

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

1. Понятие автоматизации технологических процессов.
2. Особенности применения автоматизации в сельскохозяйственном производстве.
3. Классификация объектов автоматизации сельскохозяйственного производства.
4. Виды систем автоматизации технологических процессов.
5. Структура систем автоматического управления.
6. Классификация систем автоматического управления.

1. ПОНЯТИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Автоматизация технологических процессов — это этап комплексной механизации, характеризуемый освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления технологическими процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам. При автоматизации технологические процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации выполняются автоматически при помощи специальных технических средств и систем управления.

Существенными тенденциями современного сельскохозяйственного производства являются, с одной стороны, постоянный рост его масштабов, повышение количества и качества сельскохозяйственной продукции, с другой — прогрессирующий дефицит рабочей силы, растущая непопулярность монотонного и тяжелого физического ручного труда в полеводстве и животноводстве. Важнейшим, а зачастую и единственным средством разрешения противоречий между ними является комплексная механизация и автоматизация производства.

Автоматизация сельскохозяйственного производства позволяет повысить производительность труда, увеличивает количество и повышает качество продукции, повышает надежность и продлевает срок работы оборудования, облегчает и оздоравливает условия труда, повышает его безопасность, сокращает текучесть рабочей силы и экономит затраты труда, ускоряет процесс стирания различий между трудом умственным и физическим, промышленным и сельскохозяйственным. Сокращение доли тяжелого и малоквалифицированного физического труда — неперемное условие дальнейшего экономического роста.

По степени автоматического управления производственными технологическими процессами различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

Частичная автоматизация распространяется только на отдельные, не связанные между собой, производственные операции или установки. Она не освобождает человека от участия в производственном процессе, но существенно облегчает его труд. Примером может служить дистанционное управление электроприводами для раздачи корма или уборки навоза на фермах.

Комплексная автоматизация технологического процесса означает автоматическое выполнение всего комплекса взаимосвязанных операций и установок в процессе обработки материалов и их транспортировки при помощи различных автоматических устройств, объединенных общей системой управления. В этом случае функции человека сводятся к наблюдению за ходом процесса, его анализу и изменению режима работы автоматических устройств с целью достижения наилучших технико-экономических показателей. В качестве примера можно привести управление послеуборочной очисткой и сушкой зерна, кормоприготовительными агрегатами.

Полная автоматизация в отличие от комплексной подразумевает выполнение функций выбора и согласования режимов работы отдельных машин и агрегатов как при нормальном режиме, так и в аварийных ситуациях не человеком, а специальными автоматическими устройствами. В этом случае все основные и вспомогательные установки способны работать в автоматическом режиме в течение длительного периода без непосредственного участия человека. За обслуживающим персоналом остаются функции периодического осмотра, профилактического ремонта и перестройки всей системы на новые режимы работы, например, системы управления микроклиматом в теплицах и овощехранилищах.

В зависимости от вида автоматизации различают *ручное, автоматизированное и автоматическое управление*.

При *ручном* режиме все функции управления выполняет человек-оператор.

При *автоматизированном* управлении часть функций выполняет человек, а другую часть — автоматические устройства.

В *автоматическом* режиме все функции управления выполняют автоматические устройства.

Управление — процесс осуществления совокупности воздействий, направленных на поддержание управляемого параметра в соответствии с заданным алгоритмом функционирования.

Алгоритм функционирования представляет собой совокупность предписаний, необходимых для правильного выполнения технологического процесса в каком-либо устройстве или совокупности устройств.

Автоматическое регулирование — процесс автоматического поддержания какого-либо параметра на заданном уровне или изменение его по определенному закону.

Автоматическое управление включает в себя комплекс технических средств и методов по управлению объектами без участия обслуживающего персонала: пуск и остановку основных установок, включение и отключение вспомогательных устройств, обеспечение безаварийной работы, соблюдение требуемых значений параметров в соответствии с оптимальным ходом технологического процесса и т. д.

В автоматике рассматривают понятие **Телемеханика** — область науки и техники, охватывающая теорию и технические средства автоматической передачи на расстояние команд управления и информации о состоянии объекта.

Дистанционное управление объединяет методы и технические средства управления установками и сосредоточенными объектами на расстоянии. Импульсы на управление (команды) подаются обслуживающим персоналом по электрическим соединительным проводам при помощи соответствующих кнопок, ключей и другой командной аппаратуры.

Все рассмотренные выше понятия и системы автоматизации объединяются в научно-техническое направление, которое получило название технической кибернетики.

Кибернетика — наука о целенаправленном управлении сложными развивающимися системами и процессами, изучающая общие математические законы управления объектами различной природы.

Термин «кибернетика» далеко не нов. Еще древнегреческий философ Платон назвал кибернетикой искусство управления кораблем. В переводе с древнегреческого слово «кибернетас» означает управляющий, рулевой, кормчий. Американский математик Н. Винер придал этому термину новый, современный смысл, назвав кибернетикой науку, изучающую законы управления процессами, происходящими в живых организмах и машинах. Советский ученый академик А. И. Берг объединил живые организмы и машины в одно общее понятие — система. В настоящее время кибернетика изучает процессы, которые происходят в технике, в промышленности, в живой природе, в человеческом обществе, и обеспечивает создание систем управления этими процессами в оптимальном варианте. Сфера действия кибернетики необычайно обширна. Она охватывает вопросы управления машинами и системами машин, производственными процессами и организованной деятельностью людей, физиологическими, биохимическими и биофизическими процессами.

2. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Автоматизация сельского хозяйства опирается на богатый опыт промышленности. Вместе с тем к методам и средствам автоматизации, применяемым в животноводстве и растениеводстве, предъявляются специфические требования, обусловленные характерными особенностями сельскохозяйственного производства:

1) Использование почвы и живых организмов; неразрывная связь техники с биологическими объектами (животными и растениями), для которых характерна непрерывность процессов образования продукции и цикличность ее получения. Такой процесс нельзя прервать и невозможно увеличить выпуск продукции за счет ускорения производства и наверстать упущенное путем интенсификации последующего периода. Например, автоматика в животно-

водстве должна обеспечить цикличность выполнения технологических операций в течение суток независимо от погодных условий.

2) Сложность и многообразие производственных процессов в сельском хозяйстве, и в результате большой объем технологической информации.

3) Большое число типов, конструкций, характеристик и режимов работы сельскохозяйственных машин и установок, многие из которых далеко не всегда приспособлены для применения на них даже простейших устройств автоматики.

Система машин, разработанная для сельского хозяйства на период до 1990 г., имеет около трех тысяч наименований по типам, почти 60% из которых предназначены для полеводства и около 30% — для животноводства и птицеводства.

4) Рассредоточенность сельскохозяйственной техники по большим площадям и удаленность ее от ремонтной базы;

5) Сезонность работы техники в году и непродолжительное использование в течение суток. Даже в животноводстве, где операции совершаются и повторяются ежедневно по определенному циклу, общее число часов работы машин относительно мало.

6) Невысокий уровень квалификации обслуживающего персонала.

7) Возмущающие воздействия имеют высокую степень неоднородности и случайности с широким изменением своих величин.

8) Многие объекты сельскохозяйственной автоматики имеют контролируемые и регулируемые параметры, распределенные как по технологическому полю или даже большому объему, так и во времени. Например, в нагревательных установках и сушилках, зернохранилищах и овощехранилищах, теплицах и животноводческих помещениях необходимо по всему объекту контролировать параметры (температуру, влажность, газосодержание, освещение и т. п.) и управлять ими. Для таких объектов системы автоматики должны иметь оптимальное число первичных преобразователей и исполнительных органов и в то же время обеспечить управление параметрами во всех рассредоточенных зонах с заданной точностью и надежностью.

9) Большинство сельскохозяйственных установок работают на открытом воздухе, где окружающая среда непостоянна: широкие пределы изменения влажности и температуры, наличие примесей, пыли, мякины, песка в полеводстве или агрессивных газов и жидкостей (аммиака, сероводорода и углекислого газа) в животноводстве.

10) Наличие значительных вибраций и толчков.

Вследствие перечисленных особенностей и ряда других причин методы и средства автоматизации и требования к ним в сельском хозяйстве значительно отличаются от промышленных.

Условия работы средств автоматики в сельском хозяйстве очень тяжелые, и вероятность возникновения их неисправностей значительно выше, чем в ряде других отраслей народного хозяйства. В этих условиях автоматика должна работать весьма надежно, а средства автоматики должны быть очень многообразными, относительно дешевыми, простыми по устройству и надежными в эксплуатации.

При разработке устройств автоматики сельских установок их необходимо рассчитывать на широкие пределы изменения параметров окружающей среды. Это позволит получить высоконадежные средства, так как наиболее эффективным мероприятием борьбы за повышение надежности устройств автоматики является выбор элементов с низкой возможностью отказов и различные способы увеличения надежности при проектировании. Указанные специфические особенности в первую очередь влияют на первичные преобразователи и исполнительные органы автоматики, устанавливаемые непосредственно на машинах и испытывающие все неблагоприятные условия окружающей среды. Остальные узлы автоматики можно располагать в отдельных помещениях или специальных шкафах, исключающих неблагоприятное действие окружающей среды.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Классификация объектов автоматизации сельскохозяйственного производства облегчает определение объема и очередности автоматизации технологических процессов и операций, разработку типовых решений в области технологии автоматизированного поточного производства и создание технических средств автоматики. В классификацию должны входить не только существующие процессы и объекты автоматизации, но и те, которые могут быть предложены в дальнейшем. Классификация позволяет точнее сформулировать требования к техническим средствам, выбрать рациональные принципы построения систем автоматизации сельскохозяйственных объектов и разработать общие показатели и методы определения технико-экономической эффективности автоматизации.

Исходя из задач проектирования систем автоматизации и создания средств автоматики, сельскохозяйственные объекты целесообразно классифицировать по пяти существенным признакам:

1) По типу технологических процессов.

В основном все технологические процессы подразделяются на механические, тепловые, электрические, биологические, химические и гидравлические. Приведенное деление технологических процессов отражает основное определяющее явление в объекте, в котором могут протекать одновременно и другие процессы, играющие второстепенную роль. Классификация по типу технологических процессов дает возможность разработать общий подход к решению задачи автоматизации всего класса, несмотря на технологическую специфику.

2) По взаимосвязи технологического и транспортного движения. При этом объекты делятся на три класса:

А) с несовмещенным движением, когда одни установки предназначены только для транспортирования материала без его обработки, а другие осуществляют его технологическую обработку. Эти объекты следует отнести к низшему классу с точки зрения экономической эффективности автоматизации.

Б) с совмещенным движением – объекты более высокого класса, у которых транспортное и технологическое движение совмещены и находятся в тесной взаимосвязи: обработка или переработка материалов происходит во время их транспортировки (комбайн, сеялка). Для этого класса установок автоматизация позволяет существенно повысить их производительность и обеспечить оптимальный режим работы.

В) с независимым движением - объекты высшего класса, у которых транспортное, и технологическое движение могут выполняться одновременно или раздельно независимо друг от друга (корабль для рыбной ловли с заводом по производству рыбных консервов, передвижная бетономешалка). Автоматизация этого класса объектов обеспечивает непрерывность производственного процесса и наибольшую производительность.

3) По виду технологического цикла.

Автоматизации легче поддаются объекты с непрерывным технологическим циклом и несколько сложнее - с периодическими процессами, особенно не имеющими самовыравнивания. У объектов с самовыравниванием отклонение между заданным и действительным значениями управляемого параметра возрастает очень медленно благодаря изменению какого-либо другого параметра, например, при отказе воздушных калориферов в системе регулирования температуры воздуха в теплице температура снижается медленно за счет перехода теплоты от почвы к воздуху. Промежуточные емкости так же, как и самовыравнивание, способствуют улучшению автоматического управления процессом.

4) По динамическим свойствам объекта.

Для автоматического управления объектом важно знать его динамические свойства, которые существенно влияют на устойчивость и качество регулирования.

5) По агрегатному состоянию обрабатываемого материала.

Агрегатное состояние обрабатываемого материала оказывает существенное влияние на выбор исполнительных и первичных преобразователей систем автоматики. Агрегатное состояние материала на входе в объект может отличаться коренным образом от состояния на выходе из

объекта. Это свойство необходимо учитывать при разработке технических средств автоматизации сельскохозяйственного назначения.

По мере развития уровня сельскохозяйственного производства число технологических процессов и операций, а также средств контроля и управления неуклонно растет. Поэтому необходимо постоянно совершенствовать и расширять классификацию сельскохозяйственных объектов с учетом особенностей и требований автоматизации.

Классификация должна отражать общие главные взаимосвязи и закономерности, возможно большее число основных качественных признаков и аналогичных свойств по классам и группам. Она должна быть полезной в научном и практическом отношении, способствовать получению обобщений и выводов, давать не только отчетливое представление о существующих объектах автоматизации, но и о тех, которые могут быть предложены в дальнейшем.

Классификация должна способствовать выработке общих требований к техническим средствам, выбору рациональных принципов построения систем и средств автоматизации, разработке общих показателей и методов определения технико-экономической эффективности автоматизации.

4. ВИДЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В зависимости от функций, выполняемых специальными автоматическими устройствами, различают следующие основные виды автоматизации: автоматический контроль, автоматическую защиту, автоматическое и дистанционное управление, телемеханическое управление.

Под автоматическим контролем понимается область автоматизации, охватывающая методы и средства, которые облегчают или освобождают человека от наблюдения за ходом производственного процесса или за состоянием контролируемого объекта.

1) Автоматический контроль включает в себя автоматические сигнализацию, измерение, сортировку и регистрацию.

Автоматическая сигнализация предназначена для оповещения обслуживающего персонала о предельных или характерных значениях каких-либо физических параметров, об авариях, о характере и месте нарушений технологического процесса. Сигнальными устройствами служат лампы, звонки, сирены, специальные мнемонические указатели и др.

Автоматическое измерение включает измерение значений контролируемых физических величин характеризующих технологический процесс или работу машин и передачи результатов на специальные указательные или регистрирующие приборы без непосредственного участия человека. Обслуживающий персонал по показаниям приборов судит о качестве технологического процесса или о режиме работы машин и агрегатов.

Автоматическая сортировка представляет контроль и разделение продукции и материалов по каким либо признакам (по размеру, весу, твердости, вязкости и другим показателям).

Автоматическая регистрация предназначена для записи информации о ходе технологического процесса, о качестве и количестве выпускаемой продукции с целью дальнейшей обработки, хранения и выдачи информации обслуживающему персоналу.

2) Автоматическая защита представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных и аварийных режимов либо прекращают контролируемый производственный процесс (например, отключают определенные участки электроустановки при возникновении на них коротких замыканий), либо автоматически устраняют ненормальные режимы. Автоматическая защита тесно связана с автоматическим управлением и сигнализацией. Она воздействует на органы управления и оповещает обслуживающий персонал об осуществленной операции.

Релейная защита является основным видом электрической автоматизации, без которой невозможна нормальная и надежная работа современных энергетических систем. Она осуществляет непрерывный контроль состояния и режимов работы всех элементов энергосистемы и реагирует на возникающие повреждения и ненормальные режимы.

Релейная защита, выполненная на основе реле, широко применяется на электрических станциях, подстанциях, в сетях и различных электроустановках.

Устройства автоблокировки, входящие в автоматическую защиту, в основном предназначены для предотвращения неправильных включений и отключений и ошибочных действий обслуживающего персонала, предупреждают возможные повреждения и аварии.

3) В современной автоматике системы управления разделяют на:

А) Автоматизированные системы управления производством (АСУП) — это человеко-машинные системы, обеспечивающие автоматизированный сбор и обработку информации, с целью оптимизации управления в различных сферах, главным образом в организационно-экономической деятельности человека, например, для управления хозяйственно-плановой деятельностью отрасли, предприятием, комплексом, территориальным регионом, то есть для управления системой сельскохозяйственных подразделений.

Б) Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) — это тоже человеко-машинные системы, предназначенные для контроля режимов работы, сбора и обработки информации о протекании технологических процессов локальных производств (отдельных цехов, животноводческих и птицеводческих ферм, хранилищ, фермерских хозяйств и др.). АСУ ТП в сочетании с ЭВМ помогает диспетчеру и руководителю предприятия оперативно находить решения по оптимальному управлению производственным процессом, опираясь на показатели отдельных технологических операций.

В) Системы автоматического управления технологическими процессами (САУ ТП) — чисто технические устройства, непосредственно управляющие выполнением заданного алгоритма функционирования технологических установок.

САУ ТП находятся на самой низкой ступени иерархической лестницы систем управления, на средней ступени находятся АСУ ТП и на более высокой — АСУП.

4) Телемеханические системы позволяют объединить в один технологический процесс работу большого числа машин и установок, расположенных друг от друга на значительных расстояниях.

В зависимости от назначения существуют системы телесигнализации, телеизмерения и телеуправления.

Опыт автоматизации промышленности показывает, что при частичной автоматизации затраты на средства автоматики составляют от 1 до 10% капитальных вложений на установку в целом, при комплексной — от 10 до 25% и при полной — свыше 25%. В сельском хозяйстве на средства автоматики и метрологические приборы расходуется менее 7%, хотя в теплицах они составляют 17...40% общей стоимости технологического оборудования.

5. СТРУКТУРА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Структурные схемы систем управления представляют в виде цепочки элементов, каждый из которых подвержен действию одного или нескольких входных воздействий, в результате чего изменяются выходные параметры этого элемента (рис. 1).

Управление может осуществляться в ручном или автоматическом режиме

В ручном режиме (рис. 1) управление ТП осуществляется оператором 3, который на основании своего опыта и ориентируясь по показаниям контрольно-измерительных приборов 2 оценивает ход процесса по выходным параметрам $Y(t)$ и принимает меры воздействия $X(t)$ с целью устранения влияния внешних возмущений $P_B(t)$, действующих на объект управления 1. Естественно, результаты ТП в этом случае зависят от квалификации и добросовестности оператора.

Управляемым объектом называют устройство, которое непосредственно осуществляет технологический процесс, и которое нуждается в оказании специально организованных воздействиях извне для выполнения его алгоритма функционирования.

На рис. 2 представлена структурная схема **системы автоматического управления (регулирования) (САУ)**, которая осуществляет процесс автоматического поддержания какого-либо параметра объекта регулирования на заданном уровне или изменение его по определенному закону. Система автоматического регулирования в общем случае включает два элемента: объект управления 1 и управляющее устройство УУ (на рисунке обведено пунктиром с точкой).

В схеме САУ на рис. 2 в управляющее устройство входят измерительный преобразователь (датчик) 2; сравнивающее устройство 3; задающее устройство 6; регулятор 5; исполнительный механизм 7, регулирующий орган 4. Управляемый объект 1 находится под действием одного или нескольких возмущающих воздействий $P_B(t)$, часть которых может контролироваться.

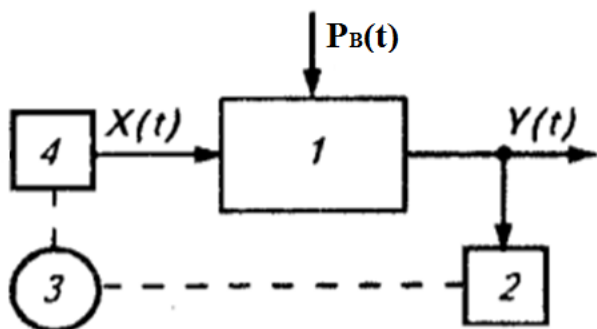


Рис. 1. Структурная схема системы ручного управления: 1 – объект управления; 2 – измерительный прибор; 3 – оператор; 4 – регулирующий орган

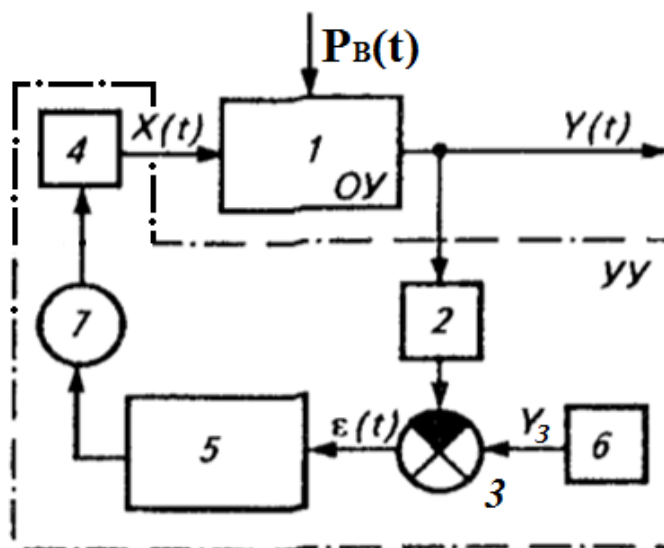


Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления:
1 – объект управления; 2 – измерительный прибор; 3 – сравнивающее устройство; 4 – регулирующий орган; 5 – регулятор; 6 – задающее устройство; 7 – исполнительный механизм

Регулятор измеряет регулируемую величину и при ее отклонении от расчетного значения изменяет процесс работы объекта управления (регулирования) так, чтобы выполнялся заданный алгоритм функционирования.

Датчик 2 измеряет регулируемую величину и преобразует ее в сигнал определенной физической природы (электрической, механической и др.). Сигнал с датчика $Y(t)$ поступает на один вход сравнивающего устройства 3. На другой вход СУ подается сигнал Y_3 с задающего устройства 6. На выходе сравнивающего устройства вырабатывается сигнал $\varepsilon(t)$, равный разности действительного значения управляемой величины $Y(t)$ и ее заданного значения Y_3 . Сигнал $\varepsilon(t)$ подается на вход регулятора 5, который усиливает и преобразует этот сигнал и дает команду исполнительному механизму 7 изменить положение регулирующего органа 4. Регулирующий орган 4 осуществляет непосредственное управление расходом вещества или энергии в объекте управления до тех пор, пока не ликвидируется отклонение регулируемого параметра.

6. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Классификация САУ возможна по различным признакам:

1) По характеристике использования информации с выхода системы САУ бывают замкнутые и разомкнутые.

Замкнутые системы являются системами регулирования по отклонению. Они используют текущую информацию о выходных величинах, определяют отклонение управляемой величины $Y(t)$ от ее заданного значения Y_3 и выполняют действия для уменьшения или полного исключения этого отклонения.

Признак замкнутой системы, действующей на отклонение регулируемой величины – это обратная связь с выхода ОУ на вход системы. Замкнутые системы этого типа компенсируют любые возмущения, поскольку регулятор контролирует только отклонение регулируемой величины независимо от причины, его вызвавшей. Они не могут обеспечить равенство выходной

величины $Y(t)$ заданному значению Y_3 в течение всего времени t управления, так как их принцип работы связан с наличием отклонения:

$$\varepsilon = Y(t) - Y_3.$$

Примером простейшей замкнутой системы регулирования по отклонению можно привести систему стабилизации уровня воды в баке (рис. 2). Система состоит из измерительного преобразователя (датчика) уровня 2, устройства управления (регулятора) 1 и исполнительного механизма 3, регулирующего органа (клапана или крана) 4.

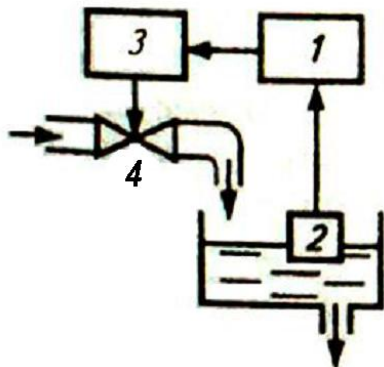


Рис. 2. Система регулирования по отклонению:
1 – регулятор; 2 – датчик уровня воды;
3 – исполнительный механизм; 4 – регулирующий орган

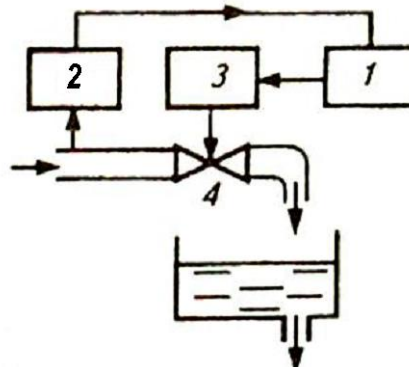


Рис. 3. Система регулирования по возмущению:
1 – регулятор; 2 – датчик давления воды;
3 – исполнительный механизм; 4 – регулирующий орган

Разомкнутые САУ служат для автоматического выполнения операций, которые задаются внешними источниками воздействий на входе системы, причем сам процесс управления не зависит от его конечного результата, т.к. отсутствует обратная связь с выхода объекта на его вход.

Разомкнутые САУ подразделяют на системы с жесткой программой и с управлением по возмущению.

Примером систем с жесткой программой является система автоматического пуска и остановки комплекса машин, входящих в технологическую линию, при этом должна выдерживаться определенная последовательность (программа) работы отдельных механизмов, и отсутствует обратная связь с выхода объекта на его вход.

В разомкнутых САУ, действующих по возмущению, измерения регулируемого параметра не происходит, а управление осуществляется на основании информации о входных возмущающих воздействиях. На рис. 3 показана система регулирования по возмущению, в качестве которого выступает изменение давления воды в подающем трубопроводе.

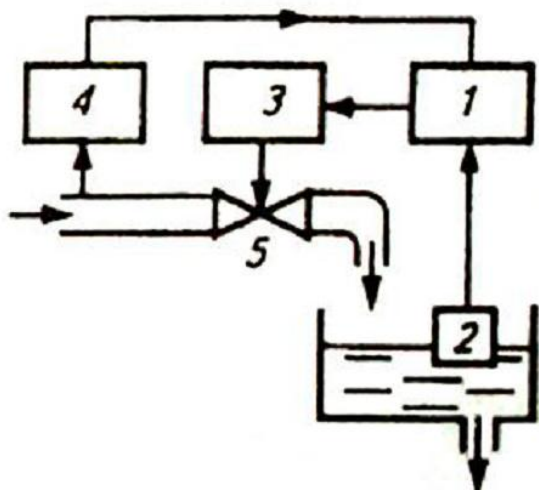


Рис. 4. Система с комбинированным регулированием:
1 – регулятор; 2 – датчик уровня воды; 3 – исполнительный механизм; 4 – датчик давления воды в трубопроводе; 5 – регулирующий орган

Датчик 2 измеряет давление в подающем трубопроводе, если давление превышает заданное значение, то регулятор подает команду исполнительному механизму 3 на уменьшение пропускной способности регулирующего органа (клапана) 4.

В реальных системах возмущений может быть несколько, и для компенсации каждого из них необходим свой контур регулирования. При этом всегда останется часть возмущений, в том числе случайных и неконтролируемых, которые невозможно учесть и они могут вызывать отклонение регулируемой величины $Y(t)$ от заданной Y_3 .

В этом случае используют комбинированное регулирование и по возмущению и по отклонению.

На рис. 4 представлена комбинированная система регулирования, преимущество которой в лучшей стабилизации регулируемой величины по сравнению с системой, действующей только по отклонению.

2) **По состоянию выходного сигнала во времени САУ** делят на стабилизирующие, программные и следящие.

Стабилизирующие системы поддерживают управляемую величину на заданном уровне.

Программные – изменяют управляемую величину по заданной программе;

Следящие – это системы, у которых формирование задающих и управляющих воздействий происходит по закону, заранее не известному.

В защищенном грунте пример стабилизирующей СУ – система регулирования постоянной температуры воздуха. Программной СУ является система управления поливом через определенные промежутки времени. Следящей СУ является система управления поливом в зависимости от влажности почвы. При работе установок солнечных батарей отслеживается положение солнца.

3) **По числу управляемых величин САУ** делят на одномерные и многомерные.

Одномерные имеют по одной входной и выходной величине, а *многомерные* – по нескольку.

4) **По методу управления САУ** подразделяют на приспособляющиеся (адаптивные) и не приспособляющиеся к изменяющимся условиям работы ОУ.

Приспосабливающиеся, или *адаптивные*, автоматические СУ целенаправленно изменяют алгоритмы управления или параметры управляющих воздействий для достижения наилучшего управления объектом. Поскольку в процессе работы таких систем происходит изменение их алгоритмов и (или) структуры, то их называют также *самоадаптирующимися*. Частный случай приспособляющихся систем – *экстремальные*, задача которых – автоматический поиск максимума или минимума управляемой величины.

5) **По результатам работы системы в установившемся состоянии САУ** делят на статические и астатические.

В *статических* системах по окончании переходного процесса всегда существует разница между заданным и установившимся значениями управляемой величины, которую называют *статической ошибкой*. Статическая ошибка – непреходящий признак таких систем, причем величина ее зависит как от величины возмущения, так и от параметров настройки регулятора. $\Delta Y_{ст}$.

В *астатических* системах действительное значение управляемой величины по окончании переходного процесса равно заданному значению. Возможное отклонение (ошибка управления), свойственное реальным системам автоматики, обусловлено несовершенством ее элементов.

6) **По характеру изменения управляющих воздействий во времени САУ** делят на непрерывные и прерывистые (дискретные).

В *непрерывных* системах управляемая величина и управляющее воздействие – изменяются непрерывно с течением времени.

Прерывистые автоматические САУ подразделяют на релейные, импульсные и цифровые.

В *релейных* (позиционных) системах управляющее воздействие изменяется скачкообразно при определенном значении управляемой величины. Такова, к примеру, система управления водонагревателем, в которой регулятор температуры включает электронагреватель при снижении температуры воды до определяемого настройкой регулятора значения.

Импульсные САУ имеют в своем составе звено, преобразующее управляемую величину в последовательность импульсов. При этом амплитуда или длительность импульсов пропорциональны управляемой величине. Например, управление работой шагового двигателя.

В *цифровых* системах формирование управляющих воздействий осуществляется цифровыми вычислительными устройствами, которые оперируют с дискретными числовыми последовательностями.

7) По виду дифференциального уравнения САУ подразделяют на линейные и нелинейные.

К *линейным* относят системы, поведение которых описывается линейными дифференциальными уравнениями. Поскольку систем, абсолютно точно описываемых линейными дифференциальными уравнениями, практически не существует, сюда относят также линеаризованные системы, описываемые линейными дифференциальными уравнениями приближенно, при некоторых допущениях и ограничениях.

Нелинейными являются системы, поведение которых описывается нелинейными дифференциальными уравнениями, причем в системе достаточно иметь всего один нелинейный элемент, чтобы вся она стала нелинейной.