искрозащиты для аналоговых и дискретных модулей контроллера.

Коммуникационные модули осуществляют передачу управляющих и информационных данных между различными сетями АСУТП:

- сетью ProfiBUS, по которой осуществляется связь между контроллером и устройствами ввода-вывода;
- сетью Ethernet, которая используется для информационного обмена между контроллером и сервером (основным и резервным), АРМ операторов.

PROFIBUS (Process Field BUS) - это наиболее мощная сеть полевого уровня, которая может быть использована для большинства практических применений. Эта сеть отвечает требованиям международных стандартов *IEC 61158* и *EN 50170*.

PROFIBUS объединяет технологические и функциональные особенности последовательной связи полевого уровня. Она позволяет объединять разрозненные устройства автоматизации в единую систему на уровне датчиков и приводов.

PROFIBUS использует обмен данными между ведущим и ведомыми устройствами. Требования пользователей к получению открытой,

независимой от производителя системе связи, базируется на использовании стандартного протокола *PROFIBUS*.

Одни и те же каналы связи сети *PROFIBUS* допускают одновременное использование нескольких протоколов передачи данных:

- *PROFIBUS-FMS*: универсальный протокол для решения задач по обмену данными между интеллектуальными сетевыми устройствами (контроллерами, компьютерами/программаторами, системами человеко-машинного интерфейса) на полевом уровне.

- *PROFIBUS-DP*: протокол, ориентированный на обеспечение скоростного обмена данными между системами автоматизации (ведущими DP-устройствами) и устройствами распределенного ввода-вывода (ведомыми DP-устройствами). Протокол характеризуется минимальным временем реакции и высокой стойкостью к воздействию внешних электромагнитных полей.

- *PROFIBUS-PA*: протокол обмена данными с оборудованием полевого уровня, расположенным в обычных или Ex-зонах (зонах повышенной опасности). Протокол отвечает требованиям международного стандарта *IEC 61158-2*.

Для обеспечения связи между шкафом управления. АРМ оператора (основным и резервным) и аппаратурой третьего уровня АСУ ТП предусмотрена установка в шкафу питания коммутатора Ethernet производства фирмы Siemens.

Питание данного устройства осуществляется от блока питания, установленного в том же шкафу.

Для размещения технических средств АСУТП используются шкафы компании *Rittal*, имеющие защиту от пыли и влаги не хуже *IP54*.

Шкафные и сборки зажимов выполнены наборными на оборудовании фирмы *Phoenix*. Цепи различного назначения выводятся на отдельные клеммники.

Конструкция слаботочных клеммников и место их расположения в шкафу исключает случайное попадание более высокого напряжения.

Сервер ввода/вывода выполняет функции сбора, хранения и предоставления оперативной и архивной (кратковременный архив) информации о ходе технологического процесса.

Рабочие места операторов реализованы на базе компьютеров с установленным программным обеспечением *Windows XP*, *WINCC SYSTEMSOFTWARE V7.0 SP1*.

Коммуникация контроллерного уровня с верхним производится по сети на основе протокола *Industrial Ethernet* (волоконно-оптическая линия связи). Топология реализована в виде «звезды».

Сервер ввода-вывода	Шт
Сервер ввода-вывода и базы данных SIMATIC IPC847C	1
WINCC SYSTEMSOFTWARE V7.0 SP1, RC 65536 (65536 POWER TAGS)	1

АРМ оператора	Шт
ПК АРМ оператора SIMATIC IPC547D	1
WINCC SYSTEMSOFTWARE V7.0 SP1, RT 128 (128 POWER TAGS)	1

АРМ инженера АСУТП	Шт
АРМ инженера SIMATIC IPC547D	1
WINCC SYSTEMSOFTWARE V7.0 SP1, RT 128 (128 POWER TAGS)	1

На рис. 3.2 представлен контроллер *Siemens S7-300*. CPU ПЛК периодически опрашивает (сканирует) сигналы от датчиков посредством системы ввода/вывода и устройств ввода. Обновленные значения заносятся в таблицу входов, то есть происходит ее обновление. В соответствии с программой, загруженной в контроллер, значения таблицы входов обрабатываются и заносятся в таблицу выходов.

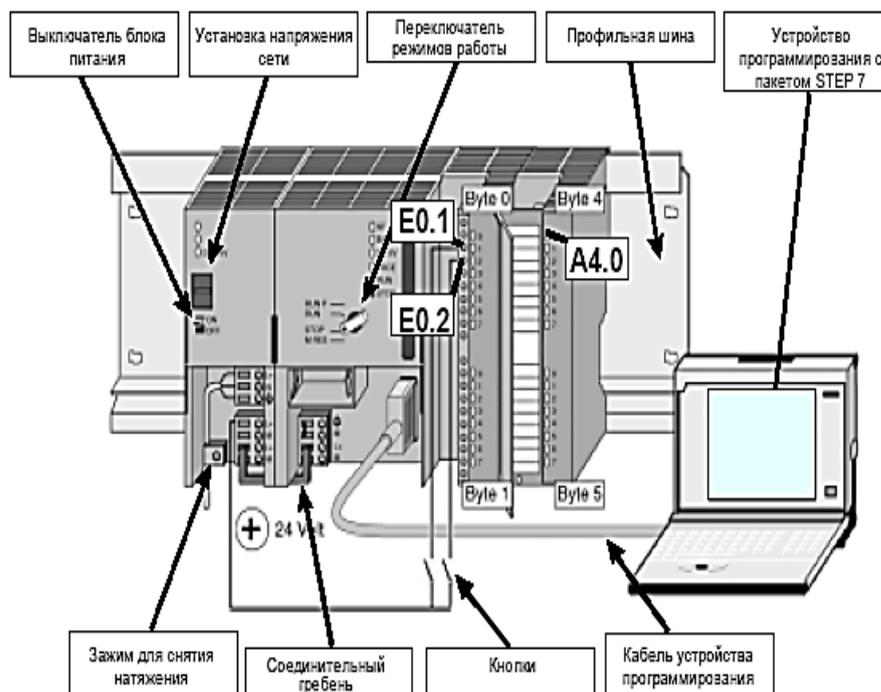


Рис. 3.2. Внешний вид контроллера

При обработке информации активно используются значения, находящиеся в хранилище данных. С обновленной таблицы выходов информация через систему ввода/вывода пересылается на устройства вывода, откуда далее – на приборы полевой автоматики. Таблица входов, таблица выходов и хранилище данных представляют собой области памяти *CPU*. Программа пользователя может изменяться или корректироваться с помощью устройства программирования и мониторинга, подключенного к контроллеру. Это устройство позволяет также просматривать представляющие интерес данные. В качестве устройства программирования и мониторинга может использоваться компьютер или ручной программатор.

На рис. 3.3 можно посмотреть принцип работы.

Функции *CPU* заключаются в следующем:

- обработка входной информации согласно программе пользователя;
- хранение входной информации (таблица входов), результатов

выполнения программы (таблица выходов), пользовательской программы и служебной информации;

- организация связи с системой ввода/вывода;
- диагностика функционирования ПЛК и программы пользователя;
- поддержка интерфейса с устройством программирования и мониторинга.

При своей работе *PLS* постоянно выполняет циклическую последовательность операций, называемую циклом *PLS* и включает в себя следующие операции:

- служебные операции в начале прогона;
- сканирование входов (обновление таблицы входов);
- выполнение программы пользователя;
- вывод данных (обновление таблицы выходов);
- связь с устройством программирования и мониторинга;
- связь с системой (по сети);
- диагностика программы на наличие ошибок и сбоев.

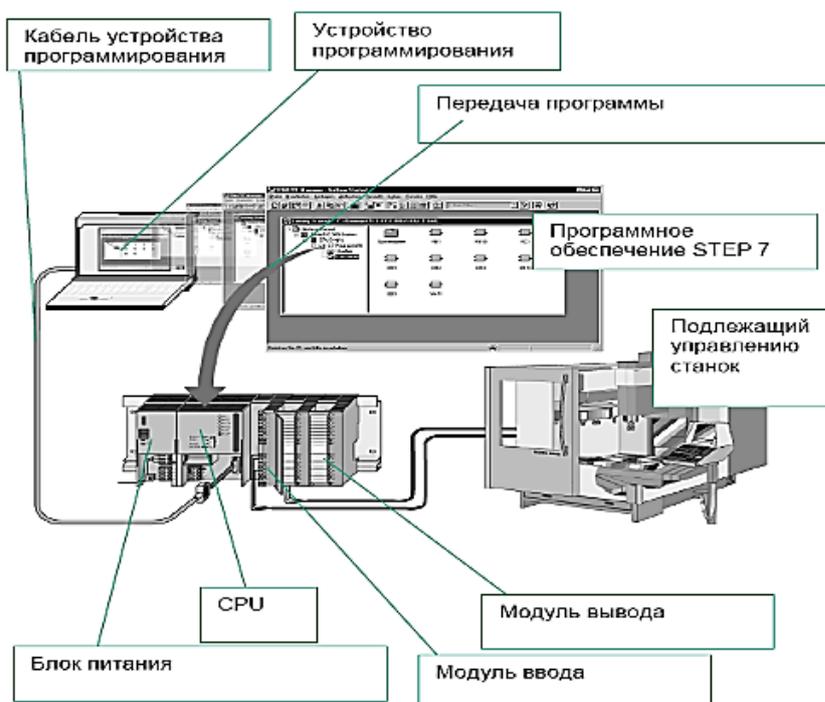


Рис. 3.3. Принцип работы контроллера

3.2. Разработка программы и человеко-машинного интерфейса ИКС управления процессом экстрагирования масла на заводе “Евроснар”

Разработку программы для контроллеров семейства Siemens можно осуществить на программе Simatic Step7.

Основными утилитами пакета STEP 7 являются:

- SIMATIC Manager;
- LAD, STL, FDB – Programming S7;
- Memory Card Parameter Assignment;
- NetPro – Configuring Networks;
- PID Control Parameter Assignment;
- S7 SCL – Programming S7 Blocks;
- S7-GRAPH – Programming Sequential Control System;
- S7-PDIAG – Configuring Process Diagnostic;
- S7-PLCSIM Simulating Modules;
- Setting the PG-PC Interface;
- Configure SIMATIC Workspace.

Основной программой STEP 7 является SIMATIC Manager, который позволяет производить основные операции с проектом, такие как создание, сохранение, открытие, а также управлять работой проекта, запускать различные утилиты, связывать их между собой и т.д.

Программа LAD, STL, FDB – Programming S7 Blocks – редактор, позволяющий программировать блоки, основываясь на одном из трех представлений языка программирования. Язык LAD – Ladder Diagram (контактный план) – использует представление программы в виде коммутационной схемы, состоящей из переключателей, линий связи, ключей и т.п. STL – Statement List (список операторов) – язык, подобный ассемблеру. FDB – Function Block Diagram – функциональная схема, основанная на логических элементах, триггерах и т.п.

Утилита Memory Card Parameter Assignment позволяет сохранять пользовательскую программу в память EPROM (электрически программируемая постоянная память), используя программатор или, в случае персональной ЭВМ, на внешнее устройство.

Программа NetPro – Configuring Networks позволяет конфигурировать промышленные сети, такие как MPI, PROFIBUS или Industrial Ethernet.

Утилита PID Control Parameter Assignment позволяет автоматизировать процедуру расчета и настройки параметров ПИД-регуляторов, используемых в системах управления.

С базовым пакетом обычно поставляются специальные утилиты, позволяющие проводить создание программ различными способами, такими как: написание программ на языке программирования высокого уровня SCL, который похож на паскаль, с помощью программы S7 SCL; графическая разработка программ в виде последовательности шагов и переходов между ними посредством утилиты S7-GRAPH. Могут также поставляться дополнительные пакеты.

S7-PDIAG – Configuring Process Diagnostic – это программа, используемая для диагностики проектов.

Утилита S7-PLCSIM Simulating Modules предназначена для программной имитации работы контроллера, что позволяет разрабатывать проекты и проверять, и отлаживать работу программ без подключения реального оборудования. Программа Setting the PG-PC Interface применяется для установки параметров локальных станций, подключенных к многоточечному интерфейсу MPI.

Configure SIMATIC Workspace позволяет конфигурировать проекты, создаваемые с использованием нескольких терминалов.

SIMATIC Manager – это графический интерфейс для редактирования объектов S7 (проектов, файлов пользовательских программ, блоков, оборудования станций и инструментов). Основное окно утилиты показано на рис. 3.4.

Основными элементами панели главного меню программы SIMATIC Manager являются разделы File, PLC, View, Options, Window и Help, содержание которых зависит от текущего окна.

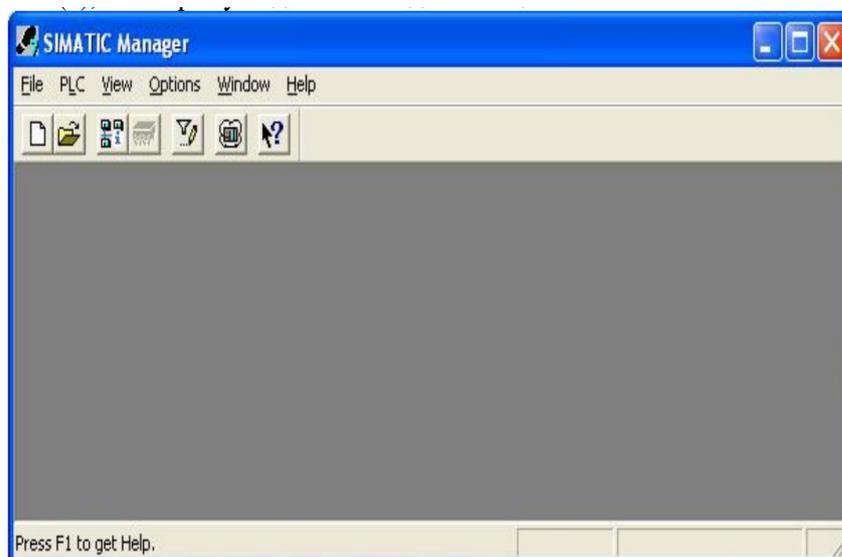


Рис. 3.4. Меню и панель инструментов SIMATIC Manager

На панели инструментов вынесены наиболее часто используемые кнопки. Вначале рассмотрим структуру проекта в SIMATIC Manager, которая показана на рисунке 3.5.

Данные хранятся в проекте в виде объектов. Объекты в проекте размещаются в древовидной структуре, которая показана в левой части рисунка 3.5. Она подобна структуре, используемой в Windows Explorer. Различаются только иконки объектов. Содержимое правой части окна SIMATIC Manager зависит от выбранного в левой части объекта.

На самом верхнем уровне, который (см. рисунке 3.6) называется S7_Pro1, расположен сам проект. Каждый проект представляет базу, в которой хранятся все относящиеся к нему данные. Элементами проекта являются сети и их элементы – станции и другие узлы. В данном проекте S7_Pro1 содержит многоточечный интерфейс MPI(1), к которому подключена одна станция SIMATIC 300 Station.

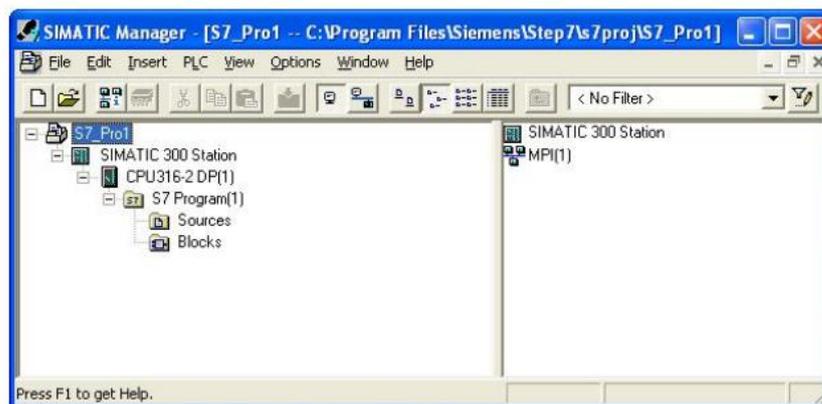


Рис. 3.5. Структура проекта в SIMATIC Manager

На втором уровне, который показан на рисунке 3.5, находятся станции, которые являются исходными объектами для конфигурирования аппаратуры. Здесь хранится информация о конфигурации аппаратуры и параметрах модулей. На рисунке 3.6. уровень станций содержит один элемент – SIMATIC 300 Station, который в свою очередь содержит контроллер CPU316-2DP (1).

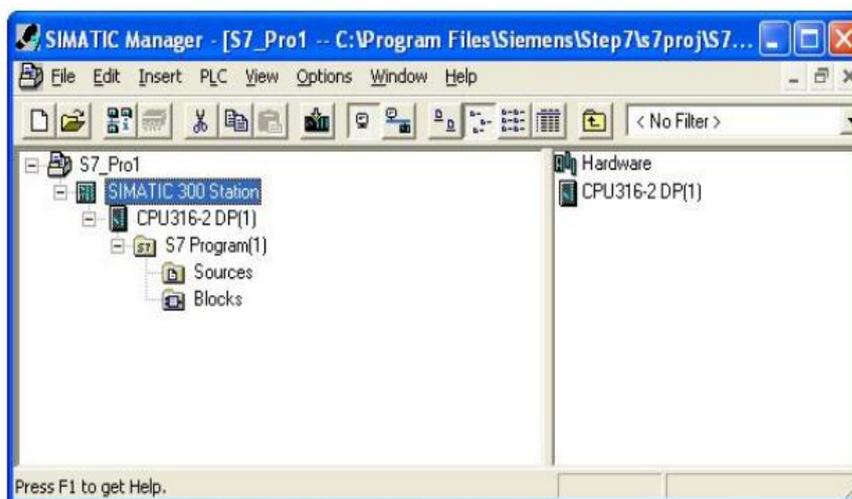


Рис. 3.6. Уровень станции в SIMATIC Manager

В свою очередь, процессор CPU316-2DP(1) содержит пользовательские программы, в данном случае S7 Program(1), которые могут быть написаны в виде блоков Blocks или исходных кодов Sources. Последующие уровни зависят от содержимого предыдущих. На рисунке 3.7 показан один из

примеров уровня Blocks Основными блоками, которые используются в STEP 7, являются:

а) организационный блок, например OB1, который является основной циклически исполняемой программой;

б) функция, например FC1, применяемая для замены типовых или часто повторяющихся блоков;

в) функциональный блок, например FB1, в отличие от функции имеет отдельную память в глобальном пространстве, называемую блоком данных, за счет чего функциональный блок может сохранять свои переменные в общем адресном пространстве;

г) блоки данных, например, DB1, наличие которых обусловлено гарвардской архитектурой контроллеров.

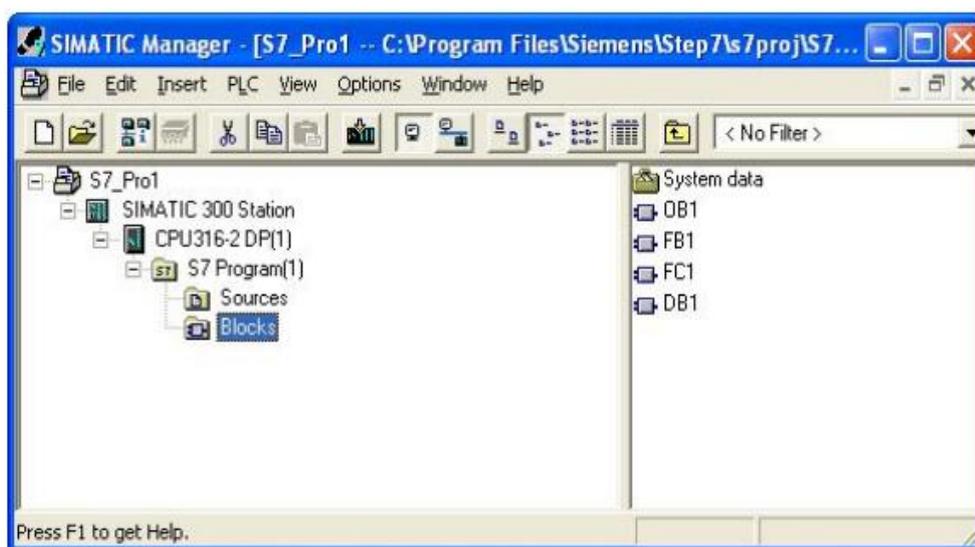


Рис. 3.7. Уровень блоков

Конфигурирование аппаратных средств проекта осуществляется посредством утилиты «Hardware Configuration». Чтобы запустить указанную программу, необходимо перейти на уровень станций, который показан на рисунке 4,5, и двойным щелчком нажать кнопку «Hardware», в результате чего появится окно, показанное на рисунке 3.8.

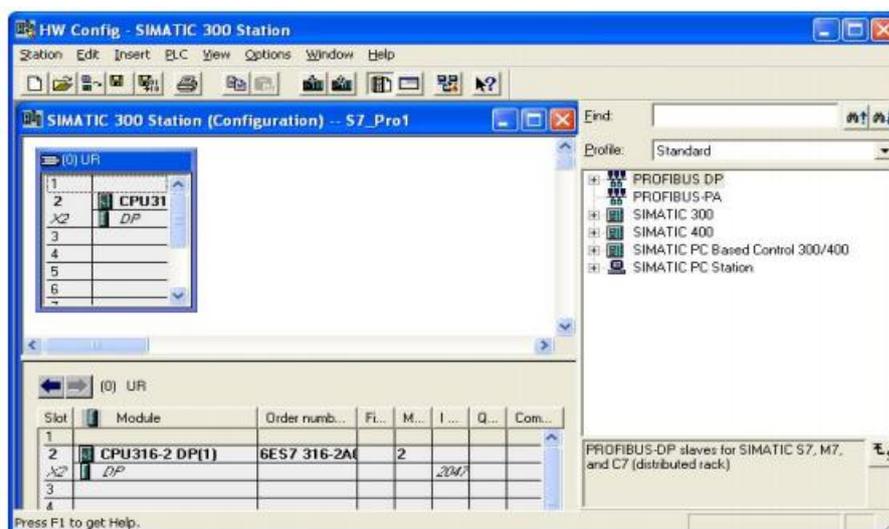


Рис. 3.8. Окно конфигурации аппаратной части

Рабочее поле утилиты Hardware Configuration разбито на три основные части. В левой верхней части показаны стойки с отдельными слотами. Они расположены на шинах. В левой нижней части находится таблица с адресами входов-выходов, различных блоков и контроллеров. В правой части окна расположена библиотека элементов, из которых можно собирать стойки.

Создание аппаратной части начинается с добавления стойки (Rack), которая находится в соответствующем каталоге. Например, при создании станции SIMATIC 300 необходимо открыть каталог элементов SIMATIC 300 и из папки Rack-300 добавить элемент Rail. Добавление можно производить либо двойным щелчком, либо перетаскиванием по технологии «drag & drop».

Если требуется установить блок питания, то необходимо вставлять его в слот 1 стойки. Соответствующий модуль станции SIMATIC 300 находится в группе PS-300.

CPU контроллера можно найти в каталоге CPU-300, он вставляется в слот 2

S7-300 слот 3 зарезервирован для интерфейсного модуля IM, необходимого для многоуровневых конфигураций.

Если эта позиция должна быть резервирована для последующей фактической установки интерфейсного модуля, то необходимо вставить в фактическую конфигурацию холостой модуль DM370 DUMMY из каталога SM-300\Special-300.

Начиная с четвертого слота, можно вставлять сигнальные модули. Можно добавить на выбор до 8 сигнальных блоков (SM), коммуникационных процессоров (CP) или функциональных модулей (FM). Необходимо отыскивать нужный модуль в папке и вставлять его, выбирая слот в стойке.

В стандартной конфигурации в стойку может входить процессор, блок питания и модули ввода и вывода, которые бывают аналоговые или дискретные.

Чтобы просмотреть адресное пространство, образованное модулями стойки, необходимо войти в меню «View»->«Address Overview», в результате чего появится окно, показанное на рисунке 3.2.6. В данном окне отражаются те блоки, которые имеют входы или выходы, в данном случае модуль дискретного ввода DI32xDC24V и блок дискретного вывода DI4xNAMUR.

В первом столбце Type указывается тип адресного пространства: I – для входов, Q – для выходов.

Во втором и третьем столбцах Addr. from и Addr. to указывается диапазон адресов в байтах, который занимает данное устройство. В данном случае модуль дискретного ввода DI32 x DC24V имеет 32 входа, поэтому он занимает 4 байта с номерами от 0 до 3. Следующие байт с номером 4 занимает блок дискретного вывода DI4xNAMUR.

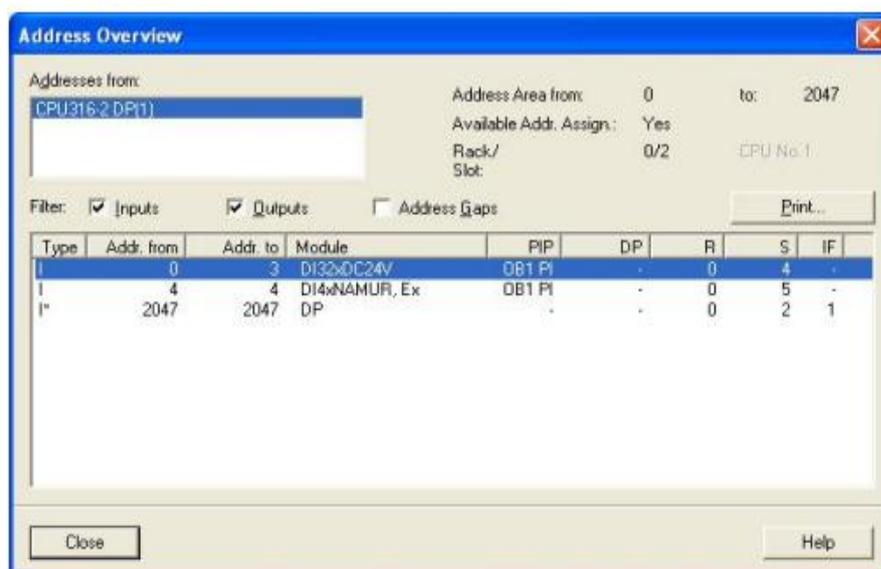


Рис. 3.9. Адресное пространство аппаратуры станции.

В следующих двух столбцах указываются названия блоков и организационный блок, который осуществляет опрос входов и назначение выходов. В данном случае оба модуля принадлежат одному блоку OB1. Столбец R отображает номер стойки, а столбец S – слота для модуля. В данном случае модуль DI32xDC24V занимает слот 4, а модуль DI4xNAMUR – слот 5. Столбец DP используется для системы распределенных выходов, а IF в тех случаях, когда используется специальный интерфейсный модуль при программировании системы на C++. Чтобы получить доступ к свойствам блока достаточно открыть его пиктограмму с помощью двойного щелчка мыши. Основные параметры сосредоточены в контроллере, поэтому рассмотрим его свойства. Свойства контроллера отображаются в окне, которое содержит девять раскрывающихся вкладок. Вкладка «General», показанная на рисунке 3.9, содержит информацию о типе модуля, его название и, если он программируемый, MPI адрес. Чтобы назначить адрес многоточечного интерфейса, например, в случае создания многоконтроллерной конфигурации, достаточно нажать кнопку «Properties», в которой имеется возможность задать параметр «Address». На рисунке 3.10 показана вкладка

«Startup», которая позволяет задавать характеристики запуска. Для S7-300 единственным возможным типом запуска является «Warm restart». Только некоторые варианты имеют вариант «Cold restart».

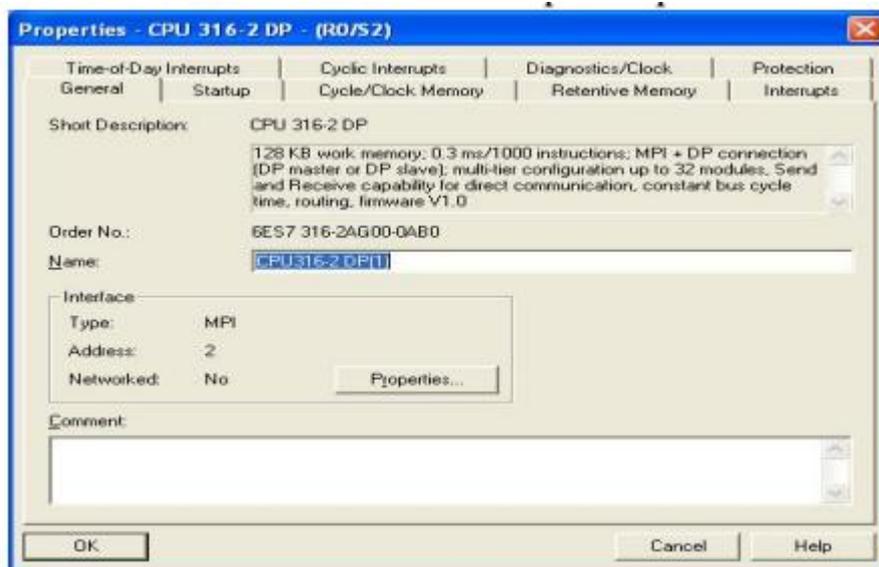


Рис. 3.10. Общие параметры контроллера S7-300

Параметр «Finished Message by Modules (ms)» означает максимальное время на получение сигнала готовности модулей. Если модули не подтверждают приема параметров в пределах установленного времени, то реальная конфигурация не соответствует проектной.

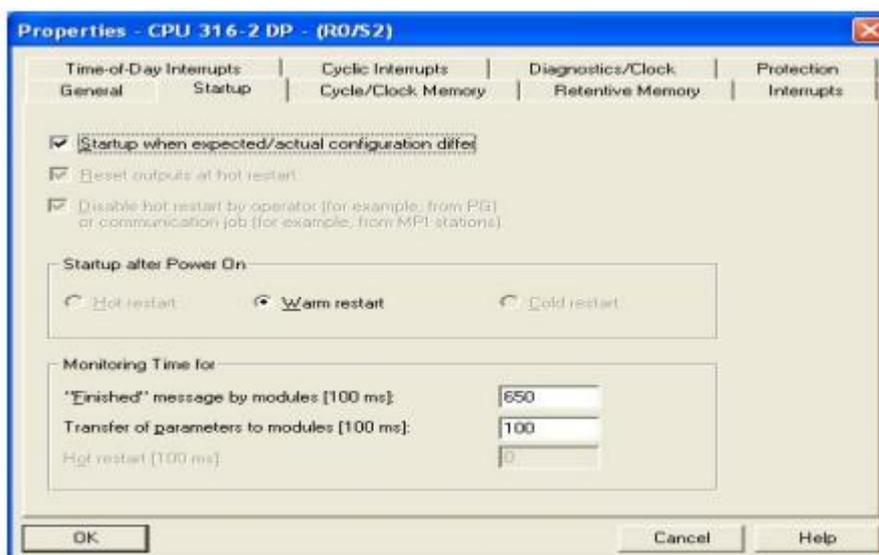


Рис. 3.11. - Параметры запуска контроллера S7-300

Параметр «Transfer of Parameters to Modules» – максимальное время для передачи параметров в настраиваемые модули, после того как получен сигнал готовности. Параметр «Startup when expected/actual configuration differ» позволяет для контроллеров со встроенным интерфейсом распределенных входов-выходов DP и для S7- 300 запретить или разрешить запуск, если реальная конфигурация оборудования отличается от проектной. Остальные контроллеры запускаются в любом случае. Также для контроллеров S7-300 можно указать сбрасывать выходы при горячем перезапуске – «Reset outputs at hot restart» и запретить перезапуск от другой станции или оператора. Закладка «Retentive Memory» (сохраняемая память) используется для определения областей памяти, которые должны сохраняться после пропадания питания или переходе процессора из режима STOP в RUN. В обоих случаях в S7-300 выполняется полный перезапуск, при котором блоки (OB, FC, FB, DB), хранимые в памяти с батарейной подпиткой, а также меркеры, таймеры и счетчики, определенные как сохраняемые, не изменяются. Только несохраняемые меркеры, таймеры и счетчики сбрасываются при запуске CPU. На рисунке 3.12 показана вкладка «Cycle/Clock Memory» – временные параметры контроллеров.

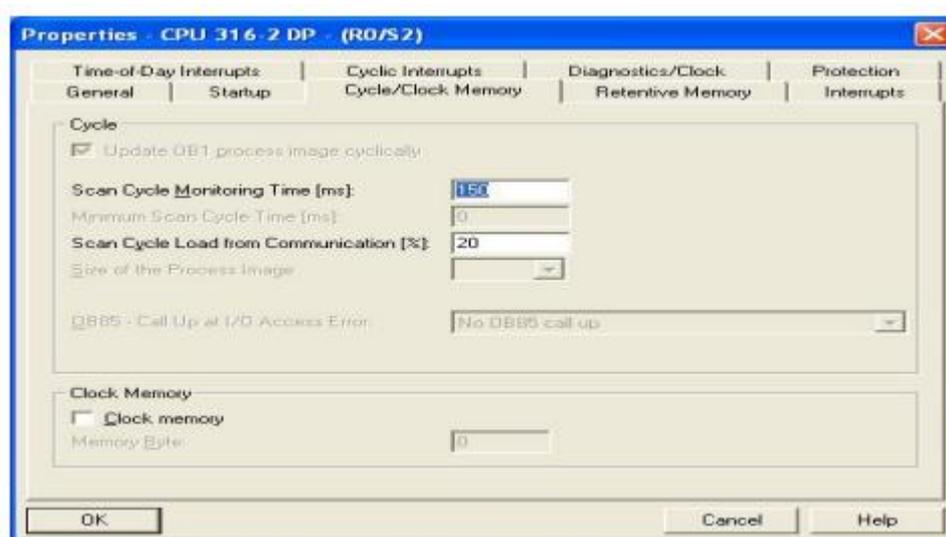


Рис. 3.12. - Временные параметры контроллера S7-300

Закладка «Cycle/Clock Memory» позволяет с помощью параметра «Scan Cycle Monitoring Time (ms)» задавать время контроля цикла. Если это время превышено, то контроллер переходит в режим STOP. Возможными причинами превышения времени могут быть коммуникационные процессы, часто от событий прерываний, ошибки в программе. Параметр «Cycle Load from Communication (%)» задает время связи, например время передачи данных в другой контроллер через многоточечный интерфейс. Это время ограничивается значением, выраженным в процентах от текущего времени цикла. Например, ограничение связи до 20% приведет к тому, что для времени цикла сканирования 100 мс максимальное время для связи составит 20 мс. Для синхронизации работы программы используется синхробайт «Clock Memory», который является байтом из области меркеров. Его биты периодически изменяют свое значение, причем каждый бит в синхробайте связан с конкретной частотой. Во вкладке «Protection», показанной на рисунке 3.13, можно изменять параметры защиты.

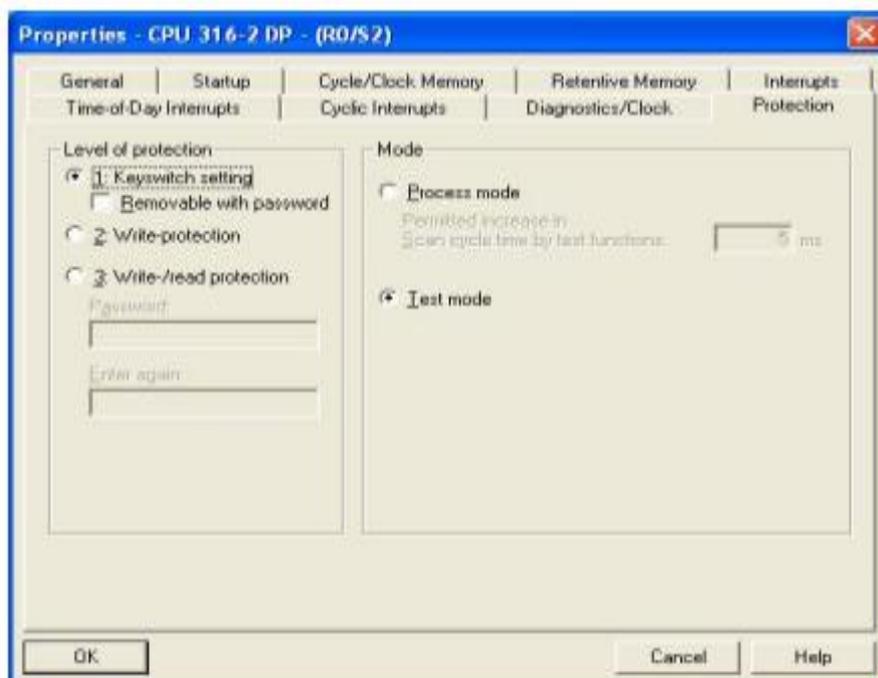


Рис. 3.13. - Параметры защиты контроллера S7-300

Вкладка «Protection» позволяет задать три уровня защиты. На первом уровне «Keyswitch setting» можно работать без ограничений. Если назначен пароль, то он определяет следующие ограничения: для уровня 1 – в режиме останова (STOP) возможен полный доступ, а в режиме работы (RUN) только чтение; для уровня защиты 2 – существует доступ только для чтения, а для уровня 3 – невозможно ни чтение, ни запись независимо от режима работы. Чтобы ввести пароль, необходимо либо задать уровень 2 или 3, либо выбрать режим «Removable with password» на первом уровне. Вкладка «Diagnostic/Clock», показанная на рисунке 3.14, позволяет с помощью флага «Report cause of stop» обнаруживать причину останова, а также синхронизировать часы нескольких контроллеров (раздел «Synchronization») и вводить коррекцию для часов (раздел «Correction factor»). Например, если часы отстают на 5 с в сутки, то можно ввести параметр «Correction factor» +5000 ms.

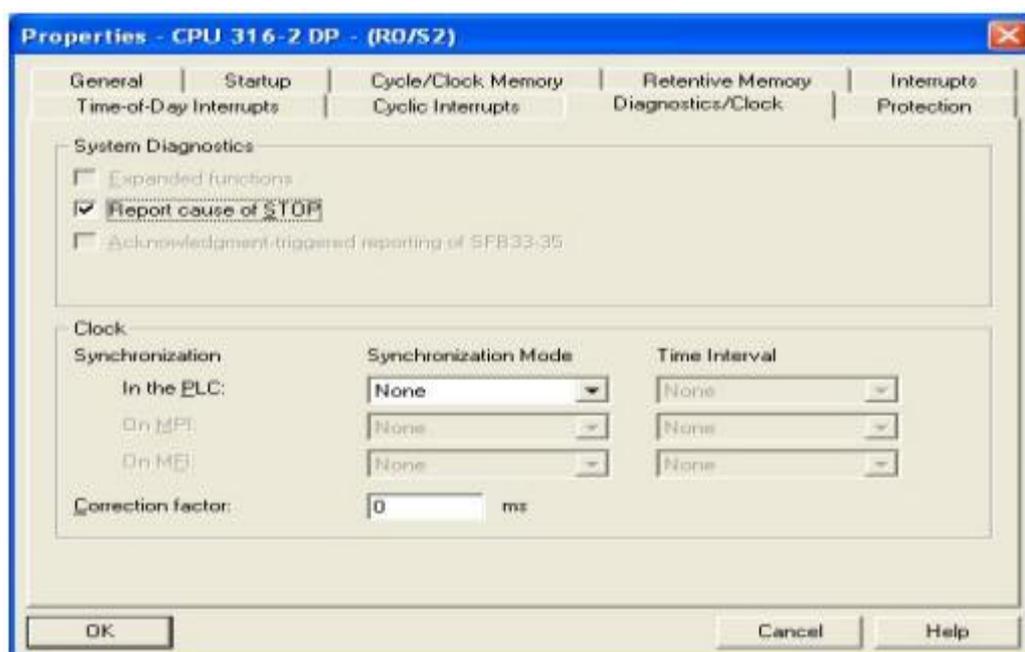


Рис. 3.14. Параметры диагностики и синхронизации контроллера S7-300

Кроме перечисленных, также имеются вкладки, определяющие параметры прерываний «Interrupts», «Cyclic Interrupts», «Time-of-Day Interrupts». Вкладка «Interrupts» показана на рисунке 3.13. Приоритеты программ задаются по возрастанию, т.е. чем выше номер, тем более высокий приоритет. Для циклических прерываний имеется возможность указать интервал выполнения через параметр «Execution», а для прерываний, вызываемых по времени суток, указываются параметры «Start Date» и «Time of Day».

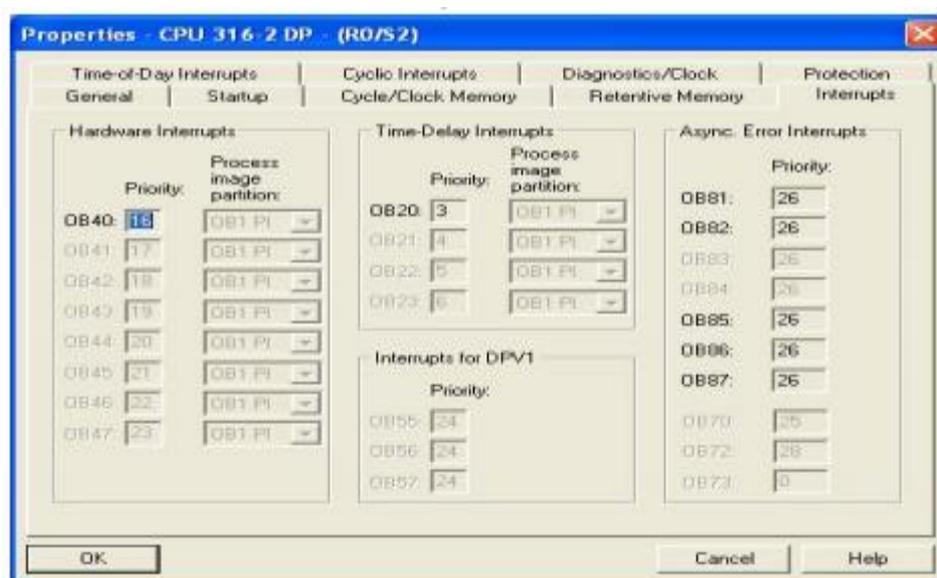


Рис. 3.15. Вкладка «Interrupts»

Чтобы сохранить конфигурацию, нужно войти в меню «Station» и выбрать вкладку «Save». При выборе вкладки «Save and Compile» конфигурация загружается в блоки данных DB проекта. Чтобы проверить правильность конфигурации, можно воспользоваться меню «Station» -> «Consistency Check». Загрузка конфигурации в контроллер или его эмулятор возможна через меню, «PLC» -> «Download», при этом контроллер должен находиться в режиме STOP. Для входных и выходных модулей можно задавать их адреса, однако необходимо помнить, что после перезапуска контроллера снова применяется адресация по умолчанию.

После завершения конфигурации, приступаем к созданию человеко-машинного интерфейса на дополнительном пакете S7-PLCSIM.

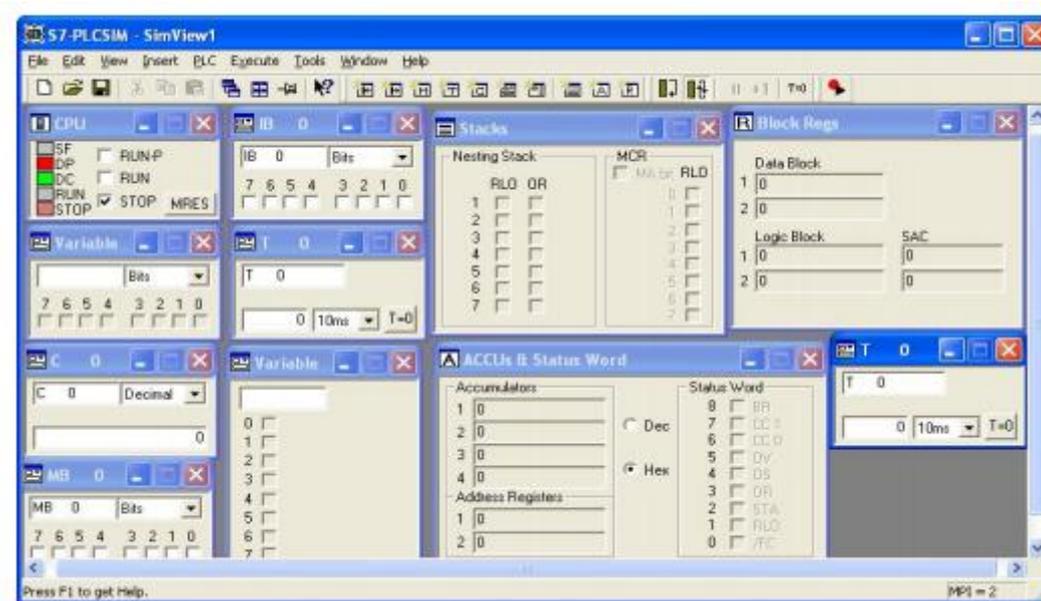


Рис. 3.16. Симулятор PLCSIM

Для этого в меню «Options» необходимо выбрать пункт «Simulate Modules», что приведет к запуску S7-PLCSIM, основное окно которого показано на рис. 3.16. С помощью значков, расположенных на панели инструментов симулятора S7-PLCSIM, можно добавлять для просмотра различные блоки и элементы контроллера:

- а) IB – входная переменная;
- б) QB – выходная переменная;
- в) MB – биты памяти;
- г) T – таймер;
- д) C – счетчик;
- е) Variable – переменная;
- ж) Stacks – стек логических операций;
- з) ACCUs – аккумуляторы и слово состояния;
- и) Block Regs – блок регистров.

В блоках а) – е) можно вводить свои адреса. Для того, чтобы можно было использовать символьную адресацию, нужно войти в меню «Tools» -

> «Options» -> «Attach Symbols», в результате чего появится окно, показанное на рисунке 3.17. В этом окне нужно в разделе «Entry Point» указать вид блока, например проект или библиотека, имя проекта, в проекте выйти на уровень S7 Program и выбрать значок с именем Symbols. После загрузки в эмулятор контроллера таблицы символов все переменные отображаются со своими именами как на рисунке 3.18. Прежде чем проверять работу программы ее необходимо загрузить в контроллер. Это можно сделать либо из основного окна SIMATIC Manager, либо из редактора LAD/STL/FBD. В первом случае нужно выделить необходимые блоки, выбрать пункт меню «PLC» -> «Download». Во втором случае также используется меню «PLC» -> «Download», но загружается только текущий открытый блок. После этого нужно перейти в окно S7-PLCSIM и убедиться, что в его меню «PLC» установлен флажок «Power on». При загрузке блоком процессор симулятора должен находиться в режиме STOP. Для того, чтобы запустить программу на выполнение, достаточно установить флажок RUN (циклическое выполнение) или RUN-P (однократное выполнение). При этом можно мышкой менять входы и смотреть как изменяются выходы, отлаживая программу, записанную в контроллер.

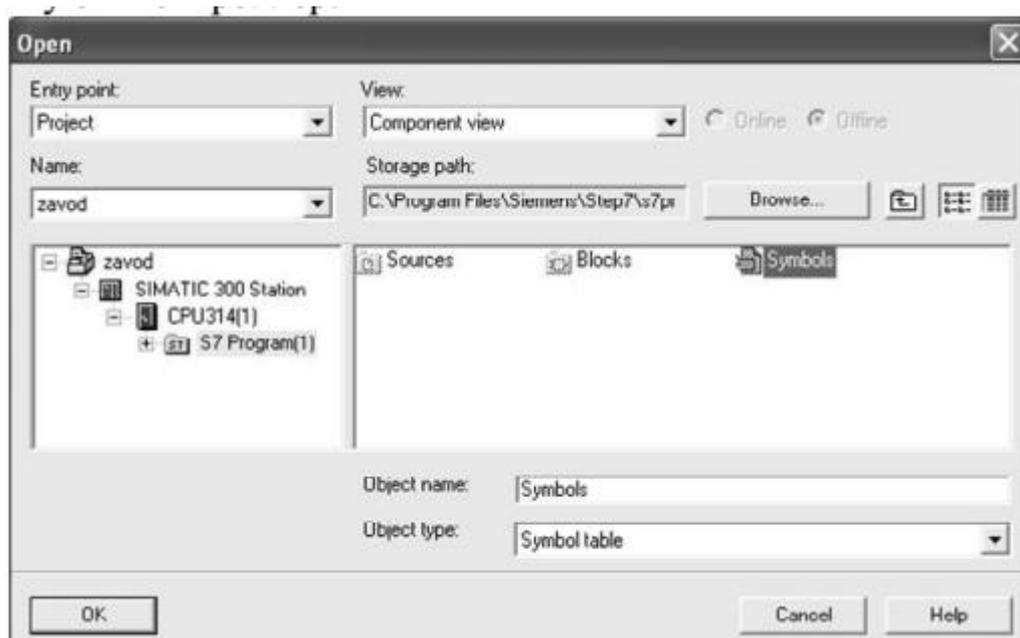


Рис. 3.17. Чтение таблицы символов в PLCSIM

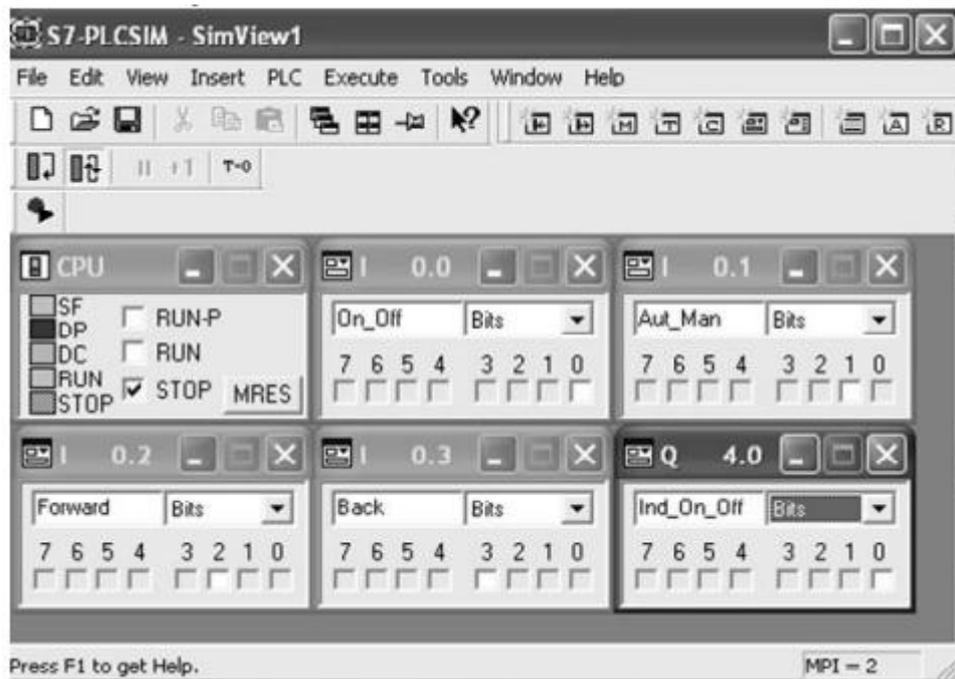


Рис. 3.18. Результат загрузки таблицы символов в PLCSIM

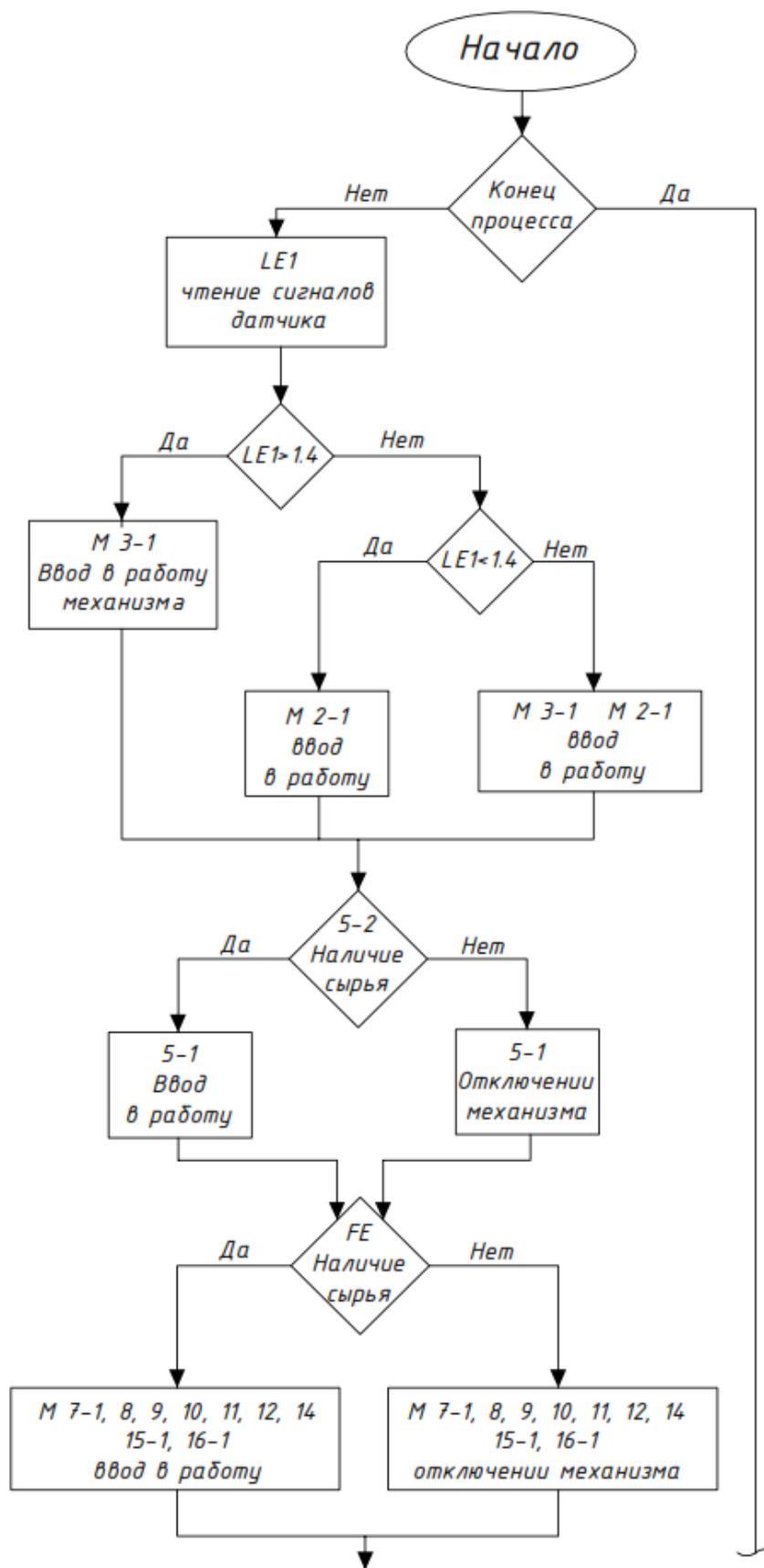


Рис. 3.19. Алгоритм для создания программы управления работой экстрактора в ООО «Евроснар»

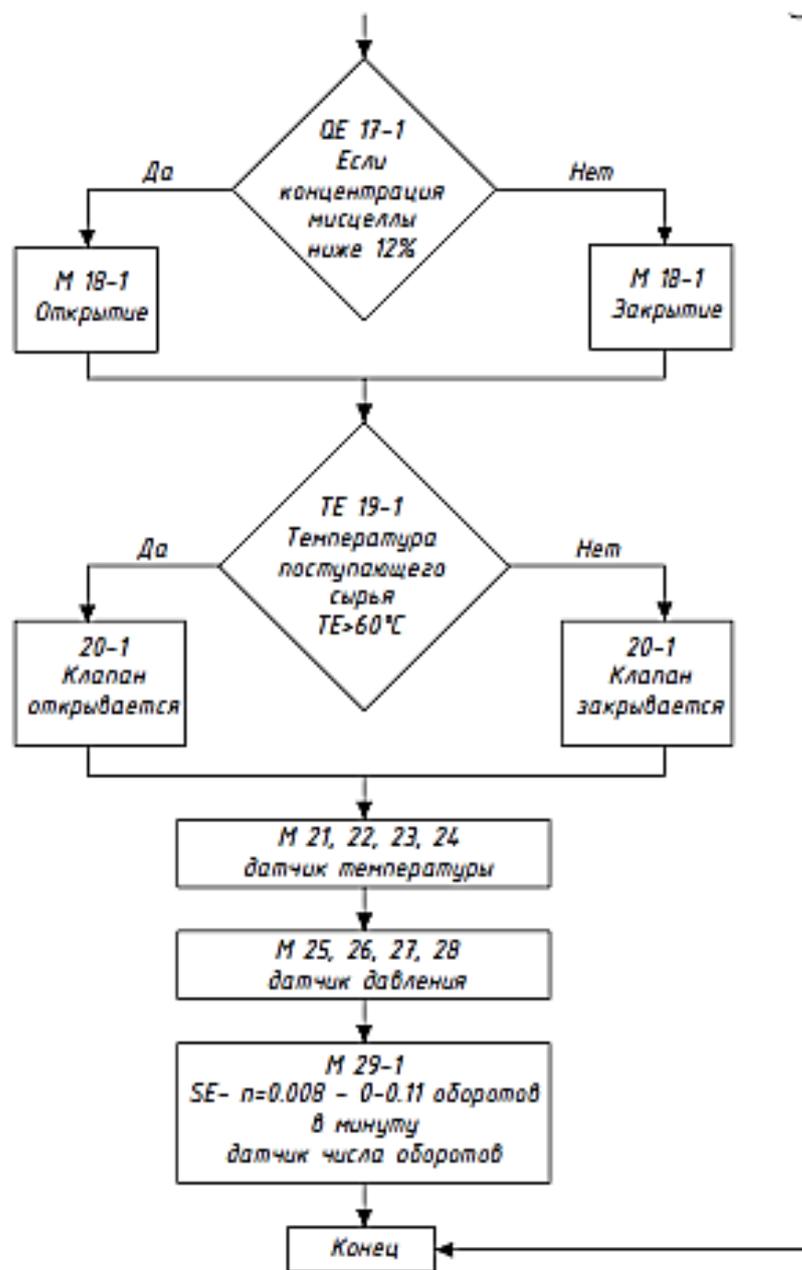


Рис. 3.19. Алгоритм для создания программы управления работой экстрактора в ООО «Евроснар» (продолжение)

Согласно вышеприведенному алгоритму создана listing программы управления процессом экстракции на алгоритмическом языке C++.

```

#include <SerialFlow.h>

Var_break=false;

//переменная для определения окончания программы управления
процессом

Void setup() {
    analLE1=1;

//переменная для чтения значений LE1 датчика из аналогового порта
    dig5_2=5;

//переменная для определения наличия сырья в 5_1
    dig5_1=3;

//переменная для определения наличия сырья в 5_1
    digM3_1=1;

//переменная для активации рабочего механизма M3_1
    digFE=4;

//переменная для определения наличия сырья в FкE
    pinMode(digM3_1, OUTPUT);

//определение порта микроконтроллера для запуска механизма M3_1
    digM2_1=2;

//переменная для активации рабочего механизма M2_1
    pinMode(digM2_1, OUTPUT);

//определение порта микроконтроллера для запуска механизма M2_1
    pinMode(dig5_2, INPUT);

//определение порта микроконтроллера для чтения сигнала 5-2
    pinMode(dig5_1, OUTPUT);

//определение порта микроконтроллера для запуска механизма 5_1
    pinMode(digFE, INPUT);

//определение порта микроконтроллера для чтения сигнала FE
    Serial.begin(9600);

```

```
/*команда для обмена данными с человека машинным  
интерфейсом(компьютерной программой)*/
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    if (var_break==true) {
```

```
        break;
```

```
    }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        vLE1=analogRead(analLE1); //чтение из датчика LE1
```

```
        if (vLE1<1.4) {
```

```
            digitalWrite(digM3_1, HIGH); //запуск механизма M3_1
```

```
            delay(1000);
```

```
        }
```

```
        else {
```

```
            if (vLE1<1.4) {
```

```
                digitalWrite(digM2_1, HIGH); //запуск механизма M2_1
```

```
                delay(1000);
```

```
            }
```

```
            else {
```

```
                digitalWrite(digM2_1, HIGH);
```

```
                //запуск механизма M2_1
```

```
                digitalWrite(digM3_1, HIGH);
```

```
                //запуск механизма M3_1
```

```
                delay(1000);
```

```
            }
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    dig5_2=digitalRead(dg5_2);
```

```

//чтение из датчика 5_2
    if (dig5_2==1) {
        digitalWrite(dig5_1,HIGH);
//запуск механизма 5_1
        delay(1000);
    }
    else
    {
        digitalWrite(dig5_1,LOW); //остановка механизма 5_1
        delay(1000);
    }
    digFE=digitalRead(dgFE);
//чтение из датчика FE
    if (digFE==1) {
        for (i=7;i<=16;i++) {
            digitalWrite(i,HIGH);
//запуск механизмов M7_1, 8,9,10,11,12,14,15-1,16-1
            delay(1000);
        }
    }
    else
    {
        for (i=7;i<=16;i++) {
            digitalWrite(i,LOW);
//остановка механизмов M7_1, 8,9,10,11,12,14,15-1,16-1
            delay(1000);
        }
    }
}

```

}

Конечный наш человеко-машинный интерфейс показан на рис. 3.20 [36].

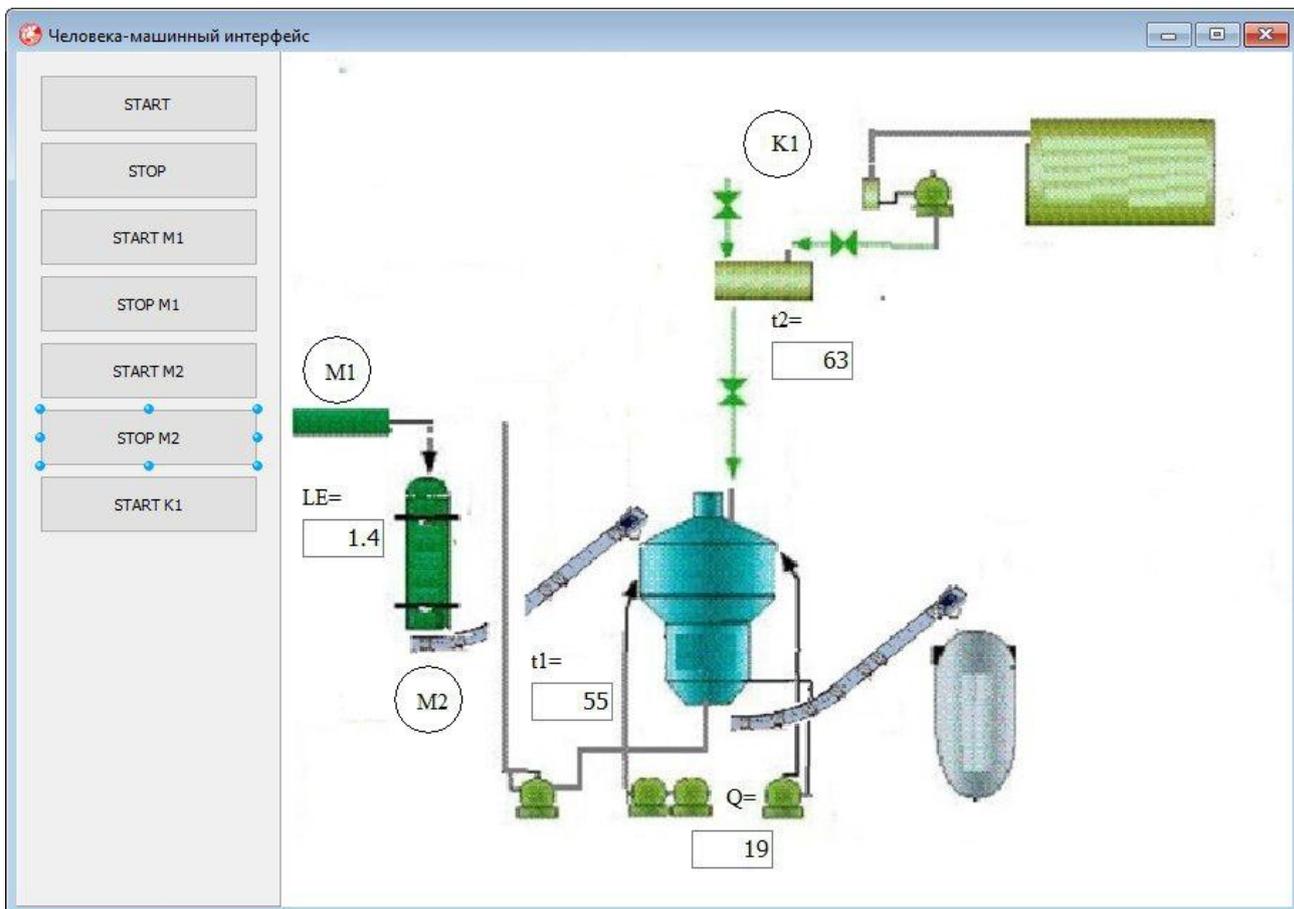


Рис. 3.20. Человеко-машинный интерфейс процесса экстракции

Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) (англ. *Human-machine interface*, *HMI*) — широкое понятие, охватывающее инженерные решения, обеспечивающие взаимодействие человека-оператора с управляемыми им машинами.

В промышленных условиях *HMI* чаще всего реализуется с использованием типовых средств: операторских интерфейсов, компьютеров и типового программного обеспечения.

Так как процесс экстракции в основном режиме протекает автоматически, оператор с помощью интерфейса может наблюдать за ходом протекание процесса. Интерфейс разработан так, чтобы оператор получал информацию о состоянии исполнительных механизмов, о результатах датчиков, установленных по месту.

В необходимый момент оператор способен управлять процесс вручную. Для этого, ему достаточно нажать мышкой компьютера на исполнительные механизмы.

Общие выводы

Развитие современного производства идет по пути создания высокоэффективных промышленных установок, сопровождается интенсификацией технологических и производственных процессов и систем управления ими. При этом постепенно был осуществлен переход от ручного управления технологическими процессами к автоматизированным и далее – к полностью автоматическим.

В настоящей диссертационной работе выполнены с точки зрения практической значимости следующие задачи:

- в результате проведения анализа процесса экстракции в экстракционном цехе ООО «ЕвроСнар» и разработана функциональная схема управления процессом;
- исследована и рассчитана САР процесса;
- разработана трех уровневая архитектура ИКС управления процессом;
- разработана программа и человеко-машинный интерфейс ИКС управления процессом экстракции.

Структурно ИКС управления представляет из себя трехуровневую системы контроля и управления.

1. *Нижний уровень* (датчики, исполнительные механизмы). На этом уровне осуществляются:

- сбор и обработка информации от датчиков (нижний уровень);
- предоставление необходимой информации для среднего уровня;
- реализация алгоритмов контроля, сигнализации и блокировки.

2. *Средний уровень*, предназначенный для обработки сигналов от нижнего уровня и выработки управляющих воздействий на исполнительные механизмы, а также осуществляющий сбор, обработку и передачу на верхний уровень первичной информации;

3. *Верхний уровень* (контроль, управление, сбор и архивация данных), необходимый для обработки и визуализации информации о состоянии производства в графической форме в виде мнемосхем, графиков, таблиц,

трендов, отслеживание аварийных и предаварийных ситуаций, формирование и печать отчетов о ходе процесса.

Процесс экстракции в основном режиме протекает автоматически, оператор с помощью интерфейса может наблюдать за ходом протекание процесса. Интерфейс разработан так, чтобы оператор получал информацию о состоянии исполнительных механизмов, о результатах датчиков, установленных по месту.

В необходимый момент оператор способен управлять процесс вручную. Для этого, ему достаточно нажать мышкой компьютера на исполнительные механизмы.

Список использованной литературы

1. Стратегия развития страны на 2017-2021 годы. <http://ru.sputniknews-uz.com/politics/20170207/4762952/Mirzиеev-utverdil-strategiu.html>
2. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. – Москва: Инфра-Инженерия. 2008
3. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.И., Гуломов Ш.М., Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Toshkent: Ўқитувчи. 2011.
4. Официальный сайт АО «Узпахтаёғ».
<http://uzpaxtayog.uz/ru/maslozhirrovaya-promyshlennost/>
5. Техника и технологии производства и переработки растительных масел: учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.
6. Юсупбеков Процесс
7. Web-site компании «Anlu Tianxing food and oil processing machine equipment Co LTD» (КНР) http://www.companiess.com/anlu_tianxing_food_and_oil_processing_machinery_equipment_co_ltd_info2570071.html
8. Web-site компании «Henan Doing Mechanical Equipment Co., Ltd»
<http://www.cookingoilmillmachine.com>
9. Обидов Р. А., Хасанова Н. Особенности масложировой промышленности и их влияние на организацию учета затрат и калькуляцию себестоимости продукции // Молодой ученый. — 2015. — №8. — С. 599-601.
10. Экстракционный способ извлечения масла
<http://msd.com.ua/tehnologiya-pishhevyyh-proizvodstv/ekstrakcionnyj-sposob-izvlecheniya-masla/>
11. Экстракция растворителем <https://www.andreottiimpianti.com/ru/tehnologiya/ekstrakciya-rastvoritelem>

12. https://studwood.ru/1670613/tovarovedenie/karuselnye_ekstractory
13. <https://food-mechanics.ru/?p=1202>
14. ГОСТ 34.601-90. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ. СТАДИИ СОЗДАНИЯ.
15. ГОСТ 24_302-80 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ СХЕМ - АСУ ТП.
16. https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/easytrek-dlya-sypuchih
17. https://rusautomation.ru/datchiki_davleniya/apz3420
18. <https://rusautomation.ru/termometriya/thermocont-t>
19. ООО «Аналитико-Сервис» Ростов-на-Дону.
<http://www.analyservis.ru/opisanie/epp1m.htm>
20. <http://www.analyservis.ru/opisanie/ipt.htm>
21. <https://rusautomation.ru/rashodomery/microflow>
22. <https://studfiles.net/preview/4598409/>
23. https://www.google.com/search?q=Расходомер+жидкостный&rlz=1C1GGRV_enUZ798UZ798&oq=Расходомер+жидкостный&aqs=chrome..69i57.16009j0j8&sourceid=chro
24. <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/brands/micromotion/density-viscosity/liquid-density/Fork-Density-Meter/Pages/index.aspx>
25. Технический паспорт «Пневматические запорно-регулирующие клапаны PN16 esoflo-GV»
26. ТД Могилевский завод «Электродвигатель»
<http://www.tdmogilev.ru/o-kompanii/>
27. <http://www.tdmogilev.ru/katalog/magnitnye-puskateli/>
28. ПЛК SIMATIC S7-300
29. Sen S.K. Field bus and Network in Process Automation. - CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. 461 p. 294 Illustrations.
30. J. Fraidan. Handbook of modern sensors – New York: Springer-Verlad, Inc. – 2004.

31. Chau Pao C. Chemical Process Control: A First Course with MATLAB, - San Diego: University of California, 2001. - 255 p.
32. Ahlersten Krister. An Introduction to Matlab, 2nd ed. — Stockholm, 2015. — 118 p.
33. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс.- СПб.:Издательская группа BHV,2005.-512 с.
34. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 608 с., ил.
35. М.В. Сухарев. Основы Delphi. Профессиональный подход — СПб.: Наука и Техника, 2004. — 600 с.: ил.
36. Т.А. Пьявченко. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: учебное пособие по техническим дисциплинам «Автоматизированные информационно-управляющие системы» и «Интегрированные системы проектирования и управления». – Таганрог, 2007.

Приложения

Приложение 1. Характеристики КИПиА и исполнительных механизмов



Рис.П.1.Уровнемер EasyTREK

Применяемость *EasyTREK* (для сыпучих материалов). Данная модификация решает следующие задачи в работе с сыпучими материалами:

- Качественное непрерывное измерение уровня, объема, веса материала;
- Сигнализация или регулирование посредством релейного выхода;
- Оперативное слежение и контроль за большим парком емкостей.

Краткие технические характеристики *EasyTREK*

(для сыпучих материалов)

- Питающее напряжение: 11,4...40 В DC/ 4.7 Вт и 11,4...28 В AC/5,2 ВА;
- Точность: $\pm(0,2\%$ отмеренного расстояния + 0,1% от общего диапазона);
- Диапазон измерения: от 0,5 до 60 м;
- Давление: от 0,07 до 0,11 МПа;
- Температура среды: -30...+60 °С;
- Выходы данных: аналоговая петля 4...20 мА; HART; Реле 48V AC/5 А;
- Взрывозащищенное исполнение



Рис.П.2.Датчик давления APZ 3420

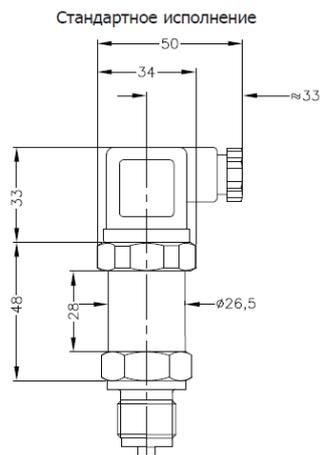


Рис.П.3.Размеры датчика давления APZ 3420

Технические характеристики APZ 3420:

- Измеряемое давление: от 0...0,04 бар до 0...600 бар;
- Основная погрешность измерений: $\leq \pm 0,25\%$ ДИ (при $P > 0,4$ бар) – стандарт; $\leq \pm 0,2\%$ ДИ (при $P > 0,4$ бар) – опция; $\leq \pm 0,5\%$ ДИ (при $P \leq 0,4$ бар) – стандарт;
- Влияние температуры: $\leq \pm 0,1\%$ ДИ (при $P > 0,4$ бар); $\leq \pm 0,2\%$ ДИ (при $P \leq 0,4$ бар);
- Температура среды измерения: $-40...+125^{\circ}\text{C}$;
- Температура окружающей среды: $-50...+85^{\circ}\text{C}$;
- Вибростойкость: 10 g RMS, 25–2000 Гц;
- Материал: корпус и штуцер: нерж. сталь 316L (1,4404); уплотнитель: EPDM ($-40...+125^{\circ}\text{C}$); NBR ($-25...+100^{\circ}\text{C}$); FKM ($-25...+125^{\circ}\text{C}$); сварная конструкция ($-40...+125^{\circ}\text{C}$); мембрана: нерж.сталь 316L (1,4435);
- Выходной сигнал: 4...20 мА (Eхiа исп. опция); 0...20 мА; 0...10 В; 0...5 В; 0,5...4,5 В; Modbus RTU; HART;
- Сенсор: кремниевый тензорезистивный.



Рис.П.4. Измеритель температуры THERMOCONT T

Основные характеристики датчиков температуры THERMOCONT T.

Преобразователи температуры THERMOCONT T разработаны с улучшенными техническими характеристиками, выгодно отличающими серию от аналогов:

- датчик температуры – термометр сопротивления Pt100;
- длина измерительного элемента – до 3 метров (возможно исполнение без чувствительного элемента для настенного монтажа);
- измерение температуры в пределах $-50...+600^{\circ}\text{C}$;
- 2 класса точности результатов измерения;
- допустимое давление процесса – не более 25 бар;
- стандартный выход управления – аналоговый по току $4...20\text{ mA}$;
- дополнительный выход – протокол обмена HART;
- напряжение питания – $10...36\text{V DC}$;
- допустимая температура эксплуатации в пределах $-20...+80^{\circ}\text{C}$;
- защита корпуса класса IP65.

Используемые материалы корпуса и измерительного элемента, точность и тип присоединения зависят от выбранного варианта исполнения датчика THERMOCONT T.

Технические характеристики датчика подпора ЕПП-1М



Рис.П.5. Датчик подпора ЕПП-1М

Диапазон рабочих температур - от минус 40 до плюс 45°C . Относительная влажность - до 95% при плюс 35°C .

Атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Объект реагирования - минеральные, сыпучие растительные продукты, металлические указатели и т.п.

Тип выходного сигнала - настраиваемый - логический (прямой или инверсный) или частотный, с начальной частотой 10 при отсутствии продукта и 35 Гц - при наличии продукта.

Расстояние срабатывания для логического выхода, относительно металлической заземленной поверхности - не менее 2 см.

Гистерезис на срабатывание для логического выхода при расстоянии срабатывания 2 см - 5 мм.

Исполнение – пылевлагозащитное, соответствующее IP64 по ГОСТ-14254-96.
 Тип выходной цепи - открытый коллектор на цепь положительной полярности величиной не более $U_{пит}$.

Выходной ток для логического выхода - не более 300 мА.

Изменение частоты выходного сигнала на частотном выходе при размещении вплотную к металлической заземленной поверхности не менее плюс 200 Гц (для датчиков с номинальной выходной частотой 10 Гц), не менее минус 300 Гц (для датчиков с начальной выходной частотой 400 Гц).

Режим работы - постоянный или периодический.

Напряжение питания $U_{пит}$ - от 9 до 24 Вольт постоянного тока.

Потребляемый ток - не более 25 мА.

Длина соединительного кабеля не более 400 метров.

Ремонтопригодность - изделие является не ремонтируемым, в случае отказа в работе подлежит замене на исправное.

Габаритные размеры - диаметр $32 \pm 0,5$ мм:

- диаметр с гайками $40 \pm 0,5$ мм;
- длина $82 \pm 0,5$ мм.

Масса - не более 100 грамм.



Рис.П.6. Датчик тока ИПТ-01

Технические характеристики датчика тока ИПТ-01

Частота измеряемого переменного тока	50 Гц.
Диапазон измеряемого переменного тока ($0..I_{max}$) А, где I_{max} - верхний предел измеряемого тока, выбираемый из ряда:	30, 50, 100, 200, 300 А.
Диапазон выходного сигнала тока	4 - 20 мА.
Электропитание преобразователя производится по цепи постоянного тока с	(12-36) В.
Мощность потребления не более	0.8 ВА.
Постоянная времени установления выходного сигнала тока не более	ОД с.
Максимальная импульсная перегрузка по току в первичной цепи	10 кА.

Предельно допустимое напряжение питания	40 В.
Нормальные условия применения - по ГОСТ 22261 с допускаемым	± 5 °С.
Предел допускаемой основной приведенной погрешности преобразователя в диапазоне измеряемого тока (5-100) % 1шах (по согласованию с	$\pm 0,5$ %
Предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности при	$\pm 0,5$ %.
Предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности от несоосности проводника тока первичной цепи и оси отверстия	$\pm 0,5$ %.
Коэффициент влияния внешних помех со спектром в диапазоне (0...10) МГц в цепи постоянного тока	≤ 2 мкА'В.
Коэффициент влияния отклонения частоты измеряемого тока от номинальной в диапазоне ± 1 Гц на систематическую погрешность преобразователя	< 1 %/Гц.
Коэффициент влияния искажений синусоидальности измеряемого тока в диапазоне (0...8) % на систематическую погрешность преобразователя	1 %/‰.
Габаритные размеры преобразователя не более	52x67x20 мм
Масса преобразователя	0,1 кг.
Срок наработки на отказ при непрерывном режиме работы преобразователя	> 50000 час.
Средний срок службы	> 10 лет.



Рис.П.7. Расходомер сыпучих продуктов MICROFLOW

Измерения практически не зависят от температуры и давления, а точность достигается на уровне от 2% до 5% в зависимости от монтажа системы. Для наилучшей точности, в частности для труб большого диаметра, возможно совместное использование нескольких сенсоров с одним контроллером.

Достоинства и преимущества MICROFLOW:

- Метод измерения практически не зависит от температуры и давления (точность 2...5%, + возможна организация системы из нескольких сенсоров для повышения точности);
- Функции записи времени холостого хода и простоя трубопровода;
- Надежная работа в трубопроводах с гравиметрической/ пневматической подачей, требующей быстрого реагирования на поток;

- Беспыльный метод мониторинга;
- Простая установка на существующие трубы и перекалибровка.

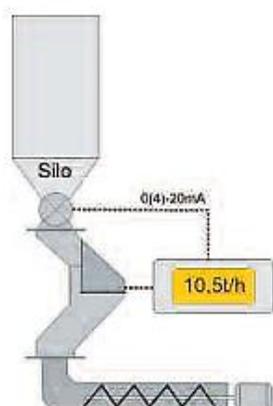


Рис.П.8. Схема, показывающая принцип работы расходомера сыпучих продуктов MICROFLOW

Типовые задачи для MICROFLOW:

- Контроль холостого хода, простоя (отсутствия потока);
- Непрерывный мониторинг и сигнализация;
- Организация системы контроля за несколькими различными потоками продукта (на основе master/slave);
 - Металлические трубопроводы различного диаметра (пневматическая, гравиметрическая подача продукта).

Краткие технические характеристики MICROFLOW

- Питание: 20...30В DC;
- Рабочая частота: 24,125 ГГц;
- Точность: 2...5% (повышается установкой нескольких сенсоров);
- Рабочая температура: -20...+60°C;
- Температура внутри трубы: -20...+150°C;
- Давление внутри трубы: до 80 бар (опционально до 200 бар);
- Класс защиты корпуса: IP65 (опционально IP67);
- Выходы: 4-20 мА, RS422, реле.



Рис.П.9. Тахогенератор GT 3

Основные технические характеристики

- Выходное напряжение: 5 мВ/об/мин;
- Температурный коэффициент: $-0,035 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$;
- Неравномерность характеристики: не более 1,2 %;
- Постоянная времени: 2 мкс;
- Мощность: 0,025 Вт;
- Диапазон рабочих температур: от $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+130 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Диаметр полого вала: 6 мм;
- Наибольшая частота вращения: 10000 об/мин;
- Момент инерции: 9 г см^2 ;
- Масса ротора: прибл. 20 г;
- Диаметр корпуса: 34 мм;
- Класс защиты: IP00; IP54.



Рис.П.10. Расходомер Daniel 3804

Рабочие характеристики расходомера Daniel 3804

Линейность:

- $\pm 0.15\%$ от измеренного значения в диапазоне от 12.2 до 1.2 м/сек;
- $\pm 0.20\%$ от измеренного значения в диапазоне от 12.2 до 0.6 м/сек.

Температура продукта:

- от $-45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (стандарт)

- от -50 °С до +150 °С (опция)
- Два выхода 4-20 мА для объемного расхода: один стандартный выход 4-20 мА, один выход 4-20 мА с поддержкой HART с внутренним питанием и магнитной изоляцией до 500 В.

Два 4-20 мА аналоговых входа (16-битовых) для давления и температуры, один цифровой вход для калибровки по расходу (замыкание контактов).



**Рис.П.11.Вилочный плотномер
MicroMotion**

Преимущества:

- Широкий ассортимент материалов, контактирующих с технологической средой, обеспечивает надежность измерений даже в агрессивных кислотных, щелочных и шламовых средах.
- Понижение производственной стоимости смешивания, испарения и регулирования концентрации.
- Точное измерение показателей технологического процесса повышает надежность обнаружения раздела фаз в продукции.
- Встраиваемость плотномеров в линию повышает безопасность оператора, снижая риск взаимодействия с опасными жидкостями.
- Использование единственного преобразователя упрощает интеграцию с РСУ/вычислителями расхода посредством связи mA, HART, Modbus, частота/период времени и Foundation™ Fieldbus.
- Простота запуска, настройки и эксплуатации обеспечивается на выбор локальным дисплеем, коммуникатором HART, программным обеспечением AMS DeviceManager или ProLink® III.



Рис.П.12.Пневматические запорно-регулирующие клапаны PN16 escoflo-GV

Техническая характеристика:

- Класс давления PN16;
- Фланцевое, резьбовое или сварное соединение;
- Класс герметичности IV, V или VI;
- Сертификация материалов и испытаний по международным стандартам;
- Рабочая температура-200...+550°C;
- Температура окружающей среды-60...+80°C;
- Пневматические приводы с мембраной площадью от 80 до 3000 см², с поршнем диаметром от 50 до 125 мм;
- Стандартное исполнение: нормально закрытое (воздух на открытие) или нормально открытое (воздух на закрытие);
- Аналоговый или цифровой позиционер;
- Защита IP66-IP68, модели во взрывозащищенном исполнении
- Безаварийная работа с применением воздушных фильтров-регуляторов;
- Ручное управление– опционально;
- Концевые выключатели, воздушные соленоиды, реле блокировки, бустер и другие вспомогательные аксессуары- опционально.

Двигатели 4BP изготавливаются габаритов 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132 мм (установочные размеры по РС3031).



Рис.П.13. Двигатели 4ВР



Рис.П.13. Пускатели ПМ12

Пускатели ПМ12 применяются, главным образом, в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью:

до 45 кВт для пускателей на 100 А;

до 75 кВт для пускателей на 160 А;

до 132 кВт для пускателей на 250 А.

При наличии тепловых реле пускатели осуществляют защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.