

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра автоматизации производственных процессов
и электротехники**

АВТОМАТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

**Вопросы и задания к практическим занятиям
для студентов специальностей 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»,
1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств»,
1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса»,
1-08 01 01 «Профессиональное обучение»,
направление специальности 1-08 01 01-04
«Профессиональное обучение» (деревообработка)**

Минск 2013

УДК 681.5(075)
ББК 32.965я75
А93

Рассмотрены и рекомендованы редакционно-издательским советом университета

С о с т а в и т е л и :
Д. С. Карпович, О. Г. Барашко

Р е ц е н з е н т ы :
доцент кафедры информационных систем и технологий БГТУ
кандидат технических наук, доцент
С. И. Акунович;
заведующий кафедрой лесных машин и технологии лесозаготовок БГТУ
кандидат технических наук, доцент
С. П. Мохов

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2012 год. Поз. 94.

Для студентов специальностей 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело», 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств», 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса», 1-08 01 01 «Профессиональное обучение», направление специальности 1-08 01 01-04 «Профессиональное обучение» (деревообработка).

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2013

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью практических занятий является получение навыков чтения схем автоматики, встречающихся в реальной практике технологов и механиков, а также базовых расчетов систем автоматики.

Так как издание на электронном носителе, данная особенность учтена в его структуре. Весь материал разделен на два основных блока (теоретический и, собственно, вопросы и задания):

1) теоретический блок – при подготовке к практическим занятиям студентам необходимо изучить теоретические основы соответствующих тем:

- тема 1. Локальная САУ (структура, базовые элементы, переменные);
- тема 2. Структурные преобразования и оценка устойчивости САУ;
- тема 3. Разработка функциональных схем автоматизации;
- тема 4. Разработка принципиальных электрических схем автоматизации;

2) блок вопросов и заданий – все вопросы и задания вынесены в отдельный блок. Такое разделение позволяет распечатать данный блок, приносить его на занятия и активно работать с бумажным вариантом, так как материальные носители информации позволяют осмысленно закрепить изучаемый материал.

В результате формирования правильных ответов и решения вариантов задач на практических занятиях студенты более углубленно должны **знать**:

- принципы действия первичных преобразователей физических параметров, измерительных схем, преобразователей, исполнительных элементов;
- основные элементы анализа систем автоматического управления, объектов управления;
- основные элементы синтеза систем автоматического управления;
- элементы принципиальных и функциональных схем автоматизации;

а также **уметь**:

- анализировать технологическое оборудование как объект управления;
- составлять функциональную схему автоматизации процессов.

Тема 1. ЛОКАЛЬНАЯ САУ (СТРУКТУРА, БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ПЕРЕМЕННЫЕ)

Цель занятия: научиться находить базовые элементы локальной САУ (датчики, преобразователи, промышленные контроллеры, исполнительные механизмы, регулирующие органы), определять переменные (входные, выходные, возмущающие и управляющие), находить контуры обратных связей.

Иерархичность объектов управления (ОУ) (аппарат, линия, цех, предприятие) порождает иерархию систем управления (PLC/DCS, SCADA, MES, ERP-системы) (рис. 1.1).

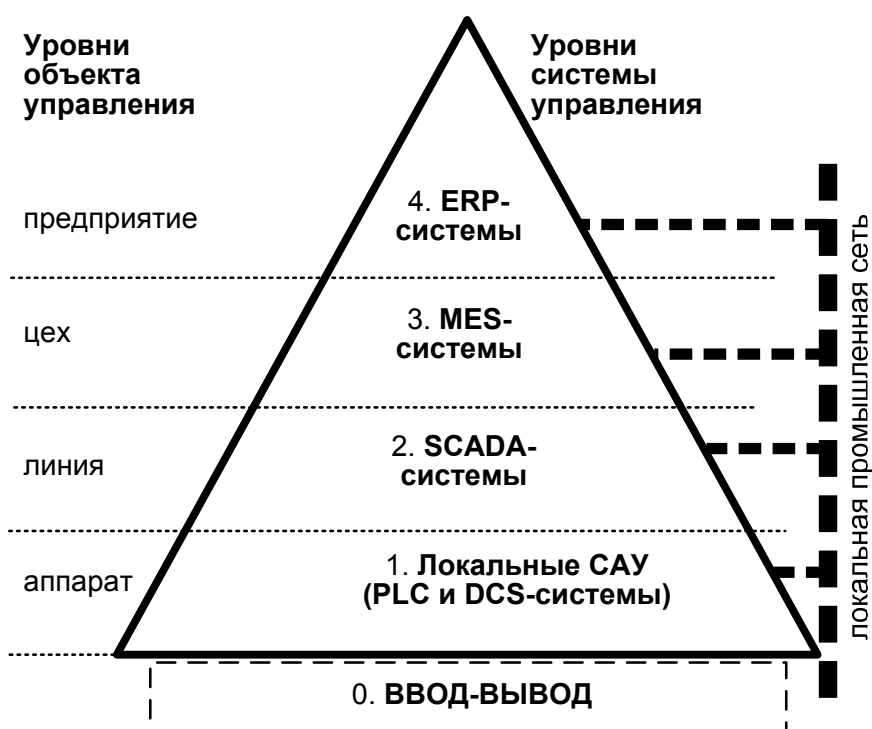


Рис. 1.1. Соответствие уровней объекта управления и АСУ

Несмотря на иерархию ОУ, структура взаимосвязи ОУ и САУ на основе обратной связи (ОС) будет подобна той, что представлена на рис. 1.2, а. Однако данная схема лишь поясняет принцип их взаимодействия. При практической реализации одноконтурная локальная САУ для объектов управления (ОУ) первого уровня (механизм, устройство, станок, машина, аппарат, агрегат и т. п.) детализируется и состоит из ряда базовых элементов (рис. 1.2, б):

Д – датчик (воспринимающее устройство, первичный измерительный преобразователь, сенсор) – устройство, преобразующее физиче-

скую величину (например, температуру T , давление P , расход F , концентрацию Q , массу W , скорость S и т. д.) в сигнал, удобный для передачи (электрический, гидравлический, пневматический, механический).

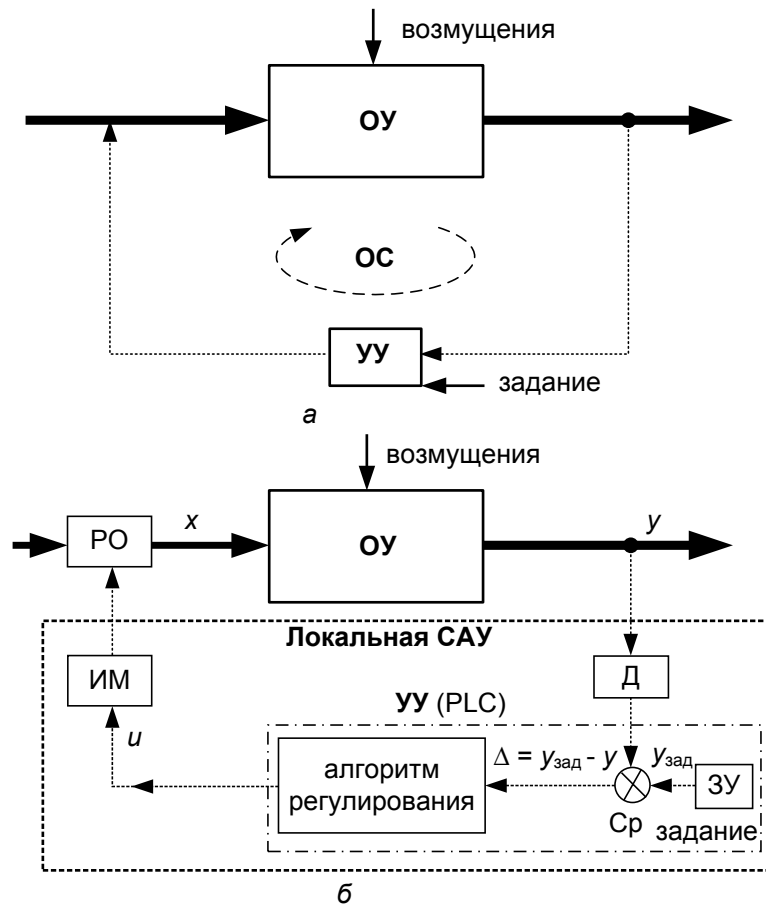


Рис. 1.2. Структура локальной САУ:
а – концептуальная схема взаимодействия ОУ и САУ;
б – детализированная схема локальной САУ
с базовыми элементами

УУ – управляющее устройство (на практике реализуется в виде промышленного контроллера PLC (Programmer Logic Controller). Обычно в нем предусмотрены функции задания, сравнения и выработки алгоритма регулирования:

ЗУ (задающее устройство) – служит для установления заданного значения $u_{зад}$ управляемой переменной y . Установка производится: а) вручную, б) автоматически;

Ср (сравнивающее устройство) – сравнивает (обычно это операция вычитания, т. е. отрицательная обратная связь) текущее y и заданное значение $u_{зад}$ технологической переменной. В результате на его выходе формируется сигнал рассогласования Δ ;

Ус (*при необходимости*) (усилительное устройство) – усиливает мощность сигнала рассогласования Δ . Применяются электронные, гидравлические, пневматические, магнитные усилители;

алгоритм регулирования – внутри PLC вырабатывается определенный алгоритм регулирования в зависимости от объекта управления (непрерывный и/или дискретный). В первом случае отрабатывается стабилизация, неизменность состояния ОУ (стабилизация его технологических переменных), во втором – наоборот, отработки управляющих воздействий, изменяющих состояние ОУ в соответствии с заданной последовательностью действий (программное управление).

ИМ – исполнительный механизм. Обычно это силовое устройство с достаточно большой мощностью (двигатели электрические, гидравлические, пневматические, электромагнитные, поршневые устройства, муфты).

РО – регулирующий орган, механическое устройство, непосредственно воздействующее на ОУ путем изменения количественных и качественных характеристик материальных и энергетических потоков (вентили, клапаны, дозаторы, насосы, транспортеры, шнеки, вентиляторы, заслонки, шиберы, прижимные вальцы, каландры, ТЭНы, режущий инструмент и т. п.).

В ряде систем управления ИМ и РО отсутствуют и регулирование переменных промышленного процесса выполняется без помощи механических устройств (например, током или напряжением).

Вовсе не обязательно, чтобы управление осуществлялось именно переменной, характеризующей входной материальный поток – все зависит от технологии процесса, т. е. объекта управления. В управлении работает связка «причина – следствие», где следствие – технологическая переменная, характеризующая качество получаемой продукции, а причина – переменная, имеющая на нее существенное предсказуемое влияние (рис. 1.3).

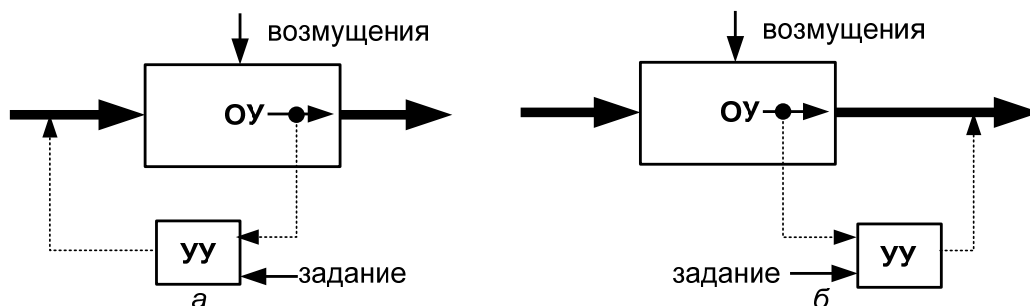


Рис. 1.3. Варианты построения структуры САУ:

- а – управление переменной ОУ изменением входного материального потока;
- б – управление переменной ОУ изменением выходного материального потока

Переменные ОУ. Изучение вопросов управления (автоматизации) производственным процессом начинается с его исследования как объекта управления, т. е. выявления совокупности технологических *переменных*, достаточных для оценки (контроля) его состояния и управления. С этой целью объект (процесс) представляют в виде структурной схемы (рис. 1.4), где x_n – входная переменная, которую можно измерить, но воздействовать на нее нельзя; u_k – управляющая переменная, воздействуя на которую можно управлять ОУ; f_m – возмущающая переменная (нагрузка) – может быть измерена, но неуправляема (значение меняется случайным образом); y_l – выходная управляемая переменная (характеризуется воздействием x, u, f).

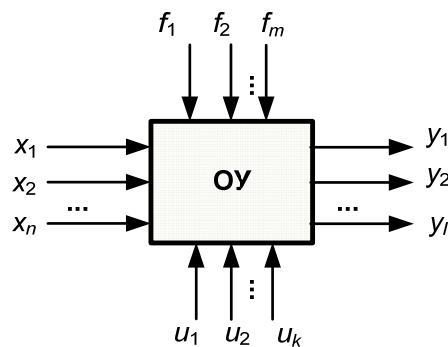


Рис. 1.4. Структурная схема с основными переменными

Возмущения. Нежелательные, трудно контролируемые отклонения характеристик ОУ от заданных (нормальных) режимов. Основные причины возникновения возмущений: разнородное качество сырья; изменение эксплуатационных характеристик оборудования (например, вследствие старения, износа, коррозии, скрытых поломок и т. п.); изменение нагрузки на аппарат; внешние факторы (климатические – температура, влажность).

Тема 2. СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ САУ

Цель занятия: научиться осуществлять структурные преобразования САУ на базе основных соединений (последовательно, параллельно, с обратной связью) и проводить оценку устойчивости САУ на основе алгебраического критерия Рауса – Гурвица.

Структурные преобразования. Передаточные функции отдельных блоков (звеньев) на основе типовых элементарных динамических звеньев образуют структурную схему САУ, являющуюся динамической моделью системы, т. е. для ее получения надо каждый элемент САУ заменить соответствующим динамическим звеном и соединить в той же последовательности.

Графически структурная схема изображается в виде прямоугольников, внутри которых записываются передаточные функции звеньев. Связи между звеньями обозначаются линиями со стрелками, указывающими направление передачи информации (рис. 2.1).

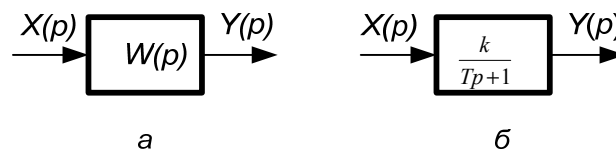


Рис. 2.1. Обозначение элементов структурных схем:
а – в общем виде; б – конкретизировано:
апериодическое звено 1-го порядка

Звенья, образующие структурные схемы, могут быть соединены:

- последовательно;
- параллельно;
- с обратной связью.

Последовательное соединение звеньев – выход каждого звена связан со входом следующего (рис. 2.2).

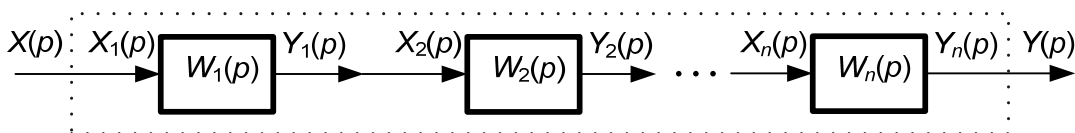


Рис. 2.2. Последовательное соединение звеньев

$$Y_1(p) = W_1(p)X_1(p)$$

$$X_2(p) = Y_1(p)$$

$$Y_2(p) = W_2(p)X_2(p) \text{ и т. д.}$$

$$W_{\text{посл}}(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p) = W_1(p) W_2(p) \dots W_n(p).$$

Параллельное соединение звеньев – входные сигналы на все звенья одинаковы $X(p) = X_1(p) = X_2(p) = \dots = X_n(p)$, а выходящий равен сумме выходных сигналов $Y(p) = Y_1(p) + Y_2(p) + \dots + Y_n(p)$ (рис. 2.3).

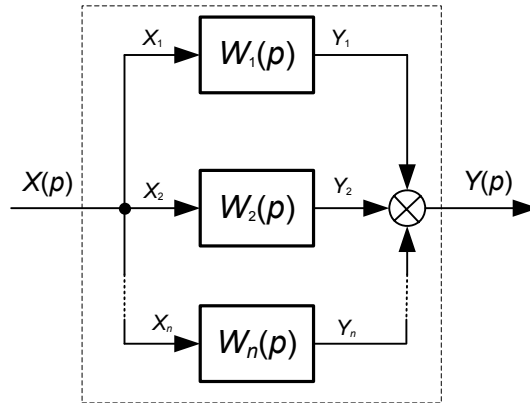


Рис. 2.3. Параллельное соединение звеньев

$$W_{\text{парал}}(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p) = W_1(p) + W_2(p) + \dots + W_n(p).$$

Соединение звеньев с обратной связью – выходной сигнал посредством обратной связи возвращается на вход системы (рис. 2.4).

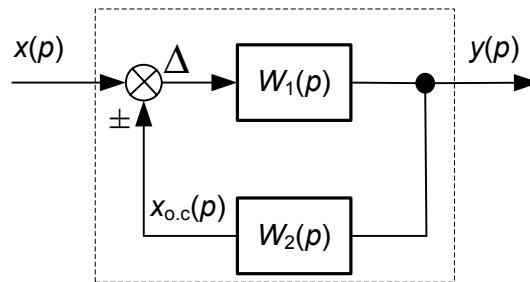


Рис. 2.4. Соединение с обратной связью

$$W_{\text{o.c.}}(p) = \frac{W_1(p)}{1 \pm W_1(p) W_2(p)}.$$

В этой формуле знак «плюс» соответствует отрицательной обратной связи, а знак «минус» – положительной.

Пользуясь тремя вышеперечисленными правилами преобразования, можно получить передаточную функцию САУ любой сложности

или, наоборот, упростить структурные схемы в целом и тем самым проанализировать ее работу.

Оценка устойчивости САУ. Под устойчивостью системы понимается ее способность восстанавливать состояние равновесия, из которого она была выведена в результате какого-либо воздействия (изменение задающего воздействия $u_{зад}$, появление возмущений f).

Чтобы ответить, устойчива система или нет, используют специальные критерии, позволяющие судить об этом.

Алгебраический критерий Рауса – Гурвица. Проверка на устойчивость сводится к вычислению по коэффициентам a в характеристическом уравнении

$$a_0 \cdot p^n + a_1 \cdot p^{n-1} + a_2 \cdot p^{n-2} + \dots + a_{n-1} \cdot p + a_n = 0$$

определителей Гурвица Δ .

Разомкнутая САУ устойчива, если все коэффициенты a и определители Гурвица Δ положительны, т. е. соблюдаются необходимые $a_0, a_1 \dots a_n > 0$ и достаточные $\Delta_1, \Delta_2 \dots \Delta_n > 0$ условия.

Коэффициенты a непосредственно берутся из характеристического уравнения, а матрица для нахождения определителей Гурвица Δ составляется по следующим правилам:

- 1) по главной диагонали выписывается по порядку n коэффициентов характеристического уравнения (от a_1 до a_n);
- 2) строки с нечетными и четными индексами чередуются;
- 3) недостающие элементы матрицы заполняются нулями:

$$\Delta = \begin{array}{cccccc} a_1 & a_3 & a_5 & \cdot & 0 & \\ a_0 & a_2 & a_4 & & & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \cdot & 0 \\ 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & & & & & a_n \end{array}$$

Тогда для наиболее часто встречающихся случаев

$\Delta_1 = a_1$ – уравнение 1-го порядка ($a_0, a_1 > 0$),

$\Delta_2 = \begin{array}{cc} a_1 & 0 \\ a_0 & a_2 \end{array}$ – уравнение 2-го порядка ($a_0, a_1, a_2 > 0$),

$\Delta_3 = \begin{array}{ccc} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{array}$ – уравнение 3-го порядка ($a_0, a_1, a_2, a_3 > 0$).

Тема 3. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Цель занятия: научиться читать буквенные обозначения устройств автоматизации и разрабатывать функциональные схемы автоматизации.

Общая концепция. Функциональная схема автоматизации является основным технологическим документом, определяющим функциональную структуру и объем автоматизации технологических процессов. Представляет собой чертеж, на котором условными обозначениями совмещены и изображены два «слоя» (рис. 3.1):

- *технологический* – объекты управления (т. е. технологические установки, аппараты, агрегаты и т. п.) и связывающие их коммуникационные потоки (по сути, это материальные потоки). Формируется на основе схемы материальных потоков и их информационных переменных;
- *автоматизации* – средства автоматизации (датчики, приборы, вычислительные устройства, промышленные контроллеры и компьютеры и т. п.) с указанием связей между ними и технологическим оборудованием, а также связей между отдельными элементами автоматики. Формируется на основе структурной схемы САУ.

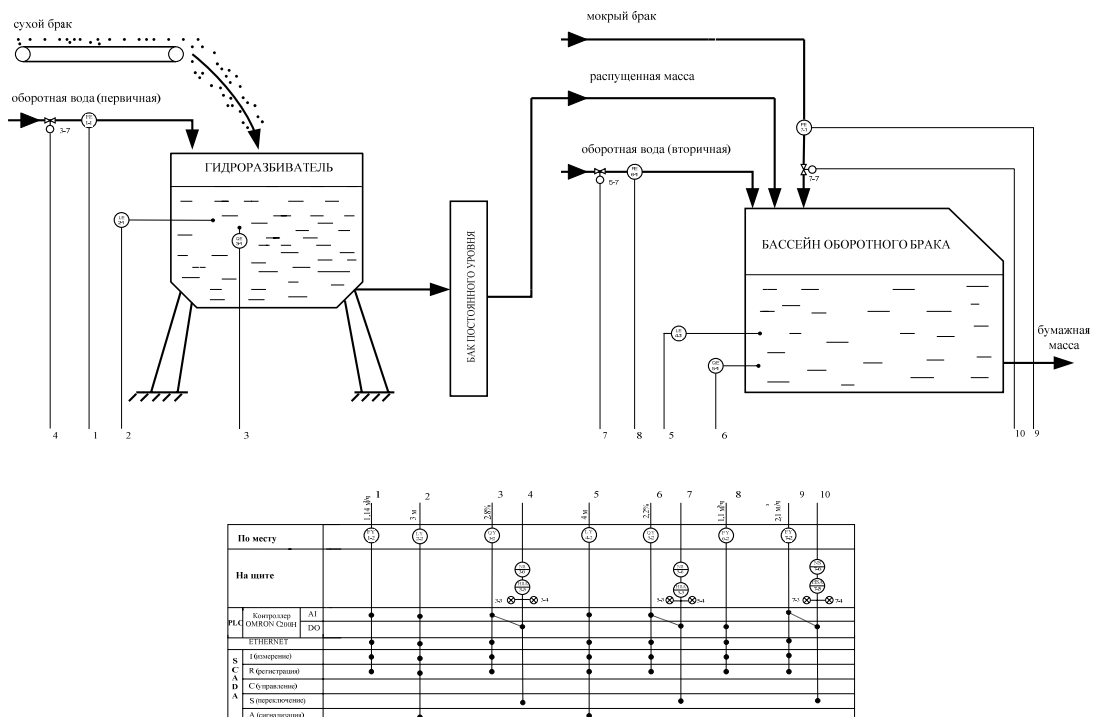


Рис. 3.1. Пример функциональной схемы автоматизации развернутым способом

Обозначение объектов управления. При построении функциональной схемы автоматизации целесообразно располагать технологическое оборудование и оборудование для перемещения материальных потоков (трубопроводы для потоков газообразных и жидких веществ, различные транспортеры для потоков сыпучих и твердых материалов) так, как это происходит традиционно при чтении: «слева-направо» и «сверху-вниз».

Технологическое оборудование и оборудование для перемещения материальных потоков изображают упрощенно (контурно, без второстепенных конструктивных деталей, чтобы оно было «узнаваемо»), но с учетом взаимного расположения с приборами и средствами автоматизации. Допускается в отдельных случаях изображение частей объекта в виде прямоугольников с наименованием этих частей. Возле изображения делаются поясняющие подписи (наименование оборудования или его позиционное обозначение) (рис. 3.2).

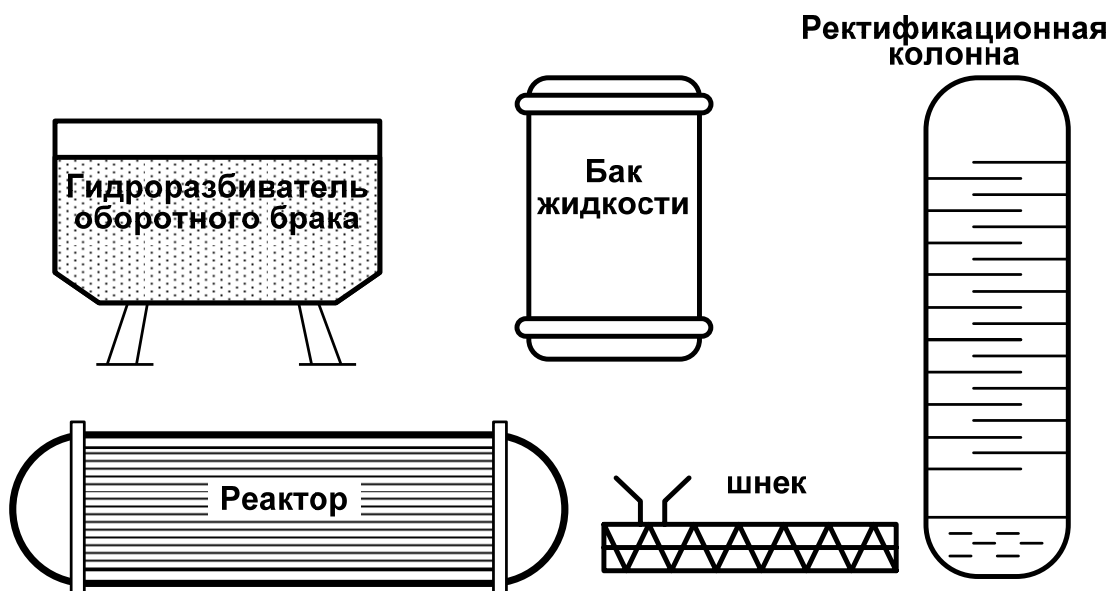


Рис. 3.2. Примеры отображения объектов управления (технологического оборудования и оборудования для перемещения материальных потоков) на функциональных схемах автоматизации

Обозначение коммуникационных (материальных) потоков и их регулирующих устройств. Для газообразных и жидких материальных потоков на трубопроводах и воздухопроводах показывают только те регулирующие устройства (вентили, задвижки, заслонки, клапаны, запорные устройства и т. п.), которые участвуют в системе контроля и управления. На линиях трубопроводов ставят стрелки, указывающие

направление потока вещества, желателно «слево-направо», т. е. от входа к выходу, даже если на технологической схеме они имеют другое направление (кроме того, такие стрелки «приглашают» к чтению чертежа). Трубопроводы, идущие к конечным аппаратам и устройствам, в которых нет приборов и средств автоматизации, на схеме обрывают. На месте обрыва ставят стрелку и дают пояснение, например: (к фильтру) или (от насоса) (рис. 3.3, а).

Для сыпучих и твердых материальных потоков показывают только те регулирующие устройства (различные транспортеры: ленточные, скребковые, ковшовые, шнеки и т. п.), которые участвуют в системе контроля и управления (рис. 3.3, б)

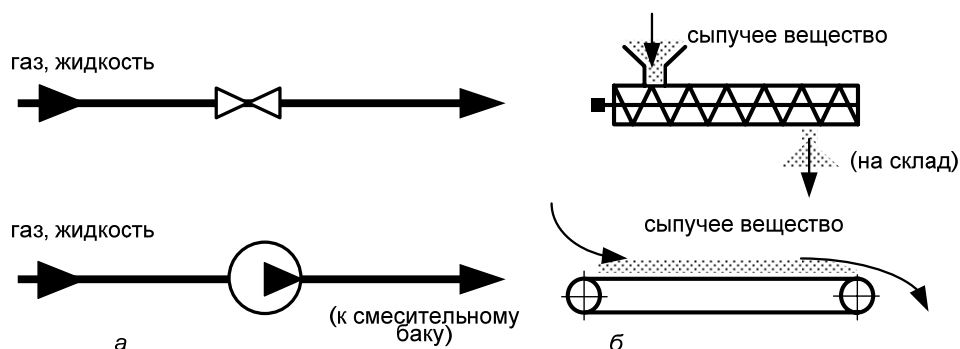


Рис. 3.3. Примеры отображения регулирующих устройств на материальных потоках:

а – на трубопроводах для газообразных и жидких сред (вентиль и насос);
б – для сыпучих веществ (шнек и ленточный транспортер)

Обозначение средств автоматизации: общие положения. На функциональных схемах в «слое» автоматизации показывают отборные устройства (которые можно назвать чувствительными элементами измерительных устройств), измерительные преобразователи, преобразующие и регулирующие приборы, вычислительные устройства, линии связи, переключатели, аппаратуру управления, исполнительные устройства, регулирующие механизмы (органы), элементы индикации и сигнализации, различные согласующие устройства и устройства обработки информации.

Простейшие вспомогательные устройства, такие как реле, источники питания, выключатели и предохранители в цепях питания; соединительные коробки и другие устройства, монтажные элементы, на функциональных схемах не показывают. Для сложных производственных процессов с большим объемом автоматизации функциональные схемы могут быть выполнены отдельно, например: схемы автоматического управления, контроля, сигнализации.

На рис. 3.4, *а*, – устройство, устанавливаемое по месту (круг диаметром 10 мм), основное обозначение; *б* – устройство, устанавливаемое по месту, допускаемое обозначение; *в* – устройство, устанавливаемое на пульте, в щите (круг диаметром 10 мм), основное обозначение; *г* – устройство, устанавливаемое на пульте, в щите, допускаемое обозначение; *д* – исполнительный механизм, общее обозначение; *е* – исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган (РО) при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала; *ж* – исполнительный механизм, закрывающий РО при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала; *з* – исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет РО в неизменном положении; *и* – исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом; *к* – линия связи, общее обозначение; *л* – пересечение линии связи без соединения друг с другом; *м* – пересечение линии связи с соединением между собой (показаны обозначения приборов и исполнительных устройств на функциональных схемах автоматизации по ГОСТ 2.404–85). Отборное устройство не имеет специального обозначения, а представляет собой тонкую сплошную линию, соединяющую технологический трубопровод или аппарат с первичным измерительным преобразователем. При необходимости указания точного места расположения отборного устройства или точки измерения (внутри технологического аппарата) в конце тонкой линии изображается окружность диаметром 2 мм.

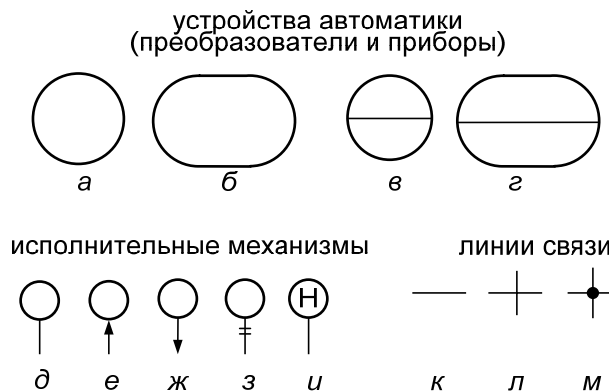


Рис. 3.4. Обозначение элементов функциональных схем автоматизации

Ключевыми на рис. 3.4 являются два устройства: *а* – устанавливаемое по месту, *в* – устанавливаемое на пульте, в щите. Следует помнить, что практически все первичные преобразователи (датчики) располагаются по месту, а вторичные преобразователи, устройства ото-

бражения и регулирования – в щитах и пультах. Их отличие – присутствие или наличие линии диаметра, делящего круг пополам.

Устройства имеют форму круга (диаметром 10 мм), который условно можно разделить на две равные зоны (рис. 3.5):

– нижняя зона 1 – указывается позиция и позиционное обозначение устройства. Состоит из двух частей: цифрового обозначения, присваиваемого комплекту (функциональной группе приборов), и цифровых индексов, присваиваемых отдельным элементам, входящим в комплект. Существует альтернативный вариант нумерации отдельных элементов – буквенными индексами (строчными буквами русского алфавита). Например, 1-1 (альтернативный вариант 1а), что означает: первый комплект, первое устройство; 1-2 (альтернативный вариант 1б), что означает: первый комплект, второе устройство и т. д. Одинаковым комплектам или однотипным элементам одного комплекта присваивают одинаковые позиции независимо от места их установки;

– верхняя зона 2 – при помощи буквенных условных обозначений (по ГОСТ 2.404–85) указывается переменная (П) и функция (Ф) устройства.

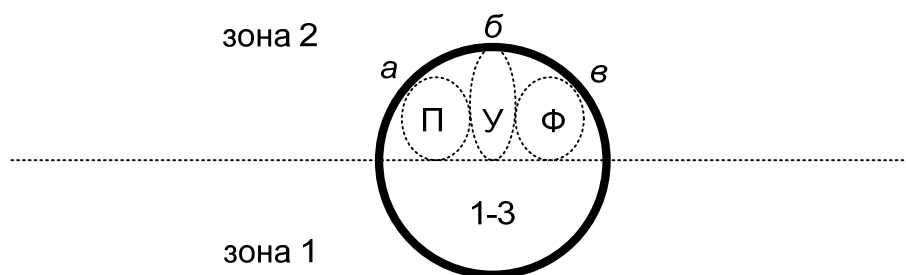


Рис. 3.5. Зоны и поля заполнения устройств, устанавливаемых по месту и в щите или на пульте

Буквенные условные обозначения устройств располагают в следующем порядке слева направо (рис. 3.5, зона 2, поля а, б и в):

- а) обозначение основной измеряемой величины (**Переменная**);
- б) обозначение, уточняющее, если это необходимо (!), основную измеряемую величину (**Уточнение**);
- в) обозначение или обозначения функционального признака или признаков прибора (**Функция**).

Обозначение основной измеряемой величины. Измеряемые величины (технологические переменные) обозначают следующими буквами (основное обозначение букв): *D* – плотность; *E* – любая электрическая величина; *F* – расход; *G* – размер, положение, перемещение; *H* –

ручное воздействие; K – время или временная программа; L – уровень; M – влажность; P – давление или вакуум; Q – величина, характеризующая качество (состав, концентрацию и т. п.); R – радиоактивность; S – скорость или частота; T – температура; U – несколько разнородных измеряемых величин; V – вязкость; W – масса; X – нереконструируемая резервная буква.

Обозначение, уточняющее, если это необходимо, основную измеряемую величину. Дополнительные значения при использовании в качестве второй по порядку буквы в обозначении прибора имеют следующие буквы: D – разность или перепад; F – соотношение (доля, дробь); J – автоматическое переключение или обегание; Q – интегрирование (суммирование по времени).

Кроме того, часть букв, имеющих дополнительное значение, используется для уточнения типа приборов: E – первичное преобразование (чувствительный элемент); K – станция управления; T – промежуточное преобразование (дистанционная передача); Y – преобразование, вычислительные функции.

Буква E (рис. 3.6) применяется для обозначения устройств, осуществляющих первичное преобразование сигналов (датчиков); T – для обозначения приборов с дистанционной передачей показаний. Например, бесшкальных, K – для обозначения приборов, имеющих станцию управления, т. е. переключатель для выбора вида управления (автоматическое – ручное) и устройство для дистанционного управления; Y – для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств.

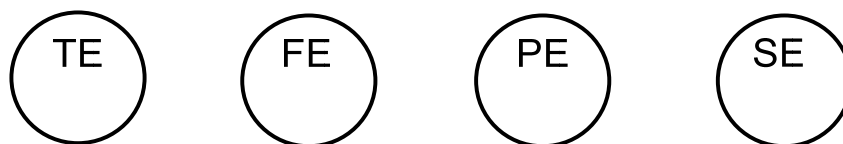


Рис. 3.6. Первичные преобразователи сигналов (датчики) наиболее часто встречающихся технологических параметров: температуры T , расхода F , давления P , скорости S

Обычно на первом месте ставится буква, обозначающая измеряемую величину, а на втором месте – одна из дополнительных букв E , T , K или Y . Например, датчики расходомеров – FE ; бесшкальные манометры с дистанционной передачей показаний – PT ; бесшкальные расходомеры с дистанционной передачей – FT и т. д.

В качестве буквы, имеющей дополнительное значение, применяют: H – верхний предел измеряемой величины; L – нижний предел из-

меряемой величины. Буквы *H* и *L* наносят вне графического обозначения (справа от него).

Для конкретизации измеряемой величины (рис. 3.7) справа от изображения прибора необходимо указать наименование или символ измеряемой величины, например: напряжение, сила тока, pH, O₂ и т. п. Для обозначения дополнительных значений *D*, *F*, *Q* допускается применение строчных букв *d*, *f*, *q*.

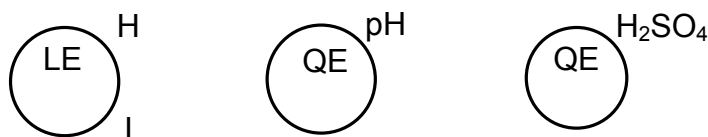


Рис. 3.7. Конкретизация измеряемой технологической переменной: первичный преобразователь уровня с верхней (**H**igh) и нижней (**L**ow)

Обозначение функционального признака или признаков прибора. При обозначении функций, выполняемых прибором, для отображения информации используют буквы: *I* – показание; *R* – регистрация, для формирования выходного сигнала; *C* – регулирование или управление; *S* – включение (отключение или переключение); *A* – сигнализация. Если в одном приборе функциональных признаков несколько, то порядок расположения буквенных обозначений должен быть следующим: *I R C S A* (рис. 3.8).

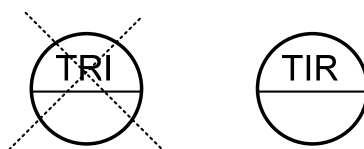


Рис. 3.8. Неправильная и правильная последовательность отображения функционального признака прибора

При построении условных обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств применяют надписи, расшифровывающие вид преобразования или операции, выполняемые вычислительными устройствами. Их наносят справа от графического обозначения приборов. Для обозначения рода энергии сигнала используются буквы: *E* – электрический; *P* – пневматический; *G* – гидравлический. Виды форм сигнала обозначают: *A* – аналоговый; *D* – дискретный. Операции, выполняемые вычислительными устройствами, обознача-

ют: \sum – суммирование; K – умножение на постоянный коэффициент K ; \times – перемножение двух и более сигналов друг на друга; $:$ – деление сигналов друг на друга; f^n – возведение величины сигнала f в степень n ; $\sqrt[n]{}$ – извлечение из величины сигнала корня степени n ; \lg – логарифмирование; dx/dt – дифференцирование; \int – интегрирование; $\times(-1)$ – изменение знака сигнала; \max – ограничение верхнего значения сигнала; \min – ограничение нижнего значения сигнала; B_i – передача сигнала на компьютер; B_o – вывод информации с компьютера.

Обозначение линий связи. Линии связи между приборами и средствами автоматизации на функциональной схеме изображаются однолинейно, тонкими сплошными линиями, независимо от фактического количества проложенных проводов или труб. Подвод линии связи к символу прибора допускается изображать в любой точке окружности (сверху, снизу, сбоку) по возможно кратчайшему расстоянию с минимальным числом изгибов и пересечений. Линии связи могут пересекать изображения технологического оборудования и коммуникаций.

При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи допускается наносить стрелки. При большом количестве линий связи допускается их разрыв (т. е. развернутый способ см. рис. 3.1). Для удобства пользования схемой оба конца линии нумеруют одной и той же арабской цифрой. Нумерация разрывов линии связи со стороны щитовых приборов дается в порядке возрастания номеров. Допускается разрывать только часть линий связи.

На участках линии связи непосредственно у прямоугольников, изображающих щиты или комплекты местных приборов, указывают предельные рабочие (максимальные и минимальные) значения контролируемых или регулируемых величин. Разрежение (вакуум) обозначается знаком $(-)$. Для встраиваемых в технологическое оборудование приборов, не имеющих линий связи с другими приборами, предельные значения величин указывают возле обозначений приборов.

В случае функционального взаимодействия линий связи в месте их пересечения ставится точка.

Толщина линий должна быть следующей:

- линии контуров агрегатов 0,2–0,5 мм;
- трубопроводы 0,5–1,5 мм;
- обозначение приборов и средств автоматизации 0,5–0,6 мм;
- линии связи 0,2–0,3 мм;
- прямоугольники, изображающие щиты и пульты, 0,5–1,0 мм;
- выноски 0,2–0,3 мм.

Размеры букв и цифр выбирают следующие:

- для позиционных обозначений буквы и цифры высотой 3,5 мм;
- пояснительного текста и надписей 3,5–5,0 мм.

При необходимости на схеме располагают таблицу не предусмотренных стандартами условных обозначений (условные обозначения трубопроводов, приборов и средств автоматизации, полное название принятых сокращений и различных заимствованных и резервных букв).

Обозначение средств автоматизации: варианты применения. Приборы и средства автоматизации, расположенные на щитах, пультах, показывают в прямоугольниках, изображающих щиты и пульта (рис. 3.9).

Щит диспетчера	
----------------	--

Рис. 3.9. Изображение щитов и пультов на функциональных схемах автоматизации

Приборы и средства автоматизации, расположенные вне щитов и конструктивно не связанные непосредственно с технологическим оборудованием и коммуникациями, условно показывают в прямоугольнике «приборы местные». Прямоугольник располагают над прямоугольником щитов (рис. 3.10).

Приборы местные	
Щит оператора	

Рис. 3.10. Изображение приборов и средств автоматизации, расположенных вне щитов

Для однотипных технологических объектов, имеющих общие щиты, стивы с аппаратурой и приборами, на схеме рекомендуется показывать технологическое оборудование одного объекта, а приборы и средства автоматизации, устанавливаемые на щите, показывать полностью для всех объектов.

Рассмотрим различные варианты. Приборы, применяемые для контроля (регулирования), однотипны, контролируемые параметры имеют одинаковые значения, при этом все повторяющиеся приборы показывают на щите один раз, а около их обозначения проставляют количество в штуках (рис. 3.11).

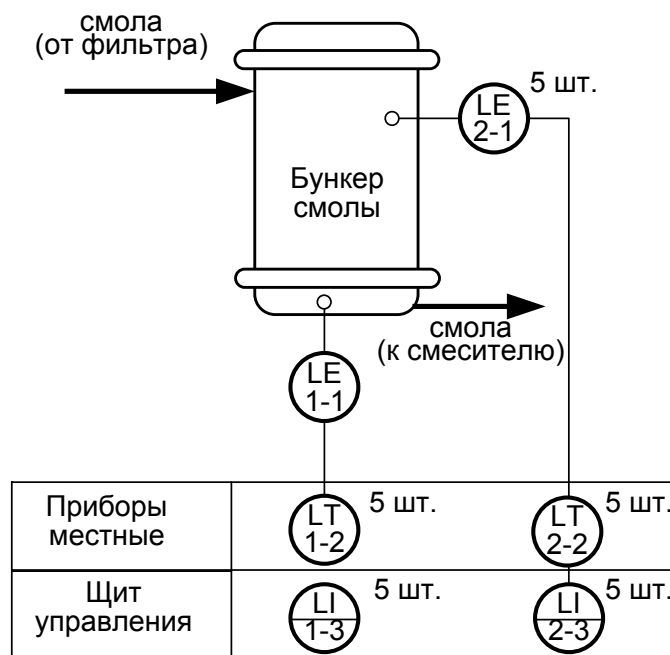


Рис. 3.11. Приборы и средства автоматизации однотипны, и контролируемые параметры имеют одинаковые значения

Приборы однотипны, но контролируемые параметры имеют различные значения; при этом следует показывать на щите все приборы. Около линий связи, соединяющих приборы и средства автоматизации с управляемым объектом (без показанного технологического оборудования), дают пояснение, например: «от реактора 2» (рис. 3.12).

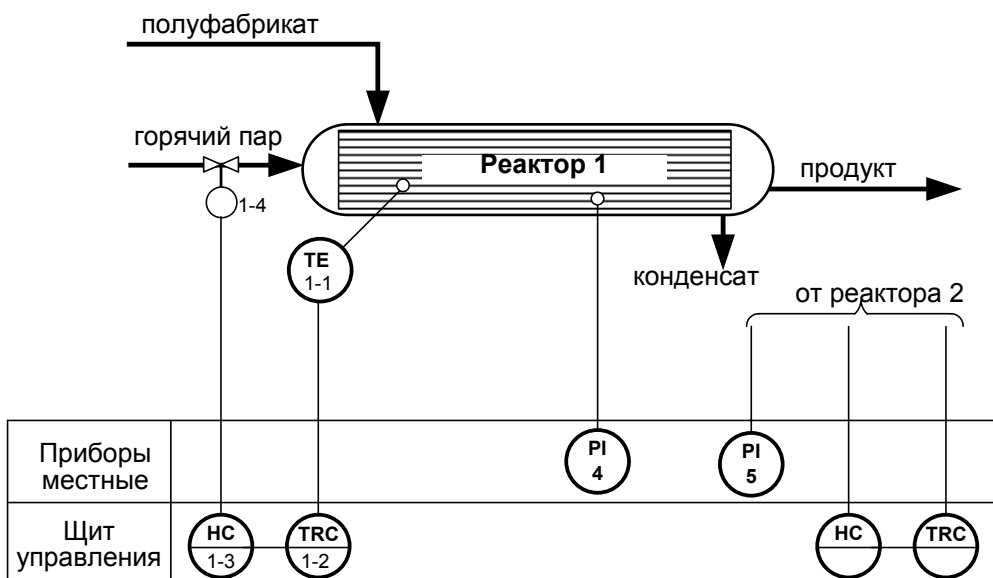


Рис. 3.12. Приборы и средства автоматизации однотипны, но контролируемые параметры имеют разные значения

При использовании многоточечного прибора для контроля какого-либо параметра в нескольких однотипных аппаратах на схеме показывают только один технологический аппарат и один датчик, а около прибора показывают линии связи от остальных датчиков (рис. 3.13).

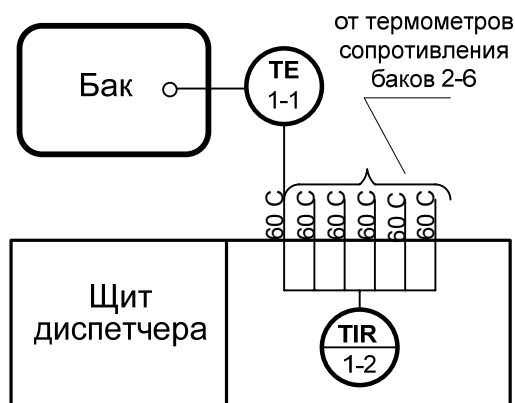


Рис. 3.13. Схема включения многоточечного прибора для однотипных технологических объектов

Приборы и средства автоматизации, встраиваемые в технологическое оборудование и коммуникации или механически связанные с ним, изображают на схеме в непосредственной близости к технологическому оборудованию.

Примеры оформления функциональных схем автоматизации. В примерах (3.14–3.16) рассмотрены возможные варианты построения функциональных схем автоматизации, выполненные совмещенным способом на основе традиционных регуляторов.

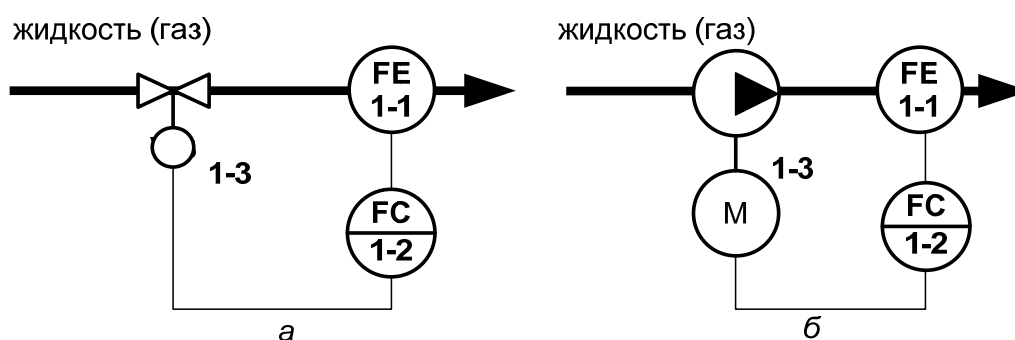


Рис. 3.14. Функциональные схемы систем автоматического регулирования (стабилизации) расхода жидкости (газа) при помощи изменения двух типовых схем: а – проходного сечения вентиля G , т. е. изменением его геометрии; б – числа оборотов насоса S , т. е. изменением его частоты

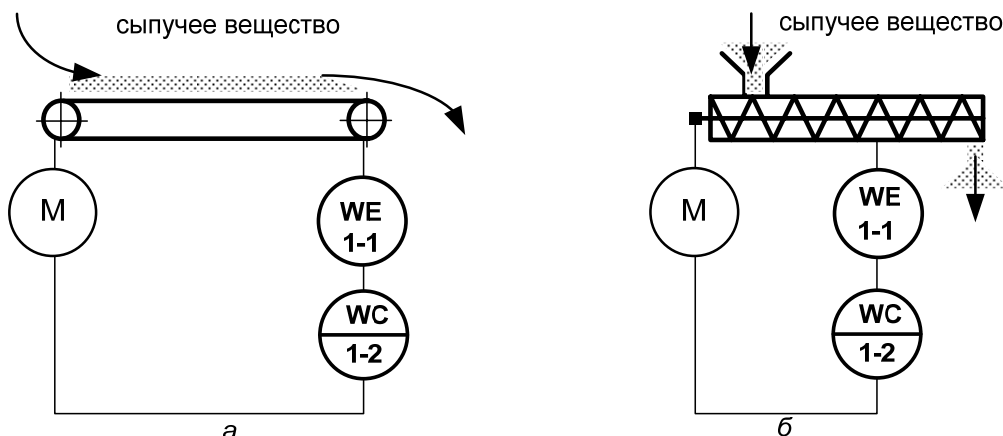


Рис. 3.15. Функциональная схема САУ (регулирования, стабилизации) массы сыпучего материала при помощи изменения числа оборотов:
 а – ленточного конвейера; б – шнека

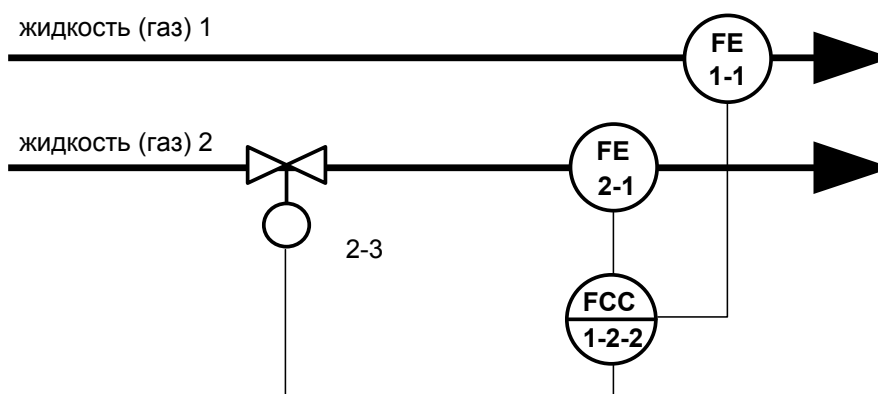


Рис. 3.16. Функциональная схема системы автоматического регулирования (стабилизации) соотношения двух компонентов (жидкостей, газов) при помощи вентиля

Обозначение промышленных контроллеров (PLC) и рабочих станций SCADA-систем. Промышленные контроллеры (PLC) и операторские станции SCADA-систем (системы диспетчерского управления) изображают с помощью прямоугольников. Их располагают в нижней части поля схемы в одном или нескольких горизонтальных рядах с указанием в каждом прямоугольнике соответствующего наименования.

При использовании агрегатированных комплексов (промышленные контроллеры) и управляющих машин (рабочие станции SCADA-систем) допускается, кроме общего наименования, приводить наименование их отдельных блоков и функций. При этом прямоугольник, изображающий комплекс (машину), делят горизонтальными линиями на части, число которых соответствует количеству блоков (модулей) или функций.

Для промышленного контроллера (в прямоугольнике указывается его тип, например, Siemens, Omron, GE Fanuc, Allen-Bradley и т. п.) таким де-

лением является наличие аналоговых (Analog) и дискретных (Discrete) модулей ввода (Input) и вывода (Output). Таким образом, возможны следующие варианты модулей: *AI* (аналоговый ввод), *AO* (аналоговый вывод), *DI* (дискретный ввод), *DO* (дискретный вывод) с уточнением конкретного типа модуля для соответствующего контроллера. Взаимосвязь между модулями ввода и вывода (т. е. реализацию *обратной связи*) показывают условной штрихпунктирной линией, точно так же, как и обратную связь на структурной схеме системы автоматического управления.

При обозначении функций, осуществляемых операторскими станциями SCADA-систем (указывается ее конкретная программная реализация, например, In Touch, iFix, Genesis, WinCC, Trace Mode и т. п.), целесообразно использовать те же буквы, что и при обозначении функциональных признаков приборов автоматизации: *I* – показание; *R* – регистрация; *C* – регулирование или управление; *S* – включение (отключение или переключение); *A* – сигнализация – и отмечать их наличие на мнемосхеме SCADA-системы соответствующим знаком (точкой).

На рис. 3.17–3.19 показаны примеры схем автоматизации с применением промышленных контроллеров и рабочих станций SCADA-систем.

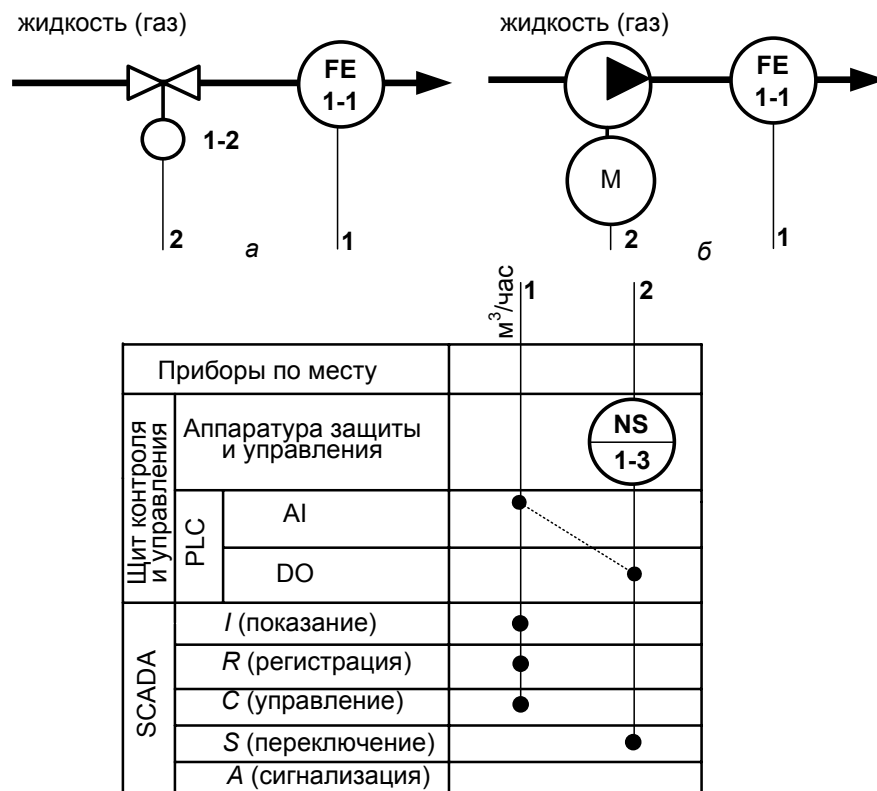
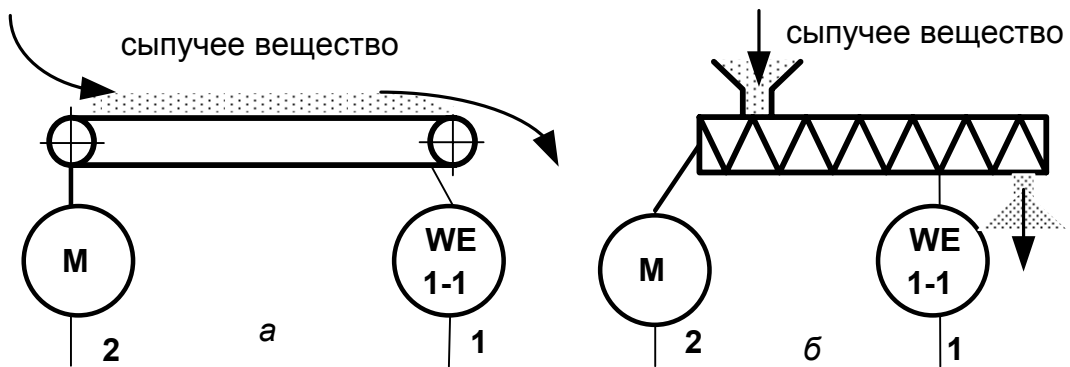
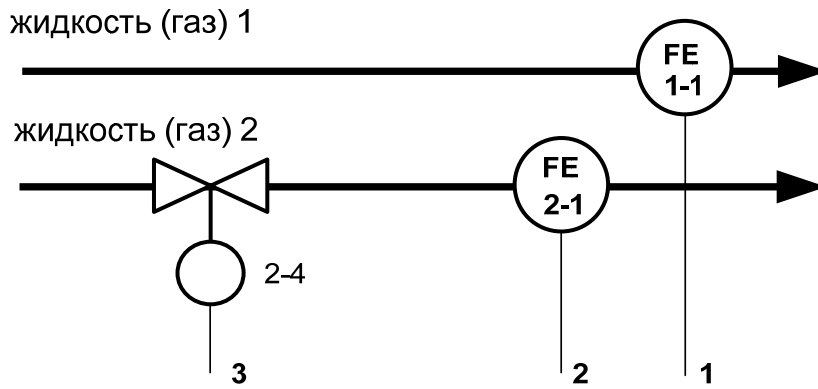


Рис. 3.17. Функциональные схемы систем автоматического регулирования (стабилизации) расхода жидкости (газа) на основе промышленного контроллера и рабочей станции SCADA-системы при помощи изменения: *а* – проходного сечения вентиля; *б* – числа оборотов насоса (частотное)



Приборы по месту		1	2
Щит контроля и управления	Аппаратура защиты и управления		NS 1-3
	PLC	AI	●
		DO	
SCADA	I (показание)	●	
	R (регистрация)	●	
	C (управление)	●	
	S (переключение)		●
	A (сигнализация)		

Рис. 3.18. Функциональная схема САУ (регулирования, стабилизации) массы сыпучего материала на основе промышленного контроллера и рабочей станции SCADA-системы при помощи изменения числа оборотов:
 а – ленточного конвейера; б – шнека



Приборы по месту		1	2	3
		м ³ /час	м ³ /час	
Щит контроля и управления	Аппаратура защиты и управления			NS 2-3
	PLC	AI	●	●
		DO		
SCADA	I (показание)	●	●	
	R (регистрация)	●	●	
	C (управление)	●	●	
	S (переключение)			●
	A (сигнализация)			

Рис. 3.19. Функциональная схема системы автоматического регулирования (стабилизации) соотношения двух компонентов (жидкостей, газов) при помощи вентиля на основе промышленного контроллера и рабочей станции SCADA-системы

Тема 4. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Цель занятия: научиться читать принципиальные электрические схемы автоматизации, осуществлять их синтез и строить циклограммы.

Принципиальные электрические схемы составляют на основе функциональных схем автоматизации. На схемах изображают все электрические элементы, необходимые для нормальной работы установки (все аппараты включения и выключения, приборы и т. п.), средства связи между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Размеры, в которых условные обозначения выполняются на схемах, не влияют на смысл, при этом допускается при необходимости все обозначения пропорционально увеличивать или уменьшать.

Условные графические изображения воспринимающих частей, электромеханических частей (электрических реле, у которых связь воспринимающей части с исполнительной осуществляется механически, а также магнитных пускателей, контакторов и электромагнитов) приведены на рис. 4.1.

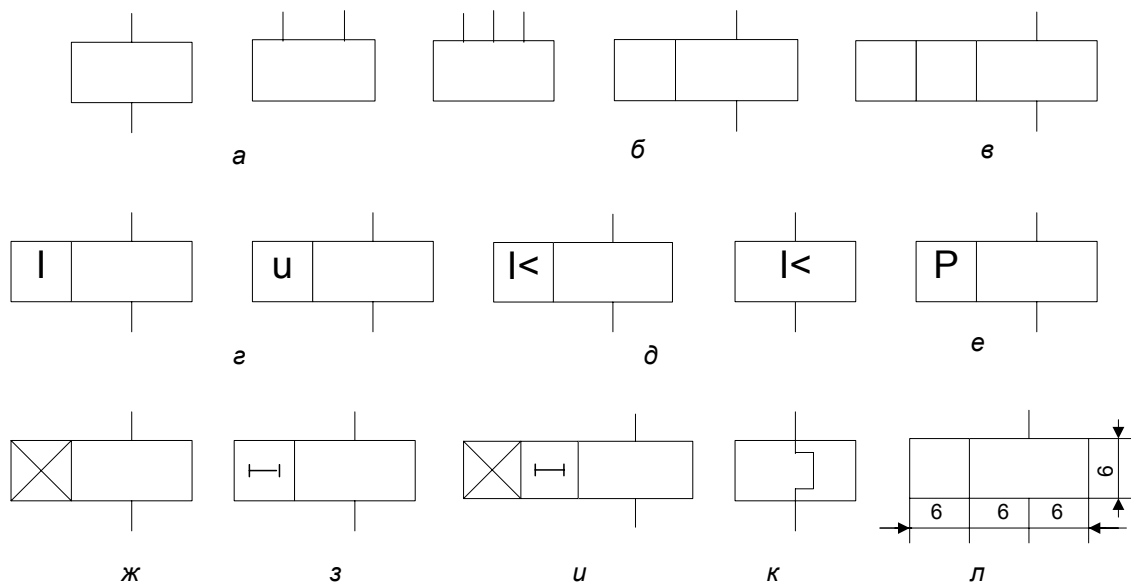


Рис. 4.1. Обмотки реле, магнитных пускателей и электромагнитов

На рис. 4.1, а, представлено общее обозначение катушки электромеханического устройства. Отличаются обозначения только расположением выводов. Обозначение на рис. 4.1, б, соответствует катушке трехфазного тока. Для внесения уточняющих данных в обозначение

электромеханического устройства вводятся одно или два дополнительных графических поля (рис. 4.1, в). На рис. 4.1, з, приведены обозначения катушек электромеханических устройств с обмотками тока и напряжения. При отсутствии дополнительной информации допускается в основном поле указать уточняющие данные. Например, рис. 4.1, б, – катушка электромеханического устройства с обмоткой минимального тока. Рис. 4.1, е, соответствует обозначению катушки поляризованного электромеханического устройства. На рис. 4.1, ж, приведено обозначение катушки электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании, рис. 4.1, з, – с замедлением при отпуске, рис. 4.1, и, – при срабатывании и отпуске. Воспринимающая часть электротеплового реле представлена на рис. 4.1, к. Размеры условных графических обозначений должны соответствовать приведенным на рис. 4.1, л.

Обозначение контактов. Рассмотрим схему обозначений контактов по ГОСТ 2.755–84. Контакты магнитных пускателей, контакторов, реле, кнопок, рубильников-автоматов и других коммутирующих устройств на схемах должны изображаться в положении, принятом за начальное: отсутствие тока во всех цепях схемы, на кнопки выключателей не действуют внешние принудительные силы.

Общие обозначения замыкающих (рис. 4.2, а), размыкающих (рис. 4.2, б) и переключающих контактов (рис. 4.2, в) могут быть дополнены, если требуются уточнения, различными знаками. Так, на рис. 4.3, а, изображены размыкающие и замыкающие контакты без самовозврата, на рис. 4.3, б, – контакты с самовозвратом. Если необходимо подчеркнуть, что контакт коммутирует силовую цепь, используют обозначения, приведенные на рис. 4.3, в; контакты с дугогашением, независимо от способа дугогашения, изображены на рис. 4.3, г. Контакт с автоматическим возвратом при перегрузке (автоматический выключатель) показан на рис. 4.3, е. Его включают, но при перегрузке он отключается. При необходимости указывать величину, при изменении которой происходит возврат, используют следующие знаки: максимального тока I_{\max} , минимального тока I_{\min} , максимального напряжения U_{\max} , минимального напряжения U_{\min} , максимальной температуры T_{\max} .

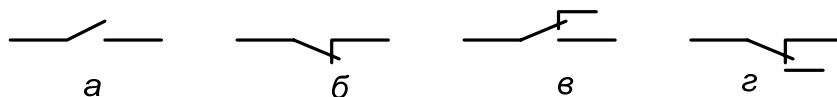


Рис. 4.2. Общее обозначение контактов коммутационных устройств

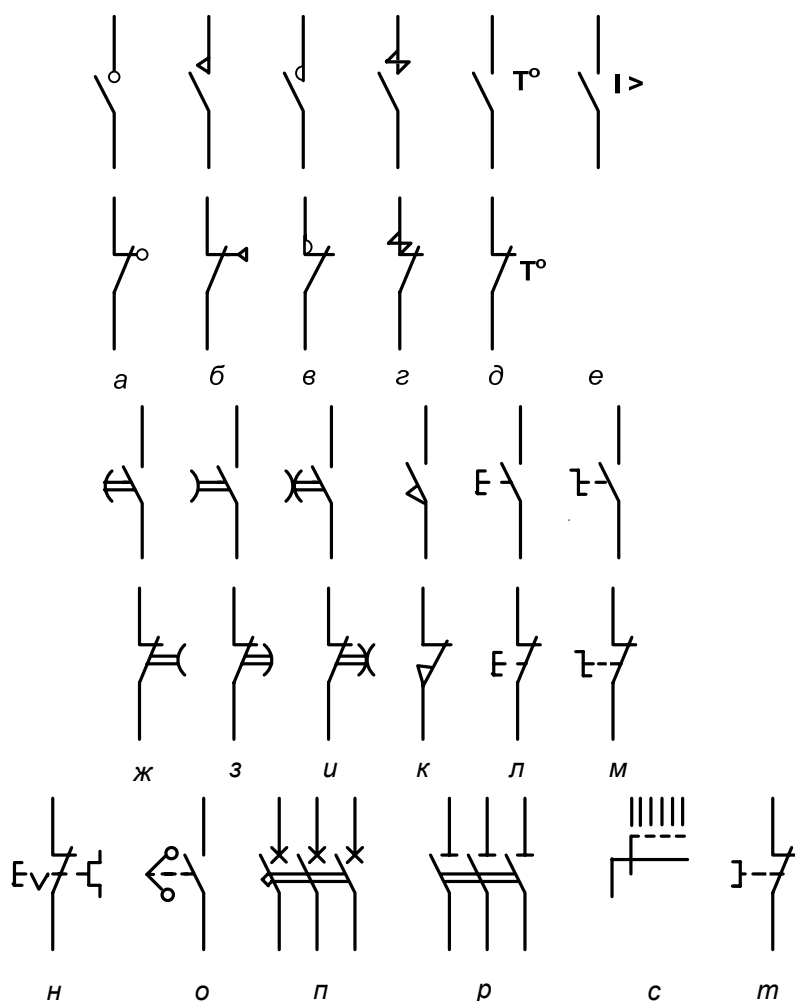


Рис. 4.3. Контакты коммутационных устройств с уточняющими знаками

Эти знаки проставляют около обозначений выключателя, как показано на рис. 4.3, д, е.

Чтобы подчеркнуть наличие выдержки времени и указать ее характер, применяют обозначения, приведенные на рис. 4.3, ж, з, и. На рис. 4.3, ж, происходит замедление срабатывания замыкающего и размыкающего контактов. На рис. 4.3, з, изображены контакты, действующие с замедлением при возврате, и на рис. 4.3, и, – при возврате и срабатывании. На рис. 4.3, к, приведено изображение однополюсного путевого выключателя. На рис. 4.3, н, – контакт электротеплового реле. С левой стороны контакта показано, что возврат его в начальное положение осуществляется специальной кнопкой, с правой – что разрыв контактов осуществляется приводом с помощью биметалла.

Обозначение кнопочных выключателей нажимного типа приведено на рис. 4.3, м. Для указания кнопочного поворотного выключателя

применяется изображение (рис. 4.3, *е*) кнопочного вытяжного выключателя – рис. 4.3, *т*. Контакты, замыкающиеся от центробежного привода (например, реле контроля скорости), имеют обозначение, приведенное на рис. 4.3, *о*. Для составления многополюсного обозначения выключателей однолинейное изображение повторяется необходимое число раз. В таких аппаратах, как рубильник, автоматический выключатель и т. п., однополюсные изображения располагают рядом, с минимальным расстоянием между линиями 6 мм, а подвижные контакты соединяют линией механической связи, как показано на рис. 4.3, *п*, для трехполюсного выключателя с автоматическим возвратом (автоматического выключателя). На рис. 4.3, *с*, дано обозначение многопозиционного (6-позиционного) однополюсного переключателя. Для изображения многополюсного переключателя одно полюсное изображение повторяется необходимое число раз.

Обозначение электродвигателей, предохранителей, сигнальных устройств.

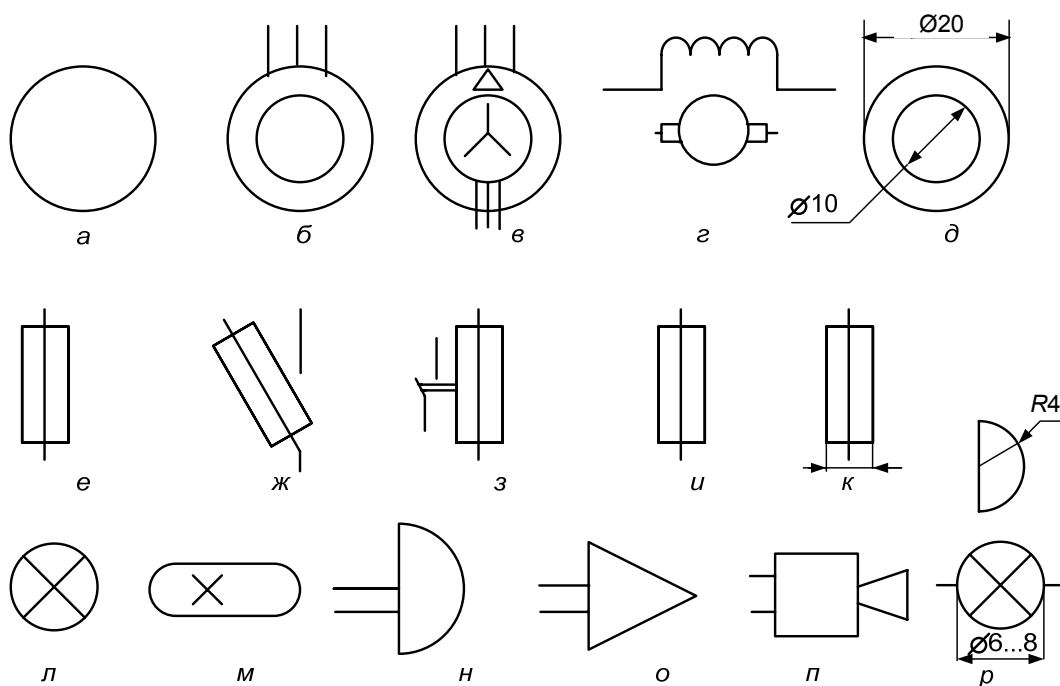


Рис. 4.4. Электродвигатели, предохранители, сигнальные устройства

Общее обозначение электрической машины показано на рис. 4.4, *а*. Внутри окружности допускается указывать следующие данные:

- род машины (генератор – Г; двигатель – М; тахогенератор – Т; газотурбогенератор ГГ; сельсин – Сс и др.);

- род тока, число фаз или вид соединения обмоток в соответствии с ГОСТ 2.750–68.

На рис. 4.4, б, показан трехфазный асинхронный двигатель с коротко-замкнутым ротором. На рис. 4.4, в, приведена трехфазная асинхронная машина с фазным ротором (обмотка ротора соединена в звезду, а обмотка статора – в треугольник). На рис. 4.4, г, показан двигатель постоянного тока с независимым возбуждением. Размеры условных обозначений приведены на рис. 4.4, д. Общее обозначение плавкого предохранителя дано на рис. 4.4, е, выключателя-предохранителя – на рис. 4.4, ж. Предохранители с сигнализирующим устройством приведены на рис. 4.4, з, – с самостоятельной цепью сигнализации, рис. 4.4, и, – с общей цепью сигнализации. На рис. 4.4, л, показано общее обозначение ламп накаливания, осветительной и сигнальной. В изображении сигнальных ламп противоположные секторы допускается зачернить. Общее обозначение газоразрядной осветительной и сигнальной ламп приведено на рис. 4.4, м. На рис. 4.4, н–п, дано обозначение приборов звуковой сигнализации (рис. 4.4, н, – звонок электрический, общее обозначение; рис. 4.4, о, – сирена электрическая; рис. 4.4, п, – ревун). В полуокружность общего обозначения допускается вписывать обозначение рода тока – постоянный, переменный в соответствии с ГОСТ 2.750–68. Размеры условных обозначений сигнальных приборов приведены на рис. 4.4, р.

Позиционные обозначения. Все элементы принципиальной схемы должны иметь позиционное обозначение в соответствии с требованиями ГОСТ 2.710–81. Обозначения условные буквенно-цифровые, применяемые на электрических схемах. В соответствии с ГОСТ 2.710–81 позиционное обозначение должно состоять из трех частей, имеющих самостоятельное смысловое значение и записываемых без разделительных знаков и пробелов. В первой части позиционного обозначения должен быть указан вид элемента или устройства. Она должна содержать одну или две буквы латинского алфавита. Во второй части позиционного обозначения должен быть указан порядковый номер элемента (устройства) в пределах элементов (устройств) данного вида. Она должна содержать одну или несколько цифр, например, R12 – первая часть представляет собой букву латинского алфавита R – резистор, вторая – порядковый номер – 12. При изображении элемента или устройства разнесенным способом к порядковому номеру допускается добавлять условный номер изображенной части, разделяя порядковый и условный номера точкой, например, D13.2 – цифровая интегральная микросхема D13, часть 2 (второй логический элемент). Порядковый

номер элементам присваивается, начиная с единицы, в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме: сверху вниз, слева направо. Допускается последовательность присвоения номеров в зависимости от размещения элементов в изделии, в направлении прохождения сигналов или функциональной последовательности.

Рекомендуется применять буквенные коды, перечень которых приведен в таблице приложения, столбцы 1 и 4. В третьей части позиционного обозначения допускается указывать функциональное назначение данного изделия. Например, $S1Q$ – выключатель, используемый как ограничитель состояния (перемещения) – конечный выключатель и т. д.

Третья часть позиционного обозначения в электрических схемах используется редко. Методические указания ВНИИмаш по внедрению ГОСТ 2.710–75 уточняют деление элементов на виды с присвоением каждому буквенного кода в соответствии с приложением. Для построения позиционного обозначения рекомендуется применять двухбуквенные коды. Однако в зависимости от содержания схемы элемент данного вида может быть обозначен одной буквой – общим кодом вида элемента. Например, если в схеме, кроме магнитного пускателя, не содержится реле, то пускатель можно обозначить буквой K , хотя пускатель имеет двухбуквенный код KM . Кроме того, методические указания запретили использование разделительной точки при чередовании буквенных и цифровых смысловых групп. Позиционные обозначения проставляются на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов (устройств) с правой стороны или под ними.

Построение циклограмм. Циклограмма – это графическое изображение последовательности работы отдельных элементов систем логического управления во времени. Работа элементов дискретного действия в логическом устройстве характеризуется появлением и исчезновением сигналов в определенной последовательности.

Наличие сигнала изображается на циклограмме отрезком горизонтальной прямой: толстой линией – сигналы входных и выходных элементов, тонкой – дополнительных, промежуточных элементов, пунктиром – условное включение элемента.

Слева от отрезка, отражающего работу элемента, на границе циклограммы проставляется обозначение соответствующего сигнала. Последовательность работы элементов определяется положением концов отрезков, изображающих их работу, относительно левой границы циклограммы. На циклограмме отражается любое изменение состояния элементов и указывается собственное время их срабатывания.

Воздействие одного элемента на другой изображается на циклограмме стрелкой, указывающей направление воздействия.

В циклограмме время не оценивается количественно, поэтому она выполняется без масштаба. Отличают лишь факт срабатывания элемента, факт наличия или отсутствия сигнала. При наличии специального элемента задержки его сигнал на циклограмме обозначается буквой T , а время, по истечении которого он появляется или исчезает, – буквой t .

Тактами называются периоды, в течение которых в схеме не изменяется состояние ни одного из входных, промежуточных или выходных сигналов. Каждое изменение состояния одного или одновременно нескольких элементов является началом нового такта.

Периодом включения элемента называется непрерывный ряд тактов, в течение которого этот элемент находится во включенном состоянии. **Период отключения** элемента – непрерывный ряд тактов, в течение которого элемент находится в отключенном состоянии.

Включающим тактом называется такт, предшествующий периоду включения данного элемента, **отключающим** – такт, предшествующий периоду отключения данного элемента. Включающий период состоит из включающего такта и периода включения без отключающего такта. Отключающий период состоит из отключающего такта и периода отключения без включающего такта (понятие отключающего периода вводится при наличии нескольких периодов включения).

Методика заполнения циклограммы:

- 1) вычерчивается циклограмма с разбивкой на такты, но без нумерации;
- 2) слева записываются входные и выходные сигналы;
- 3) просматриваются такты по вертикали и в каждой строке, в зависимости от состояния командного или исполнительного органа наносится или пропускается линия;
- 4) такту присваивается номер, если в нем появилась или исчезла хотя бы одна линия;
- 5) к изменившимся в такте выходным сигналам направляются стрелки от входных сигналов, вызвавших эти изменения;
- 6) заполненная циклограмма проверяется на повторяемость тактов: одинаковые такты не должны иметь разные номера;
- 7) отыскиваются и объединяются в группу такты, повторяющиеся многократно.

Пример синтеза принципиальной схемы управления электроприводом. В общем случае принципиальные электрические схемы содержат:

- цепи электропитания, управления, сигнализации, измерения, регулирования, силовые цепи;
- контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах, и контакты аппаратов из других схем;
- диаграммы и таблицы включений контактов переключателей, программных устройств, конечных и путевых выключателей, циклограммы работ аппаратуры;
- поясняющую технологическую схему, циклограмму работы оборудования, схему блокировочных зависимостей;
- необходимые пояснения и замечания;
- перечень используемых в данной схеме элементов.

В зависимости от сложности объектов управления указанные цепи могут изображаться совмещенно на одном или нескольких листах либо для каждой из цепей разрабатываются отдельные схемы, например, принципиальные электрические схемы управления, сигнализации и т. п.

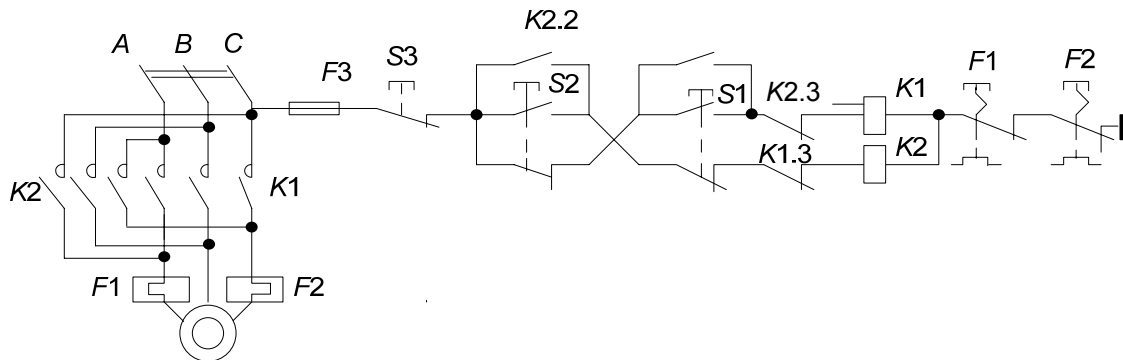
Принципиальная схема управления электроприводом реализуется следующим алгоритмом управления:

$$y = \overline{S3} \cdot \{[(S2 + K2.2) \cdot S1 \cdot K1.3 \cdot K2] + [S2 \cdot (S1 + K1.2) \cdot K2.3 \cdot K1]\} \cdot F1 \cdot F2.$$

При вычерчивании следует располагать цепи питания привода (главные цепи) слева, а цепи управления справа. В цепи питания привода необходимо показать автоматический выключатель SF обмотки тепловых реле $F1$, $F2$, контакты магнитных пускателей.

В цепях управления последовательному соединению элементов соответствует операция логического умножения, а параллельному соединению – логическая операция сложения. Здесь необходимо показать элементы, предохраняющие цепь управления от короткого замыкания, и контакты тепловых реле.

В результате принципиальная схема управления электроприводом будет иметь следующий вид:



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Тема 1. ЛОКАЛЬНАЯ САУ (СТРУКТУРА, БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПЕРЕМЕННЫЕ)

ВОПРОСЫ

1. Изобразите схему соответствия уровней объекта управления и АСУ.
2. Перечислите базовые элементы локальной САУ.
3. Изобразите схему структуры локальной САУ.
4. Перечислите основные виды переменных, применяемых для оценки (контроля) состояния и управления объектом управления.

ЗАДАНИЕ

1. Начертите и поясните принцип действия структурной схемы локальной САУ. Охарактеризуйте назначение ее базовых элементов.

Из перечисленного ниже списка выберите и сгруппируйте около соответствующего базового элемента на нарисованной схеме локальной САУ те устройства, которые ему соответствуют:

– ленточный транспортер, смеситель, гидроцилиндр, термopара, регулятор, измерительный преобразователь, сушилка, манометр, вентиль, шнек, теплоэлектронагреватель, уровнемер, промышленный контроллер, клапан, вентилятор, двигатель, насос, ленточнопильный станок, расходомер, преобразователь одной величины в другую, пресс.

2. Вычертите схему технологического процесса (участка) (вариант – по заданию преподавателя) и по каждому аппарату определите:

- базовые элементы локальной (локальных) САУ;
- входные, выходные, возмущающие и управляющие переменные (поясните их назначение);
- контуры обратных связей (поясните, в каких случаях применяется обратная связь).

3. Постройте структурные схемы управления для типовых объектов отрасли.

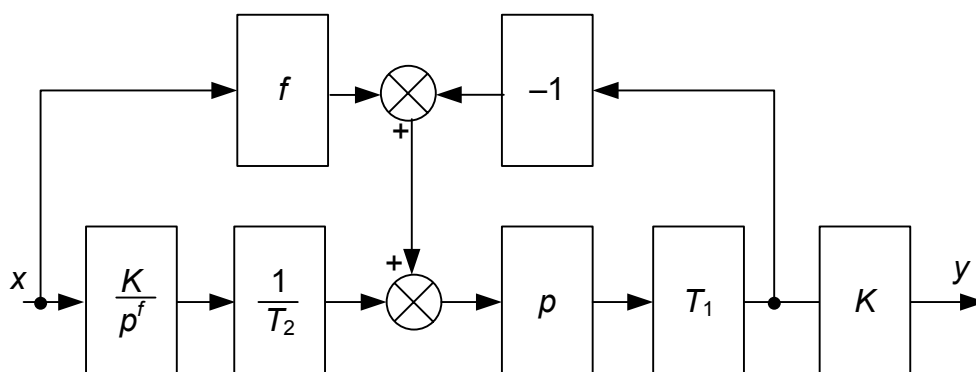
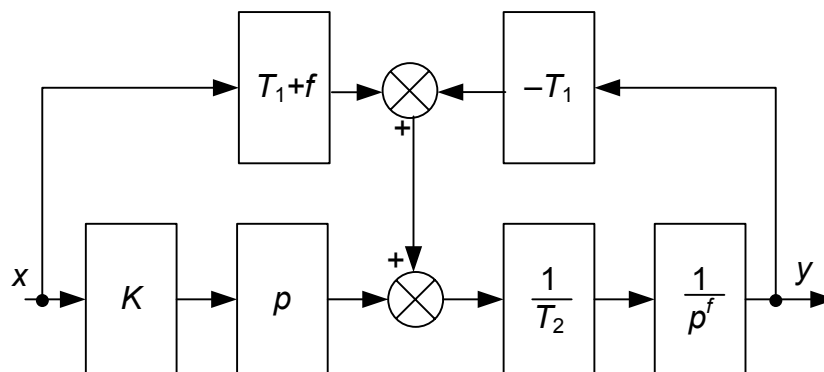
Тема 2. СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ

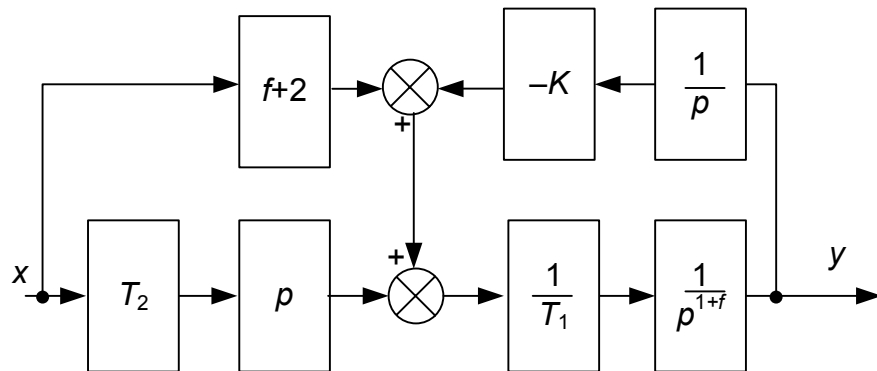
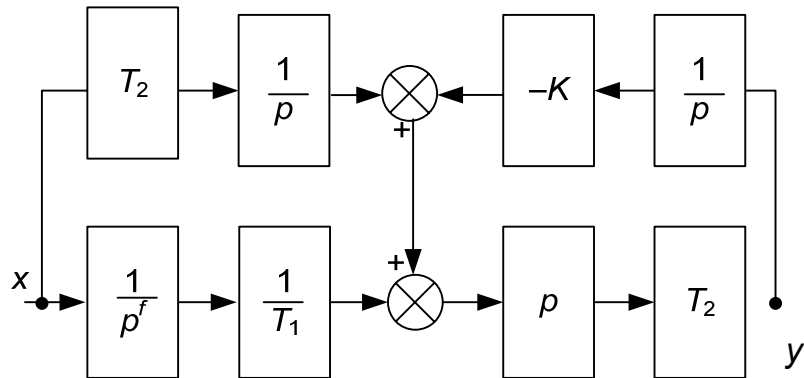
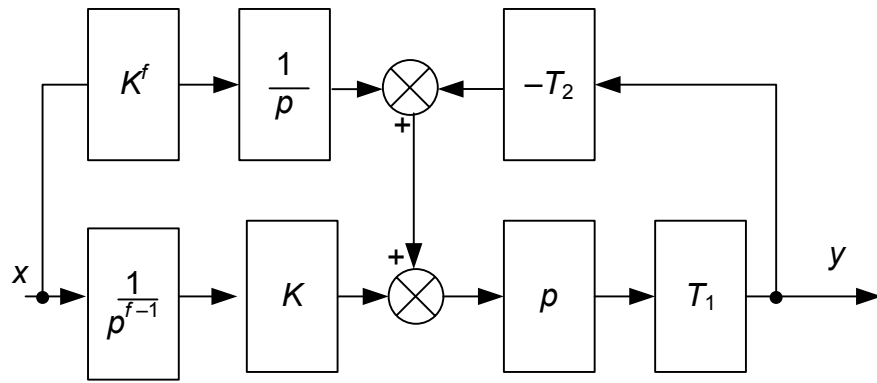
ВОПРОСЫ

1. Изобразите, как графически обозначаются элементы структурных схем автоматизации.
2. Перечислите основные типы соединений элементов структурных схем автоматизации.
3. Напишите передаточные функции основных типов соединений элементов структурных схем автоматизации.
4. Дайте определение устойчивости системы автоматического управления.
5. Поясните применение алгебраического критерия устойчивости Рауса – Гурвица.

ЗАДАНИЕ

1. По заданной структурной схеме определите эквивалентную передаточную функцию системы.





Численные параметры элементов структурной схемы представлены в таблице.

Таблица

Численные параметры элементов структурной схемы

Параметр	Значение по варианту		
K	20	4	12
T_1	0,7	0,5	0,2
T_2	0,2	0,3	0,4
f	0	1	2

Тема 3. РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

ВОПРОСЫ

1. Дайте определение понятия «функциональная схема автоматизации».
2. Изобразите наиболее часто применяемые обозначения на функциональных схемах автоматизации.
3. Каков порядок буквенных обозначений на функциональных схемах автоматизации и что они обозначают?
4. Поясните применение цифровых обозначений на функциональных схемах автоматизации.

ЗАДАНИЕ

1. Составьте условные обозначения приборов по ГОСТ 2.404–85 в соответствии со следующими данными:
 - температурное реле (прибор для измерения температуры, бесшкальные, с контактным устройством, установленный по месту); дифманометр (прибор для измерения перепада давления, показывающий, установленный по месту);
 - электроконтактный манометр или вакуумметр (прибор для измерения давления или разрежения, показывающий, с контактными устройствами, установленный по месту); дифманометр (ротаметр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей (прибор для измерения расхода, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту);
 - счетчик-дозатор (прибор для измерения расхода, интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту); манометр или дифманометр (используемый для измерения уровня, показывающий, установленный по месту);
 - вторичный прибор влагомера (прибор для измерения влажности, регистрирующий, установленный на щите); датчик рН-метра (первичный измерительный преобразователь для измерения качества продукта, установленный по месту);
 - устройство электронно-тензометрическое сигнализирующее (прибор для измерения массы продукта, показывающий, с контактным устройством, установленный по месту); преобразователь сигнала, установленный по месту, входной сигнал – пневматический, выходной – электрический.

2. Составьте функциональную схему автоматизации технологического процесса и дайте ее описание. При составлении функциональных схем автоматизации технологического процесса необходимо выполнить следующее:

– уточнить согласно заданию переменные, подлежащие контролю и регулированию; при необходимости ввести дополнительно новые переменные регулирования и контроля (положение регулирующего органа, сигнализация, пожаротушение и т. д.);

– выделить приборы, которые устанавливаются на щите и по месту.

Тема 4. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

ВОПРОСЫ

1. Дайте определение понятия «принципиальная электрическая схема автоматизации».
2. Изобразите наиболее часто применяемые на принципиальных электрических схемах автоматизации обозначения.
3. Каков порядок буквенных обозначений на принципиальных электрических схемах автоматизации и что они обозначают?
4. Поясните суть синтеза принципиальных электрических схем автоматизации.
5. Приведите алгоритм построения циклограммы, его основные стадии.

ЗАДАНИЕ

1. Для приведенных ниже вариантов проведите синтез принципиальной электрической схемы автоматизации по следующим пунктам:
 - вычертить схему управления электроприводами по приведенным алгоритмам. При этом следует учесть, что в алгоритмах приведены следующие обозначения: $S1, S2, S3$ – кнопки «Пуск»; $S1, S2, S3$ – кнопки «Стоп»; $K1, K2, K3$ – обмотки магнитных пускателей, электромагнитных реле; $K1.2, K1.3, K1.4, K2.2, K2.3$ – замыкающие контакты соответствующих обмоток; $K1.2, K1.3, K2.2$ – размыкающие контакты соответствующих обмоток; $SQ1, SQ2$ – замыкающие контакты конечных выключателей; $SQ1, SQ2$ – размыкающие контакты;
 - оснастить эти схемы элементами защиты и сигнализации;
 - показать главные цепи привода;
 - нанести на схему буквенно-цифровые позиционные обозначения;
 - прочесть вычерченные схемы.

Вариант 1. Принципиальная схема управления электроприводом (приводом подачи станка, нагнетательной тележки сплочной машины и др.) должна обеспечивать следующий цикл:

- пуск привода оператором вперед и назад;
- автоматический реверс привода в конце хода вперед;
- автоматическую остановку в конце хода назад;
- остановку привода оператора в любом положении.

Для управления реверсивным двигателем необходим реверсивный магнитный пускатель с обмотками $K1$ и $K2$ и контактами $K1.1$ и $K2.1$ в цепи включения двигателя блок-контактами $K1.2$ и $K1.3, K2.2, K2.3$. Для остановки в конце хода назад нужны два конечных выключателя $SQ4$ и $SQ5$.

Логическая функция имеет вид

$$y = \overline{S1} \cdot [(S2 + K1.2) \cdot \overline{SQ4} \cdot \overline{K2.3} \cdot K1 + (S3 + K2.2 + SQ4) \cdot \overline{SQ5} \cdot \overline{K1.3} \cdot K2].$$

Вариант 2. Принципиальная схема управлением электродвигателем пилы и механизмом подачи (при этом предусматривается возможность подачи материала только на работающую пилу) обеспечивает цикл:

- пуск оператором привода пилы;
- пуск оператором привода передачи;
- остановка оператором пилы и подачи одновременно или только подачи.

Для управления электродвигателем необходимы два магнитных пускателя: $K1$ и $K2$ с блок-контактами $K1.1$ и $K2.1$.

Логическая функция имеет вид

$$y = \overline{S1} \cdot (S2 + K1.2) \cdot K1 + \overline{S3} \cdot (S4 + K2.2) \cdot K1.3 \cdot K2.$$

Вариант 3. Схема управления электроприводом торцевой пилы, состоящая из электродвигателя пилы и двигателя подачи доски на исходную позицию и гарантирующая взаимную блокировку двигателей, обеспечивает выполнение следующих операций:

- включение пилы оператором;
- включение подачи пилы оператором и автоматическое;
- включение подачи доски автоматическое;
- остановка оператором всех электродвигателей.

Для управления электродвигателями необходимы три магнитных пускателя $K1$ – $K3$. Для автоматического включения подачи пилы при наличии доски необходим конечный выключатель $SQ4$, для отключения подачи пилы – конечный выключатель $SQ5$.

Логическая функция имеет вид

$$y = \overline{SB1} \cdot (SB2 + KM1.4) \cdot [KM1 + (SB3 + K2.4 \cdot SQ5 + SQ4) \cdot KM2].$$

Вариант 4. Принципиальная схема управления электроприводом (шлифовального станка и др.) обеспечивает следующий цикл:

- пуск привода оператором вперед;
- автоматический реверс в конце хода вперед;
- автоматический реверс в конце хода назад;
- остановка оператором в любом положении назад.

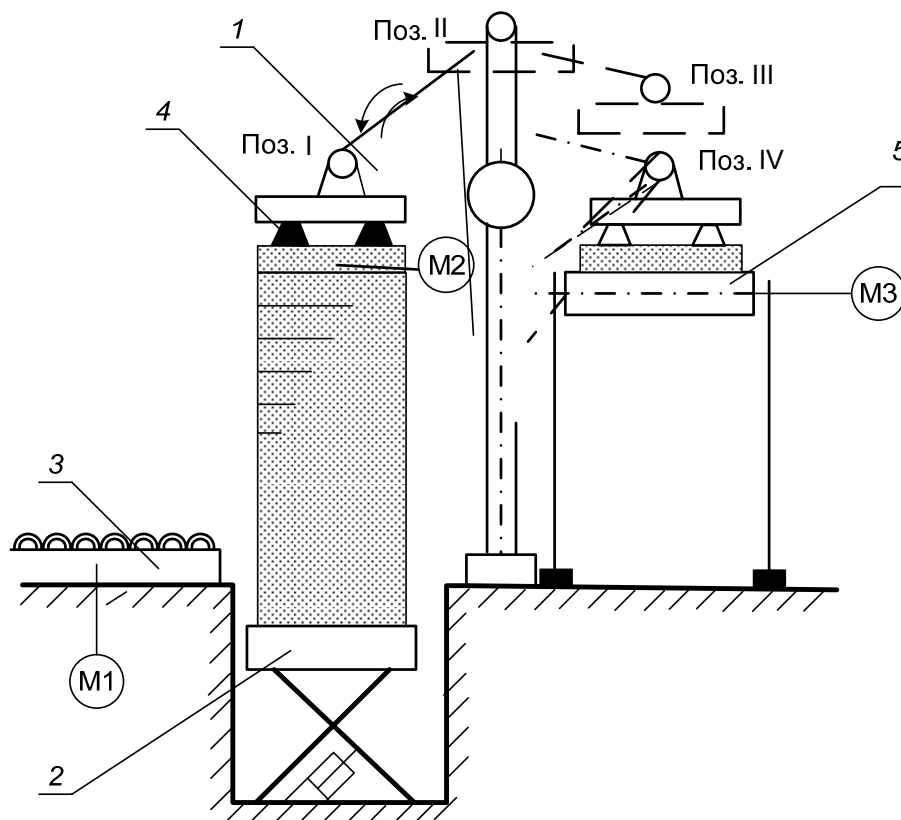
Для управления реверсивным двигателем необходимы реверсивные магнитные пускатели $K1$ и $K2$. Для реверса в конце хода вперед и назад потребуются два конечных выключателя $SQ3$ и $SQ4$.

Логическая функция имеет вид

$$y = \overline{S1} \cdot [(S2 + K1.2 + SQ4) \cdot \overline{SQ3} \cdot K1 + (SQ3 + K2.2) \cdot \overline{SQ4} \cdot K2].$$

2. Для приведенных ниже вариантов необходимо построить циклограммы.

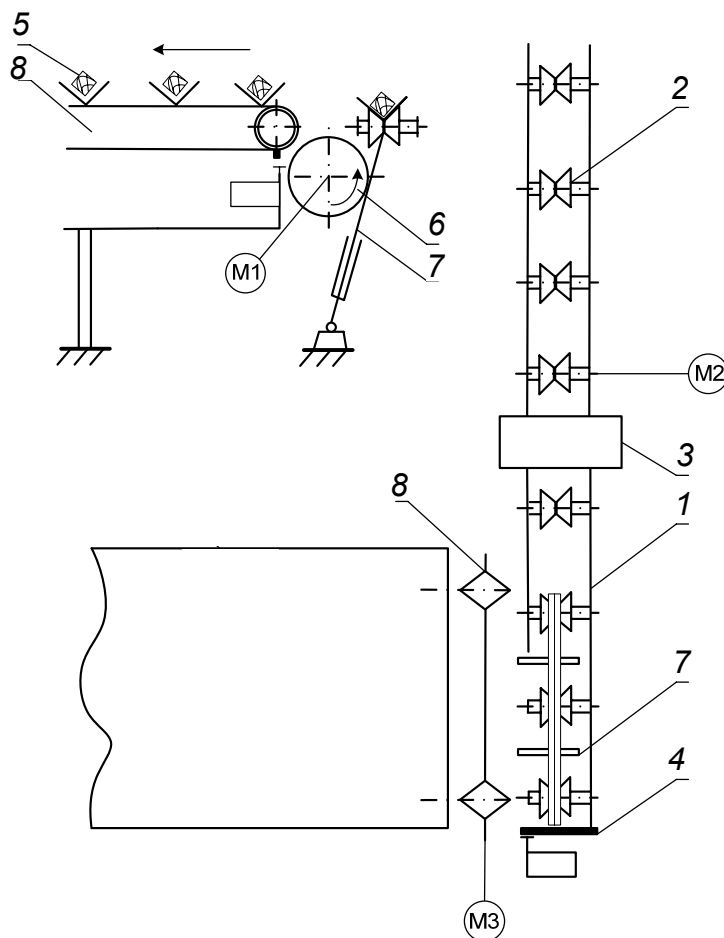
Вариант 1. Загрузчик с маятниковым механизмом переноса.



Данный загрузчик обеспечивает работу в следующей последовательности. Траверса 11 с захватами шарнирно закреплена на маятниковом рычаге 14. Лифт поднимает стопу так, чтобы поверхность верхней плиты (щита) находилась на определенном уровне (позиция I). Захваты 10 прижимаются к поверхности плиты. Подается вакуум, рычаг поворачивается против часовой стрелки в позицию III и опускает плиту на конвейер 5. Если конвейер зажат, то рычаг остановится в позиции II и продолжит движение после освобождения конвейера 5. В загрузчиках подобного типа для увеличения емкости платформу лифта размещают в приямок. Высота стопы будет равна $H = H_1 + H_3 - H_2$, где H_3 – глубина приямка. Увеличение высоты стопы целесообразно не только для увеличения емкости загрузчика, но и для загрузки на платформу транспортных пакетов. Если при транспортировке плит высота пачки около 0,5–0,7 м (в зависимости от грузоподъемности транспортных механизмов), то при транспортировке щитов высота пачки

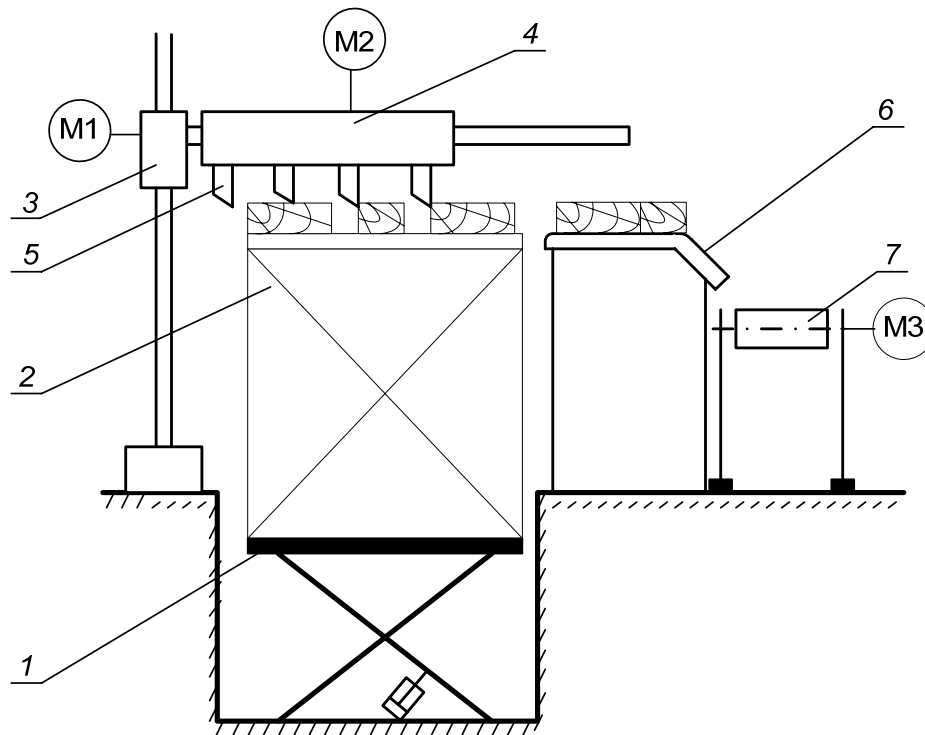
может достигать 1,5 м и более. Высота пачки щитов лимитируется в основном устойчивостью стопы. Поэтому для обслуживания оборудования для обработки щитов высота стопы, устанавливаемой на платформе загрузчика, должна быть 1,4–1,8 м, чтобы не разделять транспортный пакет. При загрузке стопы рычаг 14 занимает вертикальное положение в позиции IV, а платформа 1 устанавливается на уровне напольного конвейера 15.

Вариант 2. Окраска брусковых деталей столярно-строительных конструкций.



Данную операцию производят струйным обливом. Брусок 1 по конвейеру 4 с фасонными роликами подается через красконаливную машину 3 и поступает в позицию перекладки. Брусок воздействует на конечный выключатель $SQ1$ и, когда вилка 8 будет в требуемой позиции, нажимается выключатель $SQ2$, срабатывает пускатель $KM1$ и включается электродвигатель $M1$ привода механизма перекладки. Диск 5 поворачивается против часовой стрелки, рычаг 2 поднимается, захватывает брусок и переносит на вилку 8, установленную на конвейере 7. При отходе диска 5 от исходного положения замыкающий контакт $SQ3$ замкнется, включится реле $KM2$, которое подготовит цепь реле $KM3$. Оно сработает при возврате диска 5 в исходное положение ($SQ3$ будет нажата). Размыкающий контакт $KM3$ отключит пускатель $KM1$, двигатель $M1$ отключится, и перекладчик займет исходную позицию. Бруски по конвейеру 7 подаются в камеру сушки 6.

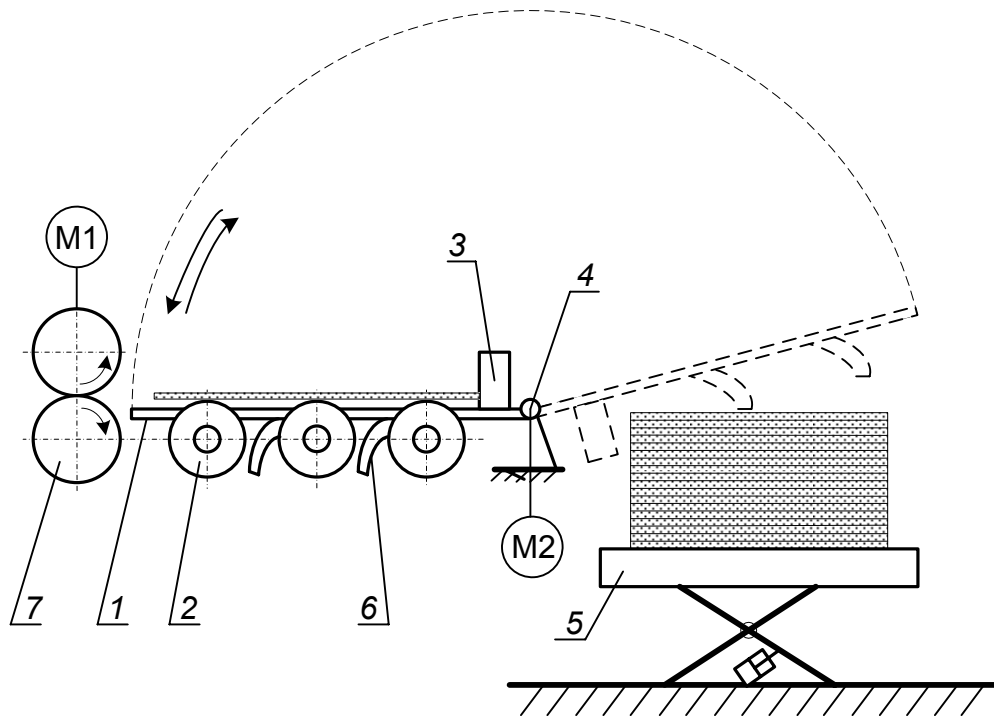
Вариант 3. Механический штабелеразборщик.



Механический штабелеразборщик имеет подъемный лифт 1, на котором расположен сушильный штабель 2. При загрузке штабеля лифт находится на уровне пола, а разборщик поднят вверх. Затем лифт опускается так, чтобы верхний ряд заготовок был на уровне приемного стола 6. Опускают траверсу 3 разборщика в рабочее положение, которое зависит от толщины заготовок. Высота рабочего положения устанавливается автоматически. Траверса будет опускаться до срабатывания конечного выключателя при соприкосновении его с верхними заготовками.

Разборщик представляет собой суппорт 4, движущийся по направляющим. Длина суппорта больше ширины штабеля. На суппорте имеются плавающие в вертикальном направлении зубья 5, расположенные через 100 мм. При подъеме лифта часть зубьев попадает в шпации, а часть упирается в доски. При перемещении вправо зубья сталкивают доски на стол 6. Крайняя доска срывается со склиза и ложится плашмя на роликовый конвейер 7, по которому подается в обработку. После снятия со штабеля верхнего ряда суппорт возвращается в исходное положение (обычно весь ряд снимается за один ход суппорта). Лифт поднимается на высоту одного ряда.

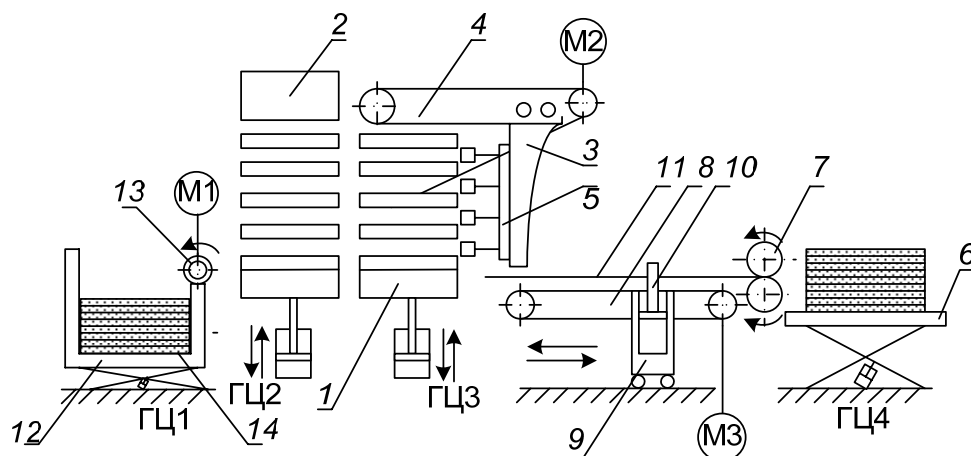
Вариант 4. Поворотный укладчик шпона.



Укладчик шпона состоит из поворотной рамы 1, над которой по роликам 2 подается лист шпона до ограничителя 3. В момент, когда лист шпона достигает ограничителя 3, рама 1 поворачивается вокруг оси 4 на 180° и лист укладывается на сборочный стол 5.

Лист шпона поджимается к раме воздушной подушкой, образующейся при укладке и препятствующей смещению листа. Для фиксации листа в момент укладки он поджимается к стопе специальными упорами 6. На раму лист шпона подается роликами 7. Привод роликов 7 и рамы 1 производится соответственно от двигателей M1 и M2. Подъем и опускание стола 5 осуществляются от гидроцилиндра с электромагнитным управлением.

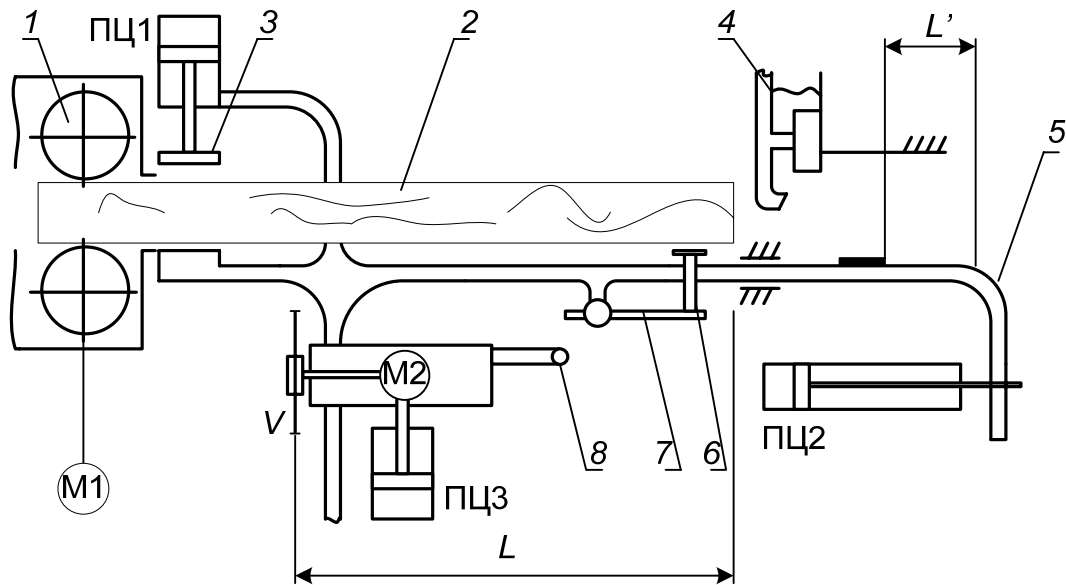
Вариант 5. Линия горячего склеивания шпона.



Этажерка 1 установлена у прессы 2 и перемещается только по вертикали. Толкатель 3 представляет собой каретку, перемещаемую по рельсам 4 от электродвигателя М2. Сталкиватели 5, закрепленные на раме толкателя, имеют возможность проходить в просветы между плитами этажерки. Работа осуществляется следующим образом. С подъемного стола 6 загрузочными роликами 7 пакет вручную подается в механизм загрузки этажерки 8. После разгрузки нескольких пакетов уровень на столе 6 понижается, а стол с помощью пневмоцилиндра 7 поднимается на шаг. Механизм загрузки 8 работает следующим образом. В исходном положении каретка 9 занимает крайнее левое положение, а шток 10 пневмоцилиндра 9 – нижнее положение. Как только пакет шпона ложится на стол 11, шток 10 поднимается и каретка 9 загружает пакет в этажерку 1. Механизм загрузки 8 осуществляет поэтажную загрузку пакетов в этажерку, которая после загрузки очередного этажа опускается на шаг. После загрузки всех этажей этажерка опускается в крайнее нижнее положение. К этому времени должен быть окончен процесс склеивания, и пресс 2 раскрывается. Толкатель 3 перемещается вперед, выталкиватели заходят между плитами прессы, и готовая фанера выталкивается из прессы на 250–300 мм.

Дальнейшая выгрузка выполняется механизмом разгрузки прессы 12. Ролик 13 выталкивает ее из пролета прессы и укладывает в стопу на платформу 14. После разгрузки прессы толкатель 3 возвращается в исходное положение, этажерка поднимается вверх, а толкатель совершает второй ход вперед, проходя в просвет между плитами этажерки и передавая пакеты из этажерки в пресс.

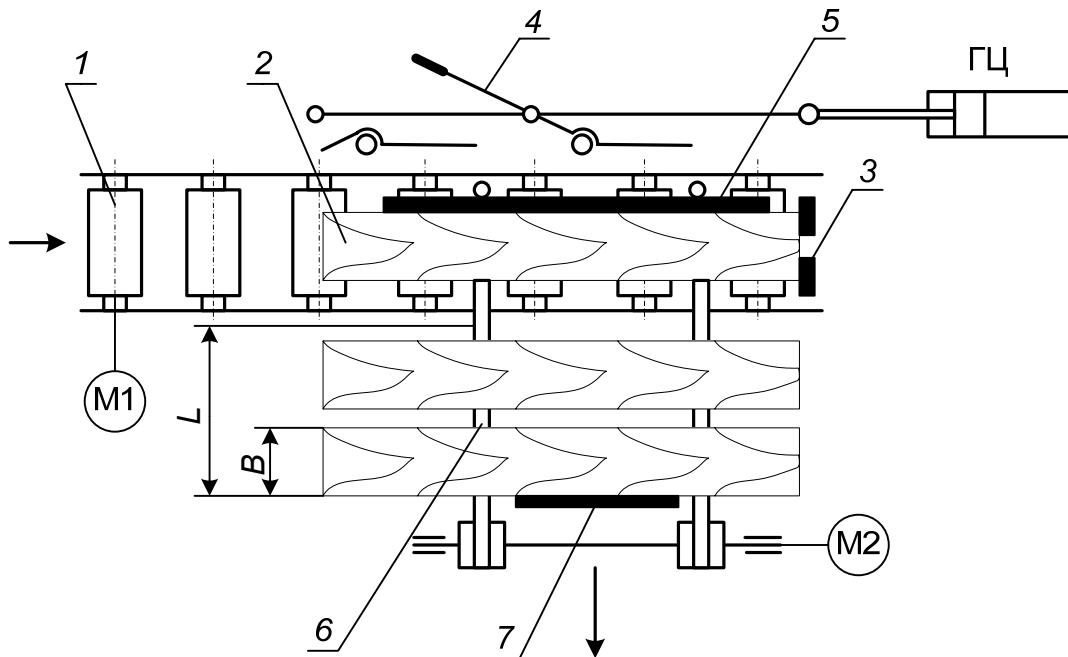
Вариант 6. Торцовочный автомат.



Данный автомат работает следующим образом. По конвейерам 1 и 2 доска движется до упора 4. Упор 4 с блоком конечных выключателей можно перемещать, задавая длину L отрезка доски. После остановки доска центрируется рычажным устройством 3. При втягивании пневмоцилиндра рычаги поворачиваются и центрируют доску. Между рычагами и штоком пневмоцилиндра имеется пружина, что обеспечивает центрирование необрезных досок неправильной формы. Затем срабатывает прижим 7 и включается двигатель 6 механизма резания, пила приводится во вращение. Суппорт 5 с помощью механизма подачи 8 перемещается вправо и совершает рез. Затем суппорт 5 возвращается в исходное положение. Освобождаются прижим и центрирующий механизм, поднимается упор 4 и включается конвейер 2. Когда между отрезком и доской образуется разрыв, равный a , включается конвейер 2 и начинается новый цикл.

Схема управления имеет два режима: ручной – для вырезки дефектных мест и оторцовки; автоматический – для раскроя доски на мерные отрезки.

Вариант 7. Перекладчик брусков.

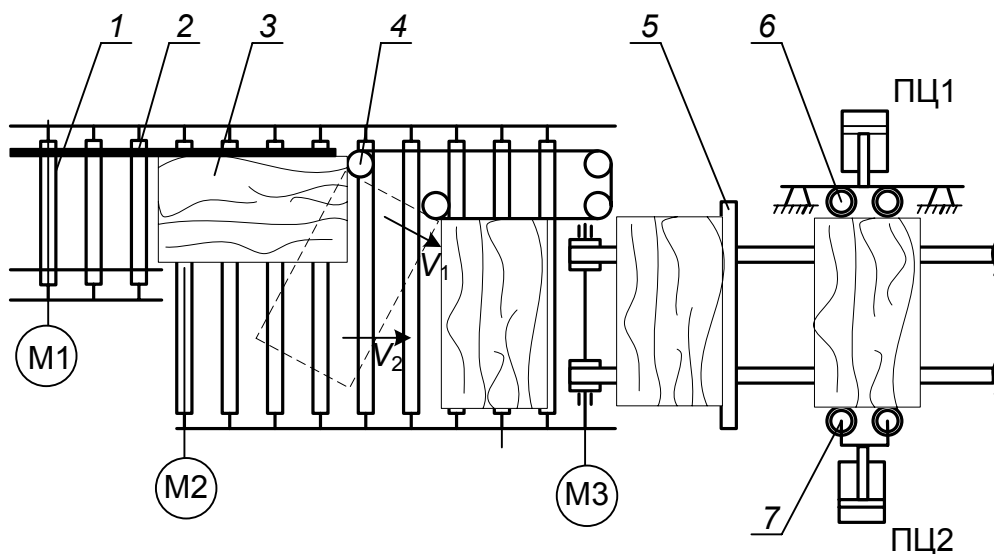


Применяется для передачи брусковых деталей с продольного на поперечное направление.

По конвейеру 1 деталь 2 доходит до упора 5 и нажимает воздухо-распределитель ВР1. Сигнал с него поступает на управляющий воздухо-распределитель ВР2, который подает давление в штоковую полость гидроцилиндра ГЦ. Движение штока цилиндра через рычаг 4 будет передано сбрасывателю 3.

Деталь с конвейера поступит на плоскоременный конвейер 6. Бруски подаются непосредственно к станку или накапливаются на конвейере. В зависимости от емкости накопителя выбирается длина конвейера, которая будет равна $L = Bn$, где B – ширина бруска, n – наибольшее число брусков в накопителе.

Вариант 8. Разворотные устройства.

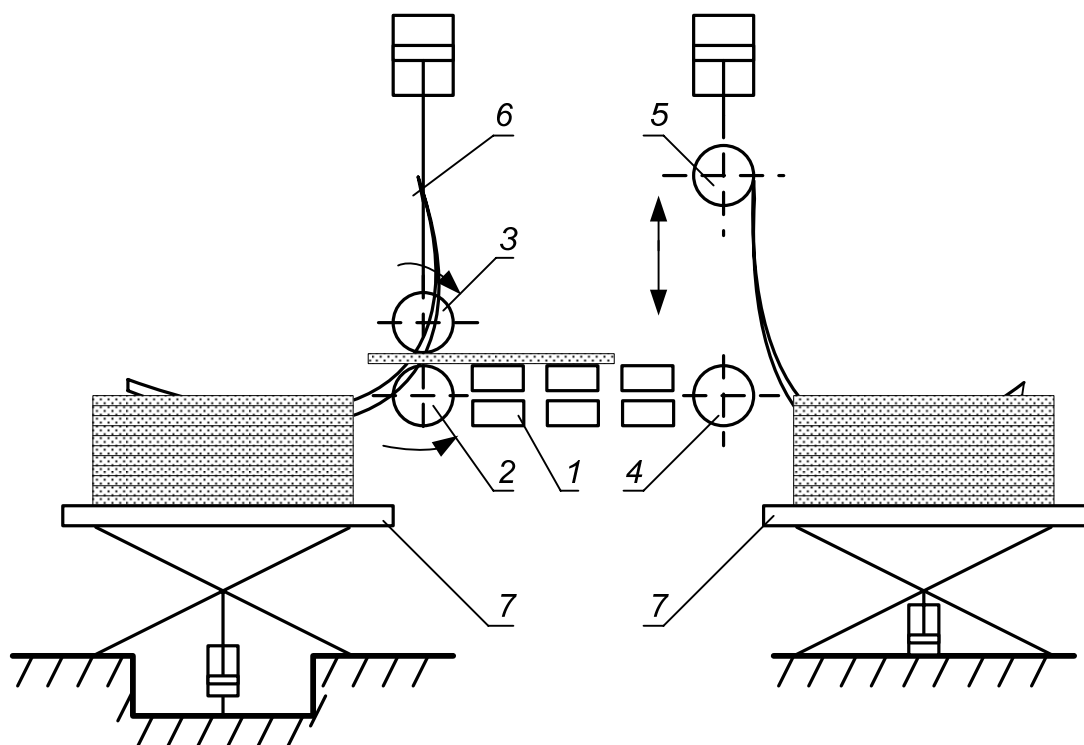


Разворотные устройства предназначены для поворота на 90° (или другой угол) детали в горизонтальной плоскости. Разработано множество различных конструкций разворотных устройств. В линиях щитовых деталей применяют следующие типы разворотных устройств: с упором, с коническими роликами, рычажные.

По конвейеру 1 вдоль направляющей 2 движется деталь 3. Она упирается левым углом (по направлению движения) в конвейер 4, установленный вертикально. Это вызывает разворот детали, и она передней кромкой ложится на наклонный участок конвейера 4. Скорость левой части щита определяется скоростью конвейера, а правой – скоростью роликового конвейера. Конвейер (передняя часть) установлен под углом к направлению движения щита. Это приводит к тому, что скорость правой части щита будет больше, чем скорость кромки, опирающейся на конвейер.

За счет разности скоростей левой и правой частей щита произойдет полный поворот на 90° . Так как точность поворота не гарантируется, перед входом в станок устанавливают дополнительное выравнивающее устройство 5, снабженное выравнивающими роликами 6 и 7.

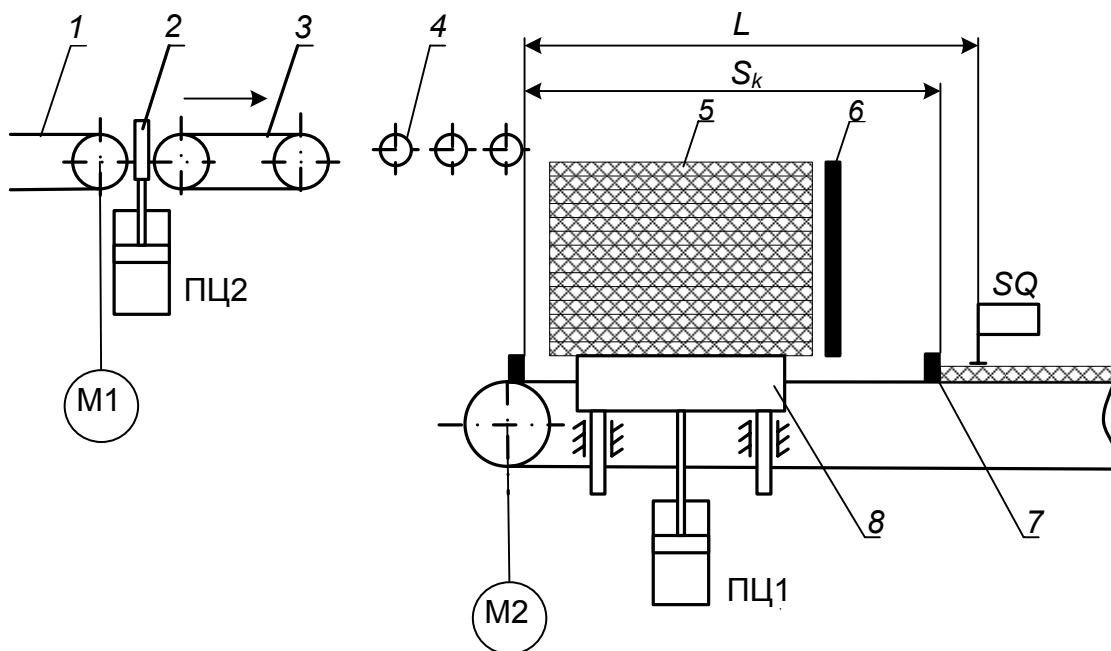
Вариант 9. Укладчик заготовок.



Укладчик состоит из конвейера 1, приводимого в движение электродвигателем, между ремнями которого располагаются пары роликов 2, 3 и 4, 5. Нижние ролики приводные, при этом ролик 2 вращается против часовой стрелки, ролик 4 – по часовой стрелке. Ролики 3 и 5 поднимаются над роликами 2 и 4 с помощью пневмоцилиндров ПЦ1 и ПЦ2 с электромагнитным управлением, образуя свободный проход для листов шпона.

При необходимости укладки листов в правую сторону дается команда на опускание ролика 3, лист зажимается между роликами и подается на подъемный стол 7, изменяя на 90° направление движения. Направляющие 6 способствуют надежной укладке листа. Аналогичным образом осуществляется укладка листов в левую сторону, при этом опускается ролик 5. После нескольких циклов загрузки верхний уровень стопы повысится. При этом стол должен опуститься и восстановить прежний уровень для того, чтобы обеспечить нормальную работу укладчика. Когда будут загружены оба стола 7, должны отключиться все механизмы.

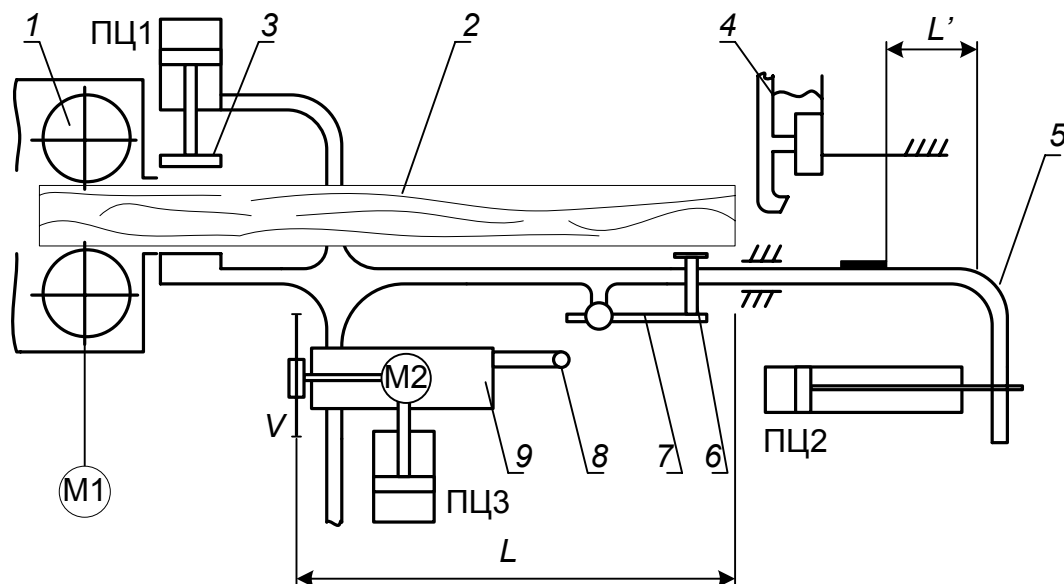
Вариант 10. Перекладчик щитов с вспомогательного на поперечный транспортер.



Используется в линиях обработки кромок щитов для согласования работы механизмов подачи станков. По конвейеру 1 щиты подаются в продольный станок. Вход щитов в станок возможен только при опущенном упоре 2, перемещаемом пневмоцилиндром ПЦ2, управляемым воздухораспределителем ВР2 с электромагнитным управлением. С конвейеров 3 и 4 щиты поступают в магазин-накопитель 5. Стенка 6 фиксирует щиты, находящиеся в магазине. Щиты лежат на траверсе 8 так, что упоры 7 конвейера подачи поперечного станка проходят под ними.

Траверса в момент выдачи опускается, и упоры конвейера выдвигают нижний щит. Перемещается траверса пневмоцилиндром ПЦ1, управляемым воздухораспределителем ВР1. Когда магазин переполняется, что фиксирует конечный выключатель SQ1, упор 2 выдвигается, а электродвигатель M1 привода конвейера 1 останавливается. Щиты не поступают в обработку, что исключает переполнение магазина. При освобождении SQ2 (в магазине остался только один щит) прекращается дальнейшая выдача щитов из магазина.

Вариант 11. Торцовочный агрегат на базе суппорта сопровождения линии сращивания.

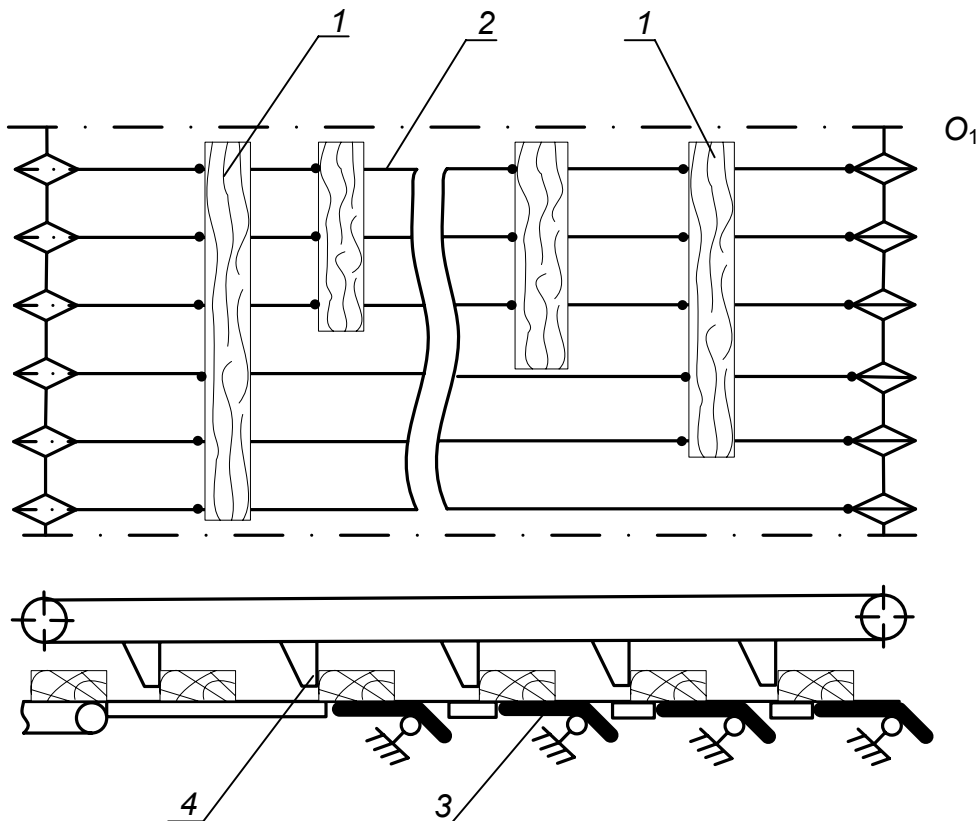


Торцовочный агрегат смонтирован на суппорте сопровождения, так как из пресса брусок выходит непрерывно. Вальцы пресса 1 подают непрерывный брусок 2. Когда мерный брусок длиной L нажмет на рычаг 4, подается команда и прижим 3 схватывает брус 2.

Суппорт 5 начинает движение совместно с брусом 2. При отходе суппорта от исходного положения подается команда на торцовку. Суппорт 9 вместе с пильным механизмом поднимается и производит рез. При обратном ходе суппорта 9 упор 8 через рычаг 7 воздействует на толкатель 6, который сбрасывает в бункер оторцованный брусок. После возврата суппорта 9 в исходное положение суппорт 5 также возвращается в исходное положение пневмоцилиндром ПЦ2, управляемым воздухораспределителем ВР2 с электромагнитом УА2. Прижим 3 перемещается пневмоцилиндром ПЦ1, управляемым распределителем ВР1 с электромагнитом УА1.

Суппорт 9 перемещается пневмоцилиндром ПЦ3, управляемым воздухораспределителем ВР3 с электромагнитом УА3. Конечный выключатель SQ1 подает команду на начало цикла. Конечный выключатель SQ2 фиксирует суппорт 5 в исходном положении, а SQ3 – в конечном. Конечные выключатели SQ4 и SQ5 фиксируют суппорт 9 соответственно в исходном и крайнем положениях.

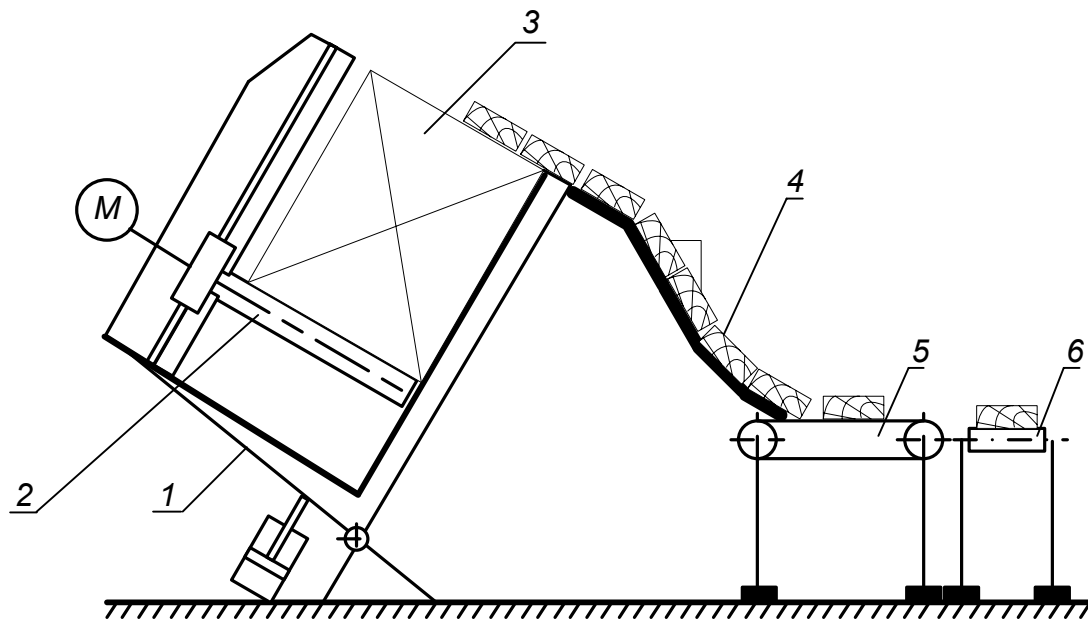
Вариант 12. Сортировочный конвейер досок по длине.



Данные системы управления применяют, когда сортировка идет по одному параметру – длине. Доски *1* на распределительном конвейере *2* выровнены по торцам по линии O_1 . Конечные выключатели SQ_1-SQ_N расставлены так, что на них нажимают доски соответствующей длины. При нажатии на конечный выключатель срабатывают реле KM_1-KM_N и выключают соответствующие электромагниты YA_1-YA_N , открывающие люк *3* для сброса доски. Включение реле KM_1-KM_N происходит только при нажатии $SQ(N + 1)$ доски (грузовые захваты или упоры *4* находятся в определенном месте относительно места сборки).

Неудобство такой схемы заключается в том, что карманы-накопители расположены в строго определенном порядке – сначала для длинных, а затем для все более коротких досок. Для устранения этого недостатка достаточно установить конечные выключатели парами.

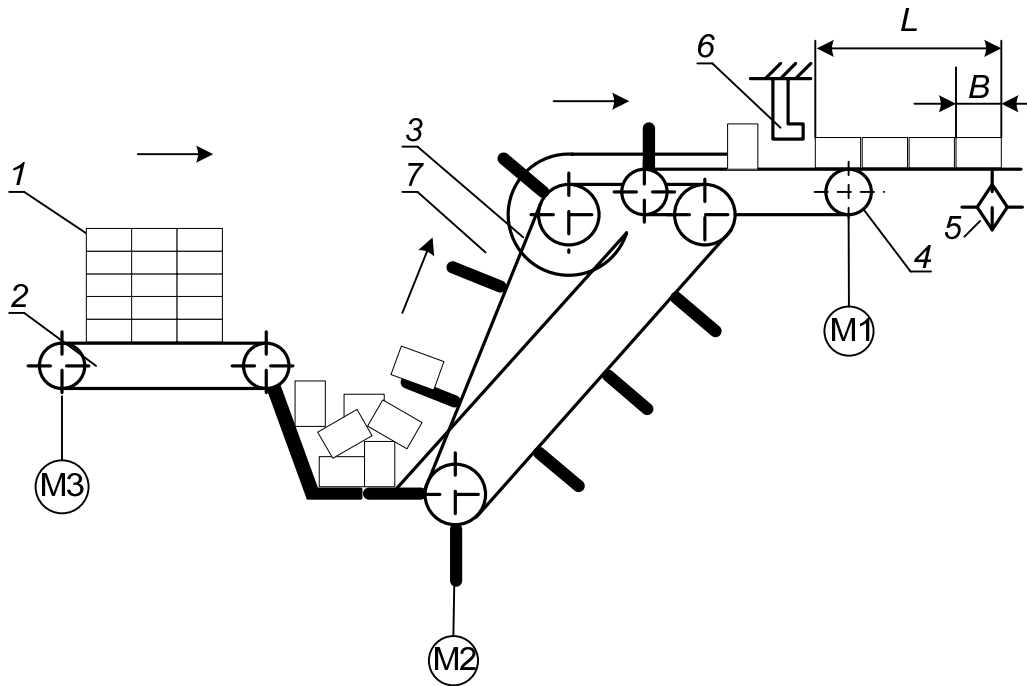
Вариант 13. Гравитационный штабелеразборщик.



Гравитационный штабелеразборщик имеет приемное устройство, состоящее из наклонной платформы 1 с лифтом 2. При горизонтальном положении платформы на лифт загружается сушильный штабель 3. Для разборки штабеля платформа вместе со штабелем наклоняется до определенного положения. Лифт поднимает штабель, верхний ряд досок оказывается над стенкой и соскальзывает по направляющим 4 на ленточный поперечный конвейер 5.

Затем доски поступают на роликовый конвейер 6, подающий их к станку для дальнейшей обработки. После разборки штабеля платформа и лифт возвращаются в исходное положение. Несмотря на некоторые преимущества (их можно размещать на межэтажных перекрытиях), разборщик требует постоянного участия рабочего в укладке досок на конвейер 5 и подаче их на роликовый конвейер 6.

Вариант 14. Бункерно-магазинный загрузчик.

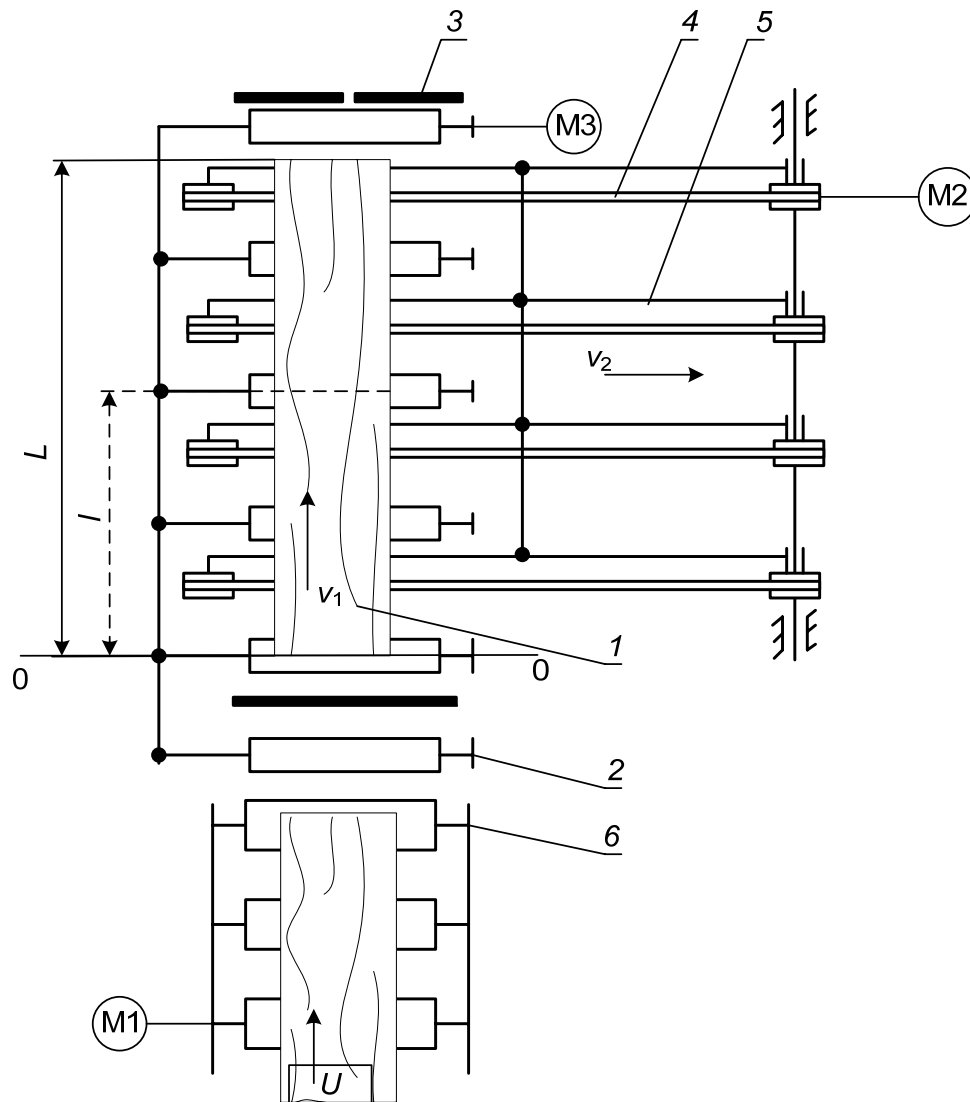


Используется для загрузки брусковых заготовок из транспортного плотного пакета на линиях АЛБ, МОБ-2. Пакет заготовок 1 перемещается на конвейер 2 в направлении бункера. Когда передний край пакета сходит с конвейера, то заготовки обрушиваются в бункер. Элеватор 3 – ориентирующе-выдающее устройство (подает заготовки на горизонтальный ленточный конвейер-накопитель 4).

Из накопителя цепным конвейером 5, расположенным в горизонтальной плоскости, заготовки подаются в станок. Для настройки загрузчика на требуемую производительность скорость элеватора плавно регулируют с помощью вариатора или управляемого тиристорного электропривода. Изменением длины захватов элеватора, выступающих за экран 7, настраивают загрузчик на подачу брусков различного сечения.

При загрузке досок ориентация происходит с помощью отсекателя 6. Заготовки, движущиеся по конвейеру 4, воздействуют на конечный выключатель SQ1. Если накопитель не заполнен, то время воздействия заготовки на SQ1 будет равно $\tau = B / U$, где B – ширина заготовки; U – скорость конвейера. Если накопитель будет заполнен, то заготовки останутся и время воздействия на SQ1 будет больше, чем τ .

Вариант 15. Перекладчик типа роликовый конвейер.



Для изменения направления щитов применяют перекладчики типа роликовый конвейер – клиноременный конвейер. Щиты 1 в продольном направлении перемещаются конвейерами 2 и 6. Между роликами конвейера 2 проходит клиноременный конвейер 4, установленный на платформе 5. Когда щит находится в позиции перекладки (упирается в упор 3), цилиндр ПЦ, управляемый воздухораспределителем ВР1 с электромагнитом УА1, поднимает платформу. Щит ложится на ремни конвейера и переносится в поперечном направлении. После того как щит уйдет из зоны роликового конвейера 2, платформа 5 опускается. Чтобы подача щитов по конвейеру 6 шла без остановки, скорость конвейера 2 дается более высокой.

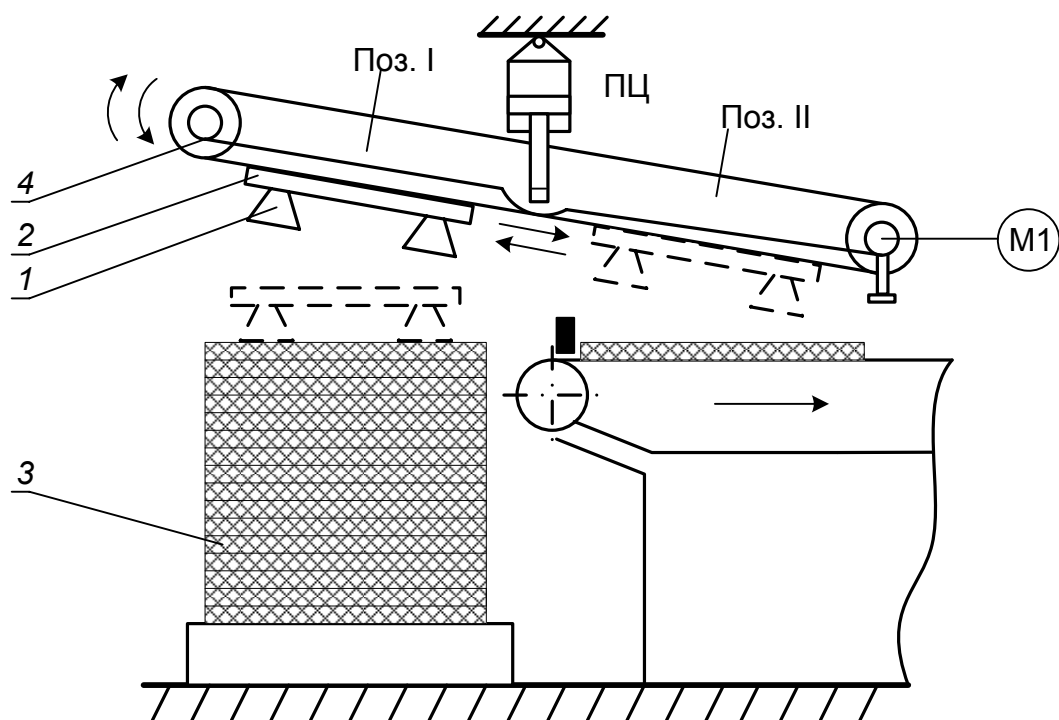
Ее находят из условия

$$v_1 > [(l + a) \cdot v_2 \cdot U] / [(l + a) \cdot v_2 + H \cdot U],$$

где l – длина щита; v_2 – скорость поперечного конвейера; U – скорость первого подающего конвейера; H – ширина роликового конвейера; a – разрыв между щитами. Расстояние от линии 0–0 до упора 3 должно быть равно $L = Z \cdot l$, $Z = 1, 2, 3$.

В случае необходимости упор 3 передвигается.

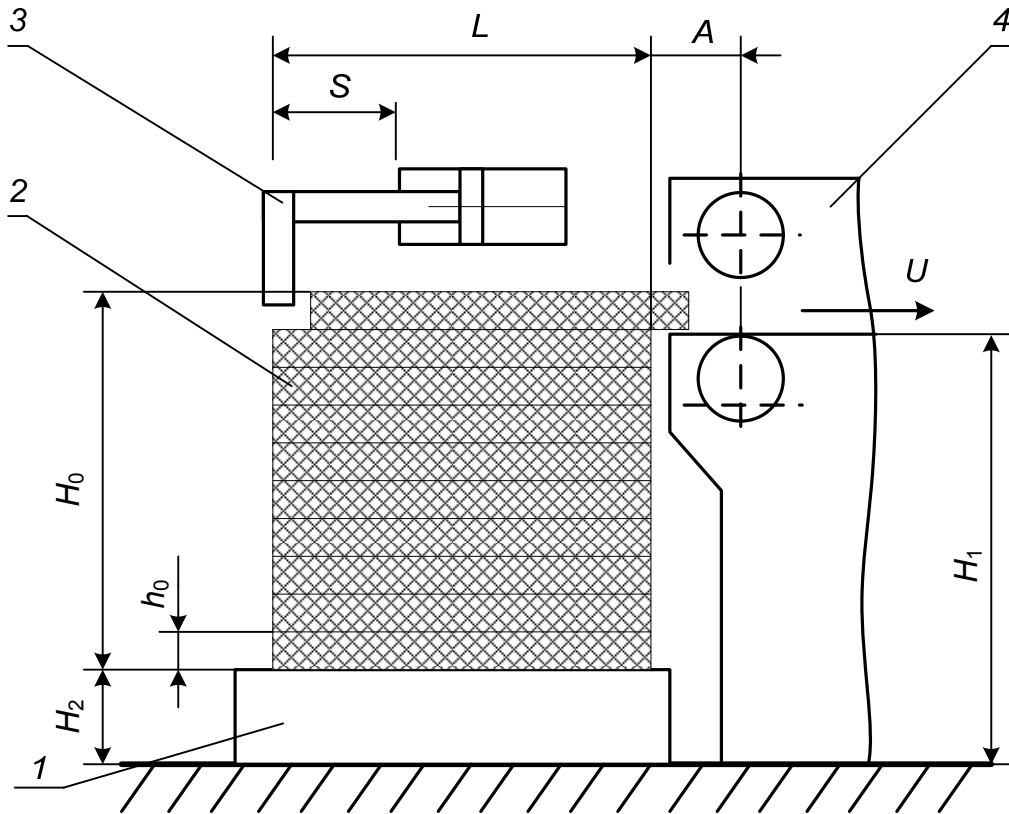
Вариант 16. Переносно-выдающий механизм.



Переносящие выдающие механизмы имеют вакуумные присоски 1, закрепляемые на траверсе 2. Для захвата плиты (щита) 3 конвейер 4 опускается и присоски ложатся на поверхность плиты, включается вакуум.

При загрузке плит, щитов или рамок, имеющих достаточную поперечную жесткость, могут применяться пневматические захваты, воздействующие на кромку. После срабатывания захватов конвейер 4 поднимается и траверса 2 перемещается из позиции I в позицию II, захваты освобождаются, плита ложится на конвейер обслуживаемого станка.

Вариант 17. Загрузчик с короткоходовым толкателем для загрузки станков с фрикционным механизмом.



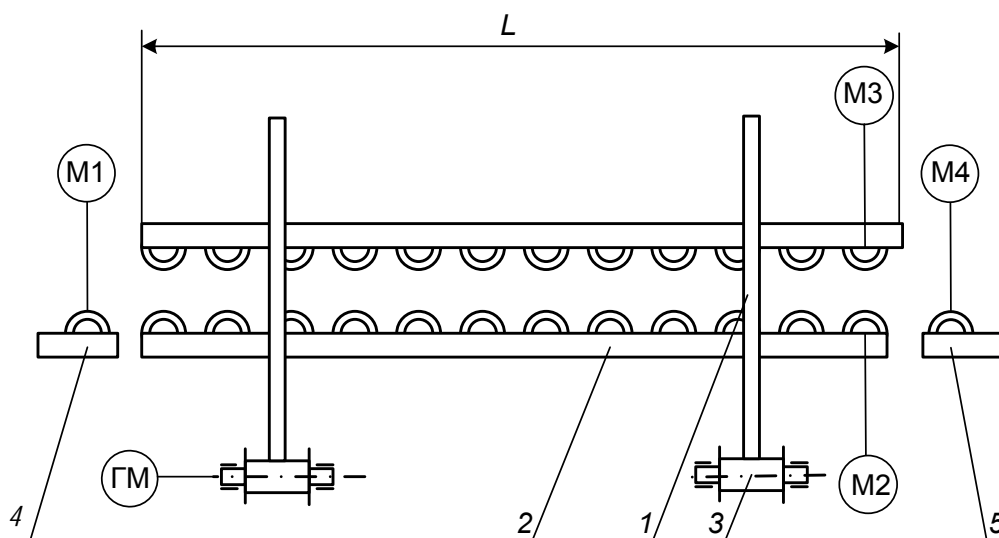
Загрузчик имеет подъемный стол 1 , на котором располагается стопа щитов (плит) 2 . Верхняя плита (пачка плит) высотой h толкателем 3 подается в станок 4 . Ход толкателя $S = A + B$, где A – конструктивный размер – расстояние от кромки стола до центра подающих валцов; B – длина одновременного сопровождения заготовки с помощью валцов и толкателя. Емкость загрузчика равна $m = H_0 / h_0$, где $H_0 = H_1 - H_2$ – высота стопы; H_1 – высота от пола до рабочего стола станка; H_2 – высота платформы при ее крайнем нижнем положении; h_0 – толщина плиты (щита).

После того как плита будет захвачена валцами станка, толкатель вернется в исходное положение, а когда верхняя плита (стопа плит) сойдет со стопы, платформа поднимется на высоту h_0 . Следующая плита может подаваться сразу же после подъема платформы. Если скорость толкателя будет выше, чем скорость подачи станка, то следующая плита может догнать предыдущую. Таким образом обеспечивается непрерывная подача плит. Мягкость характеристики пневмопривода допускает соприкосновение сталкиваемой плиты с плитой,

находящейся в станке. При этом скорость толкателя должна быть $v > A / (A / U - T)$, где U – скорость подачи; T – время подъема плиты. Если необходимо иметь разрывы между плитами, то команда на включение толкателя будет подаваться через заданные промежутки времени или когда плита отходит от центра вальцов на требуемое расстояние.

После загрузки в станок всех плит платформа опускается в крайнее нижнее положение и на нее загружается новая стопа. Платформа поднимается до уровня загрузки.

Вариант 18. Роторный кантователь.



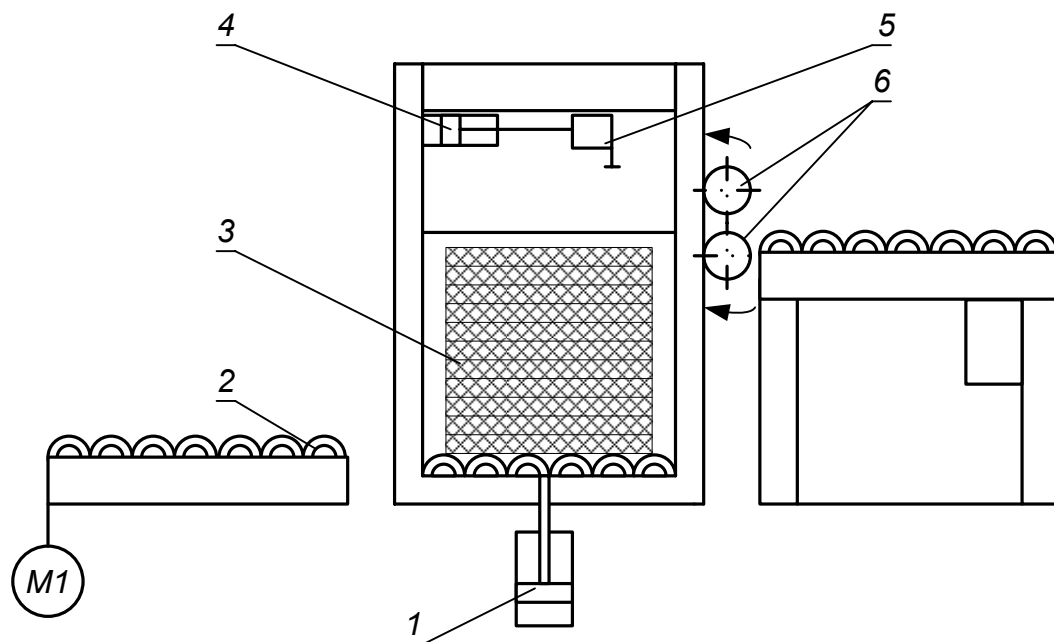
Кантователи (веерные, роторные и рычажные) предназначены для переворота детали вокруг горизонтальной оси (продольной или поперечной) на 180° .

Наиболее часто в линиях используют роторные кантователи. В кольцевых направляющих 3 смонтирован двусторонний роликовый конвейер 2. Направляющие и конвейер представляют единую конструкцию – ротор, помещенный на опорных роликах 5, имеющих привод от гидромотора ГМ1, управляемого гидрораспределителем ГР1 с электропневматическим управлением.

При включении электромагнита УА1 срабатывает сервопневмопривод, перемещающий золотник гидрораспределителя таким образом, что гидромотор поворачивает ротор по часовой стрелке. При включении электромагнита УА2 ротор будет поворачиваться против часовой стрелки. Ротор поочередно поворачивается то влево, то вправо на 180° . Это необходимо для обеспечения подвода коммуникаций к электродвигателям и конечным выключателям, находящимся на роторе. Чтобы при повороте ротора щит (или группа щитов) не смещался в радиальном направлении, ролики конвейера 2 подпружинены и имеют эластичное покрытие.

По роликовому конвейеру 1 щиты поступают в ротор, при этом работает и конвейер 2. Когда щиты полностью войдут в ротор, конвейеры 1 и 2 остановятся и ротор повернется. После поворота конвейеры включаются; щиты выходят на конвейер 4, а новый щит подается в ротор. Цикл повторяется.

Вариант 19. Загрузчик щитов с вакуум-присосами.



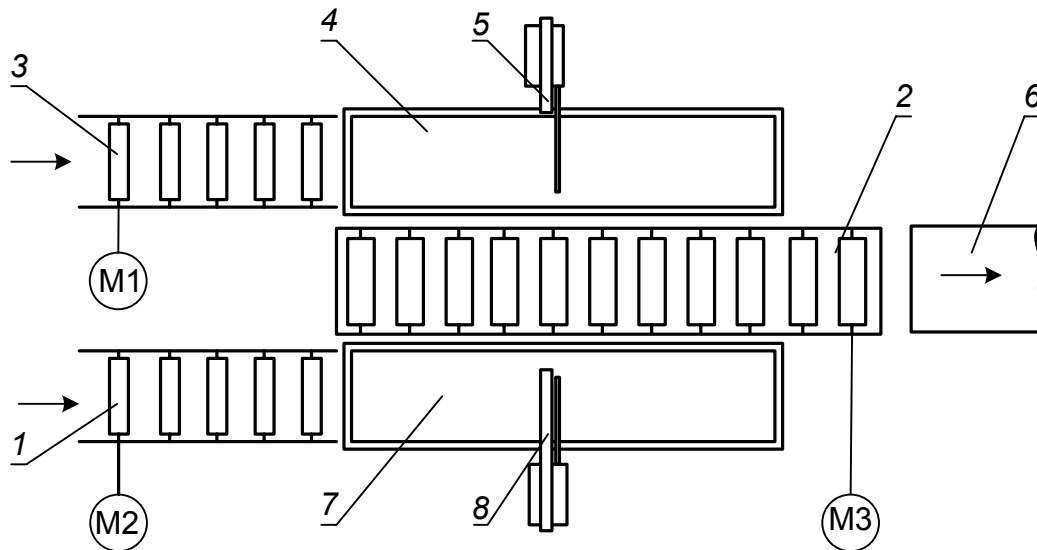
Стопа щитов набирается на рольганге 2 (приводится в движение электродвигателем М1) или подается автопогрузчиком. Затем ее направляют в загрузочную секцию на подъемный стол. Стопа должна быть такой высоты, чтобы могла свободно проходить по рольгангу под поднятыми вакуум-присосами.

По команде оператора стол со стопой 3 поднимается с помощью гидроцилиндра 1 до тех пор, пока верхний щит стопы не войдет в зону движения вакуум-присосов по вертикали. Стол останавливается, вакуум-присосы опускаются, и одновременно к ним подается вакуум. После нескольких секунд выдержки, достаточных для надежного притягивания щита, вакуум-присосы поднимаются со щитом пневмоцилиндром 5, затем начинают перемещаться вправо с помощью пневмоцилиндра вакуум-присосов 4, подавая щит в подающие ролики 6.

В крайнем правом положении вакуум сбрасывается, щит остается в роликах, а вакуумные присосы уходят влево, в исходное положение. Как только вакуум-присосы возвратятся в исходное положение, стол поднимется на толщину одного щита, снова опустятся вакуум-присосы и т. д.

Работа в автоматическом режиме закончится тогда, когда пустой стол опустится в крайнее нижнее положение.

Вариант 20. Загрузчик щитов на два подступных места.



Загрузчик используется для подачи щитов на линию с целью дальнейшей их переработки. Чтобы избежать потери времени при подаче партии щитов, загрузчик оборудован двумя подъемными столами 4 и 7 и двумя сталкивателями 5 и 8. Пока с одного стола щиты подаются на линию 6, на другой подвозится новая партия щитов.

Механизмы загрузчика приводятся в движение от следующих приводов: роликовые конвейеры 1 и 3 – от электродвигателей М1 и М2; роликовый конвейер 2 – от электродвигателя М3; поднятие столов 4 и 7 – от гидроцилиндров ГЦ1 и ГЦ2; сталкиватели 5 и 8 – от пневмоцилиндров ПЦ1 и ПЦ2.

Партия щитов подается на стол, поднятый на уровень роликовых конвейеров 1 и 3. При этом верхний щит стопы намного выше конвейера 2. Для того чтобы стопа могла без помех заехать на подъемный стол, соответствующий сталкиватель нужно поставить в вертикальную позицию. Если этого не сделать, то стопа щитов, которая подается, наедет на сталкиватель.

После подачи стопы стол опустится в крайнюю нижнюю позицию, а потом после поворота сталкивателя в горизонтальную позицию будет подниматься до тех пор, пока верхний щит стопы не окажется на уровне сталкивания.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Позиционные обозначения на принципиальных электрических схемах автоматизации

Позиционные обозначения должны быть присвоены всем элементам и устройствам, изображенным на принципиальной электрической схеме. В общем случае позиционное обозначение должно состоять из трех частей, имеющих самостоятельное смысловое значение и записываемых без разделительных знаков и пробелов. В первой части позиционного обозначения должен быть указан вид элемента или устройства. Оно должно содержать одну или две буквы латинского алфавита – буквенный код видов элементов в соответствии с таблицей. Во второй части позиционного обозначения должен быть указан порядковый номер элемента (устройства) в пределах элементов (устройств) данного вида. Например, в обозначении реле *K1* первая часть представляет собой букву латинского алфавита (код), а вторая – цифру – порядковый номер этого реле в схеме. Порядковые номера элементам (устройствам) присваивают, начиная с единиц, в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение. Кроме того, порядковые номера элементам (устройствам) присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо. При необходимости допускается применять последовательность присвоения порядковых номеров в зависимости от размещения элементов в изделии, направления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса. Если в схему вносятся изменения, то последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена. В третьей части позиционного обозначения допускается указывать функциональное назначение данного элемента или устройства, использованного в схеме. Для этого применяют буквенные коды функций элементов (коды функционального назначения) в соответствии ГОСТ 2.710–81 (см. таблицу).

Третья часть обозначения в принципиальных электрических схемах проектов автоматизации применяется редко.

Для построения позиционного обозначения в качестве кода вида элементов рекомендуется применять двухбуквенные коды. Однако в зависимости от конкретного содержания схемы элемент какого-либо типа может быть обозначен и одной буквой – общим кодом вида элемента. Например, если в схеме магнитного пускателя не содержится реле, то пускатель можно обозначить буквой *K*, хотя пускатель имеет и двухбуквенный код (*KM*).

Буквенные коды видов элементов по ГОСТ 2.710–81

Однобуквенный код	Группа видов элементов	Пример вида элемента	Двухбуквенный код
<i>A</i>	Устройство (общее обозначение)		
<i>B</i>	Преобразователи неэлектрических величин в электрические или наоборот (кроме генераторов и источников питания); аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики, используемые для указания или измерения	Громкоговоритель Магнитострикционный элемент Детектор ионизирующих излучений Сельсин-приемник Телефон (капсоль) Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик скорости Звукосниматель Датчик частоты вращения (тахогенератор)	<i>BA</i> <i>BB</i> <i>BD</i> <i>BE</i> <i>BK</i> <i>BC</i> <i>BK</i> <i>BL</i> <i>BM</i> <i>BP</i> <i>BQ</i> <i>BV</i> <i>BS</i> <i>BR</i>
<i>C</i>	Конденсаторы	–	–
<i>D</i>	Микросхемы интегральные, микросборки	Микросхема интегральная аналоговая Микросхема интегральная цифровая, логический элемент Устройство хранения информации Устройство задержки	<i>DA</i> <i>DD</i> <i>DS</i> <i>DT</i>
<i>E</i>	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	<i>EK</i> <i>EL</i> <i>ET</i>
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	<i>FA</i> <i>FP</i> <i>FU</i> <i>FV</i>
<i>G</i>	Генераторы, источники питания	Батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	<i>HA</i> <i>HG</i> <i>H</i>

Продолжение таблицы

Однобу- квенный код	Группа видов элементов	Пример вида элемента	Двухбу- квенный код
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	Реле указательное Реле токовое Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле поляризованное Реле времени Реле напряжения	<i>KN</i> <i>KA</i> <i>KK</i> <i>KM</i> <i>KP</i> <i>KT</i> <i>KV</i>
<i>L</i>	Катушки индук- тивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигатели	—	—
<i>P</i>	Приборы, измери- тельное оборудо- вание. <i>Примечание.</i> Соче- тание <i>PE</i> применять не допускается	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик реактивной энергии Счетчик активной энергии Омметр Регистрирующий прибор Часы, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	<i>PA</i> <i>PC</i> <i>PF</i> <i>PK</i> <i>PJ</i> <i>PR</i> <i>PS</i> <i>PT</i> <i>PV</i> <i>PW</i>
<i>Q</i>	Выключатели и разъ- единители в сило- вых цепях (энерго- снабжение, питание оборудования и т. д.)	Выключатель автоматический Разъединитель Короткозамыкатель	<i>QE</i> <i>QS</i> <i>QK</i>
<i>R</i>	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	<i>RK</i> <i>RP</i> <i>RS</i> <i>PV</i>
<i>S</i>	Устройства комму- тационные в цепях управления, сигнала- лизации и измери- тельных. <i>Примечание.</i> Обо- значение применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от раз- личных воздействий: от уровня давления положения (путевой) частоты вращения температуры	<i>SA</i> <i>SB</i> <i>SF</i> <i>SL</i> <i>SP</i> <i>SQ</i> <i>SR</i> <i>SK</i>
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформа- торы	Трансформатор тока Трансформатор напряжения Электромагнитный стабилизатор	<i>TA</i> <i>TV</i> <i>TS</i>

Окончание таблицы

Однобуквенный код	Группа видов элементов	Пример вида элемента	Двухбуквенный код
<i>U</i>	Устройства связи и преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	<i>UB</i> <i>UR</i> <i>UJ</i> <i>UZ</i>
<i>V</i>	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	<i>VD</i> <i>VL</i> <i>VT</i> <i>VS</i>
<i>W</i>	Линии и элементы СВЧ	Ответвитель	<i>WR</i>
		Короткозамыкатель Вентиль Трансформатор, фазовращатель Аттенюатор Антенна	<i>WK</i> <i>WS</i> <i>WT</i> <i>WV</i> <i>WA</i>
<i>X</i>	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединение неразборное Гнездо испытательное Штырь испытательный Соединитель высокочастотный	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i> <i>XW</i> <i>XSJG</i> <i>XPJG</i> <i>XW</i>
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	<i>YA</i> <i>YB</i> <i>YC</i> <i>YH</i>
<i>Z</i>	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Ограничитель Фильтр кварцевый	<i>ZL</i> <i>ZQ</i>

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов (устройств) с правой стороны или над ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровский, В. С. Автоматика лесопромышленных предприятий: учеб. пособие / В. С. Петровский. – М.: Academia, 2005. – 304 с.

2. Палагин, В. А. Автоматика и автоматизация производственных процессов деревообработки: учеб. пособие / В. А. Палагин, В. А. Дорошенко, Л. В. Леонов. – М.: Экология, 1993. – 250 с.

3. Ползик, П. В. Автоматика и автоматизация производственных процессов деревообрабатывающих производств: учеб. пособие / П. В. Ползик, Л. Т. Молчанов, В. К. Вороницин. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 444 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	3
Тема 1. ЛОКАЛЬНАЯ САУ (СТРУКТУРА, БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ПЕРЕМЕННЫЕ).....	4
Тема 2. СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ САУ.....	8
Тема 3. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ	11
Тема 4. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	26
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	34
Тема 1. Локальная САУ (структура, базовые элементы и переменные).....	34
Тема 2. Структурные преобразования и оценка устойчивости	35
Тема 3. Разработка схем автоматизации.....	37
Тема 4. Разработка принципиальных электрических схем автоматизации	39
ПРИЛОЖЕНИЕ	64
ЛИТЕРАТУРА	68

АВТОМАТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Составители: **Карпович** Дмитрий Семенович
Барашко Олег Георгиевич

Редактор *Ю. А. Ирхина*
Компьютерная верстка *Ю. А. Ирхина*
Корректор *Ю. А. Ирхина*

Издатель:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.