

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Инженерный институт**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

методические указания по  
выполнению контрольной работы

**Новосибирск 2023**

**Кафедра механизации животноводства и переработки  
сельскохозяйственной продукции**

УДК 664 (66-5)  
ББК 36

Автоматизация и роботизация пищевых производств. Методические указания по выполнению контрольной работы Часть 1/ Новосибирский Государственный аграрный университет. Инженерный институт; Сост.: Мезенов А.А. - Новосибирск, 2023 - с.20

Методические указания предназначены для студентов очной направленности 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технические системы и роботизация пищевых производств

Рекомендована к изданию методическим советом Инженерного института Новосибирский ГАУ, 2023 (протокол №8 от 28.03.2023).

© Новосибирский государственный  
аграрный университет, 2023

## **Введение**

Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Автоматизация и роботизация пищевых производств» предназначены для реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технические системы и роботизация пищевых производств.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- вносить коррективы в планы работы подразделения;
- производить выдачу производственных заданий персоналу по выполнению работ;
- составлять функциональные и структурные схемы автоматизации объектов управления перерабатывающих производств;
- разрабатывать принципиальные схемы систем автоматического управления.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- основные технические средства автоматики, используемые на пищевых производствах;
- статические и динамические характеристики основных элементов и систем автоматического управления;
- состояние и перспективы развития автоматизации пищевого производства.

Дисциплина Б1.В.03 Автоматизация и роботизация пищевых производств относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Данная дисциплина опирается на курсы дисциплин: «Теоретическая механика», «Процессы и аппараты», «Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств» и является основой для дисциплины «Государственная итоговая аттестация».

Приступая к выполнению контрольных заданий, следует проработать теоретический материал.

**Задание на контрольную работу по учебной дисциплине  
«Автоматизация и роботизация пищевых производств»**

**Примерные темы контрольной работы.**

1. САУ укладки коробок с помощью мобильного робота
2. САУ зерноочистительным агрегатом типа ЗАВ-20
3. САУ очистительным отделением зерносушильного комплекса типа КЗС-20Ш
4. САУ зерносушилкой СЗСБ-8
5. САУ загрузкой, температурой и влажностью зерна бункеров активного вентилирования
6. САУ работой теплогенератора зерносушилки
7. САУ сортировкой клубней картофеля
8. САУ сортировкой рыбы
9. САУ дробилкой ДБ-5
10. САУ смесителей сыпучих продуктов
11. САУ смесителей жидких продуктов
12. САУ смесителей вязких продуктов
13. САУ дозаторов сыпучих продуктов
14. САУ дозаторов жидких продуктов
15. САУ дозаторов вязких продуктов
16. САУ транспортеров вязких продуктов
17. САУ транспортеров жидких продуктов
18. САУ транспортеров сыпучих продуктов
19. САУ перегрузкой измельчителя кормов
20. САУ сушилкой пищевых продуктов
21. САУ температурой топлива и теплоносителя
22. САУ процессом прессования пищевых продуктов
23. САУ фарше приготавливаемых агрегатов
24. САУ поточной линией приготовления полуфабрикатов
25. САУ поточной линией приготовления теста
26. САУ приемки молока
27. САУ охлаждением молока вертикальным танком
28. САУ пастеризацией молока ВДП
29. САУ охладителей молока горизонтальным танком
30. САУ стерилизации молока
31. САУ пастеризации молока пластинчатой установкой
32. САУ пластинчатым выдерживателем
33. САУ трубчатым выдерживателем
34. САУ розлив молока в бутылки
35. САУ розлив молока в тетрапак
36. САУ упаковка творога в пластиковую упаковку
37. САУ упаковка творога

38. САУ управления насосами линии переработки молока
39. САУ сиб мойки
40. САУ прессования сыра
41. САУ гидротермической обработки зерна
42. САУ упаковки сыпучих продуктов в мягкую тару
43. САУ температурой моющей жидкости
44. САУ сортировкой птицы после убоя
45. САУ копчения пищевого сырья

Контрольная работа содержит пояснительную записку объемом 10...15 страниц.

**Структура контрольной работы с рекомендуемым объемом разделов:**

Введение:

1. Описание автоматизируемого технологического процесса
    - 1.1 Общие сведения о процессе
    - 1.2 Описание устройства для реализации процесса
    - 1.3 Технологический объект управления как объект автоматизации
  2. Разработка алгоритма, структуры и программы управления.
    - 2.1 Составление обобщенной схемы системы автоматизации процесса
    - 2.3 Функциональная схема автоматизации
  3. Выбор технических средств
    - 3.1 Выбор датчиков
    - 3.2 Выбор регулятора
    - 3.3 Выбор регулирующего органа и исполнительного механизма
  4. Разработка структурной схемы САУ
  6. Оценка экономической эффективности САУ
- Заключение.  
Библиографический список.

### **ВВЕДЕНИЕ** (не нумеруется)

При написании введения (впрочем, как и других разделов контрольной работы) следует придерживаться принципа «от общего к частному». Так, в начале введения следует остановиться на основных задачах отечественного пищевого производства, привести количественные данные по объемам производства различных видов пищевой продукции. Далее изложение необходимо конкретизировать по отношению к отрасли: мясопереработка, молоко переработка, производство хлеба и т.д. Затем следует еще более узкая конкретизация материала по виду продукции и условиям ее производства. Например, производство вареных колбас, производство молока питьевого. При этом материал желательно сопровождать

современными количественными показателями, иллюстрируя их динамику и научно обосновывая оптимальные значения.

Наконец, из всего производственного цикла следует выделить технологический процесс, предложенный для автоматизации в рамках задания на контрольную работу. Здесь следует охарактеризовать значение комплексной механизации и электрификации производства. Необходимо показать, что без применения современных средств автоматики достижение поставленных рубежей невозможно. Таким образом, введение к контрольной работе доказывает целесообразность предстоящей работы и позволяет приблизиться к формулированию цели и задач автоматизации.

### **Раздел 1. Описание автоматизируемого технологического процесса**

Разработку любой системы автоматизации начинают с анализа технологического процесса. Технологический процесс представляет собой совокупность целенаправленных операций, выполняемых одной или несколькими машинами.

По возможности анализ технологического процесса следует производить в два этапа. На первом этапе, стараясь избегать упоминания о машинах, агрегатах и оборудовании, привести биологические основы процесса. Например, при анализе процесса пастеризации молока подробно изложить цель и сущность пастеризации, проследить историю развития различных методов первичной обработки молока, привести количественные характеристики режимов пастеризации, произвести их сравнительный анализ. Здесь же целесообразно выявить зависимость эффективности пастеризации от тщательности выдерживания ее параметров. Например, если обучающийся планирует заниматься автоматизацией процесса пастеризации с точки зрения поддержания температуры и продолжительности нагрева молока, то здесь необходимо уточнить и наглядно представить зависимость кислотности продукта от отклонения экспозиции.

На втором этапе анализа следует разобраться в технических средствах для реализации исследуемого процесса. Применительно к нашему примеру здесь следует привести различные схемы пастеризаторов: для порционной и поточной

обработки. В этом же разделе необходимо подойти к конструкции конкретного промышленного пастеризатора. Именно того пастеризатора, работу которого предстоит автоматизировать. Следует привести подробные технические характеристики выбранного пастеризатора, изобразить его общий вид, разобраться в особенностях эксплуатации.

Вместе с тем анализ технологического процесса в два этапа возможен не всегда. В этих случаях физическая (или биологическая) сущность процесса рассматривается без отрыва от технических средств. Однако и в том, и в другом случае необходимо с максимальной точностью изучить

технологию и изобразить процесс графически в виде технологической схемы.

## **2.Разработка алгоритма, структуры и программы управления.**

В разделе разрабатывают структуру управления, реализуемую системой автоматизации. На основании словесного описания алгоритма составляют символическую запись алгоритма управления и проверяют его на правильность и реализуемость. В соответствии с теорией синтеза релейно-контактных схем по символической записи алгоритма управления разрабатывают частные структурные формулы исполнительных элементов, сводят в общую структуру управления, минимизируют цепи управления и проверяют, чтобы исключить ложное срабатывание исполнительных элементов. На основании структуры управления, контуров регулирования и выбранных средств визуализации, а также типа устройства управления разрабатывают программу управления на поддерживаемом языке и описывают ее работу.

## **Раздел 3. Выбор технических средств**

При проектировании САУ пищевыми технологическими процессами необходимо использовать, как правило, серийно выпускаемые приборы, средства автоматики и микропроцессорную технику. Выбор аппаратуры управления, контроля, сигнализации, защиты и блокировки осуществляется по следующим условиям:

- выбранная аппаратура должна в полной мере удовлетворять функциональным требованиям и режиму управления (ручной, автоматический);
- номинальное напряжение, сила и род тока должны соответствовать расчетным значениям;
- число полюсов и порядок их включения, наличие блок-контактов и их исполнение должны соответствовать расчетным;
- конструктивное исполнение аппаратов должно соответствовать условиям среды;
- защитные аппараты должны обеспечивать надежную защиту цепей управления и принцип селективности.

Исходя из перечисленных условий, составляется техническая характеристика аппаратуры, а затем по каталогам выбирается соответствующий тип устройства, рекомендованного для использования в сельском хозяйстве. Техническая характеристика на аппаратуру составляется на основании функциональной схемы автоматизации технологического процесса и принципиальной электрической схемы. При этом должны быть приняты во внимание режимы работы технологического оборудования: нормальный, разгонный — выведение на нормальный

режим или остановка процесса, аномальный — нарушение нормального хода процесса, аварийный — при ошибочных действиях персонала или нарушении электроснабжения.

Выбор аппаратуры на другое напряжение производится только в случае ограничения технических возможностей. При этом устройство или параметры блока питания должны быть скорректированы. Род тока (постоянный, переменный, одно- или трехфазный) выбирается так же, как и напряжение, по номиналам источника питания. Число полюсов коммутирующих аппаратов и порядок их работы определяются в результате подсчета количества подключённых к ним функционально разделенных цепей прямого и инверсного порядка. Для многопозиционных переключателей результаты этого подсчета сводят в диаграмму. Характеристика среды дается для групп аппаратов, устанавливаемых в тех или иных местах или в шкафах. Приборы и аппараты, устанавливаемые по месту, подвергаются воздействию окружающей среды (вибрации, местных температурных полей, влаги и т.д.). Для шкафов принимаются условия помещений, где они установлены, а для приборов и аппаратов, установленных внутри шкафов, принимаются условия, соответствующие исполнению шкафов.

Охарактеризуем некоторые особенности по выбору и расчету наиболее распространенных технических средств.

### **Выбор контрольно-измерительных приборов**

Помимо учета вышеперечисленных общих требований при выборе контрольно-измерительных приборов необходимо принимать во внимание условия контроля и измерения, размеры и характер контролируемого объекта, расстояние между точкой измерения и вторичным прибором и механические воздействия. Кроме того, должны быть выдержаны требования по точности, чувствительности и инерционности, а также соблюдены условия охраны труда.

Необходимо стремиться применять унифицированную аппаратуру (приборы одной информационной системы, одного завода-изготовителя), что облегчит обслуживание системы и позволит сократить количество запасных приборов и средств автоматики. При выборе контрольно-измерительных приборов необходимо руководствоваться следующими метрологическими показателями:

- для контроля и регулирования производственных процессов с высокой степенью точности следует применять приборы класса точности 0,2 (погрешность  $\pm 0,2\%$ ) со стандартной шириной поля записи 250 мм;
- для измерения, регистрации и регулирования технологических процессов, допускающих применение приборов средней точности измерения и записи, необходимо использовать приборы класса точности 0,5 (погрешность  $\pm 0,5\%$ ) со стандартной шириной поля записи 160 мм;
- для мнемонических схем, пультов, а также контроля и сигнализации в

системах автоматического управления, не требующих высокой точности, рекомендуются приборы класса точности 1 (погрешность  $\pm 1\%$ ) с шириной поля записи 100 мм;

- шкалы показывающих и самопишущих приборов выбирают таким образом, чтобы характерные значения измеряемых величин укладывались во вторую половину или последнюю треть шкалы; в некоторых случаях допустимо использовать несколько приборов с разными шкалами для контроля одной и той же величины при разных режимах работы (например, температуры теплоносителя в сушилках при разных режимах сушки продуктов).

При выборе контрольно-измерительных приборов необходимо учитывать их инерционность, которая должна быть значительно меньше инерционности объекта:

$$\tau_{\text{изм}} < (0,2 \dots 0,3) \tau_{\text{об}} \text{ и } T_{\text{изм}} < (0,2 \dots 0,3) T_{\text{об}},$$

где  $\tau_{\text{изм}}$  и  $\tau_{\text{об}}$  — величины чистого запаздывания контрольно-измерительного прибора и объекта соответственно;

$T_{\text{изм}}$  и  $T_{\text{об}}$  — постоянные времени контрольно-измерительного прибора и объекта соответственно.

### **Выбор регуляторов**

В современных САУ сельскохозяйственными технологическими процессами находят применение регуляторы как непрерывного, так и позиционного действия.

Среди регуляторов непрерывного действия наибольшее распространение получили пропорциональные (П-), интегральные (И-), пропорциональноинтегральные или изодромные (ПИ-), пропорционально-дифференциальные (ПД-), а также пропорционально-интегрально-дифференциальные или изодромные с предварением (ПИД-) законы регулирования. На сегодняшний день известен целый ряд методик по выбору оптимальных регуляторов. Однако всех их объединяет необходимость предварительного математического описания объектов автоматизации и обязательность наличия информации о требуемых показателях качества управления.

Напомним, основными достоинствами П-регулятора являются быстрдействие и большой запас устойчивости процесса. Благодаря этим качествам регулятор можно использовать в тех случаях, когда в объекте отсутствует самовыравнивание и наблюдаются частые и резкие возмущающие воздействия.

В то же время П-регулятору присуще остаточное отклонение (статическая ошибка), что снижает точность управления. К достоинствам И- регулятора следует отнести его точность, а также возможность использования с объектами, в которых допускаются значительные колебания нагрузки. Недостаток И-регулятора заключается в замедленности действия. В этой связи его рекомендуется применять в

объектах с самовыравниванием, небольшим запаздыванием и допускающих хоть и значительные, но в то же время плавные и редкие колебания нагрузки. ПИ-регуляторы можно применять для объектов как с самовыравниванием, так и без него в тех случаях, когда необходима высокая точность регулирования при больших, но плавных изменениях нагрузки.

ПД-регуляторы могут иметь либо прямое, либо обратное предварение, то есть сигнал на выходе регулятора может соответственно либо опережать входной, либо отставать от него. ПД-регуляторы промышленность выпускает в виде специальных приставок, предназначенных для уменьшения колебаний и ускорения затуханий переходных процессов в САУ. Для объектов с большой постоянной времени рекомендуется применять блоки с прямым предварением, а для объектов с малой постоянной времени — с обратным. ПИД-регуляторы рекомендуется применять на объектах, не допускающих статической неравномерности. У таких объектов нагрузка меняется часто и резко. При этом объекты могут иметь значительное запаздывание.

Выбранный закон регулирования, а следовательно, и регулятор должны обеспечить один из типовых переходных процессов. Однако в зависимости от значений параметров настройки регулятора количественные показатели режимов работы САУ могут быть разными. Поэтому следующим этапом проектирования является расчет коэффициента передачи, времени издрома и времени предварения регулятора.

Характер переходного процесса нелинейных систем с позиционными регуляторами определяется статической характеристикой релейного элемента, а также видом объекта (статический, астатический, с запаздыванием, без запаздывания). Если в проектируемой САУ используется двухпозиционный регулятор с гистерезисной статической характеристикой, а объект автоматизации обладает инерционностью, то управляемая величина может начать изменяться по периодическому закону. В этом случае в системе образуется автоколебательный режим, параметры которого подлежат расчету. Чтобы повысить точность работы САУ, в контур регулирования вводят дифференцирующие элементы, а релейный регулятор охватывают инерционной положительной обратной связью. Сделать это можно следующим образом. Если в схеме имеется датчик, реагирующий на отклонение управляемой величины, то помимо него в схему включают датчик, реагирующий на скорость этого отклонения.

Суммарный сигнал должен попасть в регулятор, и он срабатывает с упреждением, компенсируя влияние запаздывания объекта.

### **Выбор датчиков**

К датчикам САУ предъявляют следующие требования: линейность и однозначность статической характеристики (допускаемая нелинейность не должна превышать 0,1...3%), высокая чувствительность (крутизна) и разрешающая способность, стабильность характеристик во времени, быстроедействие; устойчивость к химическим воздействиям контролируемой и окружающей среды (первичные преобразователи заключены в защитные оболочки), высокая перегрузочная способность; взаимозаменяемость однотипных устройств, минимальное обратное влияние на контролируемый параметр; удобство монтажа и обслуживания. Как правило, датчик выбирают в два этапа. На первом этапе определяют разновидность датчика по роду контролируемого параметра. На втором этапе, когда выбраны все элементы САУ, по каталогу находят типоразмер датчика. При этом датчик рекомендуется подбирать таким образом, чтобы измеряемая величина находилась в пределах 1/3...2/3 диапазона его измерения. Особое внимание необходимо обращать на быстроедействие (инерционность) датчиков.

### **Выбор исполнительных механизмов**

В пищевом производстве наибольшее распространение получили электрические исполнительные механизмы, которые подразделяются на электромагнитные (соленоидные приводы) и электродвигательные.

Соленоидные приводы управляют различными регулирующими и запорными клапанами, вентилями и золотниками, работающими по дискретному принципу «открыто-закрыто». Их выбор сводится к расчету катушки электромагнита по напряжению и развиваемому тяговому усилию. Электродвигательные исполнительные механизмы подразделяют на одно- и многооборотные. К однооборотным относятся механизмы типа МЭОБ, МЭОК, ДР- М, ДР-1М, ИМ-2/120, ИМТМ-4/2,5 и другие, а к многооборотным — механизмы вращательного действия типа МЭМ, двигатели постоянного тока типа МИ.СП, ДПМ, асинхронные двухфазные двигатели типа ДНД, АДТ, АДП и т.п. Если ход запорно-регулирующих органов прямолинейный, то применяют исполнительные механизмы типа МЭП.

Особенность однооборотных исполнительных механизмов заключается в том, что выходной вал проворачивается с постоянной скоростью на угол, не превышающий 360°. Так, например, для механизма типа МЭО-4/100 максимальный угол поворота выходного вала составляет 90 или 240° [10].

Электродвигательные исполнительные механизмы выбирают в зависимости от значения момента, необходимого для вращения поворотных заслонок:

$$M_z = k / (M_p + M_T),$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий затяжку сальников и загрязненность трубопровода,  $k = 2...3$ .

$M_p$  - реактивный момент, обусловленный стремлением потока вещества закрыть заслонку;

$M_t$  - момент трения в опорах.

В свою очередь

$M_p = 0,07 \Delta P_{po} D_y^3$ , где  $\Delta P_{po}$  — перепад давления на заслонке (рекомендуется при расчете принимать  $\Delta P_{po}$ , равным избыточному давлению перед заслонкой);

$D_y$  — диаметр заслонки.

Момент трения в опорах:

$M_t = 0,785 D_y P_i r_{ш} \lambda$ ,

где  $P_i$  — избыточное давление перед заслонкой;

$r_{ш}$  — радиус шейки вала заслонки;

$\lambda$  — коэффициент трения в опорах,  $\lambda=0,15$ .

Необходимо следить за тем, чтобы момент вращения на валу выбираемого исполнительного механизма был не меньше момента, необходимого для вращения заслонки.

### **Выбор регулирующих органов**

По принципу воздействия на объект регулирующие органы подразделяются на дросселирующие и дозирующие. Так, при регулировании потоков газа и жидкостей применяют различные дроссельные заслонки, клапаны, шиберы и т.д., а при регулировании расхода сыпучих материалов — тарельчатые и скребковые питатели, секторные затворы, дозаторы и т.д. В зависимости от конструктивных особенностей каждый регулирующий орган можно определить тремя качественными показателями:

- пропускной способностью  $K_p$ ;
- пропускной характеристикой, устанавливающей зависимость пропускной способности  $K_v$  от перемещения  $S$  затвора при постоянном перепаде давления;

- расходной характеристикой (зависимостью в рабочих условиях относительного расхода  $m$  среды от степени открытия регулирующего органа:  $\mu = Q_1/Q_{max}$  где  $Q_1$  — расход среды, при некотором положении регулирующего органа;  $Q_{max}$  — расход среды при полностью открытом регулирующем органе)

При выборе регулирующего органа в первую очередь необходимо оценить его расходную характеристику, которая для большинства автоматических систем должна быть линейной и однозначной. Это требование определяется тем, что тангенс угла наклона касательной к расходной характеристике равен коэффициенту передачи регулирующего органа.

Известно, что коэффициент передачи разомкнутой САУ можно представить произведением:

$K_p c = K_p K_p \circ K$ ,

где  $K_p$  — коэффициент передачи регулятора;  
 $K_{po}$  — коэффициент передачи регулирующего органа;  
 $K$  — коэффициент передачи остальных элементов разомкнутой САУ.

При проектировании САУ регулятор подбирают с таким значением  $K_p$ , при котором  $K_{po}$  будет оптимальным. Компенсируя возмущение в системе, регулируемый орган будет занимать различные положения. Если его расходная характеристика линейная, то  $K_{po} = \text{const}$ , и при всех режимах качество регулирования будет оптимальным. Если же расходная характеристика регулирующего органа нелинейная, то это требование выполняться не будет. В связи с этим особые требования предъявляются к кинематике сочленения регулирующего органа с исполнительным механизмом. Ее подбирают такой, чтобы компенсировать нелинейность расходной характеристики. Другой дефект расходной характеристики регулирующего органа, который также необходимо учитывать при проектировании систем автоматики, — ее неоднозначность, носящая гистерезисный характер. Причиной этого являются зазоры.

Допускается гистерезис с шириной петли не более 3.5 % рабочего хода регулирующего органа.

#### Раздел 4. Разработка структурной схемы САУ

Структурная схема САУ — это изображение системы регулирования в виде совокупности динамических звеньев с указанием связей между ними. Структурная схема САУ в простейшем случае строится из элементарных динамических звеньев.

Условные обозначения элементов структурной схемы представлены на рисунке 1.

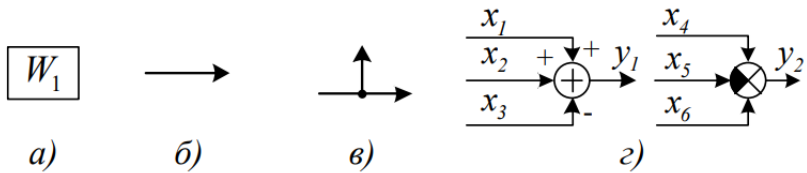


Рисунок 1 - Условные обозначения элементов структурной схемы:

а - звено; б – линия передачи; в – узел; г - сумматоры

Элементы структурной схемы называются звеньями, и изображаются в виде прямоугольников, внутри которых записывается передаточная функция звена.

Связь между звеньями изображается линиями связи со стрелками, указывающими направление передачи сигнала. Точка на линии связи, в которой происходит разветвление линии, называется узлом. Для сложения нескольких сигналов используется сумматор. Варианты изображения сумматора сигналов показаны на рисунке 2.1,г, приём в варианте с секторами затемняется сектор, в котором сигнал является вычитаемым:

$$x_1 + x_2 - x_3 = y_1; \quad x_4 - x_5 + x_6 = y_2. \quad (1)$$

Если на входах сумматора не изображены знаки, с которыми суммируются входные сигналы, то считается, что все сигнала положительны.

Несколько элементарных звеньев могут быть заменены одним эквивалентным звеном. Для этого существуют правила эквивалентного преобразования структурных схем.

Имеются три типа соединений динамических звеньев:

- последовательное;
- параллельное;
- встречно-параллельное (соединение в виде обратной связи).

Последовательным соединением звеньев называется такое соединение, при котором выходная величина предшествующего звена подается на вход последующего (рис. 1).

$$W_{\text{экс}} = W_1(s) \cdot W_2(s) \cdot \dots \cdot W_n(s) = \prod_{i=0}^n W_i(s) \quad (2)$$

Параллельным соединением звеньев называется такое соединение, при котором на выход всех элементов поступает одно и то же воздействие, а их выходные величины алгебраически суммируются (рис. 1).

$$W_{\text{экс}} = W_1(s) + W_2(s) + \dots + W_n(s) = \sum_{i=0}^n W_i(s)$$

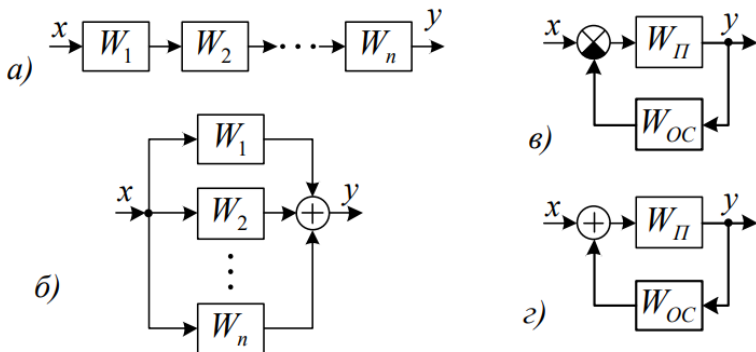


Рисунок 2 - Соединения динамических звеньев

А) – последовательное, б)-параллельное, в) –отрицательная обратная связь, г) – положительная обратная связь

Встречно-параллельным (соединением с обратной связью) называется такое соединение динамических звеньев, при котором сигнал с

выхода звена прямой цепи подается на его вход через звено обратной связи. Обратная связь может быть как положительной, так и отрицательной.

## **Раздел 5. Оценка экономической эффективности САУ**

Содержание этого раздела проекта должно согласовываться с материалом, изложенным при обосновании целесообразности автоматизации технологического процесса. Теперь наступает пора проверить правильность своих предположений об источниках эффективности автоматизации и доказать результативность работы с помощью общепринятых показателей.

Итак, автоматизацию можно считать эффективной, когда с ее внедрением повышается производительность всего производства, сокращаются прямые и капитальные затраты, удешевляется продукция и улучшается ее качество, облегчается труд человека, повышается культура труда. Для оценки экономической эффективности применяются различные показатели, наиболее важными из которых являются производительность труда, годовые эксплуатационные издержки, срок окупаемости капитальных затрат и нормативный коэффициент экономической эффективности. Однако какими бы показателями мы не пользовались, три важнейших величины должны быть рассчитаны в обязательном порядке: капитальные затраты, эксплуатационные издержки и объем годовой валовой продукции. Причем эти величины должны быть рассчитаны для двух вариантов. Первый из них является базовым, исходным, отражающим состояние производства до внедрения систем автоматизации. Второй вариант, называемый также проектным, предусматривает реализацию проектных решений.

Капитальные затраты — одна из основных исходных расчетных величин. Они складываются из стоимости средств автоматики с учетом их доставки, монтажа и наладки, затрат на модернизацию действующей техники и технологии, стоимости строительства и реконструкции зданий в связи с внедрением автоматизации, остаточной стоимости средств, подлежащих ликвидации при внедрении устройств автоматики за вычетом стоимости, полученной от реализации части ликвидируемых основных средств.

Годовые эксплуатационные издержки складываются в основном из амортизационных отчислений, отчислений на текущий ремонт, затрат на зарплату обслуживающего персонала, стоимости электроэнергии, топлива и смазочных материалов, и некоторых других годовых расходов.

Повышение производительности труда определяется либо количеством произведенной в единицу времени продукции, либо количеством времени, затраченного на производство единицы продукции.

Повышение производительности труда за счет средств автоматизации оценивают по уменьшению затрат труда:

$$\Delta P = (P_6 - P_n) 100 / P_6,$$

и по годовой экономии труда:

$$\Delta T = (P_6 - P_n) Q_n$$

где  $P_6$  и  $P_n$  — затраты труда на единицу продукции или вид работы в базовом и проектном вариантах соответственно;  $Q_n$  — производство продукции за год в проектном варианте. Срок окупаемости капитальных затрат на автоматизацию определяется так

$T = (K_n - K_6) / (\Delta B - \Delta П)$ , где  $K_6$  и  $K_n$  — капитальные затраты базового и проектного варианта соответственно;

$\Delta B$  и  $\Delta П$  — годовые эксплуатационные издержки базового и проектного варианта соответственно.

Чем меньше срок окупаемости, тем эффективнее автоматизация. Расчетный срок окупаемости сравнивают с нормативным сроком окупаемости, который для сельскохозяйственного производства принят пяти годам.

Нормативный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений представляет собой обратную нормативному сроку окупаемости величину. Для пищевого производства он установлен равным 0,2.

Применение средств автоматизации повышает технологичность производства за счет сокращения числа и времени простоев, применения наиболее прогрессивных способов производства, типизации и унификации технологических операций.

Эффективность автоматизации можно определить по приведенным или расчетным затратам, которые находят по следующей формуле:

$$ПЗ = E K_{уд} + \Delta y_{уд},$$

где  $E = 0,2$ ;

$K_{уд}$  — удельные капитальные затраты проектного варианта;

$\Delta y_{уд}$  — удельные годовые эксплуатационные издержки проектного варианта.

Наглядную картину об эффективности внедрения средств автоматизации дает показатель рентабельности производства:

$$Рент. = (Ц - С) 100 / С,$$

где  $Ц$  — оптовая цена реализации произведенной продукции;

$С$  — себестоимость производства продукции.

Результаты анализа экономической эффективности САУ целесообразно свести в таблицу.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ (не нумеруется)**

Заключительная часть работы, по существу, представляет собой резюме по всем разделам проделанной работы. Здесь необходимо сформулировать основные технические решения, привести результаты

анализа объекта автоматизации и краткое описание наиболее существенных разработок.

После краткого резюме об основных проектных решениях необходимо сделать выводы о преимуществах и недостатках разработанной системы, сопоставить ее с базовым вариантом. На этом этапе следует отметить влияние автоматизации на производительность труда, затраты энергии, материалов и других ресурсов, отметить динамические свойства и прочие характеристики системы.

### **Оформление библиографического списка.**

#### **Общие правила ссылок**

Список литературных источников, применяемых при разработке проекта, составляют в алфавитном порядке. Список нумеруют арабскими цифрами, т.к. по мере разработки проекта могут быть сделаны ссылки на литературные источники. Список помещают после последней страницы текста записки.

Ссылки на используемые литературные источники указывают в квадратных скобках, например [1]. Необходимо помнить, что заимствование материалов из литературных источников без ссылки на них считается плагиатом, и автор может быть привлечен к ответственности по закону.

Ссылки на формулы в тексте дают в круглых скобках, например «... определяют по формуле (1)».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Водовозов, А. М. Микроконтроллеры для систем автоматики : учебное пособие / А. М. Водовозов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 168 с. - ISBN 978-5-9729-1071-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1903136>

Зубарев, Ю. М. Технология автоматизированного производства / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемьшев. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 216 с.

Механизация и автоматизация технологических процессов в АПК : учебное пособие / составитель Е. А. Ладыгин. — Персиановский : Донской ГАУ, 2022. — 254 с.

Молдабаева, М.Н. Контрольно-измерительные приборы и основы автоматики : учеб. пособие / М. Н. Молдабаева. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 332 с. - ISBN 978-5-9729-0327-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1048719>

Новосельцева, М. А. Основы теории автоматического управления : учебное пособие / М. А. Новосельцева. — Кемерово : КемГУ, 2021. — 327 с.

Пономаренко, Д. А. Основы проектирования автоматизированных систем : учебное пособие / Д. А. Пономаренко, Н. И. Безгачин. — 2-е изд., испр. и доп. — Мурманск : МГТУ, 2016. — 154 с.

Проектирование систем и средств автоматизации и управления : учебное пособие / О. В. Дмитриева, Н. Б. Сбродов, Е. К. Карпов, М. В. Неизвестных. — Курган : КГУ, 2019. — 112 с.

Сажин, С. Г. Приборы контроля состава и качества технологических сред : учебное пособие / С. Г. Сажин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 432 с.

Сбродов, Н. Б. Устройства автоматики : учебное пособие / Н. Б. Сбродов. — Курган : КГУ, 2024. — 114 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Структура контрольной работы с рекомендуемым объемом разделов	5
Раздел 1. Описание автоматизируемого технологического процесса	6
Раздел 2. Разработка алгоритма, структуры и программы управления.	7
Раздел 3. Выбор технических средств	7
Раздел 4. Разработка структурной схемы САУ	13
Раздел 5. Оценка экономической эффективности САУ	15
Заключение	16
Библиографический список	18

Составитель:  
*Мезенов Артем Анатольевич*

**По дисциплине**  
**Автоматизация и роботизация пищевых производств**  
**Часть 1 Автоматизация**