

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

## СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

сборник учебно-методических материалов  
для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и  
производств

Благовещенск, 2017

Печатается по решению  
Редакционно-издательского совета  
Энергетического факультета  
Амурского государственного университета

Составитель: Рыбалев А.Н.

Средства автоматизации и управления: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

©Амурский государственный университет, 2017  
©Кафедра автоматизации производственных  
процессов и электротехники, 2017  
©Рыбалев А.Н, составитель

## Содержание

Содержание.....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. КУРС ЛЕКЦИЙ.....	5
Тема 1. Введение. Государственная система приборов; основные сведения о технических измерениях. Основные ветви системы .....	5
Тема 2. Средства технических измерений, требования к ним, классификация средств измерений, виды и методы измерений.....	5
Тема 3. Измерение геометрических, механических, электрических величин .....	5
Тема 4. Измерение теплотехнических величин .....	5
Тема 5. Измерение состава и свойств веществ.....	6
Тема 6. Системы теплотехнического контроля. Информационные функции АСУ ТП.....	9
Тема 7. Входные устройства автоматики .....	11
Тема 8. Выходные устройства автоматики.....	14
Тема 9. Устройства центральной части .....	15
Тема 10. Каналы связи .....	15
Тема 11. Устройства отображения информации.....	15
Тема 12. Программное обеспечение систем автоматизации.....	20
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ .....	28
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	30
5.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ .	44
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины «Средства автоматизации и управления» является формирование у студентов знания о принципах построения, составе, назначении, характеристиках и особенностях применения технических средств автоматизации общепромышленного и отраслевого назначения, методики их выбора для построения автоматизированных и автоматических систем регулирования и управления.

Задачи дисциплины:

освоение студентами знаний о типовых технических средствах автоматизации – электрических, электронных, пневматических, гидравлических и комбинированных;  
изучение регулирующих устройств и автоматических регуляторов;  
изучение исполнительных механизмов автоматики;  
получение навыков выбора технических средств построения современных автоматизированных и автоматических систем регулирования и управления.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

тенденции развития технических средств автоматизации, их классификацию;  
 типовые технические средства автоматизации и области их применения;  
 принципы построения типовых узлов и реализации основных видов функциональных преобразований в технических средствах автоматизации;  
 характеристики исполнительных устройств, регулирующих органов, автоматических регуляторов и микропроцессорных контроллеров;  
 современные методы выбора технических средств автоматизации для построения автоматизированных и автоматических систем регулирования и управления промышленными технологическими процессами, оборудованием и вводом их в действие;

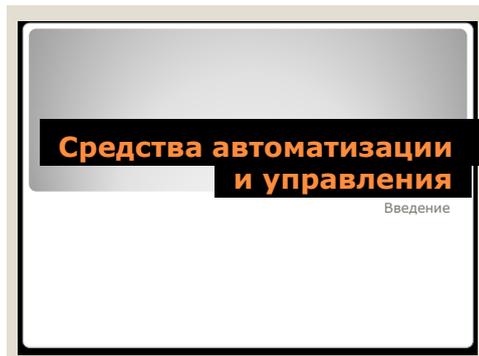
2) Уметь:

выбирать, монтировать, наладивать и эксплуатировать технические средства автоматизации при построении систем автоматического регулирования;  
выполнять сопряжение технических средств автоматизации с объектом управления и между собой;

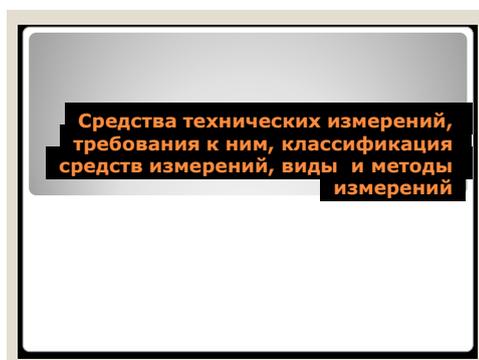
3) Владеть навыками работы с современными техническими средствами автоматизации: измерительными преобразователями, датчиками исполнительными механизмами, программируемыми логическими контроллерами.

## 1. КУРС ЛЕКЦИЙ

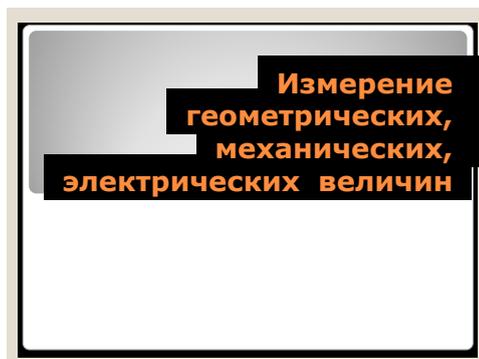
Тема 1. Введение. Государственная система приборов; основные сведения о технических измерениях. Основные ветви системы



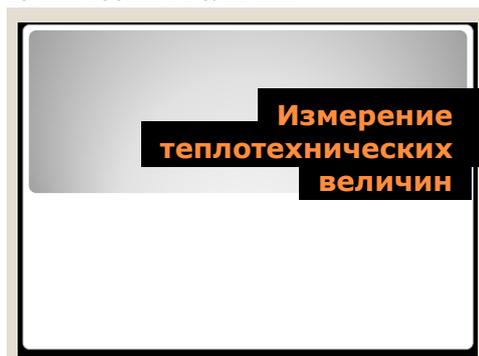
Тема 2. Средства технических измерений, требования к ним, классификация средств измерений, виды и методы измерений



Тема 3. Измерение геометрических, механических, электрических величин



Тема 4. Измерение теплотехнических величин



## Тема 5. Измерение состава и свойств веществ

Большинство выпускаемых промышленностью автоматических анализаторов предназначено для определения состава и свойств бинарных и псевдобинарных смесей. Бинарной смесью называют газовую смесь, состоящую из двух газов, или жидкость, содержащую один растворенный компонент. Анализ бинарной смеси возможен при условии, что составляющие ее компоненты отличаются друг от друга какими-либо физическими или физико-химическими свойствами. Псевдобинарной называют многокомпонентную смесь, в которой неопределяемые компоненты резко отличаются по физическим или физико-химическим свойствам от определяемого компонента. Анализ такой смеси аналогичен анализу бинарной.

Анализ многокомпонентных смесей, содержащих три и более компонента, производят только после предварительного разделения смеси на отдельные компоненты.

Специфической особенностью аналитических измерений является сильное влияние на их результаты побочных факторов (температуры, давления, скорости движения вещества и т. п.). Эти факторы особенно влияют на точность таких аналитических приборов, принцип действия которых основан на использовании какого-либо одного свойства вещества (электропроводности, теплопроводности, магнитной или диэлектрической проницаемости и др.). Поэтому автоматические анализаторы обычно оснащены сложным дополнительным оборудованием для отбора пробы, подготовки ее к анализу, стабилизации условий измерений или автоматического введения поправки и т. п.

Многообразие анализируемых веществ и широкий диапазон их составов и свойств обусловили производство автоматических приборов с чрезвычайно разнообразными методами анализа.

Для анализа бинарных смесей в химической промышленности наибольшее применение получили аналитические приборы со следующими методами измерений:

*механическим*, основанным на механических свойствах газов и жидкостей или механических явлениях, протекающих в них;

*тепловым*, основанным на тепловых свойствах анализируемого вещества или тепловых явлениях, протекающих в нем;

*магнитным*, основанным на магнитных свойствах анализируемого вещества или магнитных явлениях, протекающих в нем;

*электрохимическим*, основанным на электрохимических явлениях в электродных системах, погруженных в анализируемое вещество;

*спектральным*, основанным на взаимодействии излучения с анализируемым веществом или на свойствах излучения самих веществ;

*радиоактивным*, основанным на поглощении или испускании радиоактивного излучения анализируемым веществом;

*диэлькометрическим*, основанным на измерении диэлектрической проницаемости анализируемого вещества;

*химическим*, основанным на протекании химических реакций.

Для анализа многокомпонентных смесей в автоматических анализаторах применяется *метод разделения компонентов*. Этот метод используется в хроматографах и масс-спектрометрах.

Поскольку для каждой отрасли химической промышленности характерны продукты, обладающие специфическими составами и свойствами, приборостроительная промышленность выпускает разнообразные автоматические анализаторы: плотномеры, вискозиметры, газоанализаторы, влагомеры, хроматографы, нефелометры и т.д. Если приборы для измерения таких общетехнических параметров, как давление, уровень, расход и температура, применяются практически во всех производствах, то анализаторы, напротив, как правило, для специфических задач конкретного производства.

Экспресс-влагомер ВИК-1 основан на инфракрасном методе определения влажности и предназначен для непрерывного бесконтактного измерения влажности движущихся текстильных основ на шлихтовальных машинах и тканей после сушки. Измерение осуществляется по отноше-

нию значений отражательной способности влажного материала при длинах волн 1,95 мкм и 1,75 мкм.

Влагомер состоит из оптического преобразователя, блока питания и измерения и реперного устройства.

Расстояние от источника излучения до приемника регулируется от 0,3 до 1,0 м. Выходной сигнал аналоговый, 0-5 мА.

Возможна передача информации на расстояние до 300 м. Шкала прибора в относительных единицах.

Диапазон измерений 0,3-20% влагосодержания, основная погрешность измерения (при доверительной вероятности 0,9) не выше 10% от измеряемой величины.

Питание от сети переменного тока: напряжение 220В, частота 50 Гц, потребляемая мощность не более 100 Вт.

Габарит датчика 300x185x320 мм (масса не более 15,5 кг), габарит блока измерения и питания 380x220x170 мм (масса 20 кг).

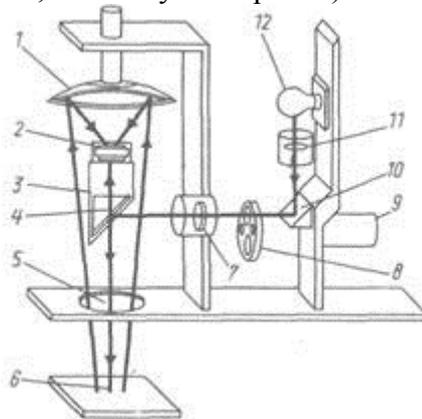
Английским филиалом фирмы Анасон (США) разработан технологический анализатор влагосодержания (модель 1106), предназначенный для измерения влажности движущихся тканей.

В анализаторе используется новый принцип контроля соотношения энергии для повышения точности, устойчивости и воспроизводимости показаний в условиях нестабильной температуры окружающей среды и старения оптических и механических элементов прибора. При этом применяется двойная детекторная система контроля трех участков проецируемого инфракрасного луча: с эталонной, измерительной длинами волн и длиной волны нулевого канала.

Сигнал нулевого канала с датчика, изготовленного из сульфида свинца, образуется путем отделения части потока излучения и направления его на детектор, установленный на медной пластине (рис. 70), не показанной на рисунке, в положении "спина к спине" с другим датчиком, чтобы они имели одинаковую температуру. Пластина при помощи термоэлектрической системы поддерживается при постоянной температуре. Влагосодержание измеряется детектором сигнального канала, который ведет непрерывный контроль соотношения энергии излучений с волнами эталонной и измерительной длины.

Нулевой канал предназначен для контроля энергии, используемой для измерения, для поддержания ее на постоянном уровне независимо от изменений характеристик источника инфракрасного излучения и элементов оптической системы. Для этого инфракрасный луч анализируется вне этих элементов детектором нулевого канала, являющегося регулирующим напряжением питания ИК-источника элементом в контуре обратной связи, включающей инфракрасный источник.

Луч света от источника 12 попадает через объектив 11 на зеркало 10 и далее на диск с двумя фильтрами 8, приводимый в движение двигателем 9. Далее основной ИК-луч через объектив 7 попадает на зеркало 4 и делится на два - нулевой измерительный и эталонный; 2 последних через стеклянное окно 5 попадают на контролируемый материал 6 и отражаются (3 - детектор нулевого канала, 2 - детектор сигнального канала, 1 - вогнутое зеркало).



Основные технические характеристики: диапазоны измерения 0-0,2% и 0-90% влагосодержания; погрешность и воспроизводимость 0,5% от заданного диапазона; расстояние измеряемого

материала от измерительной головки 2,5-20 мм; выходные сигналы 0-10 В постоянного тока; 4-20 мА; 10-50 мА, 1-5 мА постоянного тока; цифровой выходной сигнал. Требуется одна калибровка каждые 60-90 дней. Дрейф менее 1% всей шкалы при изменении температуры больше чем на 22<sup>0</sup>С. Температура окружающего воздуха 0-67<sup>0</sup>С.

Имеются и другие модели - для более высокой и низкой температуры. Прибор имеет сервисное устройство индикации неисправностей: несоответствия скорости двигателя; отсутствия синхронизирующих импульсов; изменения коэффициента усиления; отклонения от заданной температуры детекторов; отклонения режима работы лампы и т.д.

В комплект прибора входят средства калибровки для работы с разными материалами, внешнее цифровое печатающее устройство, автоматические системы перемещения измерительной головки со скоростью 60 м/мин, аналоговые самопишущие приборы и регуляторы, пробоотборные системы, микрокомпьютерные системы, комплектные системы измерения влажности и исходной массы продукта.

Прибор модели 1106 может быть легко и быстро откалиброван на любой диапазон влагосодержания специальными средствами калибровки с помощью стандартных образцов материала. Абсолютная влажность этих образцов определяется гравиметрическим методом. Образцы обычно готовят с приблизительными значениями влагосодержания 0, 25, 50, 75 и 100% от исследуемого диапазона.

Эти образцы затем кладут под измерительную головку, а регулятором чувствительности и нулевого значения настраивают так, чтобы все образцы давали отсчет на шкале и чтобы образцы низкого и высокого влагосодержания соответствовали нулевому и 100%-му выходному сигналу.

Показания прибора относительно каждого образца регистрируются, после чего на основе этих данных строится калибровочная кривая (показания прибора - значения относительного влагосодержания). Калибровку рекомендуется проводить один раз в неделю.

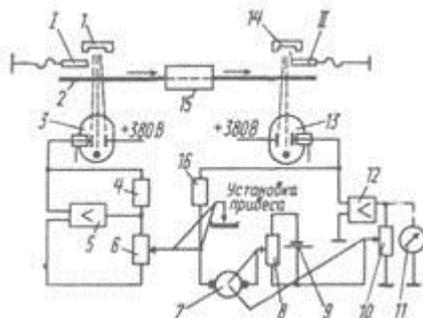
Опыт эксплуатации анализатора показал, что он работает более стабильно, относительная погрешность уменьшилась с 10 до 1%, снизился уровень сигнала шума, дрейф "нуля".

Радиоизотопный измеритель привеса типа РИП-2 предназначен для определения количества нанесенного на ткань вещества, величины отжима или разности влажности ткани по кромкам и устанавливается на технологических линиях крашения, беления или заключительной отделки.

Измеритель имеет стандартные сигналы и используется в качестве датчика в системах автоматического управления. Принцип действия основан на измерении степени ослабления интенсивности  $\beta$ -излучения изотопа криптона-85, прошедшего через измеряемый материал до и после его обработки в зависимости от поверхностной плотности (массы 1 м<sup>2</sup>) материала.

Измеритель состоит из двух датчиков, один из которых устанавливают до, а другой после пропиточной ванны, и электронного устройства. Если датчики устанавливают по кромкам ткани, то измеряется разнокромочность, определяющая в дальнейшем разнооттеночность и т.д.

Схема измерения дифференциальная:



$\beta$ -излучение от источника 1 проходит через измеряемый материал 2 и попадает в ионизационную камеру 3. Ионизационный ток камеры создает на высокоомном нагрузочном сопротивлении 4 падение напряжения, которое преобразуется с помощью динамического конденсатора и усиливается усилителем 5. Нагрузкой усилителя является потенциометр 6 установки заданного привеса,  $\beta$ -излучение источника 14, проходя через материал 2 после узла технологического воздействия 15, попадает в ионизационную камеру 13. Ионизационный ток камеры создает на нагрузоч-

ном высокоомном сопротивлении 16 падение напряжения, которое преобразуется и усиливается усилителем 12. Нагрузкой усилителя является потенциометр 10 и показывающий прибор 11. С движка потенциометра 6 поступает напряжение на нагрузочное высокоомное сопротивление 16, пропорциональное поверхностной плотности ткани и заданному значению привеса. Кроме того, это напряжение является управляющим для электродвигателя 7, механически связанного с потенциометром 10, меняющим глубину отрицательной обратной связи - чувствительность измерителя - в зависимости от величины поверхностной плотности ткани и заданного привеса. Таким образом, следящая система, состоящая из элементов 6, 10, 7 потенциометра 8 с источником питания 9, меняет чувствительность измерителя пропорционально поверхностной плотности ткани и установленного привеса и позволяет получить на показывающем приборе 11 отклонение привеса от заданного значения. Элементы I и II служат для первоначального выравнивания интенсивности  $\beta$  - излучения источников при отсутствии материала. Диапазон измеряемой поверхностной плотности: для сухой ткани 100-430, для влажной 100-600 г/м<sup>2</sup>.

Диапазон измерения привеса 0-250 г/м<sup>2</sup>.

Основная погрешность измерения в диапазоне 0-40 г/м<sup>2</sup> не более 5% верхнего значения диапазона, а в диапазоне 40-250 г/м<sup>2</sup> не более 5% от заданного привеса.

Стандартные выходные сигналы 100-0-100 мВ, 10-0-10 В.

Испытания приборов РИП-2 на красильной линии (определение влажности кромок) и на аппретурной линии (определение количества нанесенного вещества) комбината "Ригас мануфактура" показали, что приборы работают с допустимой погрешностью при холодных растворах. Состав пропиток не влияет на погрешность, зависящую в основном от неравномерности плотности ткани (погрешность остается в допустимых пределах благодаря усреднению плотности по длине).

При горячих обработках необходим обдув воздухом зоны измерения. Отмечено, что на показания влияет положение ткани в измерительном зазоре (8 мм), поэтому необходима стабилизация положения ткани при помощи дополнительных направляющих роликов.

## Тема 6. Системы теплотехнического контроля. Информационные функции АСУ ТП.

В энергетических установках теплотехнические измерения служат для непрерывного производственного контроля за работой оборудования и называются *теплотехническим* (тепловым) *контролем*. Наряду с этим они широко применяются для проведения испытаний оборудования и выполнения научно-исследовательских и наладочных работ.

Современная тепловая электростанция является большим и сложным промышленным предприятием, вырабатывающим электрическую и тепловую энергию за счет сжигаемого в нем топлива. (Производство электрической и тепловой энергий на атомных электростанциях связано с расщеплением атомов радиоактивных веществ.).

### *Назначение теплотехнического контроля*

В соответствии с Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей на основном и вспомогательном оборудовании электростанции устанавливается значительное количество приборов теплотехнического контроля. Большинство из них имеет дистанционную передачу показаний на щиты управления агрегатами.

При эксплуатации тепловой части электростанции производятся измерения ряда основных величин (давления, температуры, расхода и пр.) следующих рабочих веществ:

пара свежего, вторично перегретого, отборного и отработавшего в турбине;  
воды питательной, охлаждающей, химически очищенной, продувочной, сетевой и конденсата;

дымовых газов в топке и газоходах котлоагрегата;

воздуха атмосферного и поступающего в топку котлоагрегата, а также воздуха или водорода, служащего для охлаждения турбогенератора;

масла в системах смазки турбоагрегата, насосов, вентиляторов, дымососов, мельниц и в системе регулирования турбины;

топлива твердого, жидкого и газообразного.

Осуществляются также измерения температуры металла труб котлоагрегатов, частей турбин и т. п.

Главной обязанностью дежурного персонала электростанции является обеспечение надежной и рациональной ее эксплуатации. Успешное выполнение этих задач, а также организация технического учета работы оборудования невозможны без повседневного контроля, осуществляемого посредством измерительных приборов различного назначения.

Теплотехнический контроль на электростанциях позволяет обеспечить:

*надежную и безопасную эксплуатацию установок;*

*экономически наивыгоднейший режим работы оборудования;*

*организацию технического учета работы агрегатов и электростанции в целом.*

Надежная и безопасная эксплуатация электростанции определяется главным образом исправным состоянием и безаварийной работой ее оборудования.

Непрерывный контроль давления, температуры и расхода рабочих веществ, наблюдение за уровнем воды в барабане котлоагрегата и подогревателях, частотой вращения вала турбины, качеством воды и пара и т. п. позволяют обеспечить надежность работы оборудования и безопасность его обслуживания.

Так, например, контроль качества питательной воды и вырабатываемого котлоагрегатом пара необходим для того, чтобы не допустить отложения солей в перегревателе, регулирующих клапанах и лопатках турбины, вызывающего пережог труб перегревателя и понижение мощности и экономичности турбоагрегата. Измерение содержания кислорода в конденсате и питательной воде позволяет предотвратить коррозию оборудования и т. д.

В ряде случаев измерительные приборы, предназначенные для обеспечения надежной и безопасной работы оборудования, одновременно воздействуют на устройства светозвуковой сигнализации о недопустимом отклонении параметра, что облегчает дежурному персоналу предупреждение и ликвидацию аварий.

Экономическим показателем работы электростанции, как известно, является ее к. п. д., зависящий от удельных расходов топлива на выработку электрической и отпущенной потребителю тепловой энергии. Повышение к. п. д. электростанции достигается главным образом путем снижения тепловых потерь котлоагрегатов и турбин и уменьшения расхода электрической и тепловой энергии на ее собственные нужды.

Технический учет на электростанциях осуществляется преимущественно при помощи самопишущих и интегрирующих приборов, объективно отображающих работу обслуживаемого ими оборудования.

#### *Организация теплотехнических измерений*

Повседневное обслуживание установленных на электростанции приборов теплотехнического контроля и устройств автоматизации тепловых процессов производится цехом тепловой автоматики и измерений (ТАИ).

Цех ТАИ является местным органом ведомственной метрологической службы, осуществляющим надзор за теплоизмерительным хозяйством электростанции. В ведении цеха находятся все имеющиеся на станции теплотехнические измерительные приборы и устройства тепловой автоматики.

Цех ТАИ обеспечивает правильную и надежную работу измерительных приборов путем наблюдения за их состоянием, обслуживания, поверки и ремонта. Для выполнения этих задач цех имеет оперативно-эксплуатационную, контрольно-поверочную и ремонтно-наладочную группы и ряд соответствующих лабораторий (давления, расхода и уровня, термометрии и др.). Для получения права производства поверки и ремонта средств измерений цех ТАИ проходит регистрацию в органах Госстандарта СССР.

Для обслуживания приборов и наблюдения за их работой оперативно-эксплуатационная группа устанавливает круглосуточное дежурство.

Контрольно-поверочная группа цеха периодически, по утвержденному графику, производит поверку приборов как, на месте установки, так и в лабораториях. Для этой цели лаборатории

цеха оснащены образцовыми и лабораторными приборами, испытательными стендами и поверочными приспособлениями.

Ремонт и регулировка измерительных приборов производятся ремонтно-наладочной группой цеха при повреждении их, а также в случае снижения точности показаний за допускаемые пределы. Обычно ремонтно-наладочная группа состоит из нескольких бригад, каждая из которых производит ревизии, планово-предупредительный и текущий ремонты соответствующих приборов.

Для ремонта приборов и авторегуляторов цех ТАИ обычно имеет небольшие мастерские - слесарно-механические и точной механики. Вследствие токсичности паров ртути ремонт приборов с ртутным заполнением (и вредными реактивами) производится в специально оборудованном, изолированном и снабженном вентиляцией помещении цеха.

Цех ТАИ обеспечивает также производственные подразделения станции необходимой измерительной аппаратурой для проведения работ по наладке и испытанию оборудования.

В цехе хранятся паспорта и карточки на все имеющиеся на электростанции теплотехнические измерительные приборы. В карточку, являющуюся постоянно действующим документом, характеризующим состояние прибора в процессе эксплуатации, цехом вносятся технические данные о приборе, результаты проверок, сведения о ревизиях и ремонте, перестановках и др. В цехе находятся также схемы теплотехнического контроля оборудования электростанции, принципиальные и монтажные схемы установленных на электростанции приборов и инструкции, описывающие устройство, правила установки, обслуживания и поверки приборов.

При районных энергетических управлениях крупных энергосистем организуется центральная служба тепловой автоматики и измерений (ЦСТАИ). Эта служба руководит работой цехов ТАИ электростанций, оказывает им техническую помощь по наладке приборов и авторегуляторов, а также по внедрению новой аппаратуры, следит за работой цеха как местного органа ведомственной метрологической службы и организует в центральных мастерских и лабораториях энергосистемы капитальный ремонт и поверку сложных приборов.

#### Тема 7. Входные устройства автоматики

Входные устройства – это устройства, предназначенные для подачи информационных сигналов на вход устройств управления (т.е. в центральную часть САУ) либо со стороны оператора (коммутационные аппараты ручного ввода), либо со стороны объекта управления (датчики).

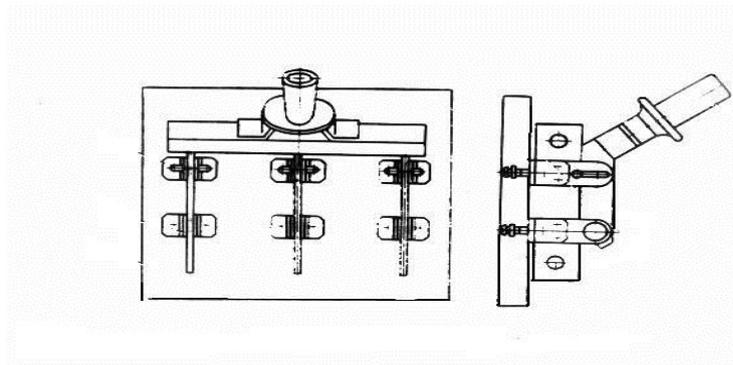
Аппаратуру ручного управления по своему назначению и использованию подразделяют на аппараты для непосредственной коммутации силовых цепей и аппараты для коммутации цепей управления.

##### *Аппараты для коммутации силовых цепей*

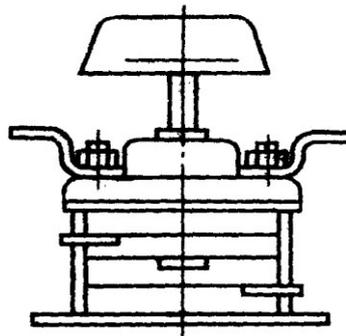
Используются для коммутации обмоток электродвигателей, электромагнитов, трансформаторов, нагревателей и т.п., напряжение которых составляет: для переменного тока ~220, 380, 660 В, для постоянного тока =110, 220, 440 В.

##### *Примеры аппаратов коммутации силовых цепей:*

1. Самый простой аппарат – рубильник. Применяется на электрошкафах для общего включения – отключения сети. В тяжёлом станкостроении до сих пор применяют трёхполюсные рубильники в цепях трёхфазного переменного тока и двухполюсные – в цепях постоянного тока. Во всех прочих областях станкостроения применяют автоматические выключатели.



2. Пакетные переключатели представляют собой набор из наложенных друг на друга однополюсных поворотных выключателей, управляемых общим валиком, при этом часть цепей замыкается, а часть размыкается. Максимальное количество положений переключателей - от 2 до 5, а число коммутируемых цепей - до 48. Ток коммутации – до 63 А.



#### *Аппараты для коммутации цепей управления*

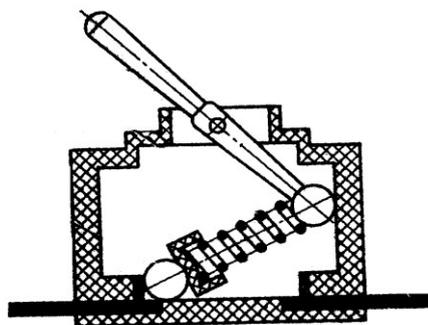
Используются для пуска и аварийного останова технологических машин, переключения режимов их работы, ввода программ и уставок, для коммутации слаботочных устройств контроля, сигнализации и регулирования.

#### *Примеры аппаратов коммутации цепей управления:*

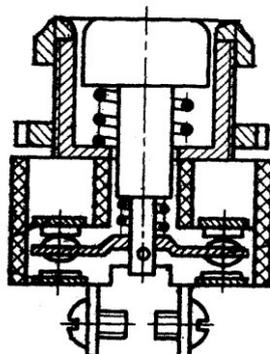
1. Пакетные переключатели - такие же аппараты, как и для коммутации силовых цепей, но меньших размеров и имеющие меньший ток коммутации. Наиболее распространенными переключателями цепей управления являются аппараты серий ПКУ2 и ПКУ3 со встроенным замком.

2. *Универсальные кулачковые переключатели* – их универсальность достигается за счет большого числа вариантов схем соединений (до 300) при числе положений 2-10 и количеству коммутируемых цепей – до 48. Ток – до 12 А.

3. *Тумблеры* предназначены, как правило, для фланцевого монтажа на панелях пультов управления. Тумблер – это однополюсный выключатель для коммутации цепей малой мощности. Скорость его срабатывания не зависит от скорости поворота рычага.



4. Кнопки управления – это аппараты, подвижные контакты которых перемещаются и срабатывают при нажатии на толкатель. Комплект кнопок, смонтированных на общей панели (или в блоке), представляет собой кнопочную станцию.



Особенностью контактных коммутационных устройств ручного управления является их относительно высокая надежность, что объясняется большими контактными нажатиями, возможностью приложения значительных усилий при переключении и в большинстве случаев – возможностью повторного многократного включения при отсутствии контакта после неудачного включения.

В особую группу входных устройств ручного управления следует выделить бесконтактные сенсорные кнопочные станции и панели операторов, являющиеся по сути человеко-машинным интерфейсом (HMI) и средствами отображения информации. Рассмотрим некоторые виды сенсорных устройств на примере продукции фирмы «Siemens» .



1. Кнопочные панели. Кнопочные панели (Pushbutton panels) являются современной альтернативой традиционно коммутируемым операторским панелям управления. Предварительно собранные, готовые к установке и работающие по шине, эти операторские панели гарантируют значительную экономию времени по сравнению с традиционным подключением кнопок управления.

2. Микропанели. Спроектированы для совместного применения с микроконтроллерами SIMATIC S7-200 и могут использоваться либо как текстовые дисплеи, либо как сенсорные экраны. Микропанели конфигурируются и программируются с помощью стандартного программного обеспечения ПЛК S7-200 Step7-Micro/WIN, или с использованием специального пакета TP-Designer.

3. Мобильные панели. Переносные операторские панели обеспечивают функции ЧМИ непосредственно в месте действия оборудования, в поле прямой видимости и прямого доступа к объекту. Они легко и надежно подключаются к работающему оборудованию и, как следствие, могут гибко использоваться для различных машин и установок.

4. Текстовые панели. Используются как текстовые дисплеи (ТД) только для отображения, или как операторские панели (ОП) с мембранной клавиатурой для операторского управления и мониторинга.

5. Мультипанели. Доступны в вариантах с сенсорным экраном или экранной клавиатурой. Могут использоваться как панели для управления и мониторинга. Мультипанели (МР) обеспечивают возможность установки дополнительных программных приложений, позволяя интегрировать несколько задач автоматизации на единой конструктивной платформе.

## Тема 8. Выходные устройства автоматизации

**Запорная и регулирующая арматура**



### Электрические исполнительные механизмы

Электрические ИМ по принципу действия подразделяются на электромагнитные и электродвигательные (электромашинные).

- Электромагнитные ИМ дискретного действия выполняются в основном на базе электромагнитов постоянного и переменного тока и постоянных магнитов. Жесткое и упругое соединение узлов систем осуществляют различного рода электромагнитные муфты.
- Основным элементом электродвигательного ИМ является электрический двигатель постоянного или переменного тока. Такие исполнительные механизмы обычно называют электроприводами.

**Преобразователи частоты**

**Энергосбережение в электроприводе**

1. Пути энергосбережения в электроприводе
2. Эффективность частотного управления электроприводами центробежных механизмов
3. Расчет экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода

Рыбалев А.Н., канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники АмГУ

**ПУСКОЗАЩИТНАЯ АППАРАТУРА**






Гидравлический привод

## Тема 9. Устройства центральной части



## Тема 10. Каналы связи

### 9.1. Промышленные сети

По началу НЕпромышленные

## Тема 11. Устройства отображения информации

Средства человеко-машинного интерфейса остаются одним из ключевых компонентов систем автоматизации. Однако их внешний вид и функциональные возможности претерпевают существенные изменения.

*Главный тренд — виртуализация НМИ*



Важный компонент любой системы автоматизации — средства человеко-машинного интерфейса (НМИ – англ. Human-Machine Interface). Их роль, как и роль производственного персонала, по-прежнему велика, не смотря на то, что уровень автоматизации промышленных предприятий постоянно растет. Какой бы совершенной ни была система управления, принятие критически важных решений всегда остается за человеком, а значит он должен оперативно и в удобной форме получать информацию о техпроцессе и иметь возможность контролировать и влиять на него.

НМИ представляет собой набор технических средств, предназначенных для обеспечения непосредственного взаимодействия между оператором и оборудованием, он позволяет оператору управлять и контролировать работу технических систем. Удобство, надежность и функциональность средств НМИ во многом определяет успех работы всей АСУ.

Исторически под НМИ понимали кнопки, переключатели, стрелочные приборы и т.д. В современном мире на смену физическим устройствам постепенно приходят виртуальные. Так сегодня панель оператора, содержит виртуальные кнопки, графики, аналоговые и цифровые показатели. Благодаря виртуализации в диспетчерской появляется экран, на котором можно отобразить все, что необходимо; причем есть возможность пользоваться множеством сменяемых изображений. Это намного удобнее по сравнению с физическими кнопками, которые не обеспечивают должной наглядности, занимают место на диспетчерской панели и не могут быть убраны или с легкостью заменены.

Однако полного отказа от физических устройств не происходит в силу следования стандартам безопасности. На сегодняшний день сохраняются требования, в соответствии с которыми кнопка аварийного отключения и лампа состояния аварии должны представлять собой реальные объекты, поскольку это позволяет создавать физический разрыв в цепи управления и контролировать ситуацию даже в том случае, если панель полностью погасла.

Важно подчеркнуть, что панель оператора и человеко-машинный интерфейс — не тождественные понятия. Панель — это всего лишь интерфейс, где технология производства экрана немногим отличается от телевизионного. Большинство же ее возможностей и «интеллектуальных способностей» определяется программными средствами. Таким образом, эволюция НМИ — это всегда параллельные процессы развития аппаратных средств и программного обеспечения (ПО).

### *Средства НМИ для большой и малой автоматизации*

Выбор средств НМИ определяется главным образом задачами автоматизации. Первый критерий выбора — архитектура системы автоматизации: она определяет тип сети или шины передачи данных и объем информации для оператора. Вторым критерием — потребности операторов системы человеко-машинного интерфейса.

Промышленную автоматизацию можно условно разделить на два ключевых направления — «малая» автоматизация, включающая решения для отдельных машин и механизмов, и «большая» — предназначенная для управления сложными техпроцессами и даже целым производственным комплексом. Малая и большая автоматизация будут выдвигать разные требования к НМИ.

Прежде всего, принципиально различаются концепции отображения информации на панели. При автоматизации отдельных машин важна наглядность, прорисовка, возможность создания собственных динамических картинок, отображающих протекание операций. Здесь могут использоваться яркие изображения и анимация.

Для отображения сложных систем, напротив, необходимы унифицированные, минималистичные отображения. Важно, чтобы оператор максимально быстро замечал сбои в контролируемых процессах. Цветная, быстро меняющаяся картинка отвлекает внимание, в то время как, наблюдая за однообразным и систематизированным потоком данных, проще сосредоточиться и своевременно отследить предупреждение и распознать опасную ситуацию.

Другое требование «большой» автоматизации связано со сложностью процессных систем, где в большинстве случаев используется оборудование от нескольких производителей. Для потребителей данной категории на первый план выходит легкость интеграции HMI с остальными компонентами АСУ, поддержка открытых протоколов связи (чаще всего по каналу Ethernet), а также возможность передачи информации в системы более высокого уровня (SCADA-системы) и масштабируемость решений.

Однако есть и общие требования к HMI, характерные и для машинной, и для процессной автоматизации. Во-первых, это легкость настройки и адаптации под нужды заказчика. Во-вторых, возможность создавать собственные, в том числе динамические, объекты и тиражировать их. В-третьих, четкое и ясное отображение информации, независимо от условий окружающей среды и других факторов. Наконец, в-четвертых, возможность быстро и четко управлять системой, независимо от ее текущего состояния, условий окружающей среды и других факторов.

### *Сенсорные технологии: за и против*

В эпоху смартфонов и планшетов, любой экран воспринимается не только как устройство вывода информации, но и как устройство ввода. Не удивительно, что технология сенсорных панелей (touch screen) все активнее используется в промышленности. Однако, в отличие от потребительской сферы, в промышленной автоматизации применяются в основном резистивные, а не емкостные дисплеи. Это связано с повышенными требованиями к безопасности и надежности. Резистивные экраны имеют определенные недостатки — они обеспечивают менее яркие цвета и не позволяют полноценно реализовать технологию multi touch (считывание прикосновения в нескольких точках). Тем не менее, они больше подходят для условий промышленной эксплуатации, где не исключено попадание на чувствительную часть экрана токопроводящей стружки, а нажатие необходимо производить в перчатках.

Передовые решения на резистивных экранах уже сегодня позволяют реализовать технологию double touch (считывание прикосновения в двух точках). Такие экраны обладают всеми привычными для пользователей смартфонов функциями — перелистывание, изменение масштаба, прокрутка экрана и т.д. К примеру, такие возможности реализованы на панелях Magelis GTU, разработанных компанией Schneider Electric. Отличительная особенность панелей Magelis GTU — модульность конструкции: панель состоит из двух частей — процессорного модуля и экрана. Это позволяет более гибко подходить к решению нужд заказчика. В ближайшем будущем компания планирует выпустить на рынок также операторские панели на емкостных экранах с функцией multi touch.

Благодаря развитию сенсорных технологий кнопочные устройства ввода информации (такие как клавиатура, мышь и подобная техника) нередко уступают свое место панелям с виртуальными кнопками. Однако производители не отказываются от возможности подключения этих устройств, а также периферийной техники — принтеров или считывателей штрих-кодов (barcode). К тому же, не все новейшие технологии ввода информации подходят для применения в промышленности. Например, использование голосового ввода данных в области управления АСУ связано с огромными рисками нарушения прав доступа.

### *Легкость конфигурации за счет программных средств*

Как уже отмечалось выше, многие инновационные возможности панелей оператора связаны с эволюцией программного обеспечения. Именно от характеристик софта зависят скорость разработки приложений, гибкость настройки, возможность реализовывать любые пожелания клиента.

Обычно аппаратные средства HMI не имеют выраженной отраслевой специфики и определяются наличием сертификатов различных классификационных обществ, таких как МЭК, UL, CSA, EAC, морские BV, GL, и АTEX. Для адаптации диспетчерских панелей к требованиям раз-

личных производств используются специальные программные продукты — библиотеки, содержащие тысячи готовых объектов, к примеру, конвейеры, вентиляторы, миксеры и т.д. Однако зачастую компании-потребители специализируются на достаточно узких сегментах рынка. Это ведет к тому, что до 90 % встроенных объектов библиотек может не использоваться.

Пример решения такой проблемы можно проследить на примере эволюции софта Schneider Electric: ПО Vijeo Designer содержало до 6 тыс. готовых объектов, в то время как как готовящаяся к выпуску новая версия софта Vijeo XD будет оснащена небольшим количеством встроенных объектов, что компенсируется поддержкой векторной графики и возможностью создавать собственные объекты, в том числе и динамические.

Также адаптировать средства HMI к отраслевым задачам можно за счет использования готовых архитектур — TVDA (Technical validated documented architecture), созданных компанией Schneider Electric. Эти архитектуры протестированы производителем и гарантируют надежную работу всей системы в целом. Благодаря TVDA отпадает необходимость писать громоздкие программы, достаточно ввести параметры для уже готовых архитектур.

Существенно расширить возможности программного обеспечения для конфигурирования панелей можно за счет поддержки сценарного языка программирования Java Script, который позволяет реализовать практически любую логику.

Избежать ошибок при написании сценариев поможет использование «конструкторов», содержащих готовые блоки для построения «тела» программы. В частности, Vijeo XD будет иметь встроенный инструмент Google Blockly, повышающий скорость конфигурирования панелей HMI.

Есть и другие пути сократить время настройки панели оператора. Как правило, для внесения изменений и исправлений, необходимо «перезалить» проект в панель. Однако в случае с самым современным ПО этого не требуется: во время отладки изменения можно вносить в режиме онлайн без перезагрузки. В Vijeo XD эта функция также будет реализована.

Так же Vijeo XD сможет раскрыть все преимущества использования double touch технологии: при создании проекта нет ограничения на физический размер экрана панели оператора.

Современный софт позволяет с легкостью изменить графику в соответствии со вкусами заказчика. Дело в том, что человеко-машинный интерфейс — это компонент АСУ, наиболее подверженный субъективной оценке пользователя. Бывает так, что логика системы автоматизации работает прекрасно, но клиенту визуально не нравится графика на панели. Для решения этой проблемы ПО последнего поколения оснащено функцией создания тем и шаблонов, по аналогии с тем, как это реализовано в Microsoft PowerPoint.

В распоряжении пользователя такие возможности как градиентная заливка цвета, конфигурирование прозрачности объекта, использование шрифтов true type. Система позволяет открывать несколько страниц в одном окне и осуществлять навигацию независимо в каждой секции. Размер объектов на экране автоматически изменяется в соответствии с размером экрана. Так несколько элементарных действий позволяют существенно повысить удовлетворенность клиента.

### *Мобильность и дистанционное управление*

Один из ключевых трендов рынка средств HMI последних лет — возможность контролировать производственные процессы не только с помощью стационарных панелей, но и с помощью мобильных устройств. Не случайно ведущие игроки рынка активно разрабатывают специальные мобильные приложения для АСУ.

К примеру, решение Vijeo Design Air от Schneider Electric дает возможность отображать экран панели управления оператора на смартфоне или планшете. Эта функция востребована там, где есть необходимость контролировать удаленное оборудование. Расширенный вариант — Vijeo Design Air Plus — позволяет техническому руководителю или инженеру-разработчику на своем мобильном устройстве создавать дополнительные экраны, не связанные с экраном панели оператора. С их помощью можно менять настройки, недоступные на обычных рабочих станциях.

Также современные панели оператора могут взаимодействовать с пользователем на расстоянии, отправляя ему SMS или электронные письма.

### *Единство средств автоматизации*

Основными потребителями средств НМІ являются разработчики АСУ, а для данной категории принципиальна возможность интеграции софта для программирования контроллеров и операторской панели. Единая платформа увеличивает скорость разработки и запуска проекта, избавляя от дублирования действий. Компания Schneider Electric, являясь одним из немногих игроков рынка, предлагающих комплексные решения по автоматизации, в полной мере руководствуется данным требованием рынка при разработке своих продуктов.

В частности, конфигураторы панелей Vijeo Designer и Vijeo XD могут выступать как составная часть ПО SoMachine, используемого в рамках архитектуры MachineStruxure, предназначенной для автоматизации отдельных машин и механизмов. А могут быть интегрированы в пакет для процессной автоматизации Alliance Software Pack, используемый для программирования логических контроллеров в рамках построения архитектуры PlantStruxure.

В целом стоимость средств НМІ для процессной автоматизации составляет малый процент от совокупных затрат на проект по внедрению АСУ. Поэтому большинство заказчиков АСУ выбирают комплексные монобрендовые решения — то есть панели оператора, контроллеры и другое смежное оборудование от одного и того же производителя. Это гарантирует совместимость компонентов системы автоматизации с программными или аппаратными средствами НМІ.

Для некоторых заказчиков важно, чтобы панель оператора являлась не только частью АСУ, но и частью информационных систем более высокого уровня. Для этой цели могут использоваться два независимых Ethernet-порта в панелях серии GTU, обеспечивающих работу панели одновременно в двух разных сетях. К примеру, через один порт приходит информация с контроллеров, через другой — она автоматически отправляется в SCADA-систему.

Таким образом, одно из ключевых требований современного рынка большой автоматизации — интеграция оборудования и программного обеспечения в самых разных плоскостях. Поэтому способность компании-поставщика НМІ обеспечить полный спектр комплексных программно-аппаратных решений становится одним из ключевых конкурентных преимуществ.

В противоположность архитектурам, предназначенным для работы с одной установкой, в данном случае существует возможность построения распределенных архитектур человеко-машинного интерфейса. В таких архитектурах работа с оборудованием происходит глобально, что позволяет обеспечить тесный контакт с ПО управления предприятием (ERP).

Этот тип средств НМІ требует наличия высоких вычислительных возможностей, поэтому для этих целей применяются полноценные промышленные компьютеры. Благодаря промышленному исполнению такие устройства могут работать в сложных условиях производства, характеризующихся высоким уровнем электромагнитных помех, неблагоприятными климатическими условиями и т.д. Промышленные компьютеры поставляются с установленными операционными системами Windows, SCADA-системами (системами диспетчерского управления и сбора данных) для установки приложений, либо системами НМІ или web-интерфейса в зависимости от потребностей пользователя.

Пакетные предложения Schneider Electric обеспечивают хорошую интеграцию корпоративных систем управления (баз данных, системы управления предприятием и т.д.) и систем управления на основе ПЛК.

### *Новые решения для максимальной эффективности*

Делая выводы, отметим, что основные тенденции в развитии средств человеко-машинного интерфейса, связаны с достижениями в сфере информационных технологий, микроэлектроники и средств передачи данных. Причем эволюция происходит в направлении совершенствования как аппаратных, так и программных средств.

Глобальные изменения коснулись систем ввода-вывода информации. Если раньше оператор выполнял функции контроля и управления с помощью аналоговых устройств, то сейчас им все чаще на смену приходят виртуальные. В сферу промышленной автоматизации проникает технология сенсорных экранов с функциями double touch и multi touch. Современное программное обеспечение становится все более гибким, что позволяет адаптировать панель оператора под индивидуальные потребности и сценарии.

Средства НМІ остаются неотъемлемой частью системы автоматизации, и должны легко интегрироваться с любыми ее компонентами, зачастую — и с системами верхнего уровня. Поэтому заказчики отдают предпочтение комплексным предложениям по автоматизации или, как минимум, используют оборудование, работающее по открытым протоколам. Благодаря грамотному выбору и конфигурации средств НМІ пользователи могут эффективнее контролировать технологические процессы, повышать производительность, минимизировать время простоев и, в итоге, улучшать свои бизнес-показатели.

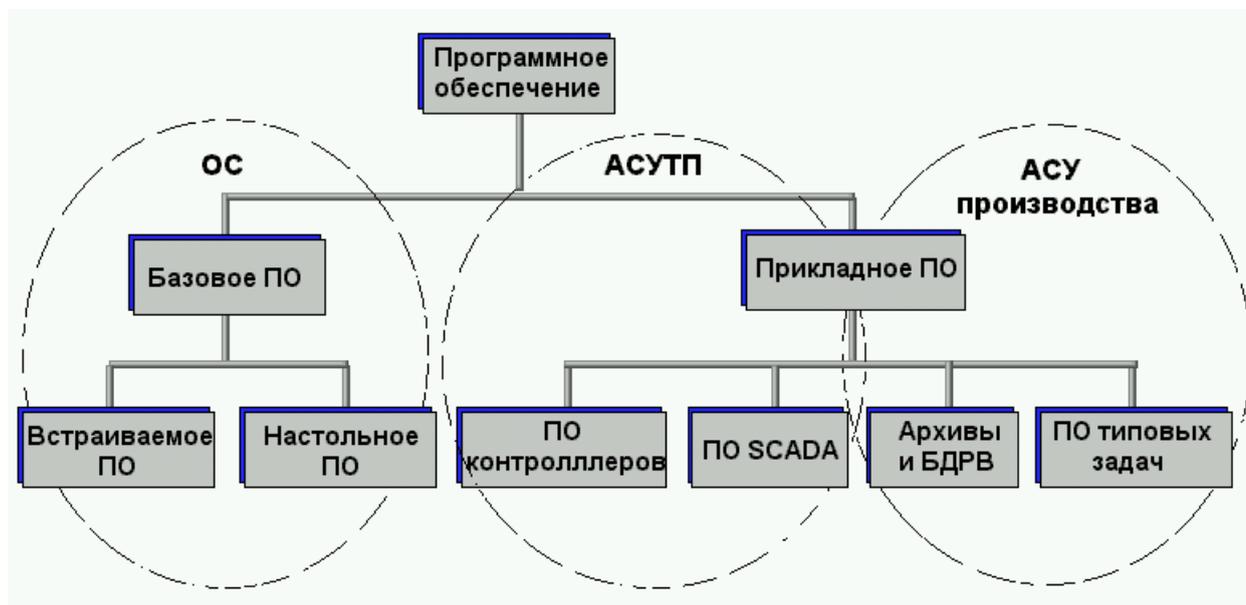
## Тема 12. Программное обеспечение систем автоматизации

В типовой архитектуре SCADA-системы явно просматриваются два уровня:

уровень локальных контроллеров, взаимодействующих с объектом управления посредством датчиков и исполнительных устройств;

уровень оперативного управления технологическим процессом, основными компонентами которого являются серверы, рабочие станции операторов/диспетчеров, АРМ специалистов.

Каждый из этих уровней функционирует под управлением специализированного программного обеспечения (ПО). Разработка этого ПО или его выбор из предлагаемых в настоящее время на рынке программных средств зависит от многих факторов, прежде всего от решаемых на конкретном уровне задач.



Различают **базовое** и **прикладное** программное обеспечение.

**Базовое** ПО включает в себя различные компоненты, но основным из них является операционная система (ОС) программно-технических средств АСУТП. Каждый уровень АСУТП представлен «своими» программно-техническими средствами: на нижнем уровне речь идет о контроллерах, тогда как основным техническим средством верхнего уровня является компьютер. В соответствии с этим в кругу специалистов появилась и такая классификация: **встраиваемое** и **настольное** программное обеспечение.

Очевидно, требования, предъявляемые к встраиваемому и настольному ПО, различны. Контроллер в системе управления наряду с функциями сбора информации решает задачи автоматического непрерывного или логического управления. В связи с этим к нему предъявляются жесткие требования по времени реакции на состояние объекта и выдачи управляющих воздействий на исполнительные устройства. Контроллер должен *гарантированно* откликаться на изменения состояния объекта за *заданное* время.

Для решения подобных задач рекомендуется применение **ОС реального времени (ОСРВ)**. Такие операционные системы иногда называют детерминированными, подразумевая под этим гарантированный отклик за заданный промежуток времени. Большинство микропроцессорных устройств (в том числе контроллеры и компьютеры) используют механизм прерываний работы процессора. В ОС реального времени, в отличие от ОС общего назначения (не гарантирующих времени исполнения), прерываниям присвоены приоритеты, а сами прерывания обрабатываются за гарантированное время.

Выбор ОС зависит от жесткости требований реального времени. Для задач, критичных к реакции системы управления, в настоящее время применяются такие операционные системы реального времени, как **OS-9, QNX, VxWorks**. В системах с менее жесткими требованиями к реальному времени возможно применение версий Windows NT/CE, точнее их расширений реального времени.

**OS-9** относится к классу Unix-подобных операционных систем реального времени и предлагает многие привычные элементы среды Unix. Все функциональные компоненты OS-9, включая ядро, иерархические файловые менеджеры, систему ввода/вывода и средства разработки, реализованы в виде независимых модулей. Комбинируя эти модули, разработчик может создавать системы с самой разной конфигурацией - от миниатюрных автономных ядер, ориентированных на ПЗУ контроллеров, до полномасштабных многопользовательских систем разработки.

OS-9 обеспечивает выполнение всех основных функций операционных систем реального времени: управление прерываниями, межзадачный обмен информацией и синхронизация задач.

Операционная система **QNX** разработки канадской фирмы QNX Software Systems Ltd. является одной из наиболее широко используемых систем реального времени. QNX гарантирует время реакции в пределах от нескольких десятков микросекунд до нескольких миллисекунд (в зависимости от быстродействия ПЭВМ и версии QNX). Кроме того, высокая эффективность QNX в задачах управления в реальном времени обеспечивается такими свойствами, как многозадачность (до 250 задач на одном узле), встроенные в ядро системы сетевые возможности, гибкое управление прерываниями и приоритетами, возможность выполнения задач в защищенном и фоновом режимах.

Операционная система QNX нашла применение как на нижнем уровне АСУТП (ОС для контроллеров), так и на верхнем уровне (ОС для программного обеспечения SCADA).

Операционная система реального времени **VxWorks** предназначена для разработки ПО встроенных компьютеров, работающих в системах «жесткого» реального времени. К операционной системе VxWorks прилагается и инструментальная среда Tornado фирмы Wind River Systems со средствами разработки прикладного программного обеспечения. Его разработка ведется на инструментальном компьютере в среде Tornado для последующего исполнения на целевом компьютере (контроллере) под управлением VxWorks.

ОС VxWorks поддерживает целый ряд компьютерных платформ, в том числе Intel 386/486/Pentium, PowerPC, DEC Alpha. К платформам, поддерживаемым инструментальной средой Tornado, относятся Sun (Solaris), HP 9000/400,700, DEC Alpha, PC (Windows 95 и NT) и другие.

Операционная система **Windows** знакома всем как настольная система. Но это, прежде всего, относится к платформам Windows 3.xx/95, в которых действительно отсутствует поддержка реального времени. Ситуация резко изменилась с появлением Windows NT. Сама по себе Windows NT не является операционной системой реального времени в силу ряда ее особенностей. Система поддерживает аппаратные (а не программные) прерывания, отсутствует приоритетная обработка отложенных процедур и др. Но в конце XX века ряд фирм предприняли серьезные попытки превратить Windows NT в ОС жесткого реального времени. И эти попытки увенчались успехом. Компания VenturCom разработала модуль Real Time Extension (RTX) - подсистему реального вре-

мени (PB) для Windows NT. Эта подсистема имеет собственный планировщик со 128 приоритетами прерываний, который не зависит от NT. Максимальное время реакции на прерывание составляет 20-80 мкс вне зависимости от загрузки процессора. Теперь при каждом прерывании от таймера приоритет передается критичным по времени задачам. А в оставшееся от их работы время могут выполняться «медленные» процессы: ввод/вывод, работа с диском, сетью, графическим интерфейсом и т. п.

32-разрядная **Windows CE** была создана компанией Microsoft для малых компьютеров (калькуляторов), но в силу ряда достоинств стала претендовать на роль стандартной ОС реального времени. К числу этих достоинств относятся:

открытость и простота стыковки с другими ОС семейства Windows;

время реакции порядка 500 мкс;

значительно меньшие по сравнению с другими ОС Windows требования к ресурсам памяти и возможность построения бездисковых систем.

А в 1999 году компанией Direct by Kooyo ОС Windows CE была впервые установлена на платформу микроPLC.

Выбор операционной системы программно-технических средств **верхнего уровня** АСУТП определяется прикладной задачей (ОС общего пользования или ОСРВ). Но наибольшую популярность и распространение получили различные варианты ОС Windows (Windows NT/2000). Ими оснащены программно-технические средства верхнего уровня АСУТП, представленные персональными компьютерами (ПК) разной мощности и конфигурации - рабочие станции операторов/диспетчеров и специалистов, серверы баз данных (БД) и т. д.

Такая ситуация возникла в результате целого ряда причин и тенденций развития современных информационных и микропроцессорных технологий.

Вот несколько основных аргументов в пользу Windows:

Windows имеет очень широкое распространение в мире, в том числе и в России, в связи с чем легко найти специалиста, который мог бы сопровождать системы на базе этой ОС;

эта ОС имеет множество приложений, обеспечивающих решение различных задач обработки и представления информации;

ОС Windows и Windows-приложения просты в освоении и обладают типовым интуитивно понятным интерфейсом;

приложения, работающие под управлением Windows, поддерживают общедоступные стандарты обмена данными;

системы на базе ОС Windows просты в эксплуатации и развитии, что делает их экономичными как с точки зрения поддержки, так и при поэтапном росте;

Microsoft развивает информационные технологии (ИТ) для Windows высокими темпами, что позволяет компаниям, использующим эту платформу «идти в ногу со временем».

Также следует учитывать и то, что неотъемлемой частью верхнего уровня АСУ ТП является человек, время реакции которого на события недетерминировано и зачастую достаточно велико. Да и сама проблема реального времени на верхнем уровне не столь актуальна.

В 90-х годах широкое распространение получила ОС реального времени QNX. Имеется множество примеров использования QNX на всех уровнях иерархической структуры АСУТП (от контроллеров до серверов и рабочих станций). Но в последние годы активность компании на рынке SCADA-систем значительно снизилась, что привело и к снижению числа продаж этого программного продукта. Объясняется это тем, что еще в 1995 году компания QNX Software Systems Ltd. объявила об «уходе» во встроенные системы.

С точки зрения разработки системы управления предпочтительна такая программная архитектура, в которой ПО всех уровней управления реализовано в единой операционной системе. В этом случае «автоматически» снимаются все вопросы, связанные с вертикальным взаимодействием различных программных компонент системы управления. Но на практике это далеко не так. Достаточно часто в разрабатываемых системах контроля и управления нижний и верхний уровни реализуются в разных ОС. И наиболее характерна ситуация, когда на уровне контроллера используется ОС реального времени, а на уровне оператора/диспетчера SCADA-система функционирует

под WindowsNT. Без специализированных решений по организации взаимодействия между подсистемами здесь не обойтись.

Для функционирования системы управления необходим и еще один тип ПО - **прикладное программное обеспечение (ППО)**.

Известны два пути разработки прикладного программного обеспечения систем управления: создание собственного прикладного ПО с использованием средств традиционного программирования (стандартные языки программирования, средства отладки и т.д.); использование для разработки прикладного ПО существующих (готовых) инструментальных средств.

Первый вариант является наиболее трудоемким. Применение высокоуровневых языков требует соответствующей квалификации разработчиков в теории и технологии программирования, знания особенностей конкретной операционной системы, тонкостей аппаратного обеспечения (контроллеров). С точки зрения основных критериев - стоимости и времени разработки - этот вариант неприемлем в большинстве случаев.

Второй вариант является более предпочтительным. Почему? А потому, что на сегодняшний день в мире уже создано несколько десятков инструментальных систем, хорошо поддерживаемых, развиваемых и нашедших применение при создании десятков и сотен тысяч проектов автоматизации. Эти проверенные временем программные средства упрощают (разработчики интерфейсов - не высококлассные программисты, а специалисты по автоматизации), ускоряют и значительно удешевляют процесс разработки.

С точки зрения области применения готовые инструментальные средства можно разделить на два класса:

средства, ориентированные на разработку программ управления внешними устройствами, контроллерами - **CASE-системы (Computer Aided Software Engineering)**;

средства, ориентированные на обеспечение интерфейса оператора/ диспетчера с системой управления - **SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition** - диспетчерское управление и сбор данных).

Контроллеру требуется **программа**, в соответствии с которой он взаимодействует с объектом. В одних случаях речь идет только о сборе данных с объекта, в других - о логическом управлении (например, выполнении блокировок). Наконец, одно из основных применений контроллера - реализация функций непрерывного управления отдельными параметрами или технологическим аппаратом (процессом) в целом.

Фирмы, производящие оборудование для построения систем автоматизации, всегда стремились сопровождать свою продукцию набором программных инструментов, с помощью которых пользователь по определенным правилам и соглашениям мог бы описывать логику работы контроллера. На раннем этапе развития этих программных средств набор поддерживаемых ими функций обеспечивался нестандартными языками. Со временем правила и соглашения совершенствовались и на определенном этапе были оформлены в виде специальных языков программирования, образовав то, что сейчас называется **CASE-инструментарием**.

В 1992 году Международная Электротехническая Комиссия (МЭК, IEC - International Electrotechnical Commission,) взяла под контроль процессы, связанные с развитием этого типа прикладного ПО. Были выдвинуты требования открытости системы, выполнение которых позволило бы унифицировать программные средства и упростить разработку:

возможность разработки драйверов для контроллеров самими пользователями, т.е. сопровождение программных продуктов по программированию контроллеров специальными инструментальными средствами;

наличие коммуникационных средств (интерфейсов) для взаимодействия с другими компонентами системы управления;

возможность портирования ядра системы на ряд программно-аппаратных платформ.

На рынке появилось большое количество пакетов, удовлетворяющих вышеописанным требованиям. Практически во всех этих пакетах среда разработки реализована в **Windows**-интерфейсе, имеются средства загрузки разработанного приложения в исполнительную систему.

Названия некоторых из этих пакетов приведены ниже:

RSLogix 500, RS Logix 5, RSLogix 5000 фирмы Rockwell Software для программирования контроллеров различных семейств Allen-Bradley;

DirectSOFT для контроллеров семейства Direct Logic фирмы Kooyo;

пакеты PL7 и Concept - ПО для программирования контроллеров различных семейств компании Schneider Electric;

пакеты STEP 5, STEP 7 Micro, STEP 7 для программирования контроллеров семейств S5 и S7 фирмы Siemens;

пакет Toolbox для конфигурирования контроллеров семейства Moscad;

пакет TelePACE для программирования контроллеров серий

TeleSAFE Micro 16 и SCADAPack фирмы Control Microsystems.

Стандартом МЭК 1131-3 определены пять языков программирования контроллеров: три графических (LD, FBD, SFC) и два текстовых (ST, IL).

**LD (Ladder Diagram)** - графический язык диаграмм релейной логики. Язык LD применяется для описания логических выражений различного уровня сложности.

**FBD(Function Block Diagram)** - графический язык функциональных блоковых диаграмм. Язык FBD применяется для построения комплексных процедур, состоящих из различных функциональных библиотечных блоков - арифметических, тригонометрических, регуляторов и т.д.).

**SFC (Sequential Function Chart)** - графический язык последовательных функциональных схем. Язык SFC предназначен для использования на этапе проектирования ПО и позволяет описать «скелет» программы - логику ее работы на уровне последовательных шагов и условных переходов.

**ST (Structured Text)** - язык структурированного текста. Это язык высокого уровня, по мнемонике похож на Pascal и применяется для разработки процедур обработки данных.

**IL (Instruction List)** - язык инструкций. Это язык низкого уровня класса ассемблера и применяется для программирования эффективных, оптимизированных процедур.

В конце 90-х годов появились открытые программные продукты ISaGRAF, InControl (Wonderware), Paradym (Intellution), предназначенные для разработки, отладки и исполнения программ управления как дискретными, так и непрерывными процессами.

Сейчас уже можно сказать, что подавляющее большинство контроллеров и систем управления обслуживается программными продуктами, реализующими стандарт МЭК 1131-3.

Широкое применение в России нашел пакет ISaGRAF французской компании CJ International.

#### **Основные возможности пакета:**

Поддержка всех пяти языков стандарта МЭК 1131-3 плюс реализация языка Flow Chart как средства описания диаграмм состояний. При этом ISaGRAF позволяет смешивать программы и процедуры, написанные на разных языках, а также вставлять кодовые последовательности из одного языка в коды, написанные на другом языке.

Наличие многофункционального отладчика, позволяющего во время работы прикладной задачи просматривать состояние программного кода, переменных, программ и многое другое.

Поддержка различных протоколов промышленных сетей.

Реализация опций, обеспечивающих открытость системы для доступа к внутренним структурам данных прикладной ISaGRAF-задачи, а также возможность разработки драйверов для модулей ввода/вывода, разработанных самим пользователем, и возможность переноса ISaGRAF-ядра на любую аппаратно-программную платформу.

Набор драйверов для работы с контроллерами различных фирм-производителей: PEP Modular Computers, Motorola Computer Group и др.

Наличие дополнительных интерактивных редакторов для описания переменных, констант и конфигураций ввода/вывода.

Встроенные средства контроля за внесением изменений в программный код ISaGRAF-приложения и печати отчетов по разработанному проекту с большой степенью детализации, включая печать таблиц перекрестных ссылок для программ и отдельных переменных.

Полное документирование этапов разработки.

Программные средства верхнего уровня АСУТП (SCADA-пакеты) предназначены для создания прикладного программного обеспечения пультов контроля и управления, реализуемых на различных компьютерных платформах и специализированных рабочих станциях. SCADA - пакеты позволяют при минимальной доле программирования на простых языковых средствах разрабатывать многофункциональный интерфейс, обеспечивающий оператора/диспетчера не только полной информацией о технологическом процессе, но и возможностью им управлять.

В своем развитии SCADA - пакеты прошли тот же путь, что и программное обеспечение для программирования контроллеров. На начальном этапе (80-е годы) фирмы-разработчики аппаратных средств создавали собственные (закрытые) SCADA-системы, способные взаимодействовать только со «своей» аппаратурой. Начиная с 90-х годов, появились универсальные (открытые) SCADA - программы.

Понятие открытости является фундаментальным, когда речь идет о программно-аппаратных средствах для построения многоуровневых систем автоматизации. Более подробно об этом будет сказано ниже.

Сейчас на российском рынке присутствует несколько десятков открытых SCADA-пакетов, обладающих практически одинаковыми функциональными возможностями. Но это совсем не означает, что любой из них можно с одинаковыми усилиями (временными и финансовыми) успешно адаптировать к той или иной системе управления, особенно, если речь идет о ее модернизации. Каждый SCADA-пакет является по-своему уникальным, и его выбор для конкретной системы автоматизации, обсуждаемый на страницах специальной периодической прессы почти на протяжении последних десяти лет, по-прежнему остается актуальным.

Ниже приведен перечень наиболее популярных в России SCADA-пакетов.

Trace Mode/Трейс Моуд (AdAstrA) - Россия;

InTouch (Wonderware) - США;

FIX (Intellution) - США;

Genesis (Iconics Co) - США;

Factory Link (United States Data Co) - США;

RealFlex (BJ Software Systems) - США;

Sitex (Jade Software) - Великобритания;

Citect (CI Technology) - Австралия;

WinCC (Siemens) - Германия;

RTWin (SWD Real Time Systems) - Россия;

САРГОН (НВТ - Автоматика) - Россия;

MIK\$\$Sys (МИФИ) - Россия;

Simplicity (GE Fanuc) - США;

RSView (Rockwell Automation) - США и многие другие.

Последовательность представления пакетов в приведенном выше перечне в достаточной степени случайна. Констатируется лишь сам факт существования той или иной системы. Предлагается исходить из предпосылки, что SCADA-пакет существует, если с помощью него уже реализовано хотя бы несколько десятков проектов. Вторая предпосылка - нет абсолютно лучшей SCADA-системы для всех случаев применения. SCADA- это всего лишь удобный инструмент в руках разработчика, и ее адаптация к конкретной системе автоматизации - вопрос квалификации и опыта.

До недавнего времени задача регистрации информации в реальном времени могла быть решена либо на уровне программного обеспечения концентратора (контроллера верхнего уровня), либо на уровне SCADA-системы. При этом речь идет о больших потоках данных о процессе, по-

ступающих от большого количества датчиков (нескольких сот или тысяч) в реальном масштабе времени и с высокой частотой (периоды опроса – порядка секунд и даже долей секунд). На уровне АСУТП эта информация нужна для оперативного управления технологическим процессом.

Данные технологических процессов специфичны. Они, как правило, могут быть представлены в виде временных рядов «значение – время». Для их сбора и хранения практически любой SCADA-пакет имеет в своем составе подсистему регистрации исторических данных (архив) с возможностью последующей выборки требуемых для анализа данных и их представления в виде трендов.

Но такие архивы не предназначены для длительного хранения больших объемов информации. К тому же, речь здесь идет о так называемых локальных архивах. Архив SCADA-пакета хранит информацию о переменных лишь одного конкретного технологического процесса. Но предприятие имеет в своем составе целый ряд технологических процессов, системы управления которыми выполнены, как правило, на различной программно-аппаратной платформе.

В получении оперативных и объективных технологических данных сегодня заинтересованы практически все службы предприятия. Однако характер необходимой информации различен для различных уровней управления. На верхнем уровне (АСУП) нужна только интегрированная (предварительно подготовленная) информация о технологических процессах (данные типа «нарастающим итогом», средних значений за определенные промежутки времени, общее количество произведенных продуктов и т.д.).

Для хранения такой информации хорошо адаптированы базы данных реляционного типа (РБД). Данные в этих базах статичны, связаны многими отношениями, должны быть легко выбираемы по различным сложным критериям. Однако РБД не приспособлены для хранения огромного количества значений параметров, получаемых от SCADA-систем и накапливаемых за достаточно длительное время (до трех и более лет).

В результате, информация, имеющаяся и успешно используемая в АСУТП, недоступна для верхнего уровня.

Таким образом, назрела необходимость создания и внедрения в процесс управления так называемых *исторических архивов* производственных данных или *баз данных реального времени* (БДРВ) *масштаба предприятия*.

Во - первых, такие системы должны обеспечить сбор данных с различных источников производственной информации на предприятии (SCADA-систем, DCS-систем, лабораторных систем - LIMS, различных СУБД и т. п.) и их долговременное хранение в едином формате. Во-вторых - обеспечить доступ к информации специалистам и руководителям всех уровней и служб по стандартным протоколам с помощью специализированных клиентских приложений.

Такие системы от различных производителей (в том числе и от производителей SCADA-систем) уже появились в России и с каждым днем находят все более широкое применение. Среди них IndustrialSQL Server – компонент интегрированного пакета FactorySuite (Wonderware), iHistorian - компонент семейства Intellution Dynamics и другие.

Существует целый ряд задач управления, не перекрываемых ни классом АСУП, ни классом АСУТП. Частично эти задачи не перекрываются из-за отсутствия возможностей программного обеспечения этих уровней системы управления. Среди них находятся и задачи, решение которых может оказать решающее влияние на эффективность предприятия в целом: диспетчеризация производства, оперативное планирование, управление качеством продукции и многие другие.

Наличие базы данных реального времени масштаба предприятия – это только лишь предпосылка для их решения (необходимое, но недостаточное условие). Ряд разработчиков инструментальных систем предлагают использовать с этой целью специальный тип программных продуктов. Это могут быть небольшие системы, предназначенные для решения отдельных типовых задач, например, системы расчета и согласования материальных балансов. Появился ряд интегрированных систем, поддерживающих, наряду с функциями хранения и представления информации, решение задач расчета тепловых и материальных балансов, планирования, оптимизации и т.п. К наиболее известным программным продуктам этого класса ПО относятся InfoPlus компании

AspenTech, «Калькулятор качества» фирмы ПЕТРОКОМ, PISystem (Plant Information System) компании OSIsoft.

Современное развитие информационных технологий (ИТ) создало предпосылки для успешной интеграции всех уровней управления многоуровневой системы и создания интегрированной информационной системы предприятия.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Теоретические сведения, задания к работам, методические указания к выполнению и контрольные вопросы приведены в методических материалах и учебных пособиях:

1. Типовой комплект учебного оборудования «Измерительные приборы давления, расхода, температуры». Описание лабораторных работ. ИПДРТ-01-00.000.000 ПЗ. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2013 (бумажный вариант в лаборатории);

2. Система автоматического управления уровня САУ.У.СК. Методические указания к проведению лабораторных работ. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

3. Система автоматического регулирования температуры. Методические указания к проведению лабораторных работ. Часть 1. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

4. Система автоматического регулирования температуры. Методические указания к проведению лабораторных работ. Часть 2. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

5. Сервопривод и системы стабилизации. ССт-СК. Методические указания к проведению лабораторных работ. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

6. Гибридная силовая установка. Методические указания к проведению лабораторных работ. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

7. Контрольно-измерительные приборы и автоматика. Методические указания к проведению лабораторных работ. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

8. Учебно-исследовательский комплекс «Электрогидравлический следящий привод с цифровым управлением» СГУ-ЭГСП-ПЛК-ЦПУ-21ЛР. Описание лабораторных работ СГУ-ЭГСП-ПЛК-ЦПУ-21ЛР-01.00-000.000 ПЗ. Часть 1. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

9. Учебно-исследовательский комплекс «Электрогидравлический следящий привод с цифровым управлением» СГУ-ЭГСП-ПЛК-ЦПУ-21ЛР. Описание лабораторных работ СГУ-ЭГСП-ПЛК-ЦПУ-21ЛР-01.00-000.000 ПЗ. Часть 2. – Челябинск: ООО Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», 2016 (бумажный вариант в лаборатории);

[10. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2010 - Ч. 1: Ремиконт Р130. - 2010. - 128 с.](#)

[11. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2010 - Ч. 2: Siemens S7 - 200. - 2010. - 99 с.](#)

[12. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2010 - Ч. 3: Овен ПЛК 150 и модули МВА8 и МВУ8. - 2010. - 136 с](#)

[13. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2015 - Ч. 4: Системы управления лифтом. - 2015. - 95 с.](#)

[14. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2015 - Ч. 5: Панели оператора. - 2015. - 118 с.](#)

15. Рыбалев А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб. пособие/ А.Ню Рыбалев. – Благовещенск: Амурский гос. ун-та, 2016 – Ч. 6: Приборы контроля положения исполнительных механизмов. – 2016. – 72 с.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

При выполнении курсовой работы студенты проводят анализ типовых устройств автоматики и на этой основе осуществляют синтез технической части системы автоматического управления. Обязательным условием является наличие выбора устройств получения информации о параметрах процесса (измерительная часть), и устройств воздействия на процесс (исполнительные механизмы, включая их управление, рабочие органы). Курсовая работа должна носить творческий характер, использовать результаты учебно-исследовательской работы студента и изучения отдельных разделов дисциплины.

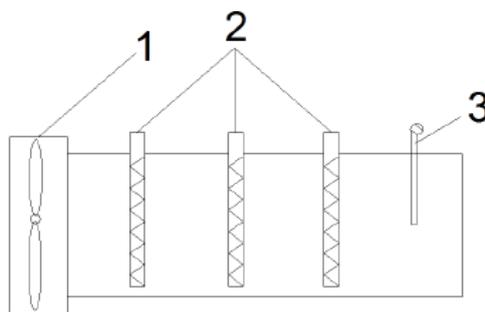
Курсовая работа состоит из графической части на одном или двух листах формата А1 и пояснительной записки объемом 25-30 страниц печатного текста. В графическую часть входят принципиальные, структурные и функциональные схемы проектируемых средств автоматизации. В пояснительной записке приводится описание проектируемого объекта, постановка задачи анализа и синтеза, необходимые расчеты, список используемой литературы.

*Примерный перечень вариантов объектов курсовой работы:*

#### **Вариант 1.**

##### **Тепловая пушка**

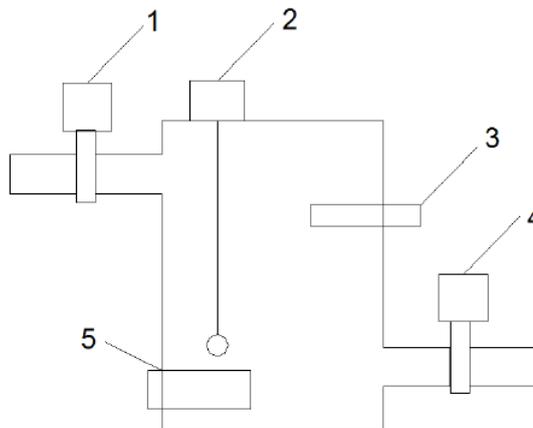
Воздух вентилятором 1 прогоняется через тепловую пушку. В зависимости от уставки температуры включается определенное количество нагревательных элементов 2. Следует учесть, что нагревательные элементы не должны работать при выключенном вентиляторе. 3-измеритель температуры.



#### **Вариант 2**

##### **Водонагревательная установка**

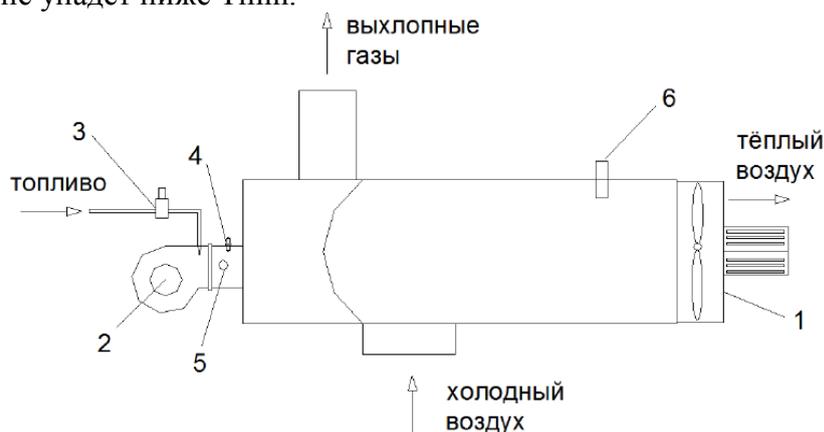
Вода через заливной клапан 1 заполняет ёмкость до определенного уровня, измеряемого датчиком уровня 2. Вода ТЭНом 5 нагревается до заданной температуры, измеряемой датчиком температуры 3, и сливается через сливной клапан 4.



#### **Вариант 3.**

### **Теплогенератор**

При нажатии на кнопку пуск, звучит предупредительная сигнализация и запускается основной вентилятор теплого воздуха 1. После запуска основного вентилятора, включается топливный вентилятор 2 для продувки (10 с). Затем включается топливный соленоидный клапан 3 и топливная смесь закачивается в камеру сгорания (5 с). Срабатывает запальная свеча 4 (4 с). Реле пламени 5 контролирует наличие пламени. Если пламя не появилось в течение 5 с., процесс розжига выполняется еще раз (с продувки воздухом 15с.). При повторном незапуске агрегата включается продувка 1 мин. и аварийная сигнализация. При нормальном запуске агрегата, система должна контролировать температуру воздуха на выходе термопреобразователем 6 и изменять скорость вращения топливного вентилятора 2. При остановке агрегата, продувка должна осуществляться до тех пор, пока температура не упадет ниже  $T_{min}$ .

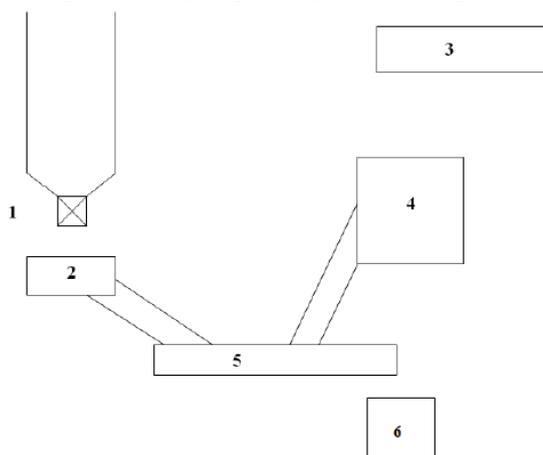


### **Вариант 4.**

#### **Описание технологического процесса**

Зерно через задвижку 1 поступает на дробилку 2 и далее на транспортер–смеситель 5. Сюда же поступают переработанные в мойке-корнерезке 4 корнеплоды (3 транспортер нарезанных корнеплодов). Транспортером смесителем 5 смесь загружается в смеситель 6.

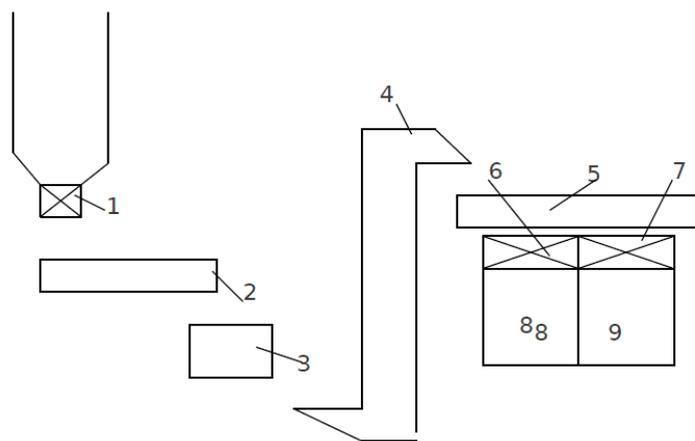
Предусмотреть совместную и раздельную работу линий зерна и корнеплодов.



### **Вариант 5.**

#### **Описание технологического процесса**

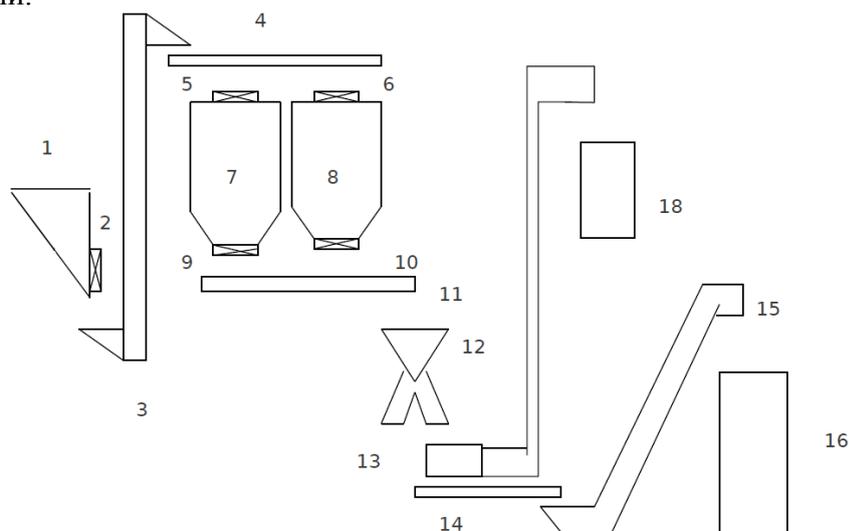
Зерно из бункера через задвижку 1 поступает на транспортер 2 и далее в дробилку 3. Измельченное зерно норией 4 подается на шнековый транспортер 5 и далее либо в бункер 8 либо в бункер 9. Линия должна отключиться при заполнении одного из бункеров. Режим работы электродвигателей поточной линии кратковременный.



**Вариант 6.**

**Описание технологического процесса**

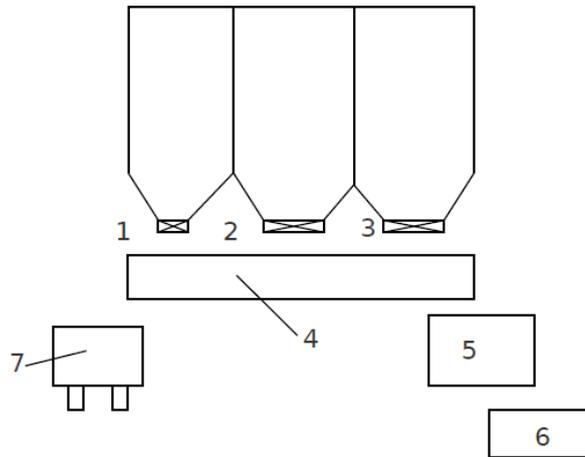
Из завальной ямы 1 семечки через задвижку 2 норией подаются на шнековый транспортер и затем через задвижку 5 и 6 заполняют бункера 7 и 8. Из бункеров 7 и 8 через задвижки 9 и 10 семечки поступают на наклонный транспортер 11, который заполняет жим 12. После жима масло из накопительной емкости насосом 13 подается в емкость 18. Жмых после отжима поступает на транспортер 14 и далее норией 15 загружается в накопительный бункер 16. Режим работы двигателей кратковременный.



**Вариант 7.**

**Описание технологического процесса**

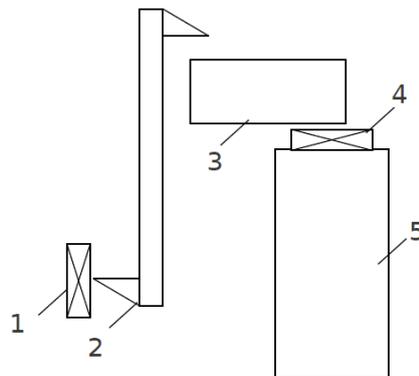
Зерно поступает на транспортер 4 через одну из задвижек 1,2 или 3 или все вместе (выбор задвижки производится оператором) и далее либо в тележку 7 либо на дробилку 5 и далее в бункер 6. Схема должна отключаться при срабатывании датчика уровня в бункере 6 или при срабатывании датчика давления под тележкой.



**Вариант 8.**

**Описание технологического процесса**

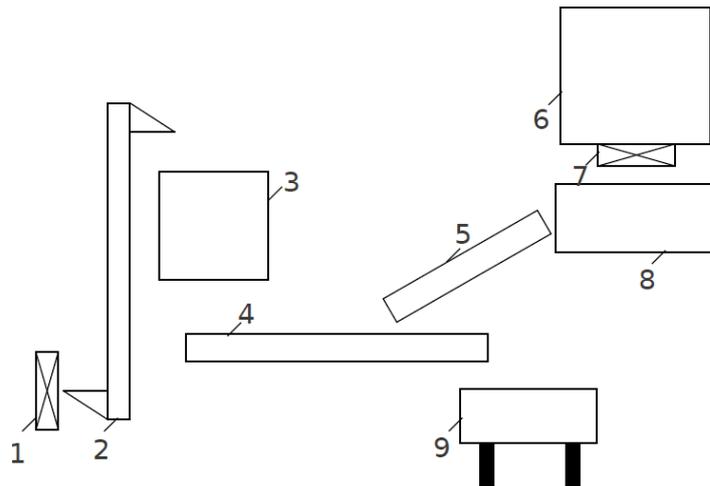
Зерно из завальной ямы через заслонку 1 норией 2 подается на дробилку 3, где оно измельчается. Измельченное зерно через заслонку 4 загружается в бункер 5. Предусмотреть отключение схемы в рабочем порядке и при срабатывании датчиков уровня. Двигатели технологической схемы работают в кратковременном режиме.



**Вариант 9.**

**Описание технологического процесса**

Технологическая линия состоит из линии переработки зерна и линии переработки корнеплодов. В состав линии переработки зерна входят задвижка 1 в завальной яме, нория 2, дробилка 3. Линия переработки корнеплодов содержит бункер нерезанных корнеплодов 6, задвижку бункера 7, мойку корнеплодов 8, транспортер измельченных корнеплодов 5. Продукты с обеих линий поступают на транспортер смеситель 4 и далее загружаются в тележку 9. Предусмотреть отдельную и совместную работу линий переработки зерна и корнеплодов.

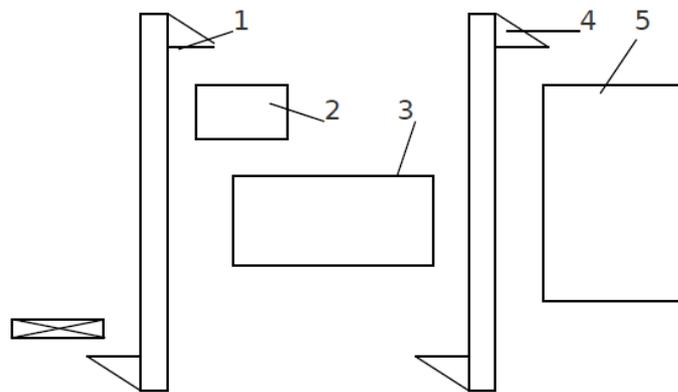


**Вариант 10.**

**Описание технологического процесса**

Зерно из завальной ямы норией 1 подается на триерный блок 3.

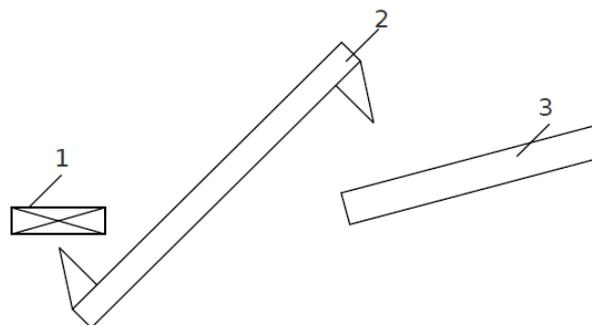
Очищенное зерно норией 4 загружается в бункер 5. Предусмотреть работу линии с очисткой зерна и без очистки.



**Вариант 11.**

**Описание технологического процесса**

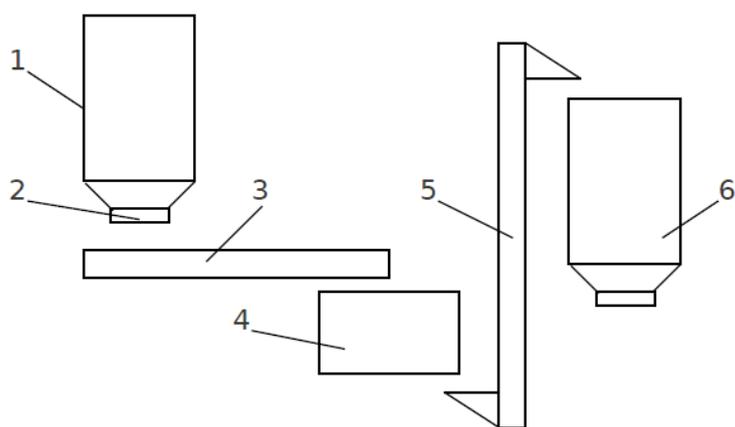
Зерно через заслонку 1 норией 2 подается на метательный транспортер 3.



**Вариант 12.**

**Описание технологического процесса**

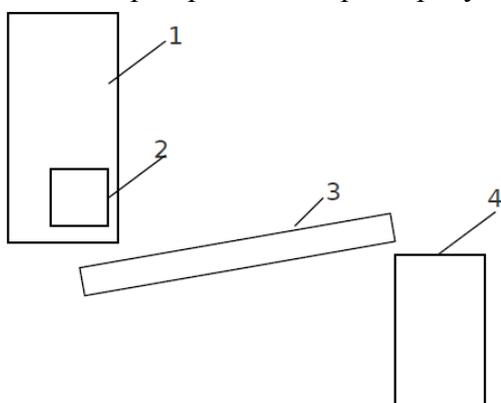
Зерно из бункера 1 через заслонку 2 шнековым транспортером 3 подается на мельницу 4. Продукт помола норией 5 подается в бункер 6. Предусмотреть отключение линии при заполнении бункера по сигналу датчика уровня.



**Вариант 13.**

**Описание технологического процесса**

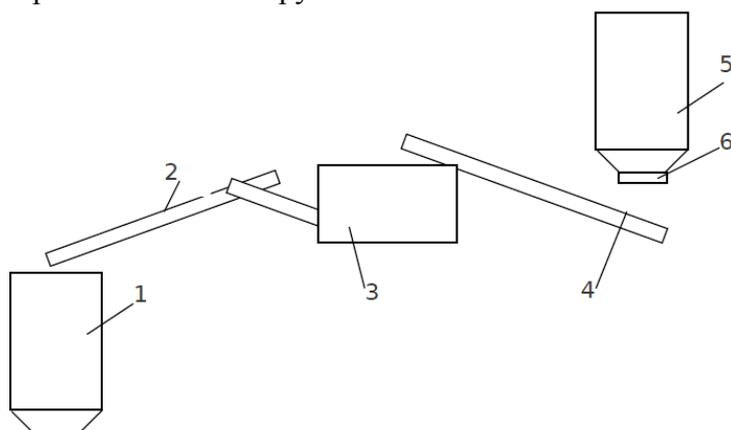
Продукт из бункера 1 шнековым дозатором корма 3 подается в бункер дозатор кормораздатчика 4. Предусмотреть отключение линии при срабатывании датчика уровня в бункере дозаторе 4. Для исключения образования сводов при хранении корма предусматривается вибратор 2.



**Вариант 14.**

**Описание технологического процесса**

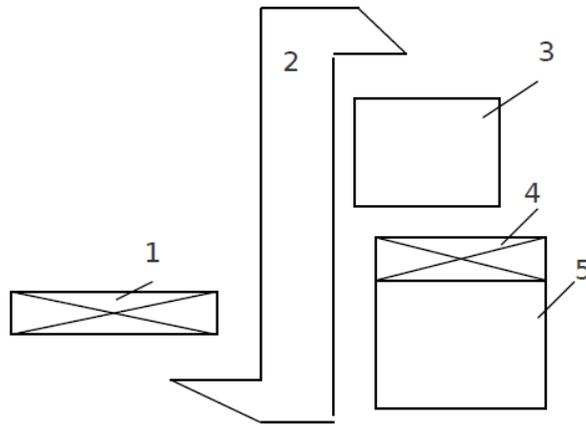
Корнеплоды из бункера 5 через электромагнитную заслонку 6 поступают на скребковый транспортер 4 ТК-5Б, который производит загрузку корнеклубнемойки 3. Измельченные корнеплоды шнековым транспортером 2 ШЗС-40 загружаются в смеситель 1.



**Вариант 15.**

**Описание технологического процесса**

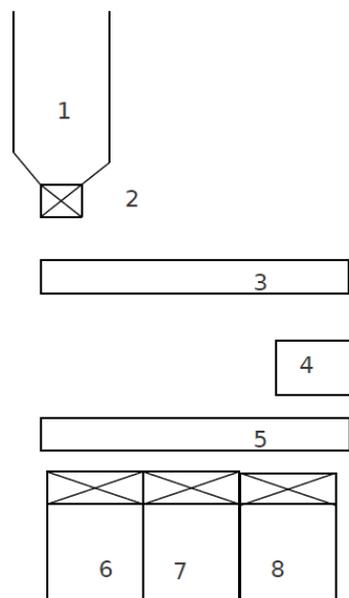
При открытии заслонки 1 продукт норией 2 подается в дробилку 3. Измельченный продукт из дробилки через заслонку 4 заполняет бункер 5. Предусмотреть отключение линии при заполнении бункера по сигналу датчика уровня.



**Вариант 16.**

**Описание технологического процесса**

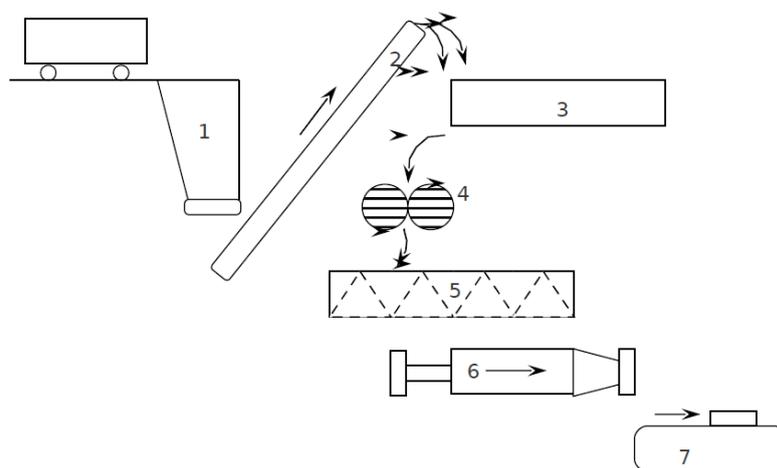
Зерно из бункера 1 через заслонку 2 шнековым транспортером 3 подается на дробилку 4. Измельченный продукт транспортером 5 через электромагнитные заслонки 6, 7, 8 загружается в один из бункеров. Выбор бункера осуществляется оператором.



**Вариант 17.**

**Описание технологического процесса**

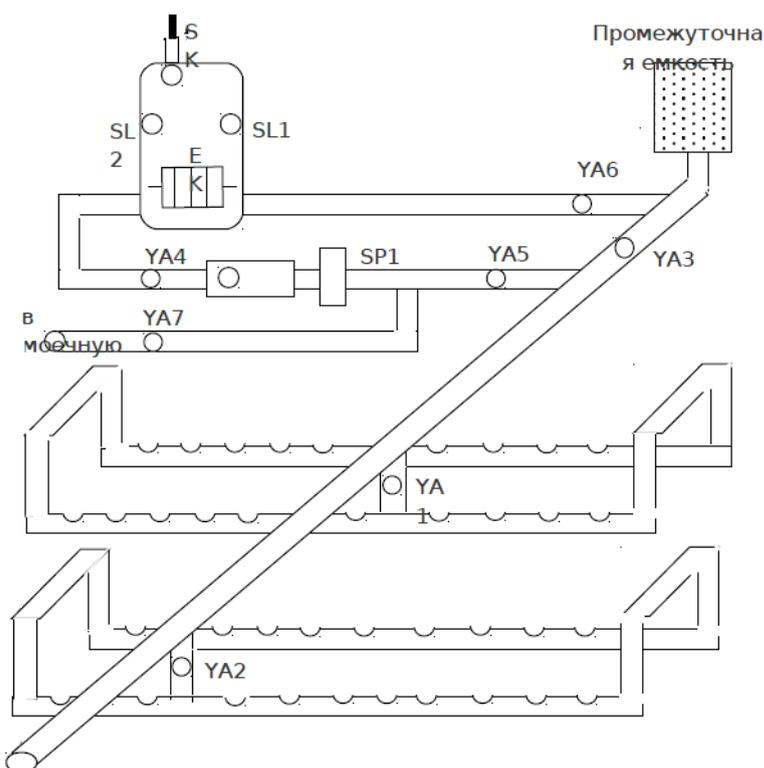
Глина из завальной ямы 1 транспортером подается на камневывделительные валцы 3. Далее глина будет проходить через гладкие валцы 4 и поступать в глиномешалку 5. Глина прессом 6 выдавливается и поступает на резательный механизм 7.



### Вариант 18.

#### Описание технологического процесса

Система поения воды должна предусматривать следующие режимы работы: подача воды в систему поения без подогрева в летний период; подача в систему поения подогретой воды в зимний период; подача подогретой воды в моечную. В летний период вода поступает в систему поения через электромагнитные клапаны YA1, YA2, YA3.



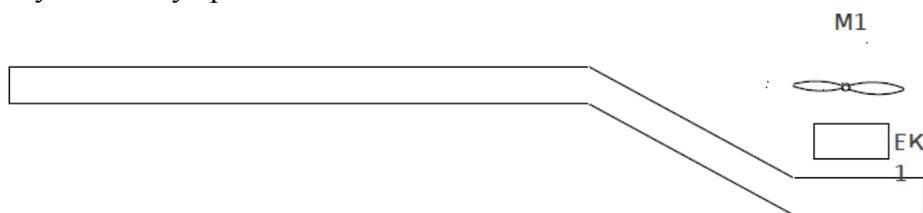
В зимний период вода через заслонку YA6 при закрытой заслонке YA3 вода поступает в водонагреватель EK1. Водонагреватель включается при его заполнении. Контроль за уровнем воды в водонагревателе осуществляется манометрическими датчиками уровня. Когда вода достигает заданной температуры, водонагреватель отключается, включается насос и подает воду в систему поения через открытую заслонку YA5. Контроль за давлением воды в системе осуществляется с помощью датчиков давления SP1, SP2.

Аналогичным образом система работает в том случае, если подогретую воду необходимо подавать в моечную. Отличие состоит в том, что вода в моечную поступает через заслонку YA7 при закрытой заслонке YA5.

### **Вариант 19.**

#### **Описание технологического процесса**

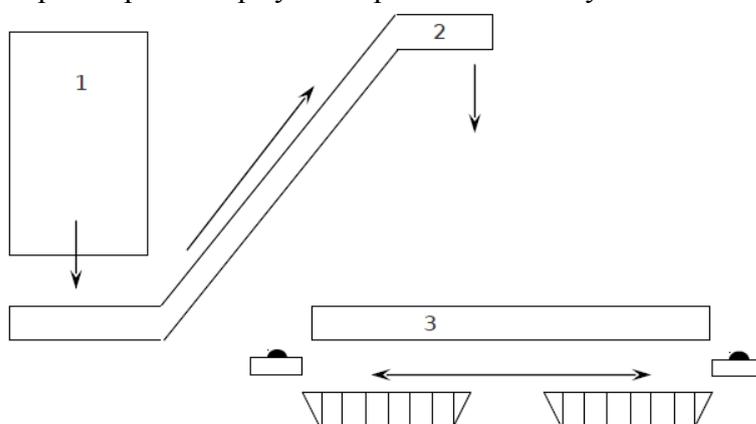
Разработать схему управления отопительно-вентиляционной установкой. Подача воздуха в отопительно-вентиляционную систему осуществляется вентилятором. В холодное время года воздух подогревается калорифером. Теплый воздух в помещение попадает через систему воздуховодов. В том случае, если температура воздуха в помещении понижается двигатель вентилятора переходит на пониженную частоту вращения.



### **Вариант 20.**

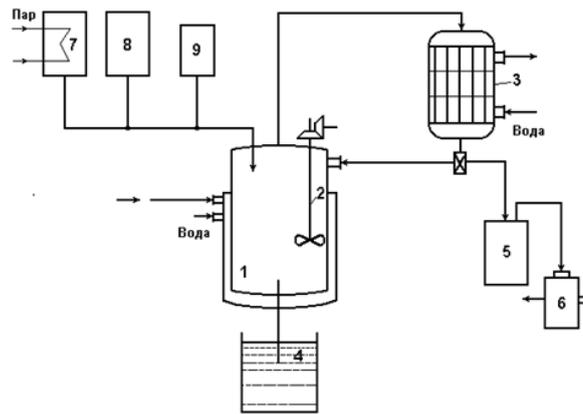
#### **Описание технологического процесса**

Продукт на платформенный раздатчик корма 3 подается загрузочным транспортером 2 и шнековым дозатором корма из бункера 1. Платформенный раздатчик начинает движение после того, как на него падает первая порция корма. При этом транспортер 2 движется вправо. При наезде на конечный выключатель SQ1 корм сбрасывается в кормушки и транспортер останавливается. Обратное движение платформенного раздатчика начинается через одну-две секунды, при этом происходит заполнение второй половины платформенного раздатчика. Через выдержку времени должно произойти отключение шнекового дозатора корма, а остатков корма на загрузочном транспортере 2 должно хватить для заполнения оставшейся части фронта кормления. При наезде на конечный выключатель SQ2 происходит сбрасывание корма во вторую половину кормушек и отключение всей схемы. Сброс корма в кормушки производится плужковыми сбрасывателями.



### **Вариант 21.**

#### **Описание технологического процесса**



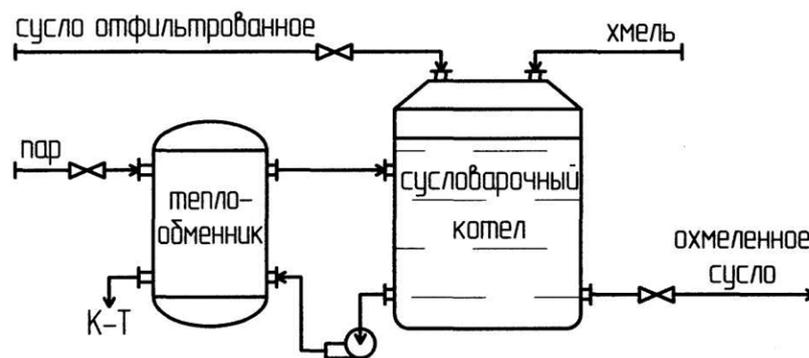
Процесс варки смолы является периодическим. Сначала реактор 1 с помощью мерников заполняется фенолом, формалином и катализатором (едким натром). Затем включается рубашка 2 и подается пар в рубашку реактора, температура смеси при этом возрастает до  $70^{\circ}-75^{\circ}$ . Дальнейший подъем температуры происходит за счет экзотермической реакции, при этом температуру поддерживают в пределах  $95^{\circ}-100^{\circ}\text{C}$  за счет подачи охлаждающей воды в рубашку реактора. Конденсатор (холодильник) 3 служит для конденсирования образующихся в реакторе паров и их возврата в процессе кипения, а также для удаления конденсата по окончании этого процесса.

1-варочный реактор, 2-мешалка, 3-холодильник, 4-емкость для смолы, 5-сборник конденсатора, 6- вакуум-насос, 7-мерник фенола, 8-мерник формалина, 9-мерник катализатора.

Сушка смолы (удаление воды) происходит под действием вакуум-насоса 6 (вакуум в реакторе достигает  $70-80$  кПа), при этом холодильник включается напрямую, а конденсат поступает в сборник 5. Необходимо привести на схеме приборы, обеспечивающие задаваемый температурный режим, контроль уровня смолы в емкости 4, включение и выключение мешалки, вакуум-насоса и подачу компонентов из мерников, а также выгрузку смолы с соответствующей сигнализацией.

### **Вариант 22.**

#### **Описание технологического процесса**

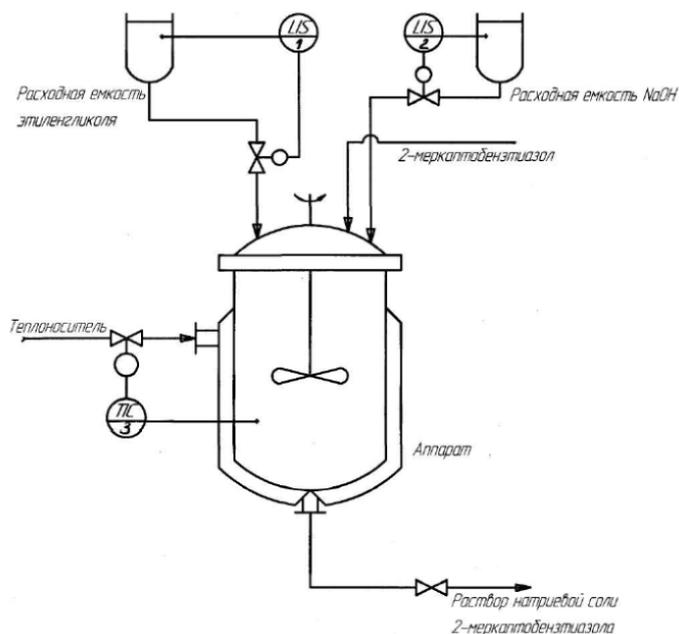


Сусловарочный котел работает по периодической схеме: заполнение котла суслом, добавление хмеля, кипячение, слив охмеленного сусла. Цель кипячения сусла – стерилизация сусла, стабилизация и ароматизация его состава горькими веществами хмеля. Стерилизация сусла достигается уже через 15 мин. кипячения. При кипячении хмель в сусло переходит значительная часть его углеводов, а также белковых, горьких, дубильных, ароматических и минеральных веществ.

Предусмотреть: заполнение котла суслом до уровня 1,6 м; регулирование температуры кипячения сусла  $103 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ; контроль и сигнализацию pH сусла в котле  $5 \div 5,3$  ед. pH; контроль давления на паропроводе  $3 \div 4$  бар.

### **Вариант 23.**

#### **Описание технологического процесса**

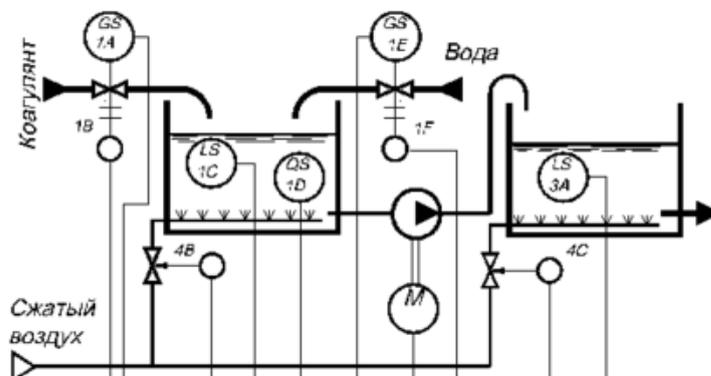


Аппарат для получения 2-меркаптобензтиазола представляет собой емкостной эмалированный смеситель с мешалкой и рубашкой периодического действия.

В аппарат загружается этиленгликоль из расходной емкости (контур 1), затем включается мешалка: загружается NaOH из расходной емкости (контур 2); подается теплоноситель в рубашку (контур 3); при достижении 65 °С загружается 2-меркаптобензтиазол вручную; затем процесс перемешивания идет 30 мин.

#### **Вариант 24.**

#### **Описание технологического процесса**

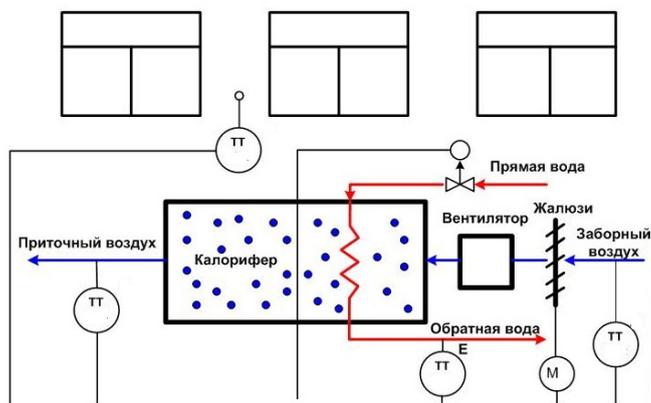


Система приготовления коагулянта. При снижении уровня раствора ниже минимальной отметки, что отмечается сигнализатором уровня, схема приготовления раствора открывает задвижку подачи коагулянта. При поступлении сигнала от сигнализатора уровня задвижка подачи коагулянта закрывается и открывается задвижка подачи воды. При достижении нужной концентрации задвижка подачи воды закрывается и раствор коагулянта готов. Во время приготовления раствора непрерывно производится его перемешивание путём подачи сжатого воздуха с помощью электромагнитного клапана в перфорированные трубы в растворе резервуаре. Раствор для устройств дозирования отбирается из расходного резервуара. По мере снижения его ниже заданной минимальной отметки с помощью сигнализатора уровня и регулятора уровня каждый раз в расходный резервуар добавляется заданный столб раствора с помощью перекачивающего насосного агрегата путём включения пусковой аппаратуры привода. Кроме того, в промежутках между приготовлениями раствора для исключения расслаивания раствора в обоих резервуарах через заданные промежутки времени включаются устройства перемешивания.

### Вариант 25.

#### Описание технологического процесса

Система управления приточной вентиляцией:

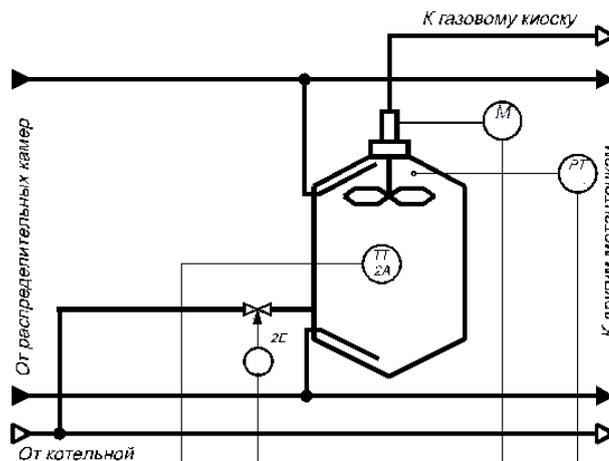


Описание и функционал системы – см. инструкцию к ОВЕН ТРМ33 ([http://www.owen.ru/catalog/kontroller\\_dlya\\_regulirovaniya\\_temperaturi\\_v\\_sistemah\\_otopleniya\\_s\\_prichochnoj\\_ventilyatsiej\\_oven\\_trm/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/kontroller_dlya_regulirovaniya_temperaturi_v_sistemah_otopleniya_s_prichochnoj_ventilyatsiej_oven_trm/opisanie)). Систему реализовать не на ТРМ33, а на ПЛК.

### Вариант 26.

#### Описание технологического процесса

Система автоматизации технологического процесса метантенка:

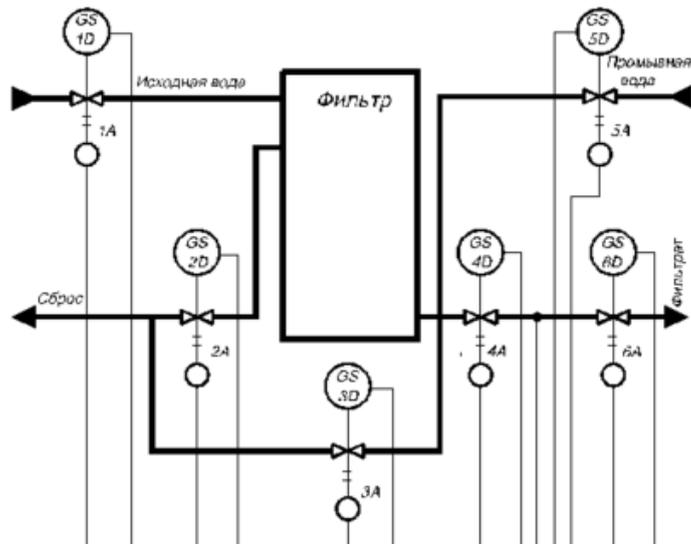


Основными функциями схемы автоматизации метантенков являются регулирование температуры сбраживаемого осадка и контроль за технологическими параметрами (температурой, давлением).

### Вариант 27.

#### Описание технологического процесса

Система автоматизации технологического процесса промывки фильтра:

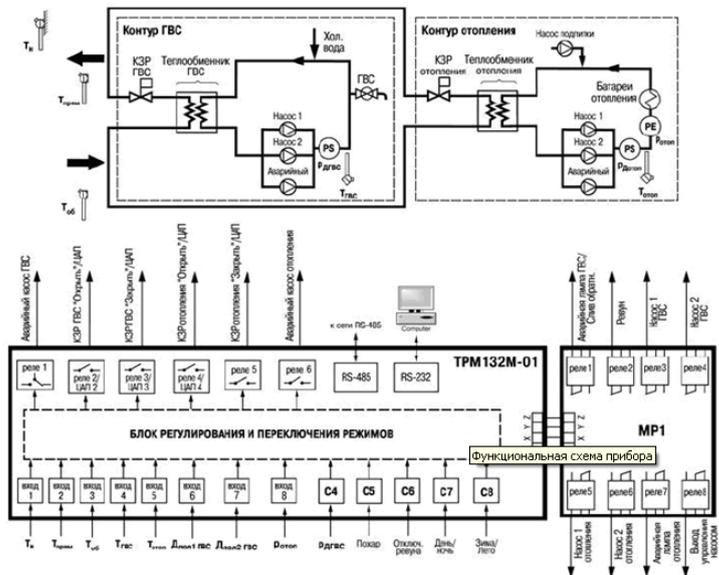


Описание – см. <http://studopedia.info/5-94113.html>

**Вариант 28.**

**Описание технологического процесса**

Система отопления и горячего водоснабжения:

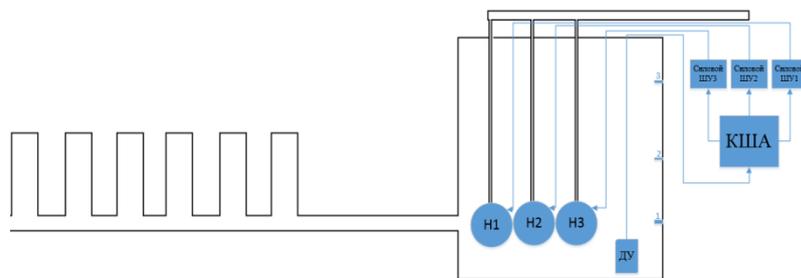


Описание и функционал системы – см. инструкцию к ОВЕН ТРМ132М ([http://www.owen.ru/catalog/kontrolleri\\_dlya\\_sistem\\_otopleniya\\_i\\_goryachego\\_vodosnabzheniya\\_gvs\\_trm132m/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/kontrolleri_dlya_sistem_otopleniya_i_goryachego_vodosnabzheniya_gvs_trm132m/opisanie)). Систему реализовать не на ТРМ132М, а на ПЛК.

**Вариант 29.**

**Описание технологического процесса**

Система системы откачки протечек гидроагрегатов:



Когда уровень воды, измеряемый погружным датчиком уровня ДУ, в колодце достигнет первой отметки, один из электронасосов Н1, Н2 или Н3 включается в зависимости от того, какой из них находился в работе меньше времени. В случае, если один насос не справляется и уровень поднялся до отметки 2, то система запускает второй насос по тому же принципу, третий насос запускается в случае если уровень дошел до 3 отметки. Характеристики насосов:  $Q=600 \text{ м}^3/\text{час}$ ;  $H=28 \text{ м}$ ;  $N_{дв}=75 \text{ кВт}$ .

#### *Порядок сдачи курсовой работы.*

Защита работы производится студентом индивидуально перед преподавателем, ведущим лекции по дисциплине. Защита предусматривает доклад студента (не более 10 мин.) и ответы на вопросы преподавателя.

#### *Критерии оценки курсовой работы на защите.*

Оценка «удовлетворительно» ставится, если:

основные результаты работы, не являясь наилучшими из возможных результатов, все же удовлетворяют предъявляемым требованиям;

в результате доклада и ответов на вопросы выявлено понимание студентом основных положений, использованных при подготовке работы, однако ряд частных положений остался не проясненным.

Оценка «хорошо» ставится, если:

основные результаты работы близки к оптимальным результатам, однако ответы на вопросы выявили неполное понимание основных положений;

ответы на вопросы выявили полное понимание теоретических положений, однако результаты работы, удовлетворяя в целом предъявляемым требованиям, далеки от оптимальных.

Оценка «отлично» ставится, если:

студентом получены результаты, близкие к оптимальным;

в результате доклада и ответов на вопросы выявлено понимание студентом всех теоретических и практических положений, использованных при подготовке работы.

## 5.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа представляет собой особую, высшую степень учебной деятельности. Она обусловлена индивидуальными психологическими различиями обучающегося и личностными особенностями и требует высокого уровня самосознания, рефлексивности. Самостоятельная работа может осуществляться как во внеаудиторное время (дома, в лаборатории), так и на аудиторных занятиях в письменной или устной форме.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам. Организуется, обеспечивается и контролируется данный вид деятельности студентов соответствующими кафедрами.

Самостоятельная работа предназначена не только для овладения дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т. д. Значимость самостоятельной работы выходит далеко за рамки отдельного предмета, в связи с чем выпускающие кафедры должны разрабатывать стратегию формирования системы умений и навыков самостоятельной работы. При этом следует исходить из уровня самостоятельности абитуриентов и требований к уровню самостоятельности выпускников, с тем, чтобы за весь период обучения достаточный уровень был достигнут.

При проведении самостоятельной работы, связанной с проработкой теоретического материала, студентам предлагается законспектировать рассматриваемый вопрос, в случае необходимости задать возникшие вопросы на практическом занятии или на консультации.

При изучении дисциплины практикуются следующие виды и формы самостоятельной работы студентов:

- подготовка к устному опросу по темам лабораторных работ;
- выполнение разделов курсовой работы.

Самостоятельная работа тесно связана с контролем (контроль также рассматривается как завершающий этап выполнения самостоятельной работы), при выборе вида и формы самостоятельной работы следует учитывать форму контроля.

Формы контроля при изучении дисциплины:

- устный опрос;
- проверка и защита курсовой работы.

Самостоятельная работа проводится в виде подготовительных упражнений для усвоения нового, упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

- готовность студентов к самостоятельному труду;
- наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;
- консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, лаборатории, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и т.д.

Рекомендации по организации аудиторной самостоятельной работой

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Основными видами аудиторной самостоятельной работы являются:

- выполнение лабораторных и практических работ по инструкциям;
- работа с литературой и другими источниками информации, в том числе электронными;
- само- и взаимопроверка выполненных заданий;

Выполнение практических и лабораторных работ осуществляется на практических и лабораторных занятиях в соответствии с графиком учебного процесса. Работа с литературой, другими источниками информации, в т.ч. электронными может реализовываться на лекционных и практических занятиях. Данные источники информации могут быть представлены на бумажном и/или электронном носителях, в том числе, в сети Internet. Преподаватель формулирует цель работы с данным источником информации, определяет время на проработку документа и форму отчетности.

Само- и взаимопроверка выполненных заданий чаще используется на лекционном, практическом занятии и имеет своей целью приобретение таких навыков как наблюдение, анализ ответов сокурсников, сверка собственных результатов с эталонами.

Рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу рекомендуется использовать дифференцированный подход к уровню подготовленности обучающегося. Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультацию с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, ориентировочного объема работы, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня литературы. В процессе консультации преподаватель предупреждает о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня подготовленности обучающихся.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы могут быть:

для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы); составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочниками; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернет-ресурсов и др.;

для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц, глоссария для систематизации учебного материала; изучение словарей, справочников; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, контент-анализ и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии, заданий в тестовой форме и др.;

для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; составление схем; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности и др.

Для обеспечения внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине преподавателем разрабатывается перечень заданий для самостоятельной работы, который необходим для эффективного управления данным видом учебной деятельности обучающихся.

Преподаватель осуществляет управление самостоятельной работой, регулирует ее объем на одно учебное занятие и осуществляет контроль выполнения всеми обучающимися группы. Для удобства преподаватель может вести ведомость учета выполнения самостоятельной работы, что позволяет отслеживать выполнение минимума заданий, необходимых для допуска к итоговой аттестации по дисциплине.

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Обучающийся самостоятельно определяет режим своей внеаудиторной работы и меру труда, затрачиваемого на овладение знаниями и умениями по каждой дисциплине, выполняет внеа-

удиторную работу по индивидуальному плану, в зависимости от собственной подготовки, бюджета времени и других условий.

Ежедневно обучающийся должен уделять выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в среднем не менее 3 часов.

При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся имеет право обращаться к преподавателю за консультацией с целью уточнения задания, формы контроля выполненного задания.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проводиться в письменной, устной или смешанной форме с представлением продукта деятельности обучающегося. В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы могут быть использованы зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др.

Методические рекомендации по изучению теоретических основ дисциплин

Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и организовать свое время.

Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- знакомство с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля (тесты, опрос по темам лабораторных работ);
- подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены.

Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.

При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

При ответе на экзамене и зачете необходимо: продумать и четко изложить материал; дать определение основных понятий; дать краткое описание явлений; привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плетнев Г.П., Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2016. — 352 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72191> — ЭБС «Лань»
2. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб.пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун-та, 2010 -Ч. 1: Ремиконт Р130. - 2010. - 128 с. - Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/3752.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3752.pdf)- Эл.б-ка АмГУ
3. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб.пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун-та, 2010 - Ч. 2: Siemens S7 - 200. - 2010. - 99 с- Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/3753.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3753.pdf)- Эл. б-ка АмГУ
4. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб.пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун-та, 2010 - Ч. 3: Овен ПЛК 150 и модули МВА8 и МВУ8. - 2010. - 136 с- Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/3754.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3754.pdf)- Эл.б-ка АмГУ
5. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб.пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун-та, 2015 - Ч. 4: Системы управления лифтом. - 2015. - 95 с- Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7163.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7163.pdf) - Эл. б-ка АмГУ
6. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учеб.пособие / А. Н. Рыбалев. - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун-та, 2015 - Ч. 5: Панели оператора. - 2015. - 118 с- Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7164.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7164.pdf)- Эл. б-ка АмГУ
7. Серебrenицкий, П.П. Программирование автоматизированного оборудования [Текст] : учеб. : рек. УМО : в 2 ч. / П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. - М. : Дрофа, 2008 - . - (Высшее образование). - ISBN978-5-358-04057-1. Ч. 1. - 2008. - 572 с.