



Курс для начинающих по оборудованию для автоматизации производства (система управления процессом)

В этом курсе для начинающих представлен краткий обзор системы управления процессом.

Система контрольно-измерительных приборов позволяет осуществлять управление производством с применением измерений и регулирования различных физических величин. Таких, например, как расход, температура, давление и уровень жидкости.

Настоящий курс предназначен для того, чтобы снабдить начинающих знаниями базового уровня, необходимыми для решения задач регулирования с применением контрольно-измерительных приборов.

Данный курс имеет следующее содержание.
Рекомендуем вам начать с Главы 1.

Глава 1. Система контрольно-измерительных приборов

Основная информация о контрольно-измерительных приборах.

Глава 2. Регулирование с обратной связью

Изучение основ регулирования с обратной связью (ON/OFF-регулирование, пропорциональное (P) воздействие, интегральное (I) воздействие, PI-регулирование, дифференциальное (D) воздействие, PID-регулирование).

Глава 3. Контур регулирования

Изучение измерительной и исполнительной секций блок-схемы контура регулирования.

Заключительный тест

Проходной балл: не менее 60%.

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| Переход к следующей странице | | Переход к следующей странице. |
| Возврат к предыдущей странице | | Возврат к предыдущей странице. |
| Переход к требуемой странице | | Появится экран «Содержание», на котором вы сможете перейти к требуемой странице. |
| Завершение обучения | | Завершение обучения. Окно (например, «Содержание») будет закрыто, а обучение — завершено. |

Меры безопасности

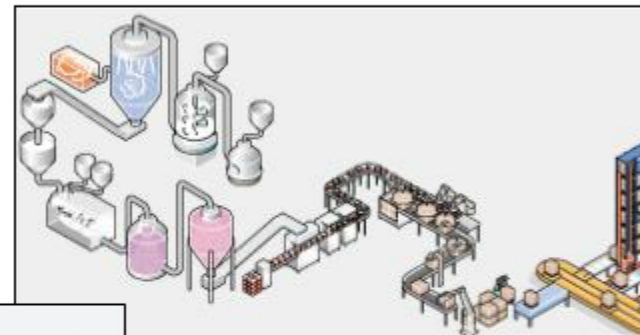
Прежде чем приступить к использованию реального оборудования, прочитайте сведения о мерах безопасности в соответствующих руководствах по эксплуатации и строго их выполняйте.

1.1

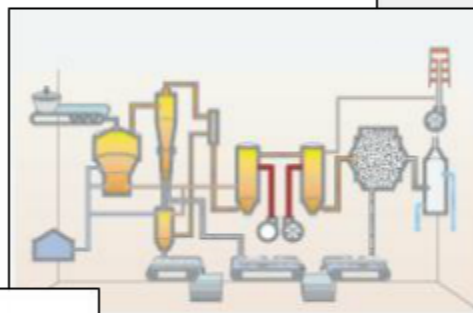
Система контрольно-измерительных приборов

Система контрольно-измерительных приборов применяется на промышленных производствах для проведения операций измерения и контроля. Подобного рода системы широко применяются в различных отраслях промышленности:

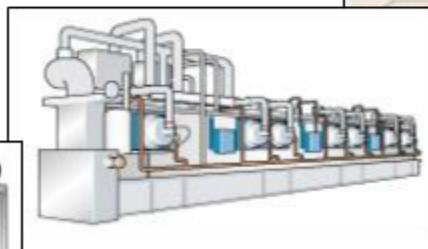
- на заводах черной металлургии;
- на предприятиях химической промышленности;
- на природоохранных объектах;
- на установках по очистке воды и промышленных стоков;
- в оборудовании для кондиционирования воздуха;
- на производстве полупроводниковых приборов;
- на предприятиях пищевой промышленности;
- на фармацевтических предприятиях;
- на бумажных фабриках;
- в энергетике и т. д.



Установка по изготовлению химически чистых веществ



Установка для утилизации отходов



Промышленная печь



Оборудование для пищевой промышленности

1.2 Управление системой контрольно-измерительных приборов

Упрощенная классификация производственных систем промышленного предприятия может быть сформулирована следующим образом: системы контрольно-измерительных приборов, которые в основном направлены на регулирование с использованием обратной связи, и системы автоматизации производства, осуществляющие программное управление.

Имеются примеры использования регулирования с обратной связью и программного управления на заводе по производству пива.

Регулирование с обратной связью

При использовании регулирования с обратной связью управление процессом осуществляется посредством сравнения заданного значения с измеренным, которое было получено в виде обратной связи, на основании чего принимается решение в отношении требуемой величины оперативной реакции системы, которая позволила бы уравнивать указанные значения.

Данный метод используется в целях контроля температуры, расхода и давления в таких технологических процессах, как загрузка, брожение и дозревание.



Программное управление

При программном управлении пошаговый технологический процесс осуществляется под управлением программы или процедуры.

Этот метод используется в процессах упаковки в коробки, конвейерной транспортировки и т. д.



1.3

Регулирование с обратной связью

Данный пример демонстрирует, каким образом регулирование с обратной связью используется для поддержания необходимой температуры жидкости в резервуаре.

- (1) Термодетектор измеряет температуру жидкости в резервуаре.
- (2) Измеренное значение температуры сравнивается с заданным значением, после чего принимается решение в отношении открытия клапана управления (величины оперативной реакции), исходя из разности между двумя указанными значениями (то есть из величины ошибки регулирования).
- (3) Клапан управления задействуется в целях регулирования количества подаваемого водяного пара, обеспечивающего нагрев жидкости в резервуаре.
- (4) Регулирование с обратной связью заключается в циклическом выполнении шагов с (1) по (3), которые направлены на устранение различия между температурой жидкости и заданным значением температуры.



Данный тип регулирования, в процессе которого выполняется сравнение измеренного и заданного значения, а затем осуществляется операция, направленная на обеспечение их равенства, называется регулированием с обратной связью.

1.3 Регулирование с обратной связью

Регулирование с обратной связью температуры жидкости в резервуаре, которое показано на рисунке 1.3-1, может быть представлено в виде блок-схемы, приведенной на рисунке 1.3-2.

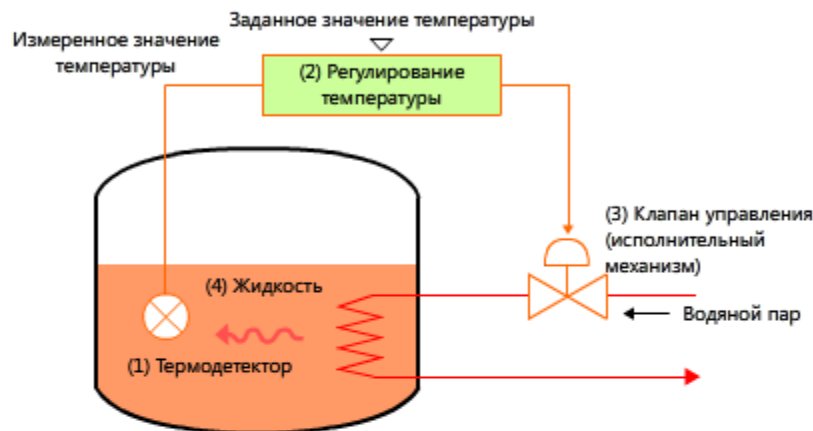


Рисунок 1.3-1

- (1) Выполняется сравнение заданного и измеренного значений температуры в блоке сравнения.
- (2) В регуляторе подачи водяного пара проводится расчет величины оперативной реакции в зависимости от значения ошибки регулирования и подается соответствующий исполнительный сигнал на клапан управления.
- (3) Клапан управления задействуется в целях подачи водяного пара в резервуар согласно полученному исполнительному сигналу.
- (4) В результате подачи водяного пара температура жидкости в резервуаре изменяется, после чего термодетектор снова измеряет температуру жидкости.

Затем шаги с (1) по (4) повторяются.



Рисунок 1.3-2

В соответствии с данной блок-схемой регулирование с обратной связью работает следующим образом.

Назад

Далее

1.3 Регулирование с обратной связью

Кроме того, регулирование с обратной связью используется для регулирования не только температуры, но и расхода, давления и уровня жидкости.

На рисунке 1.3-3 показана общая блок-схема регулирования с обратной связью, а в таблице 1.3-1 приведено разъяснение отдельных терминов.



Рисунок 1.3-3

| Термин | Разъяснение |
|-------------------------|--|
| Блок сравнения | Сравнивает заданное и измеренное значения. |
| Регулятор | В зависимости от заданного и измеренного значений генерирует сигнал, необходимый для того, чтобы контроллер выполнил предписанные операции и отправил сигнал на исполнительный механизм. |
| Исполнительный механизм | Преобразует полученный от регулятора исполнительный сигнал в величину оперативной реакции и оказывает воздействие на объект управления. |
| Объект управления | Технологические процессы и оборудование, которые являются объектом регулирования |
| Измерительное звено | Осуществляет сбор сигналов от различных измерителей и датчиков. |
| Возмущающий фактор | Внешние воздействия на процесс регулирования |
| Контур регулирования | Обеспечивает обратную связь для регулятора. Контроль единиц измерения |

Таблица 1.3-1

2.1

ON/OFF-регулирование

В этом разделе приводится описание двухпозиционного регулирования, в рамках данного курса именуемого как ON/OFF-регулирование, которое представляет собой самый простой тип регулирования с обратной связью.

ON/OFF-регулирование заключается во включении ON (ВКЛ.) или выключении OFF (ВЫКЛ.) управляющего сигнала для исполнительного механизма в зависимости от того, является положительным или отрицательным значение ошибки регулирования (разности между заданным и измеренным значениями).

На рисунке 2.1-1 показано, каким образом ON/OFF-регулирование изменяет состояние клапана управления и значение температуры жидкости.

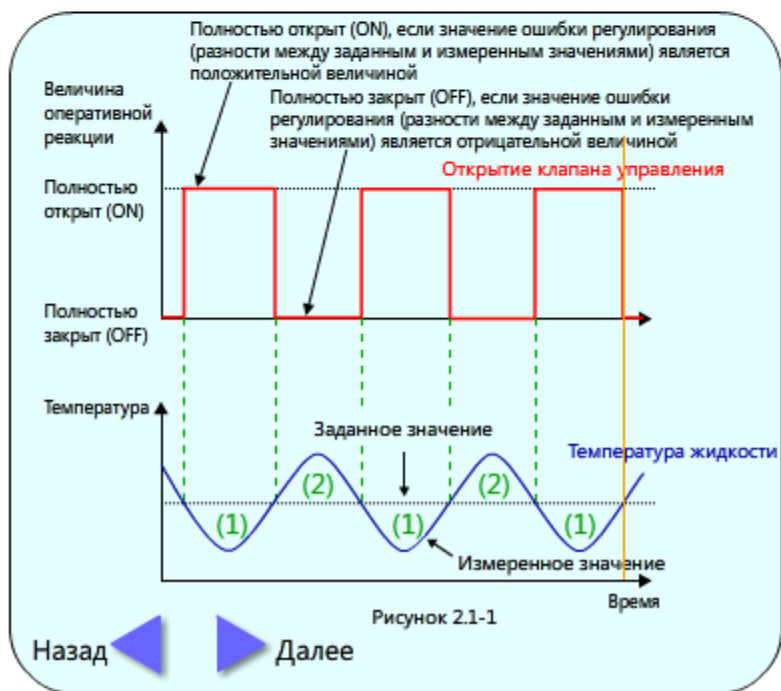
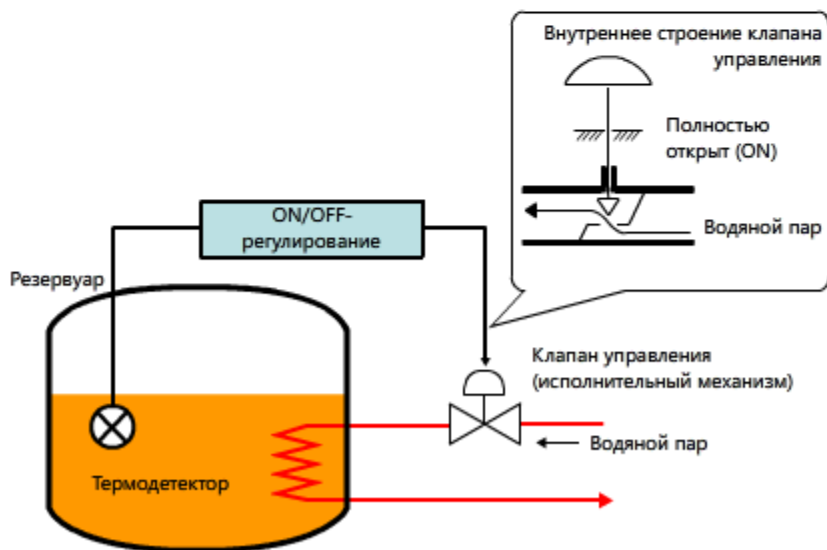
Как показано на рисунке 2.1-1 (1), если температура жидкости опускается ниже заданного значения, клапан управления полностью открывается (ON) для подачи водяного пара.

В процессе подачи водяного пара температура жидкости возрастает не мгновенно, а начинает увеличиваться лишь спустя некоторое время, а затем ее значение превосходит заданное, как в случае (2). Когда значение температуры становится выше заданного, клапан управления полностью закрывается (OFF), останавливая подачу водяного пара.

При этом температура жидкости не снижается мгновенно — этот процесс начинается по прошествии определенного времени.

При использовании ON/OFF-регулирования температура жидкости не бывает постоянной, а периодически изменяется, как показано на рисунке 2.1-1.

P-регулирование (пропорциональное) было разработано с целью решения этой проблемы перечисленными ниже способами.



2.2

Пропорциональное воздействие

Воздействие, представляющее собой на выходе величину оперативной реакции, пропорциональную значению ошибки регулирования (разности между заданным и измеренным значениями), называется пропорциональным воздействием.

Пропорциональное воздействие позволяет снизить амплитуду колебаний температуры жидкости за счет ступенчатого регулирования величины открытия клапана управления в зависимости от значения ошибки регулирования.

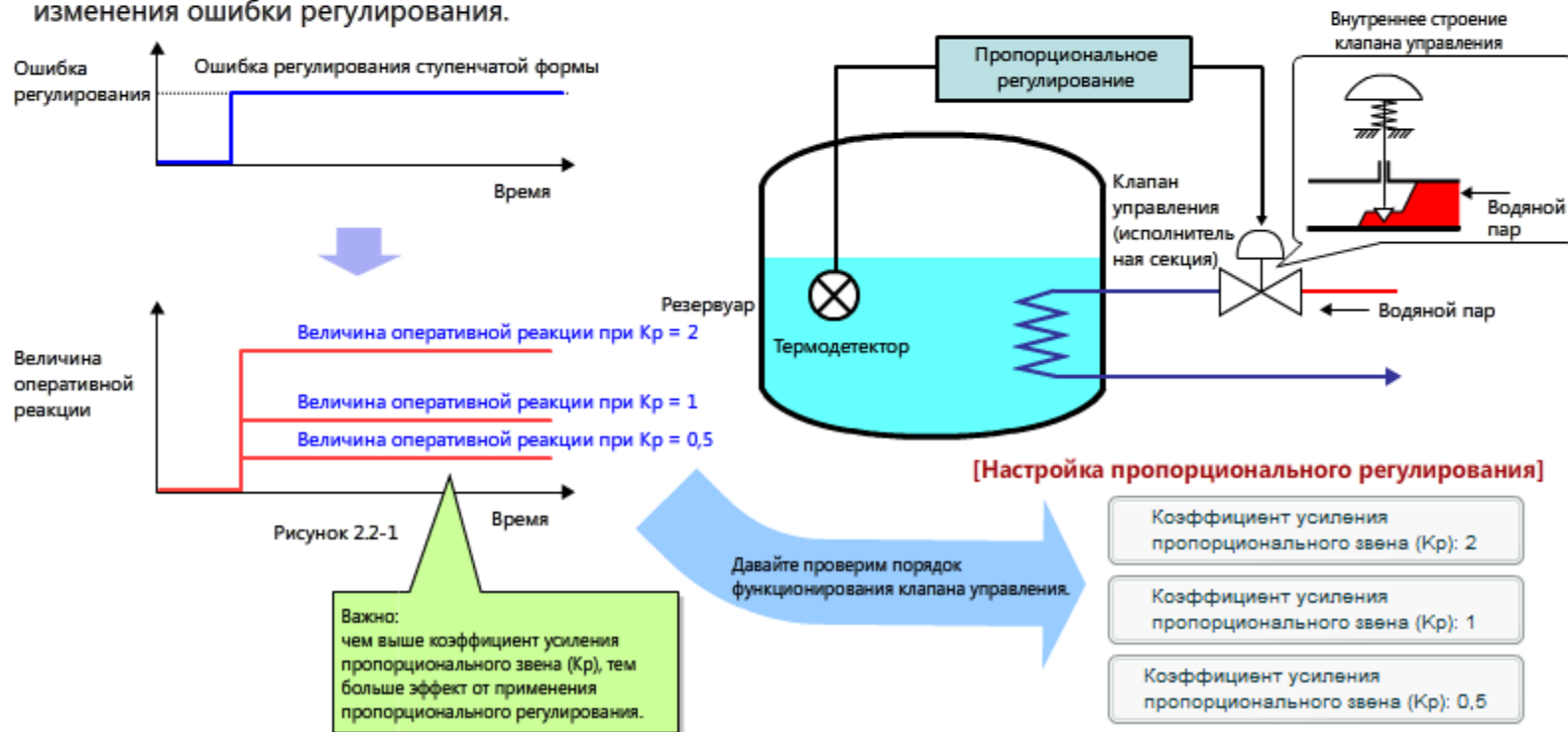
Величину оперативной реакции для пропорционального воздействия можно представить следующим образом:

величина оперативной реакции = коэффициент усиления пропорционального звена (K_p) x ошибку регулирования.

Даже при одинаковых значениях ошибки регулирования большая величина коэффициента усиления пропорционального звена дает в результате большую величину оперативной реакции, что приводит к увеличению количества подаваемого водяного пара.

По мере уменьшения коэффициента усиления пропорционального звена величина оперативной реакции снижается, что приводит к снижению количества подаваемого водяного пара. (рисунок 2.2-1)

Ниже показаны величины оперативной реакции на пропорциональное воздействие при ступенчатой форме изменения ошибки регулирования.



2.2

Пропорциональное воздействие

На рисунке 2.2-2 представлено отличие результата регулирования посредством пропорционального воздействия в зависимости от величины коэффициента усиления пропорционального звена. (Под результатом регулирования понимается эффект, достигаемый за счет использования пропорционального регулирования температуры жидкости в резервуаре.) Регулирование положения клапана управления с использованием небольших пошаговых изменений снижает амплитуду колебаний температуры жидкости.

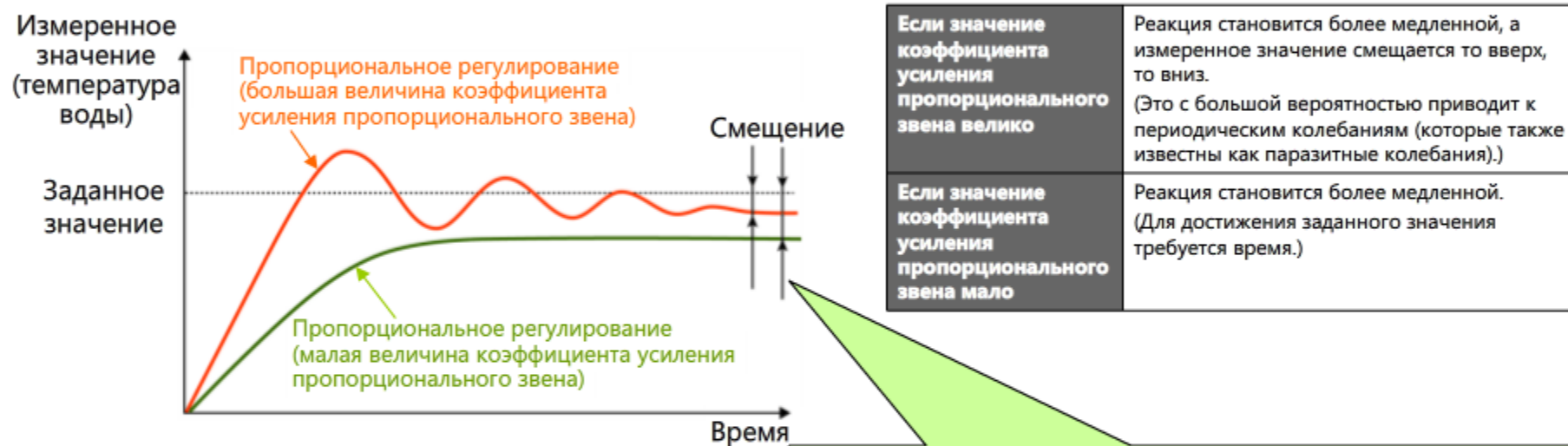


Рисунок 2.2-2

Важно: пропорциональное регулирование становится причиной смещения и не обеспечивает достижения заданного значения.

Пропорциональное воздействие позволяет снизить амплитуду колебаний температуры, но не обеспечивает достижения заданного значения даже по прошествии некоторого времени, что ведет к сохранению определенной ошибки регулирования. Такое остаточное значение ошибки регулирования называется смещением (установившейся величиной ошибки регулирования или остаточной ошибкой регулирования).

2.3 Интегральное воздействие и пропорционально-интегральное (PI) регулирование

В случае пропорционального воздействия измеренное и заданное значения не совпадают даже по прошествии длительного периода времени, то есть сохраняется смещение.

Чтобы устранить такое смещение, применяется интегральное воздействие.

Интегральное воздействие позволяет устранить смещение путем интегрирования по времени прошлого и текущего значений ошибки регулирования, вследствие чего на выход подается необходимый результат. (рисунок 2.3-1)

Интегральное воздействие применяется в сочетании с пропорциональным, что в рамках данного курса именуется как «PI-регулирование».

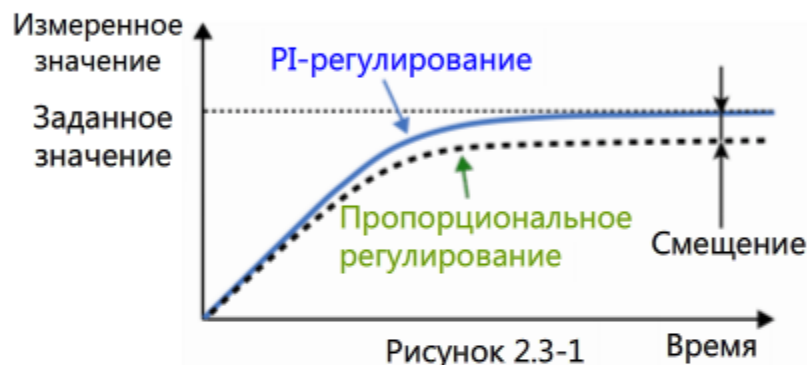


Рисунок 2.3-1

Чем меньше постоянная времени интегрирования, тем быстрее устраняется смещение. Чем больше постоянная времени интегрирования, тем дольше будет длиться устранение смещения.

На рисунке 2.3-2 показаны различия в эффекте, который достигается в результате применения PI-регулирования в зависимости от значения постоянной времени интегрирования.

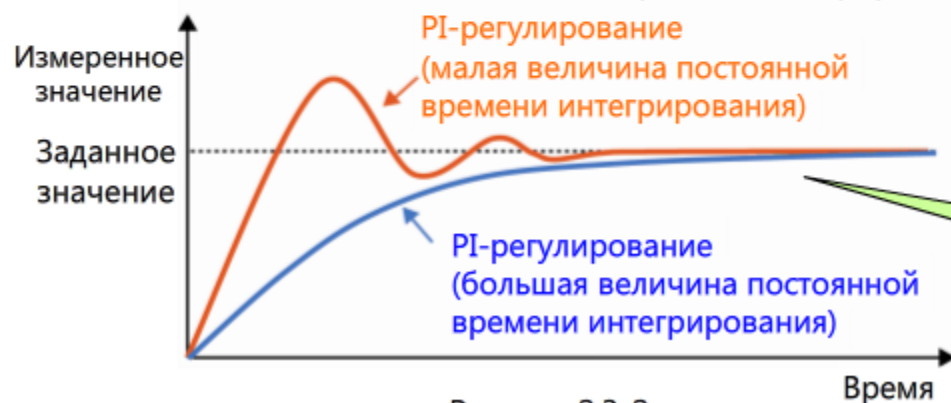


Рисунок 2.3-2

| | |
|--|--|
| Малая величина постоянной времени интегрирования | Быстрее устраняет смещение, но вероятность возникновения периодических колебаний выше. |
| Большая величина постоянной времени интегрирования | Плавно изменяет измеренные значения, но требует времени на устранение смещения. |

Важно:

чем меньше значение постоянной времени интегрирования, тем больше эффект от применения интегрального регулирования. (Смещение устраняется быстрее.)

Для минимизации влияния возмущений на объект регулирования при использовании дифференциального воздействия обеспечивается выход, пропорциональный скорости изменения ошибки регулирования (производной ошибки регулирования) для результата пропорционального воздействия.

Такое воздействие обычно применяется в сочетании с PI-регулированием, что в рамках данного курса именуется как «PID-регулирование».

На рисунке 2.4-1 показаны различия в реакции объекта регулирования при использовании дифференциального воздействия и при его отсутствии в целях недопущения изменения ошибки регулирования, вызванного тем же возмущением (возмущающий фактор А). За счет добавления дифференциального воздействия снижается влияние возмущения.



Рисунок 2.4-1

Чем больше значение постоянной времени дифференцирования, тем больше величина оперативной реакции при использовании дифференциального воздействия и тем выше будет эффект от применения дифференциального регулирования.

Малая величина постоянной времени дифференцирования

Снижает эффект от применения дифференциального регулирования.

Большая величина постоянной времени дифференцирования

Повышает эффект от применения дифференциального регулирования, но вероятность возникновения периодических колебаний выше.

Важно:

чем больше значение постоянной времени дифференцирования, тем больше эффект от применения дифференциального регулирования.

2.5

PID-регулирование

PID-регулирование добавляет к пропорциональному воздействию интегральное и дифференциальное, что на выходе дает величину оперативной реакции, пропорциональную ошибке регулирования. Интегральное воздействие устраняет смещение за счет добавки к величине оперативной реакции, полученной в результате интегрирования ошибки регулирования. Дифференциальное воздействие корректирует значение реакции на возмущения за счет добавления к величине оперативной реакции в соответствии с величиной производной ошибки регулирования. На рисунке 2.5-1 представлено сравнение реакций на регулирующее воздействие для пропорционального, PI- и PID-регулирования.

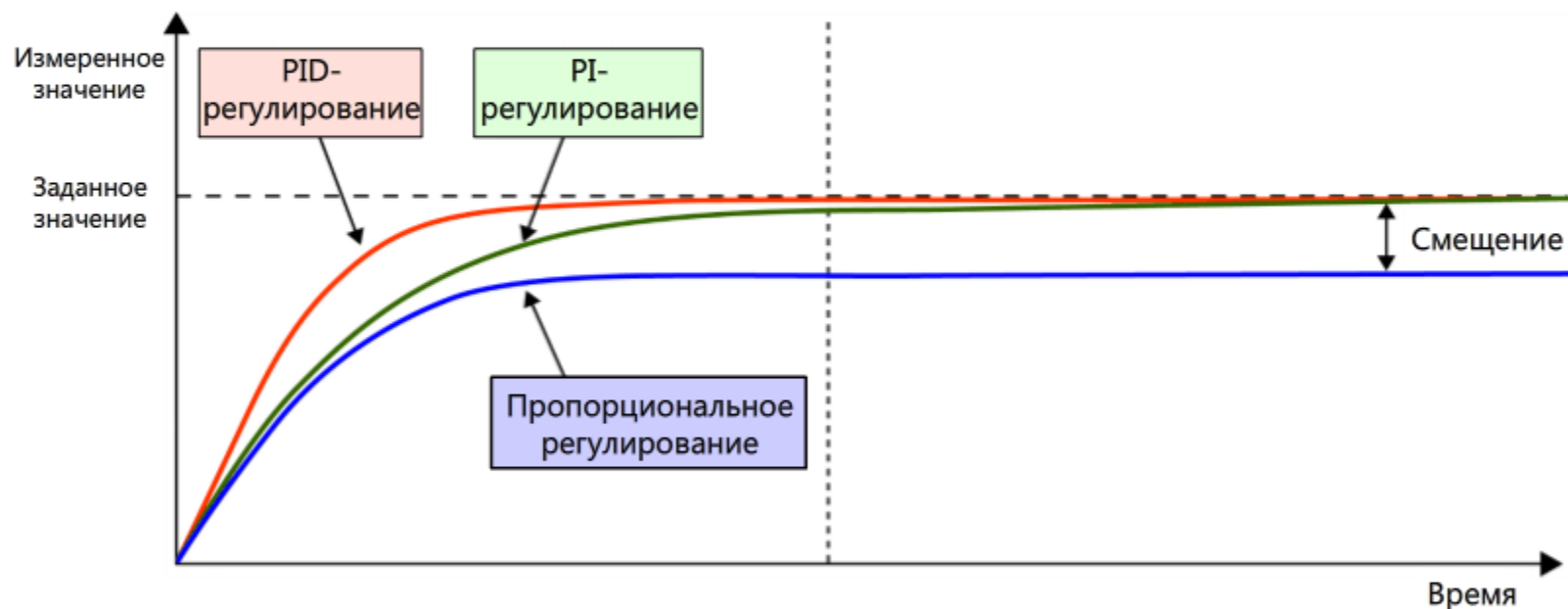


Рисунок 2.5-1

PI-регулирование часто используется для регулирования расхода жидкости и давления, поскольку если применять чистое PID-регулирование, реакция в рамках данного процесса будет достаточно быстрой. Помимо этого, дифференциальное регулирование может также усилить помехи при измерении и дестабилизировать процесс. При регулировании температуры реакция процесса в общем случае является медленной и, в связи с этим, часто применяется PID-регулирование.

| Объект регулирования | Регулирование | Соображения |
|----------------------|---------------|--|
| Расход, давление | PI | Реакция по расходу и давлению достаточно быстрая при использовании чистого PI-регулирования. Дифференциальное воздействие может усилить шум и дестабилизировать реакцию в рамках процесса. |
| Температура | PID | Как правило, реакция в виде изменения температуры является медленной. |

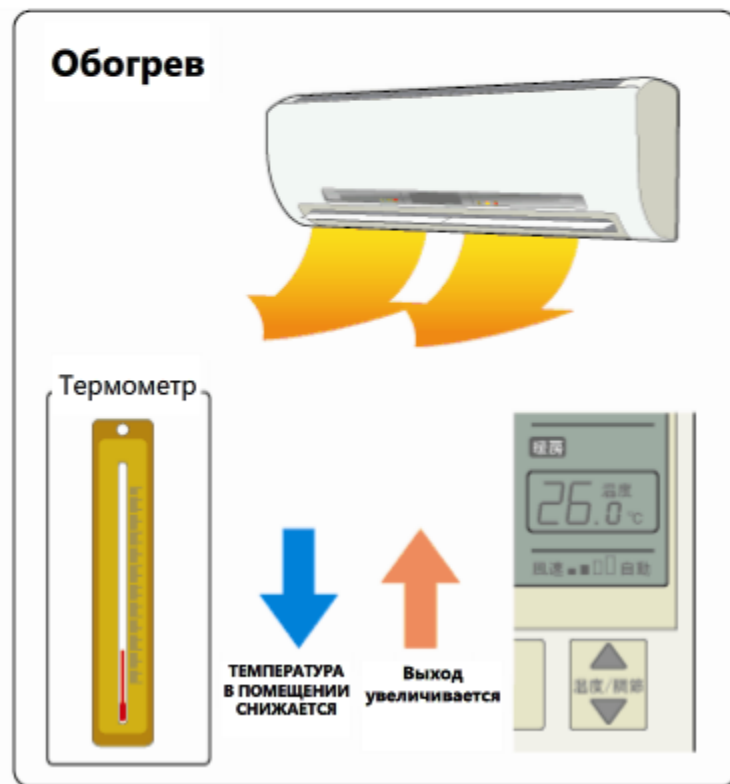
2.7 Прямое и обратное воздействие при использовании PID-регулирования

В PID-регулировании термины «прямое воздействие» и «обратное воздействие» применяются в зависимости от направления, в котором происходит изменение величины оперативной реакции в соответствии с изменением измеренных значений.

Разъяснения в отношении прямого и обратного воздействия представлены ниже на примере кондиционера воздуха.

Прямое воздействие: повышает величину оперативной реакции (выход по холоду) в случае роста температуры в помещении в режиме охлаждения.

Обратное воздействие: повышает величину оперативной реакции (выход по теплу) в случае снижения температуры в помещении в режиме обогрева.



2.8 Регулирование при постоянном заданном значении и следящее регулирование

Регулирование с обратной связью может быть разделено на два типа в зависимости от порядка настройки заданного значения: регулирование при постоянном заданном значении и следящее регулирование.

- Регулирование при постоянном заданном значении

Регулирование при постоянном заданном значении, как, например, в случае регулирования давления или температуры с целью удержания этих параметров на постоянном уровне, равном заданному значению

- Следящее регулирование

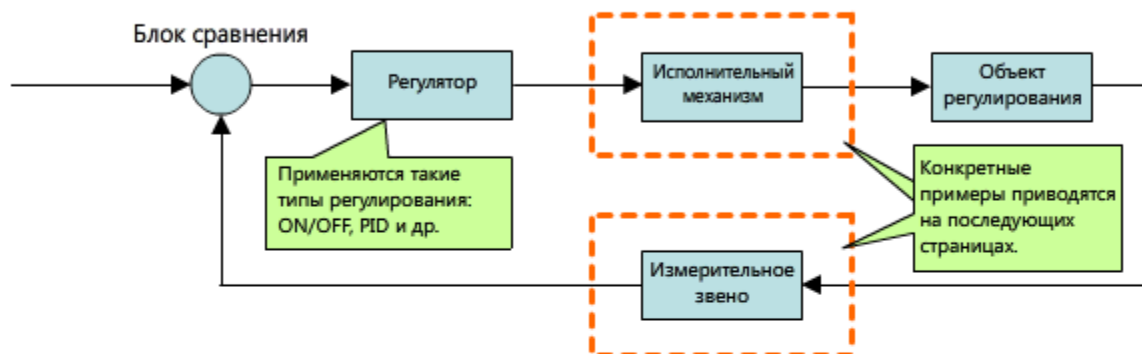
Регулирование с использованием заданного значения, изменяющегося во времени. Такой тип регулирования также называется регулированием с отслеживанием заданного значения.

Следящее регулирование далее разделяется на два типа: программное регулирование, в рамках которого заданное значение изменяется во времени в соответствии с установленной схемой, и регулирование по соотношению, которое обеспечивает постоянные значения соотношений, как, например, соотношение воздуха и топлива в процессе горения или соотношение жидкостей при смешивании двух и более жидких компонентов.

3.1

Измерительная и исполнительная секции

Типичными примерами измерительной и исполнительной секций могут служить приведенные ниже блок-схемы контура регулирования.

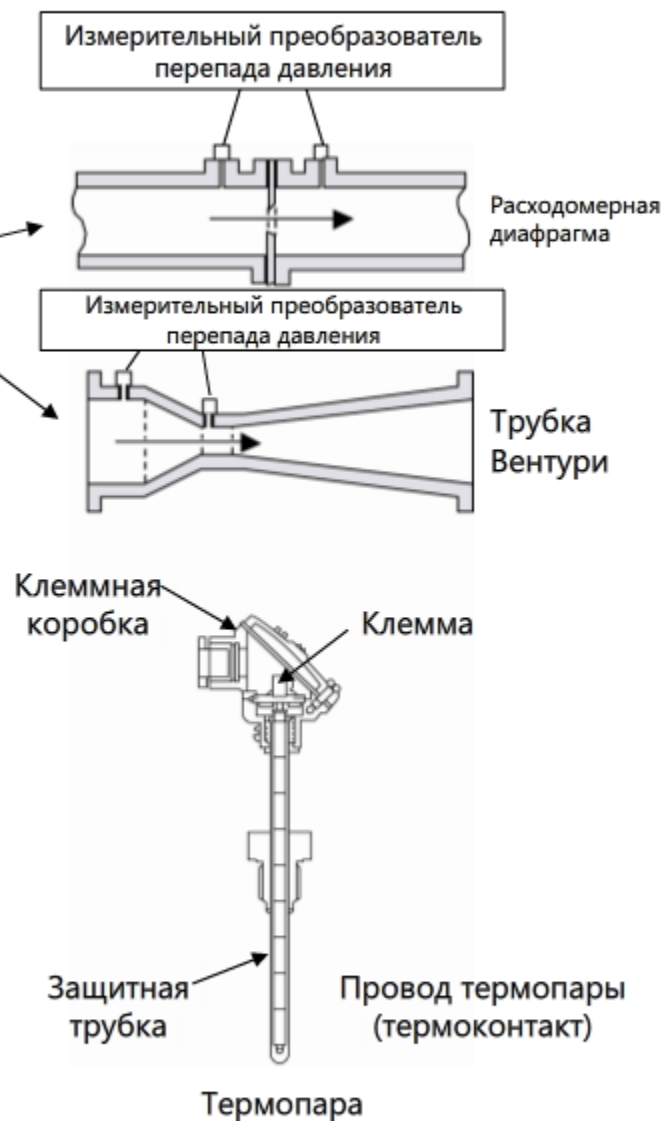


3.1

Измерительная секция

В приведенной ниже таблице перечислены типичные примеры датчиков, которые применяются в целях измерения расхода и температуры.

| Объект измерения | Метод измерения |
|----------------------------|--|
| Расход | По перепаду давления: дроссельные механизмы (расходомерная диафрагма, трубка Вентури и т. д.) Электромагнитные: электромагнитный расходомер По прямому вытеснению: на основе метода Рутса и с применением овальных шестерен Другие (с использованием ускорения Кориолиса, ультразвуковые, вихревые и т. д.) |
| Температура | Термопара, резистивный термометр, радиационный пирометр |
| Давление, перепад давления | Электрические: на основе провода высокого сопротивления и пьезоэлектрические Эластичные: на основе трубки Бурдона, диафрагмы и сильфона Использующие столб жидкости: на основе U-образной или одинарной трубки |
| Уровень жидкости | По перепаду давления, электростатической емкости, на основе поплавка или ультразвука |
| Химические соединения | Измеритель pH среды, газоанализатор на кислород, газоанализатор на остаточный хлор, прибор для измерения ХПК, газоанализатор на H ₂ , газоанализатор на CO ₂ , хроматографический газоанализатор и т. д. |

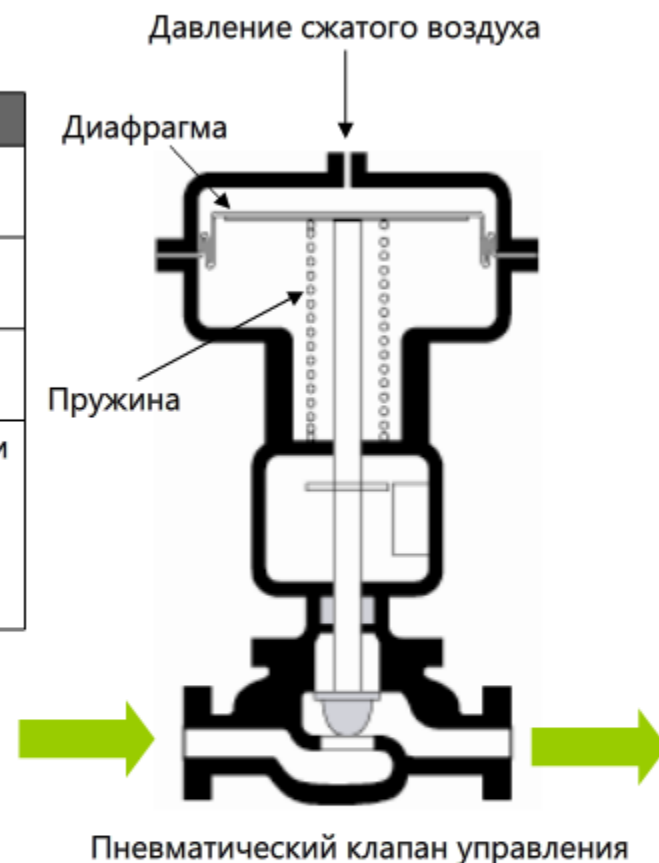


3.1

Исполнительная секция

Ниже приведен пример исполнительной секции.

| | Тип | Механизм |
|-------------------|----------------|---|
| Клапан управления | Пневматический | Пневматический клапан управления |
| | Электрический | Электроклапан, электромагнитный клапан и т. д. |
| | Другие | Гидравлический клапан управления и т. д. |
| Другие | | Системы регулирования скорости (на основе инвертора и др.) Твердотельное реле, источник стабилизированного энергопитания и т. д. |



Тест**Заключительный тест**

Теперь вы завершили все уроки курса для начинающих по оборудованию для автоматизации производства (система управления процессом) и готовы к прохождению заключительного теста. Если вам неясны какие-либо из рассмотренных тем, воспользуйтесь возможностью еще раз просмотреть информацию по этим темам прямо сейчас.

Данный заключительный тест содержит всего 9 вопросов (24 пункта).

Вы можете проходить заключительный тест любое количество раз.

Порядок подсчета баллов за тест

После выбора ответа обязательно щелкните кнопку **Ответить**. Если вы продолжите, не нажав кнопку Ответить, ваш ответ будет потерян. (Будет считаться, что вы не ответили на вопрос.)

Результаты теста

Количество правильных ответов, количество вопросов, процент правильных ответов и результат (успешно ли пройден тест) будут отображаться на странице результатов.

Правильные ответы: **4**

Всего вопросов: **4**

Процент: **100%**

Для успешного прохождения теста вы должны правильно ответить на **60%** вопросов.

Продолжить

Просмотреть

- Щелкните кнопку **Продолжить**, чтобы завершить тест.
- Щелкните кнопку **Просмотреть**, чтобы просмотреть и проанализировать тест. (Правильные ответы будут отмечены)
- Щелкните кнопку **Повторить попытку**, чтобы пройти тест еще раз.

Тест**Заключительный тест 1**

Управление системой контрольно-измерительных приборов

В состав технологического процесса на заводе по производству пива входит процесс программного управления и процесс регулирования с обратной связью. Выберите применимую опцию в каждом блоке.

Программное управление

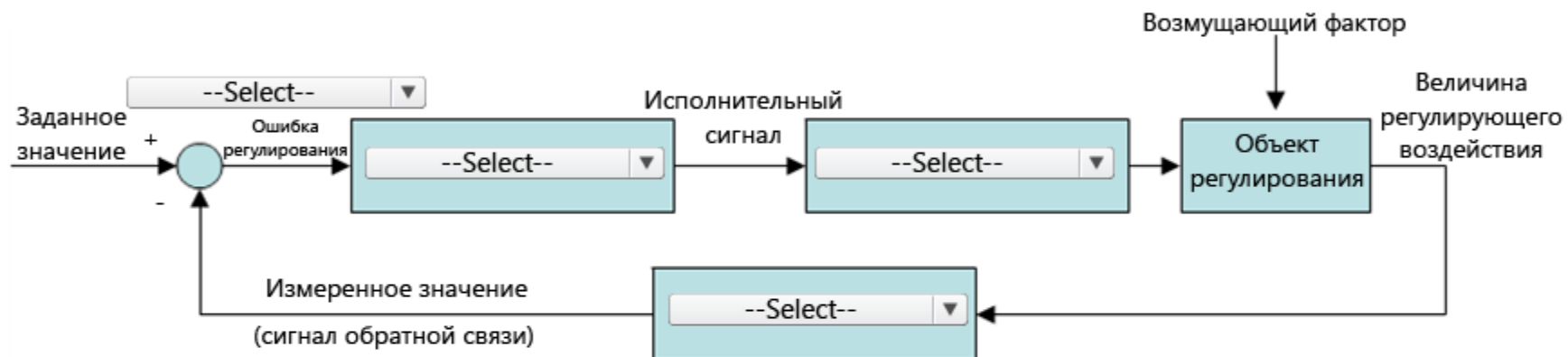
Регулирование с обратной связью

Тест

Заключительный тест 2

Регулирование с обратной связью

Выберите соответствующую опцию в каждом из блоков, соответствующих вопросам Q1—Q4 на блок-схеме регулирования с обратной связью.



Ответить

Назад

Пропорциональное (P) воздействие

Выберите соответствующую опцию в каждом блоке, вставленном в приведенный ниже текст, чтобы завершить описание, относящееся к пропорциональному воздействию.

Для пропорционального воздействия с увеличением коэффициента усиления пропорционального звена величина оперативной реакции , но имеется высокая вероятность возникновения .

Для пропорционального воздействия также характерна проблема в связи с невозможностью обеспечить равенство заданного и измеренного значений, в результате даже по прошествии времени сохраняется.

Тест**Заключительный тест 4**

Интегральное (I) воздействие

Выберите соответствующую опцию в блоке, вставленном в приведенный ниже текст, чтобы завершить

Интегральное воздействие эффект с увеличением значения постоянной времени интегрирования.

Дифференциальное (D) воздействие

Выберите соответствующую опцию в блоке, вставленном в приведенный ниже текст, чтобы завершить описание,

Для дифференциального воздействия с увеличением постоянной времени дифференцирования эффект использования дифференциального воздействия , но имеется высокая вероятность возникновения .

Типы регулирования с обратной связью

Выберите соответствующую опцию в каждом блоке, вставленном в приведенный ниже текст, чтобы завершить описание, относящееся к типам регулирования с обратной связью.

К регулированию с обратной связью относится ON/OFF-регулирование, с помощью которого осуществляется включение или выключение исполнительного механизма в зависимости от положительного/отрицательного значения ошибки регулирования.

сочетает в себе пропорциональное и интегральное воздействия, а

— пропорциональное, интегральное и дифференциальное воздействия.

Особенности каждого из типов объектов регулирования

Выберите соответствующую опцию в каждом из блоков, чтобы завершить описания особенностей отдельных типов объектов регулирования и соответствующих им типов регулирования.

Как правило, для регулирования расхода и давления реакция на регулирующее воздействие является

и, следовательно, -регулирование является приемлемым.

Для регулирования температуры реакция на регулирующее воздействие является и,

следовательно, -регулирование является приемлемым.

Ответить

Назад

Регулирование при постоянном заданном значении и следящее регулирование

Выберите соответствующую опцию в каждом блоке, вставленном в приведенный ниже текст, чтобы завершить описание, относящееся к регулированию при постоянном заданном значении и следящему регулированию.

Тип регулирования при постоянном заданном значении называется

.

Тип регулирования при изменяющемся во времени заданном значении называется

и далее разделяется на

и регулирование по соотношению.

Ответить

Назад

Компоненты контура регулирования

Выберите соответствующую опцию в каждом блоке, вставленном в приведенный ниже текст, чтобы завершить описание, относящееся к компонентам контура регулирования.

В состав расходомеров входят расходомеры, использующие ,
которые содержат и трубку Вентури в качестве дроссельных
механизмов, а в основу расходомеров, использующих прямое вытеснение, положен принцип Рутса; они
содержат механизмы с .

Тест**Результат теста**

Вы завершили заключительный тест. Ваша область результатов является следующей.
Чтобы закончить заключительный тест, перейдите к следующей странице.

Правильные
ответы: 9

Всего вопросов: 9

Процент: 100%

[Продолжить](#)[Просмотреть](#)

**П о з д р а в л я е м ! В ы п р о ш л и
т е с т .**

Вы завершили прохождение
курса для начинающих по оборудованию для автоматизации производства (система управления процессом).

Благодарим за прохождение этого курса.

Надеемся, что вам понравились уроки, а информация, полученная
в рамках этого курса, окажется полезной в будущем.

Вы можете проходить данный курс любое количество раз.

Просмотреть

Заккрыть