

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С. М. Кирова»**

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Учебное пособие
для студентов направлений
В18.03.01 "Химическая технология"
В18.03.02 "Энерго и ресурсосберегающие технологии"

Санкт-Петербург
2016

Введение

В методическом пособии «Системы управления химико-технологическими процессами»: изложены дополнительные сведения для построения функциональных схем автоматизации химико-технологическими процессами и объектами. Приведены примеры функциональных схем объектов с 5-ю уровнями распределения средств автоматизации.

Для технологических объектов управления химикотехнологического комплекса можно определить наиболее важные и часто встречающиеся задачи:

- Интерполяция;
- Определение динамических характеристик;
- Определение корреляционной функции;
- Анализ и синтез систем автоматического управления;
- Определение аппроксимации статистических данных;

Результаты первичной обработки являются исходными данными, по которым рассчитываются все выходные параметры алгоритмов управления. Большинство полученных результатов первичной обработки используется для оперативного формирования управляющих воздействий, поэтому соответствующие задачи первичной обработки должны решаться в реальном масштабе времени.

Задача разработки алгоритмов контроля формируется следующим образом. Заданы все исходные величины (в том числе показатели и события), которые должна определять подсистема контроля, и указаны требуемые параметры каждой выходной величины.

После определения комплекса выходных величин, выданных подсистемой контроля, и установления совокупности измерительных средств, можно использовать в качестве источников исходной информации. Для этого следует воспользоваться разделением процесса переработки измерительной информации на ряд последовательно выполняемых типовых операций. Последовательность выполнения операций следующая:

- аналитическая градуировка датчиков;
- экстра- и интерполяция дискретно измеряемых величин;
- контроль достоверности информации о процессе;
- определение суммарных и средних значений величин за заданные интервалы времени;
- коррекция динамической связи между измеряемой и искомой величинами.

Рассмотрим алгоритмы некоторых из перечисленных вычислительных задач.

Функциональные схемы автоматизации (ФСА)

Назначение ФСА

При проектировании систем автоматизации технологических процессов в лесохимической промышленности все технические решения по автоматизации агрегатов или отдельных участков технологического процесса отображаются на функциональных схемах автоматизации.

Схемы автоматизации являются основным техническим документом, который определяет структуру и функциональные связи между технологическим процессом, приборами, средствами контроля и управления и отражает характер автоматизации технологических процессов.

Задачи при разработке ФСА

При разработке схем автоматизации технологических процессов необходимо решить следующие основные задачи:

- сбор и первичная обработка информации;
- расчет и контроль технико-экономических показателей;
- представление информации диспетчеру;
- контроль состояния оборудования;
- контроль отклонений технологических параметров;
- программное и дистанционное управление;
- учет технологических параметров;
- учет технико-экономических показателей;
- учет состояния оборудования.

Эти задачи необходимо решать на основании анализа условий работы технологического оборудования, выявленных законов и критериев управления объектом, а также требований, предъявляемых к точности стабилизации, контроля и регистрации технологических параметров, к качеству регулирования и надежности.

Общие принципы выполнения ФСА

Схемы выполняют в виде чертежа, на котором схематически, условными изображениями показывают технологическое оборудование, коммуникации, первичные измерительные преобразователи и устройства, вторичные приборы и регуляторы, исполнительные механизмы, регулирующие органы, щиты и пульты, а также связи между технологическим оборудованием, приборами и средствами автоматизации.

Принципы, которыми следует руководствоваться при разработке ФСА

1. В процессе разработки схем должны учитываться не только существующие требования технологических процессов, но и перспективы их мо-

дернизации и развития, а также особенности развития технических средств автоматизации и опыт их внедрения для того, чтобы при минимальных первичных затратах в дальнейшем без существенных переделок обеспечивалась бы возможность наращивания функций систем управления.

2. Уровень охвата технологического процесса системой автоматического управления в каждый период определяется целесообразностью внедрения определенного комплекса технических средств и достигнутым уровнем научно-технических разработок.

3. При проектировании систем автоматизации должна предусматриваться возможность поэтапной реализации системы — от локальной системы к полному комплексу, с возрастающей степенью охвата задач и функций управления.

4. При разработке схем кроме вопросов, связанных с построением систем автоматизации того или иного процесса, агрегата или участка, должны быть решены вопросы о взаимной связи этих систем с автоматизированной системой управления производством (АСУП). Выбор приборов и средств автоматизации должен производиться с учетом возможности их использования для обмена информацией с соответствующими устройствами, входящими в комплекс АСУП.

5. Системы автоматизации технологических процессов должны строиться на базе серийно выпускаемых средств автоматизации и вычислительной техники.

6. В качестве локальных средств сбора и накопления первичной информации, вторичных приборов, регулирующих и исполнительных устройств следует использовать преимущественно приборы и средства, доступные для приобретения.

7. В качестве технических средств централизованного сбора, передачи и обработки информации также должны использоваться агрегатированные комплексы.

8. При построении схем автоматизации и выборе технических средств должны учитываться: вид и характер производственного процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды и т. д.; параметры (температура и давление) и физико-химические свойства измеряемой среды; расстояния от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля; требуемая точность и быстродействие контрольной и регулирующей аппаратуры.

9. Выбор аппаратуры автоматизации с точки зрения вспомогательной энергии (электрической, пневматической и гидравлической) определяется условиями пожаро- и взрывоопасности автоматизируемого объекта, агрессивности окружающей среды, требованиями к быстродействию, дальностью передачи сигналов информации и управления.

10. Следует выбирать аппаратуру с тем классом точности, который определяется действительными требованиями автоматизируемой установки.

Обычно чем выше класс точности измерительной аппаратуры, тем более сложной является конструкция приборов и выше их стоимость.

11. Для наиболее ответственных узлов и систем автоматизации в проектах следует выполнять расчеты надежности для приближенной оценки ее соответствия требованиям.

12. Необходимо стремиться к применению однотипных средств автоматизации предпочтительно унифицированных систем, характеризующихся простотой сочетания, взаимозаменяемостью и удобством компоновки на щитах управления. Использование однотипной аппаратуры дает значительные эксплуатационные преимущества, как с точки зрения ее обслуживания, так и в отношении обеспечения запасными частями, ремонта, настройки.

13. Количество приборов, аппаратуры и сигнализации, сосредоточенной на оперативных щитах и пультах, должно быть ограничено. Излишек аппаратуры является не менее вредным, чем ее недостаток. Излишняя аппаратура усложняет эксплуатацию и отвлекает внимание обслуживающего оперативного персонала от наблюдения за основными приборами, определяющими ход технологического процесса, увеличивает стоимость установки и удлиняет сроки монтажных работ.

Приборы, не влияющие на ход технологического процесса и необходимые только для анализа работы объекта и составления технико-экономических расчетов, на лицевых панелях оперативных щитов и пультов управления устанавливать не следует.

Изображение технологического оборудования на ФСА

При изображении оборудования показываются:

- элементы строительных конструкций и чертежей (фундаментные отметки, стены, колонны, фермы и т.д.);
- элементы конструкций оборудования (опоры, опорные конструкции, патрубки),
- вспомогательное технологическое оборудование, не влияющее на ход технологического процесса (например, резервное и переносное оборудование).

Однотипное оборудование, работающее последовательно, на функциональных схемах автоматизации показывается все, а работающее параллельно – одним аппаратом.

Нумерация оборудования на функциональных схемах автоматизации осуществляется двумя способами.

Первый – название объекта пишется словами внутри конкретного оборудования (одно, два слова, например, котел варочный).

Второй – цифрой арабской внутри контура оборудования (в центре или в любом одном и том же углу внутри контурного изображения).

Последовательность нумерации оборудования может осуществляться двумя способами:

- для периодических процессов цифра 1 присваивается главному аппарату, остальные цифры – по последовательности протекания процесса;

– для непрерывных процессов – по ходу протеканию процесса. На технологическое оборудование создается экспликация (спецификация). Пример ее заполнения показан в таблице 1.

Таблица 1

Спецификация технологического оборудования

№ на функциональной схеме	Наименование оборудования	Техническая характеристика	Кол-во	Примечание
1	Котел варочный	Объем – 320 м ³ , биметаллический	10	**

В отдельных случаях некоторые части технологического оборудования допускается изображать на функциональных схемах в виде прямоугольников с указанием наименования этих частей.

Если при упрощенном изображении технологического оборудования невозможно получить ясное и полное представление об автоматизируемом объекте, то выбирают такое условное начертание технологического оборудования, которое дает достаточное представление о принципах его работы.

Если по коммуникации транспортируется смесь твердого вещества газообразным (например, пневмотранспорт гранулированного вещества) стрелка закрашивается наполовину.

На функциональной схеме автоматизации стрелки рисуются в местах:

- в начале и в конце коммуникаций, эти стрелки обязательно подписываются, то есть указывается адрес – куда или откуда идет поток;
- всегда изображаются на входе потока в оборудование (на выходе оборудования их не показывают);
- промежуточные – рисуются, если линии трубопровода имеют сложное переплетение или большую протяженность на схеме, тогда промежуточные стрелки уточняют направление движения потока (рис. 1).

Изображение технологических коммуникаций на ФСА

На технологических коммуникациях показывают ту регулирующую и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в контроле и управлении процессом, также запорные и регулирующие органы, которые необходимы для определения расположения мест отбора импульсов или для пояснения необходимости измерений.

Технологические коммуникации и трубопроводы жидкости и газа на схемах показывают в соответствии с ГОСТ при их однолинейном изображении.

Детали трубопроводов, арматуру, теплотехнические и санитарно-технические устройства и аппаратуру изображают условными обозначениями по ГОСТ 2.785-70.

Для жидкостей и газов, не предусмотренных ГОСТом, могут быть использованы для обозначения и другие цифры, но обязательно с необходимыми пояснениями этих новых условных обозначений.

Для обозначения трубопроводов на функциональных схемах автоматизации могут быть применены и условные обозначения, принятые в технологических схемах.

Внутри контура изображения технологического оборудования и отдельных его элементов и трубопроводов приводятся соответствующие поясняющие надписи (наименование технологического оборудования, номер, если таковой имеется, и др.).

Коммуникациями называются устройства для передачи или транспортировки вещества или энергии. К ним относятся:

- **трубопроводы** (водопроводы, паропроводы и т.д.);
- **технологическое оборудование**, предназначенное для транспортировки веществ (транспортеры, рольганги, шнеки, лифты и т.д.);
- **провода и кабельные линии** (линии питания электрическим током с различным напряжением, линии связи измерительные, сигнальные, компьютерные и т.д.).

На функциональных схемах автоматизации рисуют только первые две группы коммуникаций.

Изображаются все коммуникации в виде сплошных прямых линий. Графика линий бывает следующей:

- в виде вертикальных и горизонтальных линий;
- в виде линий, нарисованных по принципу кратчайшего расстояния между объектами;
- в виде плавных лекальных кривых.

На линиях трубопроводов имеются также условные обозначения мест их соединений (ответвлений) и разветвлений. На наличие соединения указывает точка, изображаемая в месте разветвлений линий трубопроводов. Если такая же точка показана на участке трубопровода, не имеющего отводов по схеме, то в этом случае точка – символ вертикального отвода от трубопровода.

На технологических трубопроводах обычно показывают ту регулируемую или запорную арматуру, которая непосредственно участвует в контроле и управлении процессов, а также запорные и регулирующие органы, необходимые для определения относительного расположения мест отбора, импульсов или поясняющие необходимость измерений.

На трубопроводах, где предусматривается установка отборных устройств и регулирующих органов, указываются диаметры условных проходов (на схеме или в пояснительной записке).

Все линии трубопроводов или других технологических коммуникаций снабжаются стрелками, которые указывают направление движения потока.

Графически стрелки представляют собой равносторонний треугольник со стороной, равной 5 мм.

Черные, закрашенные стрелки применяют для обозначения жидкостей или твердых веществ.

Белые, незакрашенные стрелки используют для обозначения газа, паров жидкости или водяного пара.

Если по коммуникации транспортируется смесь твердого вещества газообразным (например, пневмотранспорт гранулированного вещества) стрелка закрашивается наполовину.

На функциональной схеме автоматизации стрелки рисуются в местах:

- в начале и в конце коммуникаций, эти стрелки обязательно подписываются, то есть указывается адрес – куда или откуда идет поток;
- всегда изображаются на входе потока в оборудование (на выходе оборудования их не показывают);
- промежуточные – рисуются, если линии трубопровода имеют сложное переплетение или большую протяженность на схеме, тогда промежуточные стрелки уточняют направление движения потока (рис. 1).

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Соединение трубопроводов		Пересечение трубопроводов	
Подвод жидкости под давлением		Слив жидкости	
Подвод газа, пара, воздуха под давлением		Выпуск газа, пара, воздуха под давлением	

Рис.1. Условные обозначения соединений и пересечений трубопроводов, подвода и выпуска технологических сред

Основные устройства, которые изображаются на ФСА

Измерительное устройство в общем случае состоит из первичного, промежуточного и передающего измерительных преобразователей.

Первичным измерительным преобразователем (или сокращенно первичным преобразователем) называют элемент измерительного устройства, к которому подведена измеряемая величина. Первичный преобразователь занимает первое место в измерительной цепи (канале измерения). Примерами первичных измерительных преобразователей могут служить: преоб-

разователь термоэлектрический (термопара), сужающее устройство для измерения расхода и др. Первичные измерительные преобразователи часто называют датчиками.

Промежуточным измерительным преобразователем (или сокращенно промежуточным преобразователем) называют элемент измерительного устройства, занимающий в измерительной цепи место после первичного преобразователя. Основное назначение промежуточного преобразователя – преобразование выходного сигнала первичного измерительного преобразователя в форму, удобную для последующего преобразования в сигнал измерительной информации для дистанционной передачи. Примером промежуточного измерительного преобразователя может служить мембранный блок дифманометра-расходомера. В измерительной цепи измерения расхода он занимает место непосредственно после сужающего устройства и преобразует перепад давления на сужающем устройстве в соответствующее перемещение мембраны мембранного блока и связанной с ней механической системы прибора.

Передающим измерительным преобразователем (или сокращенно передающим преобразователем) называют элемент измерительного устройства, предназначенный для дистанционной передачи сигнала измерительной информации. Примером передающего преобразователя могут служить разные электрические или пневматические преобразователи, встраиваемые в дифманометры-расходомеры. С их помощью, например, перемещение мембраны, изменяющее положение сердечника дифференциального трансформатора дифманометра, преобразуется в выходной унифицированный сигнал постоянного тока от 0 до 5 мА (электрический преобразователь) или перемещение гармониковых сильфона-дифманометра в унифицированный выходной пневматический сигнал от 0 до 0,1 МПа (пневматический преобразователь) для дистанционной передачи измерительной информации.

Приборостроительная промышленность выпускает устройства, объединяющие в себе функции первичного, промежуточного и передающего преобразователей в различных сочетаниях. Так, бесшкальные манометры-дифманометры выпускают со встроенными преобразователями и дистанционной передачи показаний. Эти приборы сочетают в себе функции промежуточного и передающего преобразователей. Кроме того, в различных измерительных схемах одни и те же элементы могут выполнять различные функции преобразования измеряемой величины. Если имеется измерительная цепь преобразователь термоэлектрический (термопара) – линия связи милливольтметр, то преобразователь термоэлектрический выполняет функции первичного, промежуточного и передающего преобразователя. В качестве вторичного прибора используется потенциометр с унифицированным входным сигналом 0 – 5 мА, то сигнал с преобразователя термоэлектрического поступает сначала на преобразователь, преобразующий значение измеряемой величины, выраженное в милливольтках, в соответствующее значение, выраженное в миллиамперах постоянного тока. В этом случае преобразователь термоэлектрический выполняет функции только первичного преобразователя.

К первичным преобразователям также относятся отборные и приемные устройства. Под **отборными** и **приемными** устройствами понимают устройства, встраиваемые в технологические аппараты и трубопроводы для отбора контролируемой среды и измерения ее параметров. Примерами таких устройств могут служить устройства отбора давления в аппарате или трубопроводе, устройства отбора среды для определения, например, концентрации, щелочности и др.

Первичные измерительные устройства могут встраиваться в технологические аппараты и трубопроводы с помощью дополнительных устройств: бобышек, карманов, расширителей и т. п.

Эти устройства на схемах не обозначают, но включают в спецификации и делают ссылки на соответствующий конструктивный чертеж.

Ряд приемных устройств по своей конструкции и принципу действия не требует непосредственного контактирования с измеряемой средой (радиоактивные устройства, излучатели, видеоприемные устройства и др.). Их изображают на схемах в непосредственной близости от объекта измерения.

Измерительным прибором называют средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы могут иметь различные функциональные отличия, могут быть показывающими, регистрирующими, самопишущими, интегрирующими и т. д. Кроме того, в них могут быть встроены регулирующие, преобразующие и сигнализирующие устройства.

В связи с этим условные обозначения приборов и преобразующих устройств состоят из основного условного изображения прибора или устройства и вписываемых в него обозначений контролируемых и регулируемых величин, а также их функциональных признаков.

Исполнительные механизмы в отличие от регулирующих органов представляют собой относительно сложные многоэлементные устройства. Они отличаются друг от друга принципом действия, техническими и эксплуатационными характеристиками, а также конструктивными особенностями. По роду используемой энергии исполнительные механизмы подразделяют на гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные.

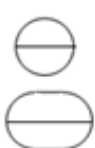


Регулирующие органы по конструкции представляют собой устройства, монтируемые непосредственно в технологические трубопроводы: различные клапаны, заслонки, шиберы и т. п. Управление регулирующими органами осуществляется исполнительными механизмами, выполняющими функции их приводов.

Изображение приборов и средств автоматизации на ФСА

Графические обозначения

Графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи должны соответствовать приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Обозначение
1. Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту): а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	
2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте: а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	
3. Исполнительный механизм. Общее обозначение	
4. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала: а) открывает регулирующий орган б) закрывает регулирующий орган в) оставляет регулирующий орган в неизменном положении	
5. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом	
6. Линия связи. Общее обозначение	
7. Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
8. Пересечение линий связи с соединением между собой	

Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов изображают сплошной тонкой линией, соединяющей технологический трубопровод или аппарат с прибором (рис. 2). При необходимости указания конкретного места расположения отборного устройства (внутри контура технологического аппарата) его обозначают кружком диаметром 2 мм (рис. 2).



Рис. 2. Изображение отборного устройства

Основные параметры и показатели параметров технологического объекта и процесса

№/п	Параметры и показатели	Обозначения	
		В технологических схемах	В схемах автоматизации
	Расход потоков	G	F
	Давление среды	P	P
	Температура	t°	T
	Концентрация	$C\%$	$Q^{c\%}$
	Величина pH	pH	Q^{pH}
	Уровень	H или h	H
	Концентрация РВ		
	Влажность	W	M
	Плотность	ρ	D
0	Качество выхода продукта	χ	Q^{χ}
1	Белизна	$B\%$	Q^b
2	Перепад давления	ΔP	PD
3	Содержание лигнина в целлюлозе	$K_{л}\%$	$Q^{Kл}$
4	Температура теплоносителя	t°	T
5	Расход теплоносителя	G	F
6	Концентрация дрожжей	$C/г/л$	$Q^{C/г/л}$
7	Остаточная влажность	W	M
8	Скорость теплоносителя	w (м/с)	S
9	Отводимое тепло	Q (Вт)	

Методы построения условных обозначений по ГОСТу

1. Настоящий стандарт устанавливает два метода построения условных обозначений:

- а) упрощенный;
- б) развернутый.

2. При упрощенном методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполнение в виде отдельных блоков изображают одним условным обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают.

1. При развернутом методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным

обозначением.

2. Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают графические, буквенные и цифровые обозначения.

В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

3. Порядок расположения букв в буквенном обозначении принимают следующим:

основное обозначение измеряемой величины;

дополнительное обозначение измеряемой величины (при необходимости);

обозначение функционального признака прибора.

4. При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства (кроме устройств ручного управления) является наименованием измеряемой комплектной величины.

5. Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы *H*.

6. Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков прибора принимают с соблюдением последовательности обозначений: *I, R, C, S, A*.

При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

7. Букву *A* применяют для обозначения функции «сигнализация» независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

8. Букву *S* применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки.

При применении контактного устройства прибора, для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы: *S* и *A*.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв *H* и *L*. Эти буквы наносят справа от графического обозначения.

9. При необходимости конкретизации измеряемой величины справа от

графического обозначения прибора допускается указывать наименование или символ этой величины.

10. Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

11. Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.



Рис. 3. Принцип построения условного обозначения прибора

Изображение щитов, пультов, стативов на ФСА

Щиты, стативы и пульты управления на функциональных схемах изображают условно в виде прямоугольников произвольных размеров достаточных для нанесения графических условных обозначений устанавливаемых на них приборов, средств автоматизации, аппаратуры управления и сигнализация.

Комплектные устройства (машины централизованного контроля, управляющие машины, комплекты телемеханики и др.) обозначаются на схемах также в виде прямоугольника произвольных размеров с указанием внутри прямоугольника типа устройства.

Функциональные связи между технологическим оборудованием и установленными на нём первичными преобразователями, а также со средствами автоматизации, установленными на щитах и пультах, на схемах, показываются тонкими сплошными линиями. При этом каждая связь изображается одной линией независимо от фактического количества проводов или труб,

осуществляющих эту связь. К условным обозначениям приборов и средств автоматизации для входных и выходных сигналов линии связи допускается подводить с любой стороны. Линии связи должны наноситься на чертежи по кратчайшему расстоянию и проводиться с минимальным числом изгибов и пересечений. При этом допускается пересечение линиями связи изображений технологического оборудования и коммуникаций. Пересечение линиями связи условных обозначений приборов и средств автоматизации не допускается.

Для больших и сложных систем автоматизации, когда вычерчивание непрерывных линий связи ведет к сложным их переплетениям, затрудняющим чтение чертежа, линии связи допускается разрывать. При этом для удобства чтения схемы оба конца линий связи в местах разрыва нумеруются одной и той же арабской цифрой. Номера линий связи располагаются в горизонтальных рядах. Для нижнего ряда (со стороны щитовых приборов) номера должны следовать в возрастающем порядке, для верхних рядов они могут располагаться как угодно (см. рис. 1 пример функциональной схем

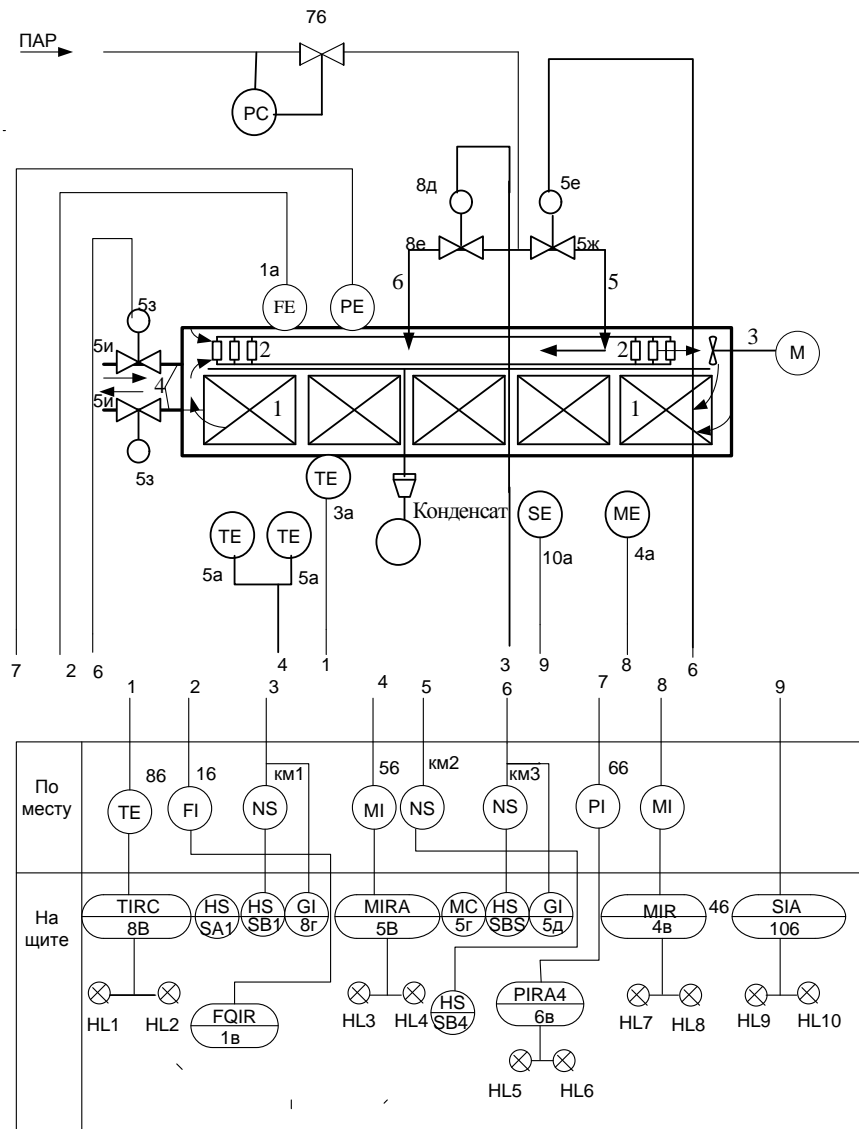


Рис. 1. Пример функциональной схемы

Используя пример функциональной схемы (рис. 1), студент должен начертить (в электронном виде) полностью или часть рисунка в качестве учебного примера.

В примере все средства автоматизации расположены в двух уровнях: по месту и на щите.

Студент должен разработать 4-х уровневую систему.

Ниже приведены примеры функциональных схем химико-технологических объектов по ограниченному числу параметров. Необходимо продолжить и разработать функциональную схему со всеми параметрами, характеризуют данный объект.

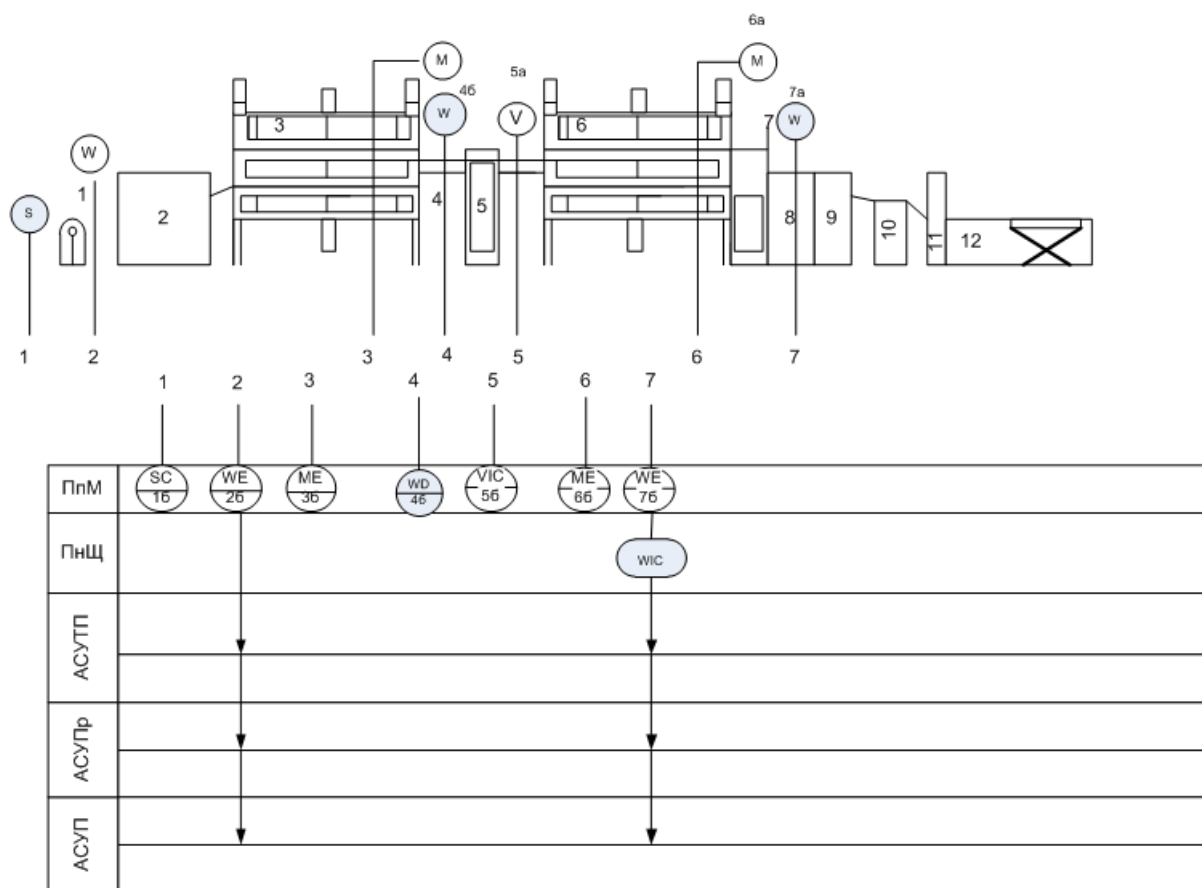
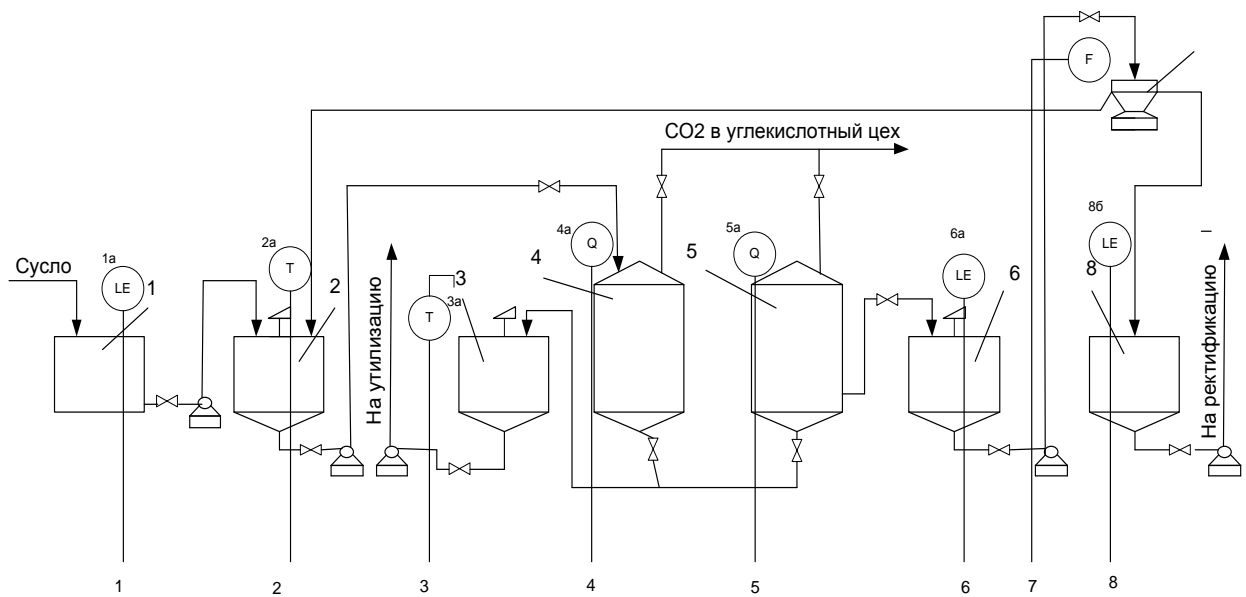


Рис. 2/ Схема пропиточно-сушильного агрегата.

1. Узел размотки;
2. Пропиточная ванна;
3. Первая сушильная камера;
4. Полотно;
5. Вторая пропиточная ванна;
6. Вторая сушильная камера;
7. Секция охлаждения; 8. Выравниватель полотна;
9. Тянувший механизм;
10. Узел намотки;
11. Механизм резки;
12. Стопировочный стол.



	1	2	3	4	5	6	7	8
Ппм	LIA 16	TC 26	TR 36	QRC 46	QR 56	LIA 66	FQI 76	LIA 86
ПнЩ								
АСУТП	↓	↓				↓		
АСУПр	↓	↓				↓		
АСУП	↓	↓				↓		

Рисунок 3. Технологическая схема бродильного отделения.

- 1 — сборник сусла;
- 2 — дрожжанка;
- 3 — сборник суспензии мертвых дрожжей;
- 4 — головной ферментатор;
- 5 — хвостовой ферментатор;
- 6 — сборник бражки;
- 7 — сепаратор;
- 8 — сборник отсепарированной бражки.

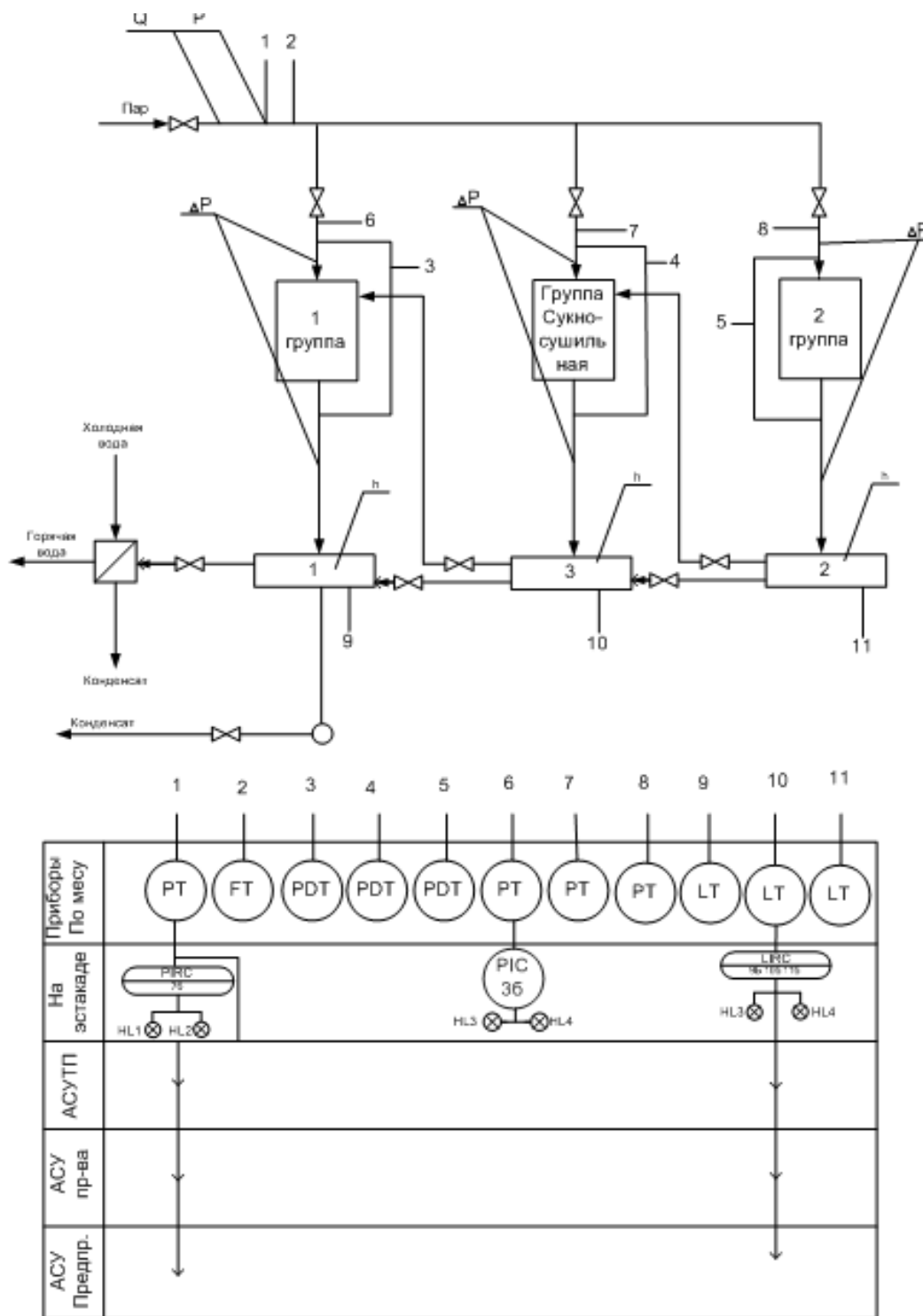


Рис. 4. Сушка бумажного полотна

Описание Функциональной системы автоматизации (ФСА)

Основная цель автоматизации сушки бумажного полотна в сушильной части БДМ состоит в регулировании температурного режима сушки и получении бумаги оптимальной и равномерной влажности.

Работа систем управления контактной сушкой должна быть согласована с решением основной задачи, которая заключается в обеспечении наибо-

лее низкого соотношения расхода пара и количества удаленной воды из полотна бумаги. Все сушильные цилиндры разбиваются на несколько групп, чтобы между паровыми коллекторами, а также между паровым коллектором и коллектором конденсата каждой сушильной группы был соответствующий перепад давления. Основными регулируемыми параметрами являются давление пара, перепад давления, уровни в водоотделителях, влажность и поверхностная плотность бумаги.

Давление пара в коллекторе каждой сушильной группе и в главном паровом коллекторе регулируется с помощью локальных АСР 1. Перепад давления между паровым коллектором и коллектором конденсата каждой сушильной группы стабилизируется изменением расхода пара, перепускаемого из водоотделителей 1. В водоотделителях регулируются уровни конденсата 9.

Регулирование влажности бумаги производится по каскадной схеме: выход с регулятора влажности 7 используется в качестве задания регулятору давления пара в ведущей сушильной группе II.

Спецификация на приборы.

№ позиции по схеме	Наименование и характеристика прибора	Тип прибора	Количество	Примечание
11а, 10а, 9а	Датчик уровня	ВМ26А	3	Измерение жидкости, диапазон измерения 0,3-6,0 м; плотность продукта > 0,5 г/л; точность ± 10 мм; выходной сигнал мА; фирма изготовитель KRONNE
1а-6а,46, 6б,7в	Манометр	ТМ510	10	Измерение давления жидкости, пределы измерений от 0,1 н/м ² до 0,25 Мн/м ² ; чувствительным элементом является столб жидкости

1г,2г,5г,7е,6е,	Исполнитель- ный	ВJ8	10	Предназначен для	
11г,4д,10г,3д, 9г	механизм			запорно-регулирующей аппаратуры в системах автоматического управления	
76	Регулятор влаги		1	Предназначен для регу- лирования влажности бумажного полотна	
1д,2д,5д,7ж,6ж, 11д,4е,10д,3е,9д	Регулирующий орган (клапан)	РК-2	10	Применение для отсеч- ки и регулирования, за- грязненных сред; для подготовительных отделов БЛМ	
1в,2в,3г,9в,4д, 10в,5в,6г, 11 в, 12в, 7д	Преобразова- тель электро- пневматиче- ский	ЭП-0010	11	Преобразователь пред- назначен для преобра- зования унифицирован- ного непрерывного сиг- нала постоянного тока в унифицированный про- порциональный пневма- тический непрерывный сигнал	
8а	Датчик расхода	АРОР	1	Предназначен для изме- рения текущего объем- ного расхода пара	
1б,2б,5б,7г	Регулятор давления	SV95	5	регулятор с поршневым вентилеобразным пнев- мораспределителем предназначен для регулирования давления пара	
8б	Показывающий прибор	КСПЗ-П	1	Предназначен для измерения регистрации расхода пара	

3в,4г,6в	Регулятор перепада давления	SV95	2	Предназначен для регулирования перепада давления на входе и выходе
9б,10б,11б	Регулятор уровня	SV95	3	Предназначен для регулирования уровня конденсата в теплообменниках
12б	Регулятор массы	SV95	1	Предназначен для регулирования бумажного

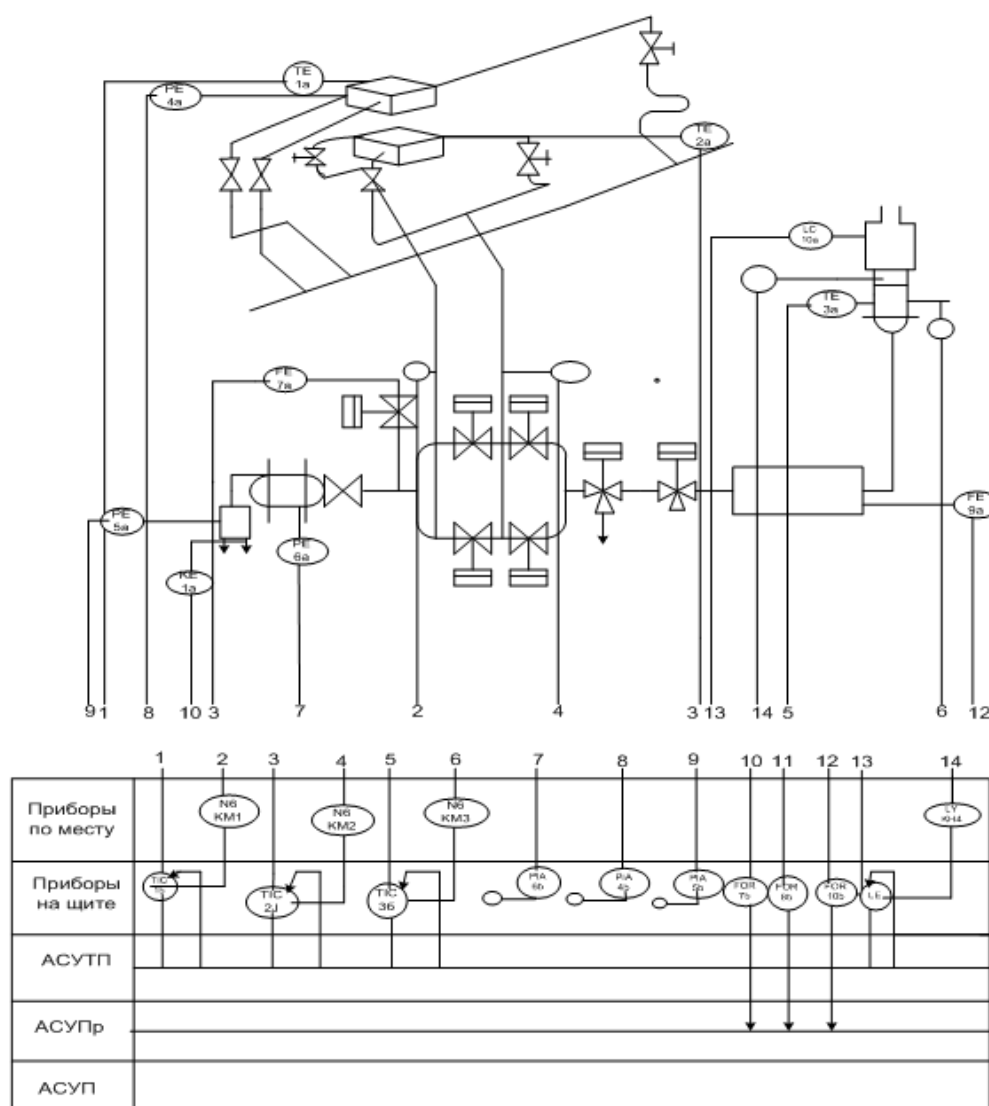


Рис. 5. Рис.1. Схема автоматизации одноэтажного прессы с паровой продувкой.
 1 – бойлер, 2 – парогенератор, 3 – измеритель расход пара, 4 – контроль давления пара, 5,6,7 – вентили, 8 – конденсат, 9 – вакуумный насос, 10 – пресс.

№ по-схеме	Наименование	Тип прибора	Коллич.	Примечание
3-1, 10-1, 12-1, 14-1, 20-1, 27-1, 29-1, 30-1	Датчик температуры	ДТС 504	8	<p>Номинальная 50М; статическая характеристика (НСХ). Рабочий диапазон 50.. +150 измеряемых °С температур</p> <p>Класс допуска В; С Групп Д2, Р2 аклиматического исполнения</p> <p>Условное 10 МПа давление</p> <p>Показатель 10...30с тепловой инерции, не более</p> <p>Количество 1 шт. чувствительных элементов</p> <p>Сопротивление 100 Мом изоляции, не менее</p> <p>Схема 2-х, 3-х, 4-х</p> <p>Соединения проводная</p> <p>Внутренних проводников</p> <p>Степень защиты IP54 датчика по ГОСТ 14254</p> <p>Материал сталь защитной 12Х18Н10Т арматуры (мод024, 044-184); латунь (мод. 014, 034,204, 224)</p>
1-1,18-1	Датчик уровня смолы	Радарный Уровнемер PiloTREK	2	<p>Напряжение питания датчика уровня PiloTREK: 24 В постоянное;</p> <p>Температура в емкости с продуктом: от -30 до + 180 °С;</p> <p>Температура воздуха вокруг прибора :от -20 до +60 °С</p> <p>Температура воздуха окружающей среды: - 70 до +60 °С (с применением обогреваемого термочехла)</p> <p>Давление процесса в емкости с продуктом :от 0 до 64 бар;</p> <p>Диапазон измерения уровня в емкости с продуктом до 23 м;</p> <p>Выходной аналоговый сигнал: 4-20 мА (пассивный);</p> <p>Поддержка протоколов: HART;</p> <p>Степень защиты датчика уровня: IP 67; Сертификация прибора во взрывобезопасном исполнении: АTEX x N Ex1a H C.</p>

5-1,22-1	Датчик массы бумаги	Тензорезисторный датчик Т2, «Тензо-М»	2	Тензодатчики балочного типа из нержавеющей стали. Диапазон нагрузок от 20 до 200кг. Степень защиты оболочкой IP68
8-1,25-1	Датчик вязкости смолы	M1Y1	2	-диапазон измерений: от 0-10 мПа до 1000-1000 000 мПа -температура образца: до 200 °С -износостойкий -работает в любом положении -водонепроницаемость: IP67 -материал: нержавеющая сталь -питание: зарядное устройство 230 УАС,50-60Hz
16-1,33-1	Датчик влажности бумаги	HygroPalm 2 HS 28	2	Диапазоны измерений 0...100 %rh, -40...85 °С Абсолютные погрешности ±1,5%, ±0,3°С Длина зонда 280 мм (HS28) либо 420 мм (HS42) Используются обычные алкалиновые батареи или аккумуляторы Подключение базы для заряда аккумулятора Большой ЖК-дисплей
1-3(4), 2-3(4),3-3(4),4-3(4),5-3(4),6-3(4),7-3(4),8-3(4),9-3(4),10-3(4),	Клапан малогабаритный	КМРОЭ 101 НЖ 65 10	10	Dу=65мм,Ру=63 МПа, Тсреды от -40 до 225
КМ1,.... КМ14	Магнитный пускатель	LC1-D 380В	14	Ток главных контак-тов 10,16А,25А,40А, 63А; Рабочее напряжение катушки -24 В, -110 В, -220 В. -380 В, DC 24 В.Потребляемая мощность - не более 5 ВА.
2-2, 3-2,4-2,6-2,7-2,8-2.	Измеритель-регулятор	Измеритель-регулятор однока-нальный ОВЕН ТРМ1	6	Прибор для измерения, реги-страции или регулирования температуры теплоносителей и различных средств в холо-дильной технике, печах раз-личного назначения, а также для измерения других физи-ческих параметров (уровня, давления, влажности и т.п.)

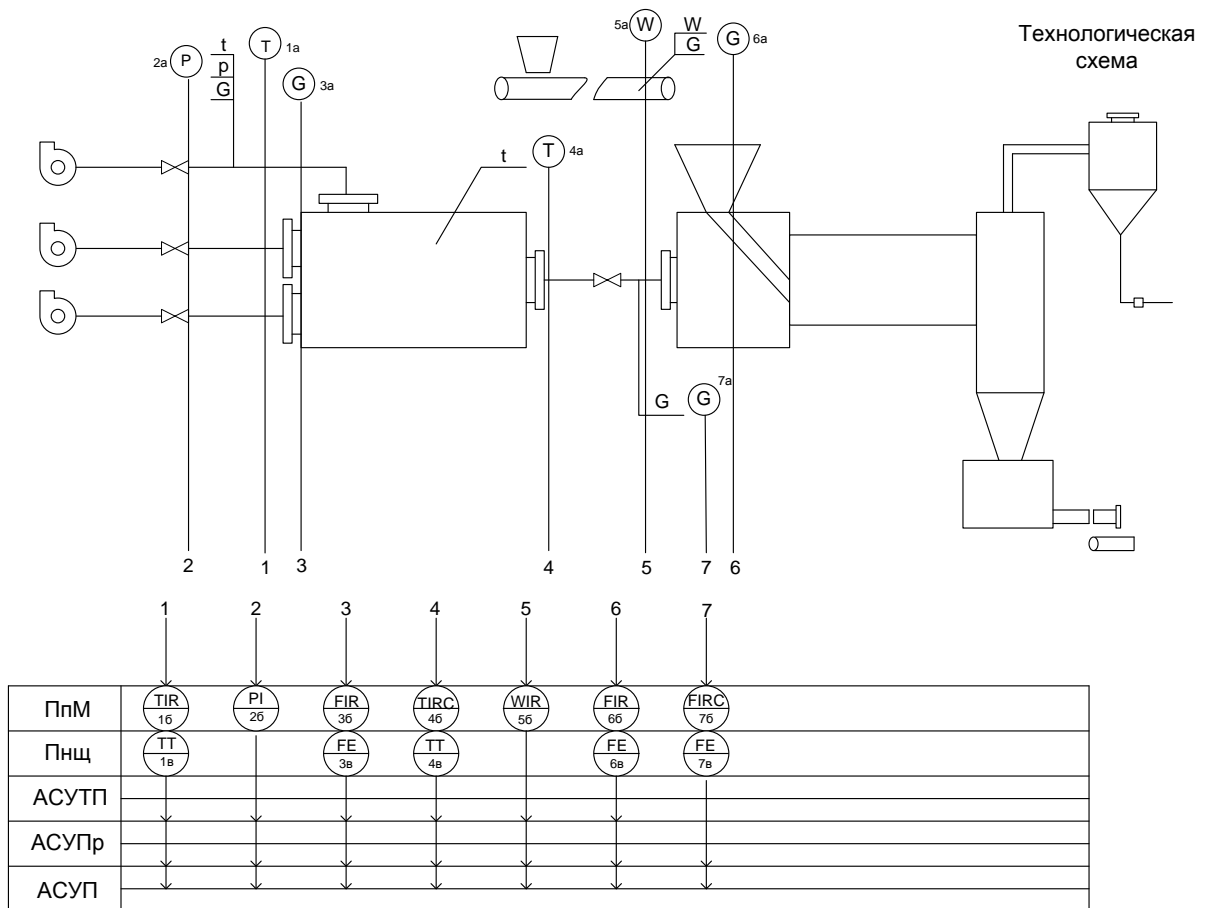


Рис. 6.

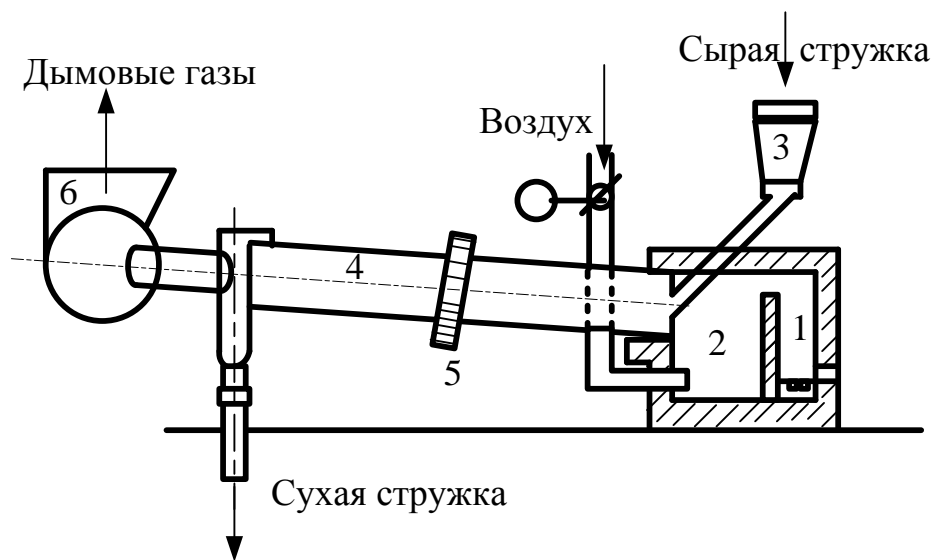


Рис. 7. Барабанная сушиллка

Описание технологического процесса.

Барабанная сушиллка имеет вращающуюся сушильную камеру (барабан), установленную по горизонту.

В сушилке применен в основном каскадный способ сушки или, как часто называют, сушка в полувзвешенном состоянии. Барабанная сушилка представляет собой вращающийся барабан из листовой стали, опирающийся на две пары опорных роликов. Если раздвинуть одну пару роликов, конец барабана опустится (или поднимется при сближении роликов) и изменится его уклон, благодаря чему можно замедлить или ускорить прохождения просушиваемого материала. Однако этим приемом можно пользоваться только для первоначальной регулировки барабана при монтаже сушильного аппарата. Для налаживания процесса сушки регулируют число оборотов барабана, вращающегося на опорных роликах от привода через зубчатую передачу. В приемный конец барабана через барабанный питатель поступает материал, и при помощи вентилятора пропускается горячий воздух или смесь топочных газов с воздухом. Проходя через барабан, материал подсушивается и через другой конец выходит из сушильного аппарата. На внутренней поверхности барабана укреплены насадки, способствующие перемешиванию и продвижению материала. Внутренние насадки позволяют получать за один оборот барабана возможно большее число пересыпаний материала. Лучшей системой считается та, при которой происходит равномерное распределение материала по всему поперечному сечению барабана, обеспечивающее лучшее соприкосновение с агентом сушки, повышенное заполнение барабана и интенсивное перемешивание продукта и дымовых газов при движении вдоль барабана. Некоторые системы обеспечивают равномерное распределение материала через один-два оборота (система с открытыми ячейками), а другие через три-шесть оборотов. На пропускную способность барабана оказывает влияние подпорное приспособление, устанавливаемое на выходе из барабана, и угол наклона барабана к горизонту. Подпорное приспособление предназначено для большего внутреннего заполнения барабана материалом, что увеличивает длительность нахождения его в сушилке. Большой частью подпорное приспособление выполняется в виде кольца или щита. Кольцо может задержать лишь небольшую часть материала. Один или несколько клапанов, устроенных в кольце, дают возможность материалу выходить в том случае, когда задержка незначительна. Регулировка в этом случае возможна лишь в незначительных пределах.

Щит закрывает $1/3$ поперечного сечения, а остальные $2/3$ остаются свободными для выхода отработавшего агента сушки. Этот щит пригоняется к торцу барабана с таким расчетом, чтобы он мог поворачиваться вокруг горизонтальной оси, а также перемещаться в продольном направлении по оси барабана.

Барабанные сушилки рассчитывают приблизительно на $1/3$ наполнения; обычно считается хорошим заполнение на 20-25%

Заполнение барабана зависит также от угла наклона барабана к горизонту: чем меньше этот угол, тем выше заполнение барабана материалом. Наклон оси составляет обычно от 1:15 до 1:50. Число оборотов барабана от 0,5 до 8 в минуту.

У обоих торцов барабана расположены скользящие уплотняющие приспособления, препятствующие проходу воздуха, но не мешающие вращению барабана.

Завод выпускает барабаны диаметром 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400 и 2800 мм. Максимальное отношение длины барабана к его диаметру равно 7, а минимальное 3,5.

Описание функциональной схемы.

Схемой автоматизации предусмотрен контроль, регулировка, защита и управление.

К системам контроля относятся: температура, расходы, влажность.

Расход воздуха контролируется с помощью датчика расхода, установленного на главном воздуховоде (поз. 3-1), от которого сигнал направляется на вторичный регистрационный прибор (поз. 3-2) на щите. Отсюда сигнал подается на вторичный преобразователь расположенный по месту (поз. 3-3).

Расход щепы контролируется с помощью датчика расхода (поз.7-1), от которого сигнал подается на вторичный регистрационный прибор (поз.7-2) на щите. Отсюда сигнал подается на вторичный преобразователь расположенный по месту (поз.7-3).

Расход угольной пыли контролируется с помощью датчика расхода (поз.6-1), от которого сигнал подается на вторичный регистрационный прибор (поз.6-2) на щите. Отсюда сигнал подается на вторичный преобразователь расположенный по месту.

Контроль за расходом мазута осуществляется так же как и контроль за расходом воздуха.

Датчиком контролируется давление теплоносителя на входе из топки, от которого сигнал подается на вторичный регистрационный прибор на щите. Отсюда сигнал подается на вторичный преобразователь расположенный по месту.

Контролируется температура дымовых газов, поступающих в сушилку.(1-1)

Также контролируется температура сушилок (поз. 4-1, 4-2, 4-3), влажность (поз. 5-1, 5-2, 5-3).

Проектом предусмотрено управление электродвигателя вентилятора с помощью аппаратуры, расположенный по месту и на щите с сигнализацией состояния двигателя «Пуск» - «Стоп».

Управление весом осуществляется вручную (дистанционное управление) или с помощью регулятора скорости движения с сигналами от первичного преобразователя ко второму.

Задание регуляторам на щите определяется управляющей вычислительной машиной (УВМ). Предусмотрена работа систем локального регулирования (на щите) и с помощью УВМ в виде корректирующих сигналов с этим регулятором.

Сводная таблица технологических параметров.

Наименование Параметры или показ.	Услов- ные об.	Начальные значения	Допустимые отклонения	Вид сигнала
--------------------------------------	-------------------	-----------------------	--------------------------	-------------

Измерение расхода 1. Теплоносителя на выходе из топки 1. Мазута на входе в топку 2. Сырья на входе в сушилку 3. Сырья на выходе из сушилки 4. Теплоносителя на выходе из сушилки		5215 кг/ч	+0.1-0.1 кг/ч	Непрерывный
		3000 кг/ч	+0.1-0.1 кг/ч	Непрерывный
		129.36 кг/ч	+1-1 кг/ч	Непрерывный
		83.28 кг/ч	+1-1 кг/ч	Непрерывный
		211.56 кг/ч	+0.1-0.1 кг/ч	Непрерывный
Измерение температур: 1. В топке 2. В сушилке 3. На выходе циклона		500-700 С	+5-5 С	Непрерывный
		500-700 С	+5-5 С	Непрерывный
		30-45 С	+1-1 С	Непрерывный

Спецификация на приборы

Позиция	Наименование	Фирма, марка	Кол-во	Примечание
1-1 2-1 3-1 4-1 4-2 4-3	Датчик температуры	FuehlerSestem	6	Диапазон измерения от -50 до +250 С
3-1 3-2 3-3 6-1 6-2 6-3 7-1 7-2 7-3	Датчик расхода	АРК «Энергосервис»	9	Диапазон измеряемого расхода 2.7-452000 м3/ч
2-1	Датчик давления	«Siemens» Z (7MF1563)	1	Диапазон измеряемого расхода 0-400атм Входной сигнал 4-20 мА
5-1	Датчик влажности	ООО «Балт-прибор» КППТ	1	Входной сигнал 4-20 мА, выходной сигнал пропорциональный 4-20мА количество каналов 1
8-5 8-4	Клапан регулирующий с пневматическим мембранным исполнительным механизмом нормально закрыт	АРМАТОН 25ч36эм1	1	Материал: серый чугун, диаметр трубопровода 50мм. Тип клапана: фланцевый

4-4 4-5	Клапан регулирующий с пневматическим мембранным исполнительным механизмом нормально закрыт	АРМАТОН 25ч36эм1	7	Материал: серый чугун, диаметр трубопровода 50мм. Тип клапана: фланцевый
9-1 10-1 11-1 12-1	Кнопка	ООО «Балт-прибор» КП1Т	1	Входной сигнал 4-20 мА, выходной сигнал пропорциональный 4-20мА, количество каналов 1

Вывод.

Автоматизированная система на всех участках технологического процесса выполняет три функции: информационные, управляющие и вспомогательные. В информационные функции входит сбор и обработка текущей информации о ходе технологического процесса, вычисление параметров и показателей, не поддающихся прямому измерению, сигнализация о достижении технологическими параметрами опасных величин, формирование текущей и отчетной информации о ходе технологического процесса и его показателей.

В управляющие функции входит: управление расходом, управление температурой и т.д.

Практическая работа №1 ИНТЕРПОЛЯЦИЯ В СИСТЕМЕ МАТЛАВ

Цель работы – получить аналитическое выражение функциональной зависимости от аргумента, заданного аналитически или графиком.

Интерполяция – построение приближенного или точного аналитического выражения функциональной зависимости, когда о ней известны только соотношения между аргументом и соответствующими значениями функции в конечном ряду точек. Интерполяция применяется в АСУТП:

- для линеаризации и интерполяции сигналов датчиков;
- формирования непрерывно изменяющегося сигнала по коэффициенту временного полинома или числовой программе в системах программного регулирования;
- получения аналитического выражения статической (обычно в виде квадратичной формы от входных воздействий) или динамической (обычно в виде дробно-рациональной передаточной функции) характеристик по экспериментально полученным точкам в задачах идентификации и характеристики;

- получения аналитического выражения корреляционных функций или спектральных плотностей при статистической обработке данных;
- перехода от одной формы математического описания к другой в задачах характеристики;
- интерполяции таблиц, номограмм, диаграмм, хранящихся в памяти ЭВМ, и определения каких-либо параметров, например параметров ПИД-регулятора по номограммам.

Интерполирование функций будем вести с помощью компьютерных технологий. *Компьютерная технология интерполяции* – это последовательность выполнения функций и команд компьютера для решения задач интерполяции. Она состоит из следующих действий:

- выбора вида функции интерполяции с помощью компьютера;
- использования функций и команд универсального программного средства для получения математической модели;
- построения графиков функций, заданных в табличном и формульном видах;
- проверки соответствия графика, построенного по данным таблицы аналитической функции;
- вычисления значений функции и ее табулирования;
- проведения операций с векторами и матрицами;
- решения систем линейных и нелинейных уравнений;
- вычисления табличных разностей;
- оценки адекватности модели.

Выполнение работы

Найдем полиномиальную зависимость ρ (плотность перегретого пара) от давления p при постоянной температуре t

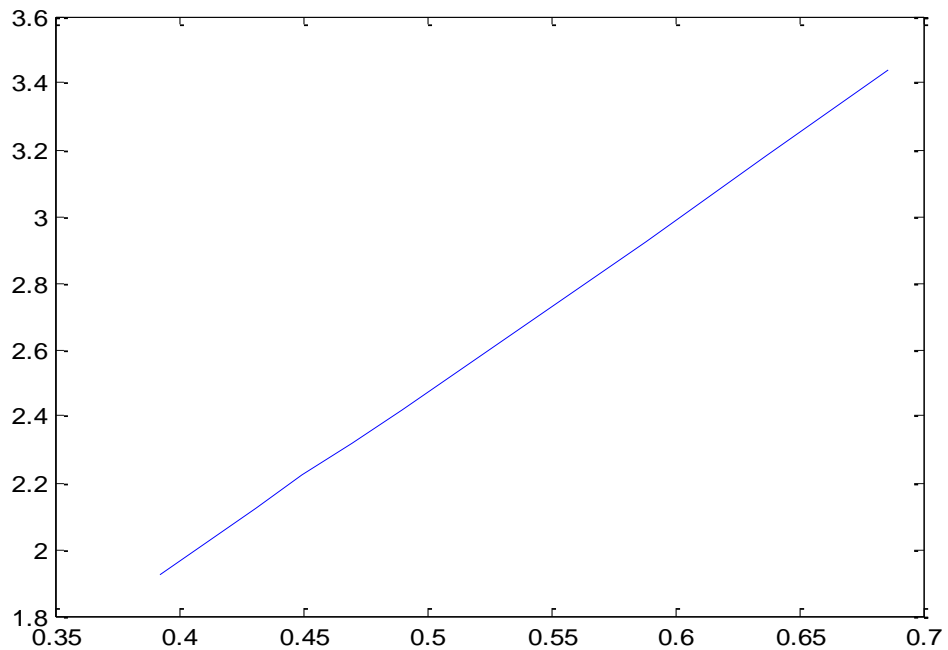
$P, \text{МПа}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0,392	1,925
0,412	2,024
0,431	2,123
0,450	2,222
0,470	2,321
0,490	2,421
0,539	2,673
0,588	2,926
0,637	3,182
0,686	3,440

Присвоим $t = x$, $\rho = y$.

Создадим и введем две вектор-строки – x и y

$x = [0,3920,4120,4310,4500,4700,4900,5390,5880,6370,686];$

$y = [1,9252,0242,1232,2222,3212,4212,6732,9263,1823,440];$



```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
>> x=[0.392 0.412 0.431 0.450 0.470 0.490 0.539 0.588 0.637 0.686]
x =
    0.3920    0.4120    0.4310    0.4500    0.4700    0.4900    0.5390    0.5880    0.6370    0.6860
>> y=[1.925 2.024 2.123 2.222 2.321 2.421 2.673 2.926 2.926 3.182 3.440]
y =
    1.9250    2.0240    2.1230    2.2220    2.3210    2.4210    2.6730    2.9260    2.9260    3.1820    3.4400
>> diff (y, 1)
ans =
    0.0990    0.0990    0.0990    0.0990    0.1000    0.2520    0.2530         0    0.2560    0.2580
>> diff (y, 2)
ans =
    0.0000   -0.0000    0.0000    0.0010    0.1520    0.0010   -0.2530    0.2560    0.0020
>> diff (y, 3)
ans =
   -0.0000    0.0000    0.0010    0.1510   -0.1510   -0.2540    0.5090   -0.2540

```

Табличные разности третьего порядка близки между собой, поэтому интерполяционный полином будет иметь вид

$$\varphi(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d,$$

или

$$\varphi(t) = at^3 + bt^2 + ct + d.$$

Определим теперь значения коэффициентов a, b, c, d , воспользовавшись функцией polyfit.

$$p = -4.7005 \quad 1.7742 \quad 6.4984 \quad -0.6249$$

Подставляя полученные значения в функцию $y(x)$, получим

$$\varphi(x) = -4.7005 x^3 + 1.7742 x^2 + 6.4984 x - 0.6249,$$

или

$$\varphi(p) = -4.7005 p^3 + 1.7742 p^2 + 6.4984 p - 0.6249.$$

По этой формуле можно определять значение плотности пара в зависимости от давления.

Проверим правильность решения задачи, воспользовавшись функцией polyval:

```
f = 1.9120  2.0249  2.1292  2.2303  2.3333  2.4323  2.6571  2.8540  
3.0195  3.1505
```

```
>> w=z.* z
```

```
w = 0.0002  0.0000  0.0000  0.0001  0.0002  0.0001  0.0003  
0.0052  0.0087  0.0010
```

```
>>z = y- f
```

```
>> R = sum(w)
```

```
R = 0.0157
```

```
>>E = sqrt(R) / 10
```

```
E =0.0125
```

Результат получен с высокой точностью.

Вывод: После выбора данных зависимости давления перегретого пара от его плотности из таблицы, мы построили график зависимости и получили аналитическое выражение полиномиальным методом интерполяции в Matlabe.

Практическая работа № 2 ИНТЕРПОЛЯЦИЯ В СРЕДЕ EXCEL, ЛИНИЯ ТРЕНДА. ЗАДАЧА №1

Цель работы – получить аналитическую зависимость функции от аргумента (задано таблично) в среде Excel.

Последовательность выполнения работы

В Excel есть ряд встроенных утилит, которые можно использовать для решения задач по интерполяции и по аппроксимации зависимостей.

Анализ возможностей Excel в данной области начнем с графических утилит. В частности, исследуем вопрос о добавлении линии тренда, которая строится на основе экспериментальных данных и является аппроксимирующей или интерполяционной функцией, в зависимости от выбора типа кривой.

Последовательность выполнения:

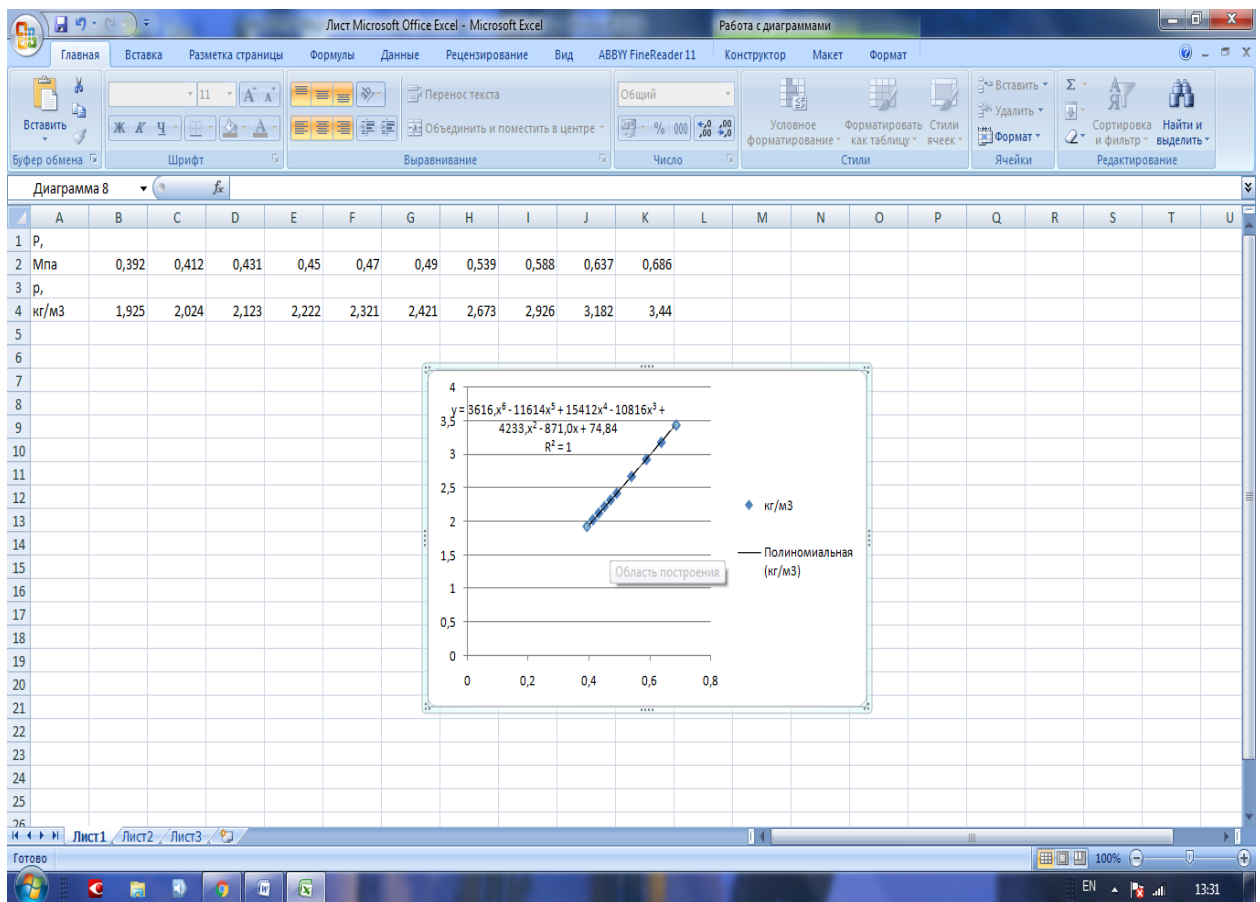
1. Отображение анализируемых данных в графическом виде.
2. Построение кривой для рассматриваемой зависимости.
3. Анализ полученной кривой для рассматриваемой зависимости.
4. Выводы о проделанной работе.

Выполнение работы

$P, \text{МПа}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0,392	1,925
0,412	2,024
0,431	2,123

0,450	2,222
0,470	2,321
0,490	2,421
0,539	2,673
0,588	2,926
0,637	3,182
0,686	3,440

Из этих данных строим график:
 «Мастер диаграмм – Точечная – Готово». Выбираем значения «Y» и «X», соответственно для « ρ , кг/м³» и « p , МПа».



Вывод: При выполнении работы по интерполяции в среде EXCEL мы по заданным значениям зависимости плотности пара ρ , (кг/м³) от давления p , (МПа) получили аналитическое выражение с помощью линии тренда и построили график линии тренда.

Практическая работа № 3 ИНТЕРПОЛЯЦИЯ В СРЕДЕ EXCEL, ЛИНИЯ ТРЕНДА. ЗАДАЧА №2

Цель работы – получить аналитическую зависимость функции от аргумента (задано графически) в среде Excel.

Последовательность выполнения работы

В Excel есть ряд встроенных утилит, которые можно использовать для решения задач по интерполяции и по аппроксимации зависимостей.

Анализ возможностей Excel в данной области начнем с графических утилит. В частности, исследуем вопрос о добавлении линии тренда, которая строится на основе экспериментальных данных и является аппроксимирующей или интерполяционной функцией, в зависимости от выбора типа кривой. Последовательность выполнения:

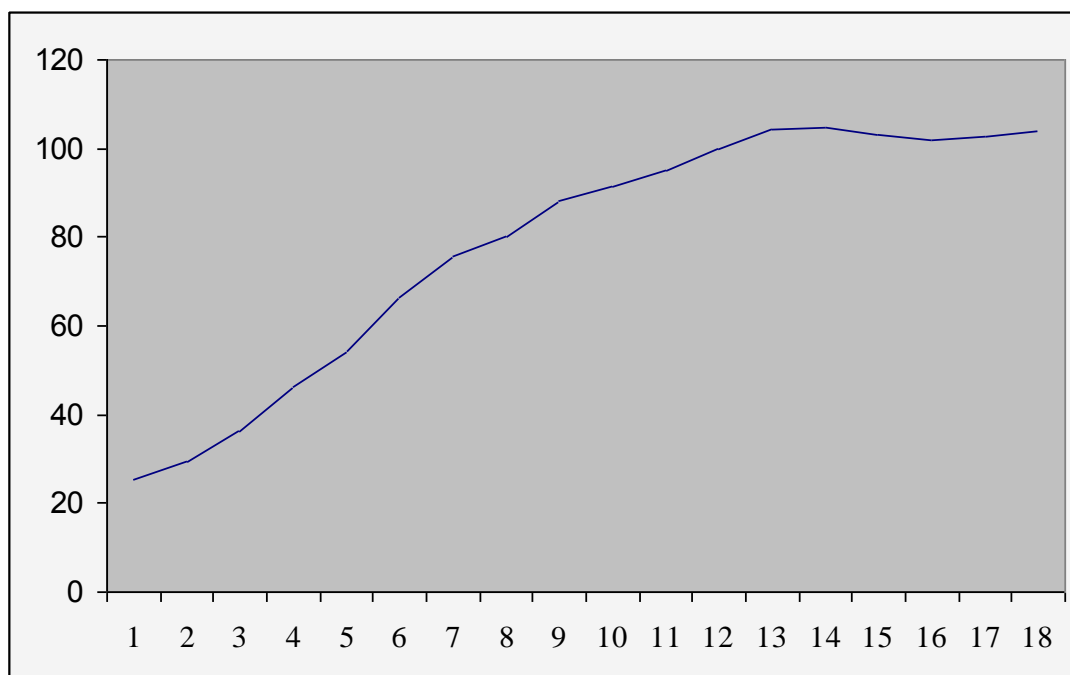
1. Отображение анализируемых данных в графическом виде.
2. Построение кривой для рассматриваемой зависимости.
3. Анализ полученной кривой для рассматриваемой зависимости.
4. Выводы о проделанной работе.

Выполнение работы

Для решения поставленной задачи прежде всего следует отобразить анализируемые данные в виде таблицы.

Данные полученные с графика

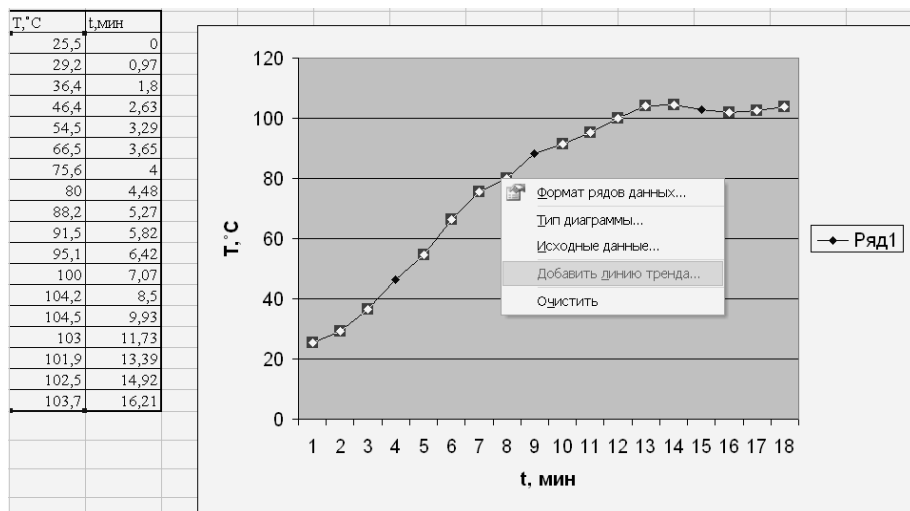
'												
МИН	,97	,8	,63	,29	,65		,48	,27	,42		6,21	
,°C	5,5	9,2	6,4	6,4	4,5	6,5	5,6	0	8,2	1,5		03,7



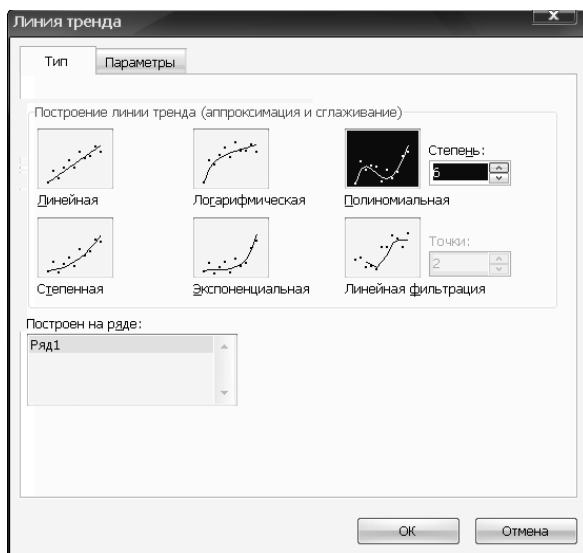
1. Из этих данных строим график:

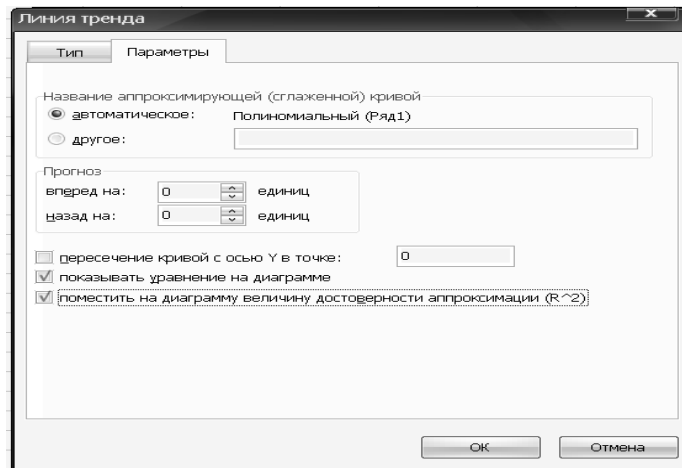
«Мастер диаграмм – Точечная – Готово». Выбираем значения X и Y.

Данные представлены на диаграмме в виде отдельных точек – кривая для рассматриваемой зависимости не проведена. Эти данные в области диаграммы нужно выделить, затем щелкнуть правой кнопкой мыши. В раскрывшемся контекстном меню выбрать команду «Добавить линию тренда».

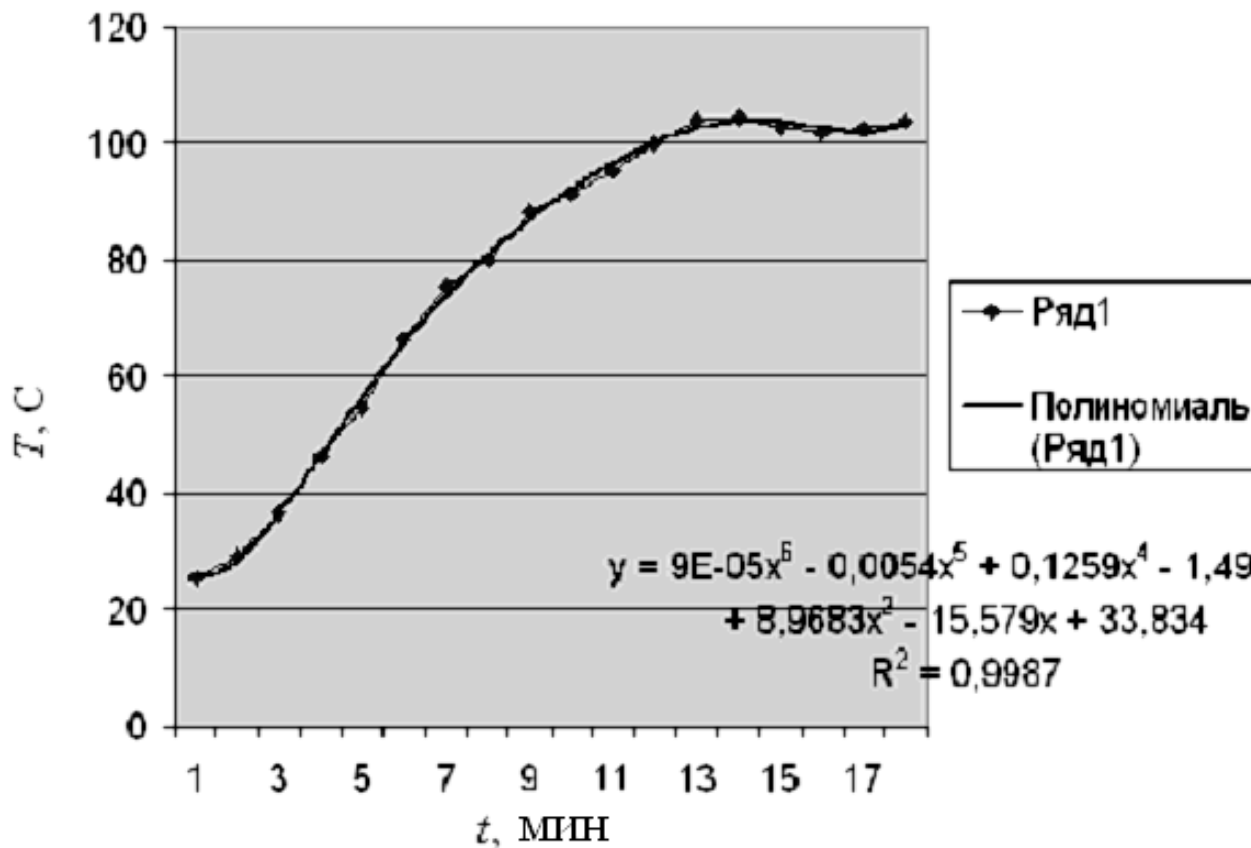


2. В открывшемся диалоговом окне можно задать тип линии. Выбираем «Полиномиальную», и задаем «Порядок», равный шести. Затем переходим на вкладку «Параметры» и ставим флажки «Отобразить уравнение», а также «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)».





3. После нажатия кнопки ОК получаем результат. На рисунке не видно выпадающих экспериментальных точек на линии тренда и высока степень достоверности.



Для построения интерполяционного полинома, проходящего через все экспериментальные точки, необходимо, чтобы степень полинома была на единицу меньше количества точек. Чем выше степень полинома, тем больше аппроксимирующая кривая приближается к интерполяционному полиному. Однако положительный результат может быть получен и при меньшем количестве точек.

Вывод: При построении линии тренда мы получили аналитическое выражение функции от аргумента. В данном случае степень полинома равна шести, а количество точек – восемнадцати. Достоверность аппроксимации $R^2 = 0,9987$ (величина достоверности вполне удовлетворяет).

Практическая работа № 4 ИНТЕРПОЛЯЦИЯ В ПРОГРАММЕ MATHCAD

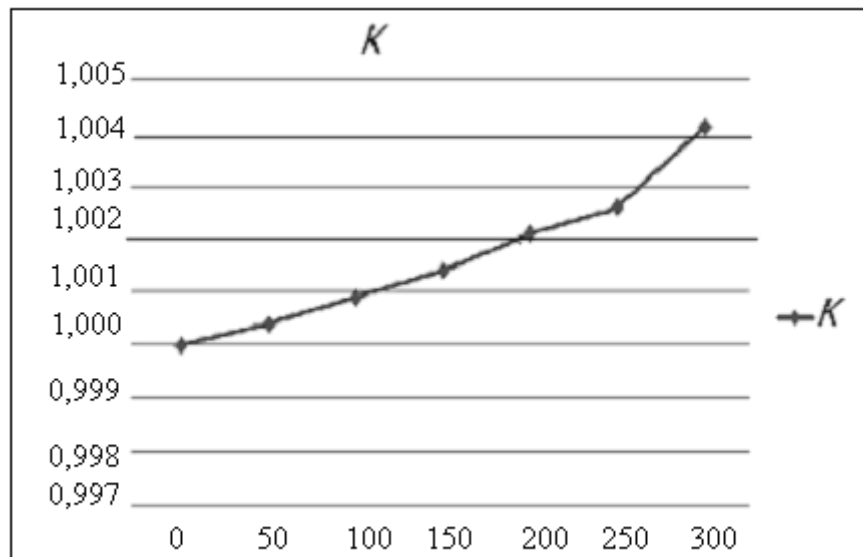
Цель работы— получить аналитическое выражение функциональной зависимости от аргумента, заданного аналитически или графиком.

Последовательность выполнения работы

1. Отображение анализируемых данных в графическом виде.
2. Построение кривой для рассматриваемой зависимости.
3. Анализ полученной кривой для рассматриваемой зависимости.
4. Выводы о проделанной работе.

Выполнение работы

1. На основе анализа графика получены значения $TиK$



	0	50	100	150	200	250	300
	1.0000	1.0004	1.0009	1.0014	1.0021	1.0026	1.0041

Из графика видно, что функция достаточно гладкая, однако в области $t= 200\dots300$ имеется локальный максимум. Вполне возможно, что его появление обусловлено недостоверностью исходных данных. Полученная зависимость не описывается какой-либо известной функцией.

Предположим, что такой функцией является полином n -й степени. Выберем в качестве интерполяционного полином второй степени:
 $Y = a + bx + bx^2$.

2. Выберем в качестве аппроксимирующих следующие координаты функции $y(x)$:

[50;1.0004], [100;1.0014], [300;1.0041]

Тогда система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} a + 50b + 50^2b \\ a + 100b + 100^2b \\ a + 300b + 300^2b \end{cases}$$

$$D := K - y(x)$$

$$z := D \cdot D$$

$$E := \frac{\sqrt{z}}{6}$$

$$E = 3.737052 \cdot 10^{-4}$$

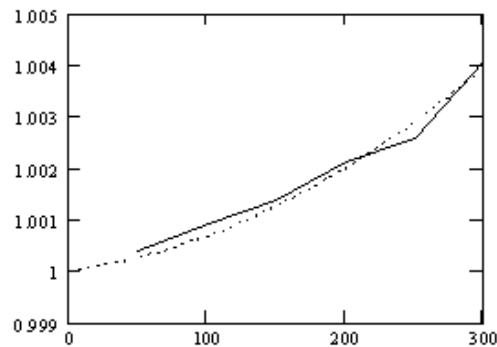
Решим эту систему, воспользовавшись матричными процедурами. В Mathcad решение будет иметь вид

$$M := \begin{pmatrix} 1 & 50 & 50^2 \\ 1 & 150 & 150^2 \\ 1 & 300 & 300^2 \end{pmatrix} B := \begin{pmatrix} 1.0004 \\ 1.0014 \\ 1.0041 \end{pmatrix} M^{-1} \cdot B = \begin{pmatrix} 1 \\ 3.6 \cdot 10^{-6} \\ 3.2 \cdot 10^{-8} \end{pmatrix}$$

Из решения получаем следующую функцию интерполяции:

$$y(x) := 1 + 3.6 \cdot 10^{-6} x + 3.2 \cdot 10^{-8} x^2$$

3. В полученную функцию подставляем значения $x := 0 \dots 300$, получаем таблицу результатов для $y(x)$ и строим график для этой функции как в первой задаче.



Аналитические и теоретические графики

4. Графики исходной функции, представленной графически, и функции интерполяции близки друг другу.

1. Чтобы определить погрешность интерполяции необходимо:

- a. создать векторы $y(x)$ и K ;
- b. вычислить разность векторов $D=K- y(x)$;
- c. найти скалярное произведение разности векторов $z=D \cdot D$.

Вычисляем абсолютную среднеквадратическую погрешность E в режиме калькулятора.

$$\begin{array}{l}
 y(x) := 1 + 3.6 \cdot 10^{-6} x + 3.2 \cdot 10^{-8} x^2 \\
 x := 50 \\
 y(x) = 1.00026 \\
 x := 100 \\
 y(x) = 1.00068 \\
 x := 150 \\
 y(x) = 1.00126 \\
 x := 200 \\
 y(x) = 1.002 \\
 x := 250 \\
 y(x) = 1.0029 \\
 x := 300 \\
 y(x) = 1.00396
 \end{array}
 \quad
 K :=
 \begin{pmatrix}
 1.0004 \\
 1.0009 \\
 1.0014 \\
 1.0021 \\
 1.0026 \\
 1.0041
 \end{pmatrix}
 \quad
 y(x) :=
 \begin{pmatrix}
 1.00026 \\
 1.00068 \\
 1.00126 \\
 1.00200 \\
 1.00290 \\
 1.00396
 \end{pmatrix}$$

Вывод: Мы получили аналитическое выражение зависимости и получили, что построенные аналитический и теоретические графики схожи так как абсолютная среднеквадратическая погрешность E очень мала.

Практическая работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы – определить динамические характеристики объекта управления ($T, T_1, T_2, \tau, K_{Oy}$). Найти передаточную функцию без запаздывания и с запаздыванием. Построить переходную характеристику по полученным динамическим характеристикам.

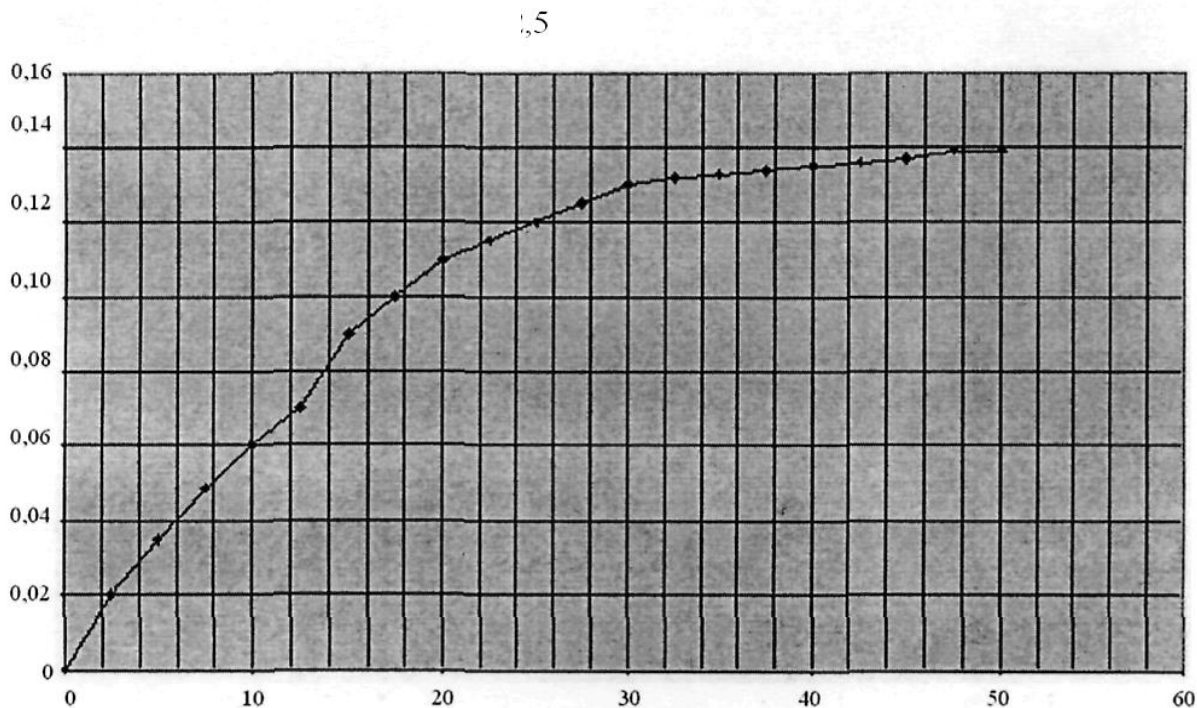
Постановка задачи

Динамические характеристики снимались по каналу давления на линии, которое регулировалось путем изменения хода регулирующего органа (РО).

Измерения производились путем перемещения РО в процентах хода. В результате эксперимента была получена кривая переходного процесса.

Выполнение работы

1. Отображение анализируемых данных в графическом виде.
2. Построение кривой для рассматриваемой зависимости.
3. Анализ полученной кривой для рассматриваемой зависимости.
4. Выводы о проделанной работе.



По полученной кривой разгона методом площадей определяем передаточную функцию пресса в производстве ДСтП.

Вычисляем передаточную функцию объекта как произведение двух передаточных функций: $W_3(p) = e^{-\tau p}$, соответствующей запаздыванию, и $W_{Oy}(p)$, соответствующей функции $\Delta x_1 = \Delta x_{\text{вых}}(t - \tau)$, для которой за начало отсчета принято время $t = \tau$.

1. Разбиваем отрезок времени от момента возмущения до момента выхода величины $\varphi(x_{\text{вых}})$ на установившееся значение на отрезки времени $\Delta t = 2,5$ с так, чтобы на каждом участке кривая разгона мало отличалась от прямой.

2. В конце каждого интервала времени Δt находим $\Delta x_{\text{вых}}$ и заносим их в графу 2.

Значение $\Delta x_{\text{вых}}$ в конце каждого интервала делим на $\Delta x_{\text{вых}}(\infty)$ и полученный результат записываем в графу 3 $C4 = B4 / B\$24$.

3. Вычисляем $1 - \varphi(i\Delta t)$ и заносим их в графу 4 $D4 = 1 - C4$.

4. Подсчитываем сумму чисел графы 4, т. е. величину $\sum_{i=1}^n [1 - \varphi(i\Delta t)]$

$$D26 = \text{СУММ}(D4:D24).$$

5. Определяем площадь F1 (мин) по формуле

$$F1 = \Delta t \left(\sum_{i=1}^n [1 - \varphi(i\Delta t)] - 0,5[1 - \varphi(0)] \right), \quad (6.1)$$

$$A27 = A5 * (D26 - 1 * 0,5).$$

6. Изменяем масштаб времени $Q(i\Delta t) = \frac{(i\Delta t)}{F1}$ и заносим полученные значения в графу 5 $E4 = A4 / A27$.

7. В графу 6 записываем значения $1 - Q(i\Delta t)$, $F4 = 1 - E4$.

8. В графу 7 записываем значения $(1 - \varphi) \cdot (1 - Q)$, $G4 = D4 * F4$.

9. Подсчитываем сумму чисел графы 7:

$$\sum_{i=1}^n [1 - \varphi(i\Delta t)] \cdot [1 - Q(i\Delta t)],$$

$$G26 = \text{СУММ}(G4:G24).$$

10. Определяем площадь $F2$ (мин) по формуле

$$F2 = F1^2 \cdot \Delta Q \left(\sum_{i=1}^n [1 - \varphi(i\Delta t)] \cdot [1 - Q(i\Delta t)] - \Delta t [1 - \varphi(0)] \right),$$

$$B27 = (A27^2) * (G26 - 2,5) * E5.$$

Все операции будут везде одинаковыми, поэтому можно воспользоваться маркером заполнения.

11. Все вычисления сводим в табл.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Δt	$\Delta x_{\text{ВЫХ}}$	$\varphi(i \Delta t)$	$1-\varphi(i \Delta t)$	$Q(i \Delta t)=(i \Delta t) / F 1$	$1-Q(i \Delta t)$	$1-\varphi(i \Delta t)(1-Q(i \Delta t))$
4	0	0,000	0	1	0	1	1
5	2,5	0,020	0,1439	0,8561	0,188	0,812	0,695
6	5	0,035	0,2518	0,7482	0,375	0,625	0,467
7	7,5	0,049	0,3525	0,6475	0,563	0,437	0,283
8	10	0,060	0,4317	0,5683	0,751	0,249	0,142
9	12,5	0,070	0,5036	0,4964	0,939	0,061	0,031
10	15	0,090	0,6475	0,3525	1,126	-0,126	-0,045
11	17,5	0,100	0,7194	0,2806	1,314	-0,314	-0,088
12	20	0,110	0,7914	0,2086	1,502	-0,502	-0,105
13	22,5	0,115	0,8273	0,1727	1,689	-0,689	-0,119
14	25	0,120	0,8633	0,1367	1,877	-0,877	-0,120
15	27,5	0,125	0,8993	0,1007	2,065	-1,065	-0,107
16	30	0,13	0,9353	0,0647	2,253	-1,253	-0,081
17	32,5	0,132	0,9496	0,0504	2,440	-1,440	-0,073
18	35	0,133	0,9568	0,0432	2,628	-1,628	-0,070
19	37,5	0,134	0,964	0,036	2,816	-1,816	-0,065
20	40	0,135	0,9712	0,0288	3,003	-2,003	-0,058
21	42,5	0,136	0,9784	0,0216	3,191	-2,191	-0,047
22	45	0,137	0,9856	0,0144	3,379	-2,379	-0,034
23	47,5	0,139	1	0	3,567	-2,567	0,000
24	50	0,139	1	0	3,754	-2,754	0,000
25							
26	$F 1$	$F 2$		5,8273			1,606
27	13.3183	-29.77					

12. Определяем вид передаточной функции. Если $\Delta x_{\text{ВЫХ}}(0) = 0$, а $x_{\text{ВЫХ}} \neq 0$, то передаточная функция объекта в безразмерной форме имеет вид

$$W(p) = \frac{b_1 + 1}{a_2 p^2 + a_1 p + 1},$$

$$a_1 = F1 = 13,318$$

$$a_2 = F2 = -29,77$$

В нашем случае $F1$ во много раз больше $F2$, следовательно, коэффициентом $F2$ можно пренебречь, тогда передаточная функция будет иметь следующий вид:

$$W(p) = \frac{1}{a_1 p + 1},$$

где $a_1=F_1=13,318$ мин

Значит, передаточная функция имеет вид

$$W(p) = \frac{1}{13,318 \cdot p + 1}.$$

Таким образом, передаточная функция в безразмерном виде исследуемого объекта записывается в виде

$$W(p) = W_3(p) W(p),$$

$$W(p) = \frac{0.139}{13,318p + 1} e^{-pt}.$$

Передаточную функцию в размерном виде можно представить так:

$$W(p) = \frac{\Delta X(\infty)}{\Delta Y(\infty) W_\zeta(p) W_\delta(p)},$$

$$W(p) = \frac{0,139}{13,318p + 1} e^{-pt}.$$

Для проверки построим теоретическую кривую разгона.

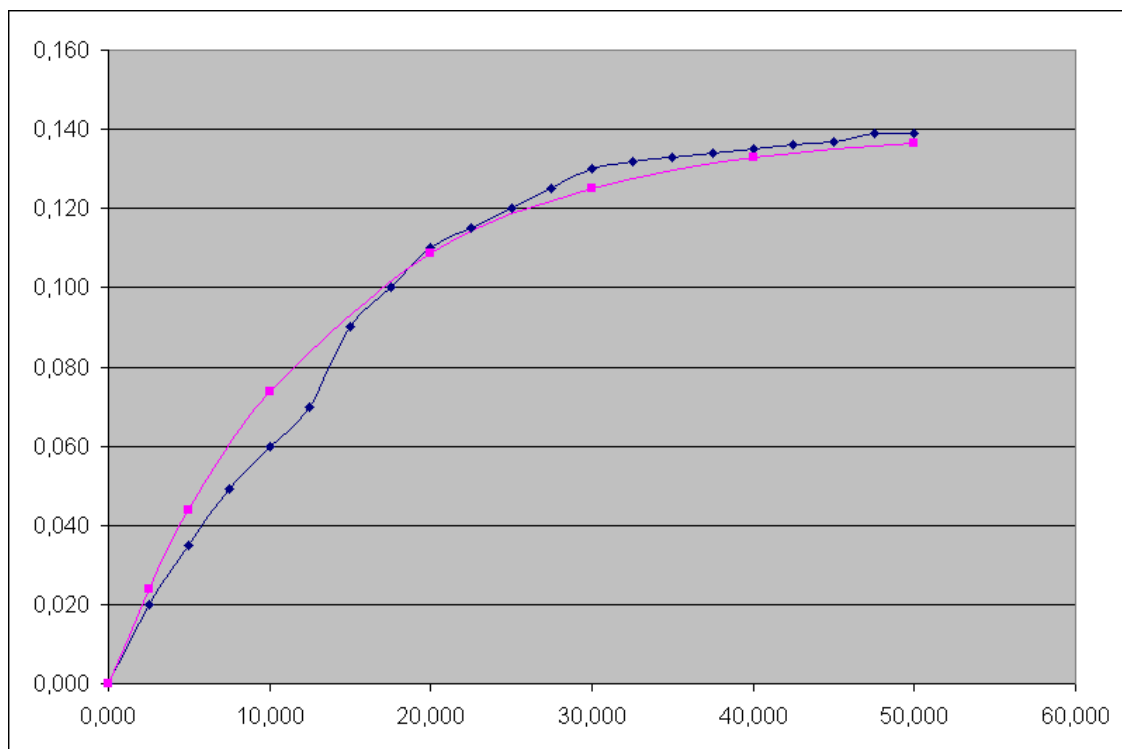
$$\varphi = K_{i\delta} (1 - e^{-t/13,318})$$

$$\varphi = 0,139(1 - e^{-t/13,318})$$

Проверка теоретической кривой разгона

		2, 5	5	10	20	30	40	50
		0, 023926	0, 043757	0, 073819	0, 108659	0, 125102	0, 132863	0, 136526

Подставив в формулу, значения t получим φ и построим график, который хорошо согласуется с экспериментальным.



Вывод: С помощью EXCEL мы определили динамические характеристики объекта управления. Нашли передаточную функцию без запаздывания и с запаздыванием и построили переходную характеристику по полученным динамическим характеристикам.

Вывод: на основании проделанной работы, можно сделать вывод, что схемы автоматизации являются основным техническим документом, которой определяет структуру и функциональные связи между технологическим процессом, приборами, средствами контроля и управления и отражает характер автоматизации технологических процессов.

Была построена функциональная схема и сделаны расчеты по интерполяции.

Получили аналитическое выражение функциональной зависимости от аргумента, заданного аналитически или графиком.

Библиографический список

1. Втюрин В.А., Илющенко В.В. Системы управления химикотехнологическими процессами. Учебное пособие для студентов направлений. В18.03.01. "Химическая технология". В18.03.02 "Энерго и ресурсосберегающие технологии. Санкт-Петербург. 2016 г.
2. Дьяконов В. П., Круглов В В. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2, SIMULINK 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. Серия Библиотека профессионала. М.: САЛОН- ПРЕСС, 2006.
3. Половко А. М., Бутусов П.Н. MATLAB для студента. СПб.: БХВ-Петербург. 2005.

4. *Лурье Б Я., Энрайт П.Дж.* Классические методы автоматического управления. Учебное пособие. СПб: БХВ-Петербург, 2004.
5. *Черных И. В.* SIMULINK среда создания инженерных приложений/ Под общей редакцией к.т.н В.Г. Потемкина. М. ДИАЛОГ- МИФИ. 2004.
6. *Половко А.М., Бутусов П.Н.* ИНТЕРПОЛЯЦИЯ. Методы и компьютерные технологии их реализации. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
7. *Никульчев Е.В.* Практикум по теории управления в среде М АТЛАВ. <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/nikulchev/pract/pz2>.