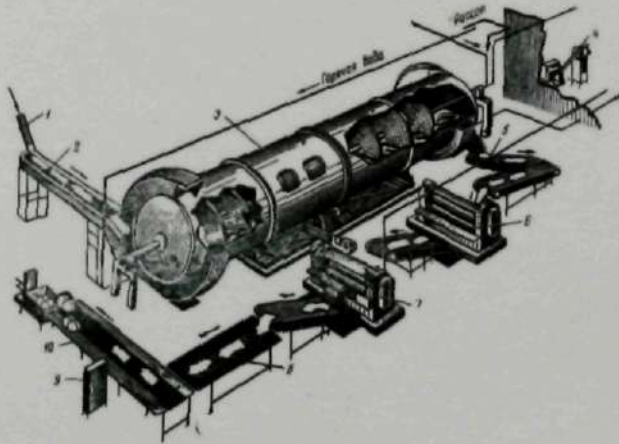


Кочнева С.В.

ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ



Бишкек 2009

Кочнева С.В.

Поточные линии пищевых производств

Курс лекций

**по дисциплине «Поточные линии пищевых производств»
для студентов специальности 551802.01 «Машины и аппараты пищевых
производств» очной и заочной форм обучения**

**«Допущено Министерством образования и науки Кыргызской Республики
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений»**

Бишкек 2009

УДК (664.143+664.68)·002.51.

Составитель к.т.н., проф. Кочнева С.В.

Поточные линии пищевых производств / Курс лекций для студентов специальности 551802.01 «Машины и аппараты пищевых производств» очной и заочной форм обучения / КГТУ им. И.Раззакова; сост. С.В.Кочнева. – Б.: ИЦ «Текник», 2009. – 81с.

Приводятся основы классификации и расчет производительности поточных линий пищевой промышленности; системный анализ и синтез производственного процесса, типы моделей, основные научные и инженерные основы развития и функционирования технологических линий.

Содержит классификацию и описание циклических транспортирующих систем и машинно-аппаратурных схем основных отраслей пищевой промышленности.

Предназначен для студентов очной и заочной форм обучения специальности 551802.01 «Машины и аппараты пищевых производств».

Может быть использовано в качестве дополнительного пособия для студентов-технологов пищевого направления.

Рецензенты:
к.т.н., проф. Супонина Т.А.,
к.т.н., доц. Дейдиев А.У.,
к.т.н., доц. Кыдыралиев Н.

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача пищевой промышленности и пищевого машиностроения – создание высокоэффективного технологического оборудования, применение которого значительно повышает производительность труда, сокращает негативное воздействие на окружающую среду, способствует экономии исходного сырья и материальных ресурсов.

Анализ состояния АПК сегодня свидетельствует о низком технологическом уровне: лишь 19% производственных фондов соответствует мировому уровню, ≈25% следует модернизировать, а 42% - требует замены. Потребность в важнейших видах оборудования с каждым годом возрастает.

Общий уровень механизации производства отраслей АПК ≈44%.

НТП в АПК связан с формированием новых знаний и идей, использованием авторских свидетельств, патентов, открытий, прогрессивной техники, новых видов сырья, полуфабрикатов, добавок и т.д.

Будущее – за автоматизированными и механизированными поточными линиями в составе предприятий.

Системы машин в перерабатывающих отраслях АПК

В АПК разработано ≈30 систем машин для следующих перерабатывающих отраслей: молочной, мясной, масложировой, сахарной, кондитерской, консервной, крахмалопаточной, чайной, винодельческой, пивобезалкогольной, спиртовой и ликеро-водочной, эфиромасляничной, дрожжевой, хлебопекарной, макаронной, мельнично-элеваторной, табачной, тарной, соляной, парфюмерно-косметической, холодильной.

В каждой системе машин технологические линии распределены по конкретным отраслевым подвидам выпускаемой продукции.

Например, в системе машин для мясной промышленности технологические линии разделены на группы: для производства полуфабрикатов (пельмени, рагу, панировочные изделия), для выработки колбасных изделий (вареные, копченые, сырокопченые, ливерные колбасы, сосиски и сардельки), для переработки пищевых и технических жиров, для обработки кости, для выработки кормов для скота и птицы, для переработки эндокринно-ферментного сырья, крови и т.д.

В каждой из этих групп линии разделены по номенклатуре вырабатываемых изделий и производительности.

Линия, как объект технического обеспечения современных технологий

Различные отрасли АПК оснащены технологическими линиями, предназначенными для преобразования сельскохозяйственного сырья в пищевую продукцию.

В исходную позицию любой линии подается исходное сырье, обладающее определенными свойствами, а в конце линии выходит готовая продукция с другими, новыми показателями.

Для предприятий АПК характерно многообразие свойств сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов, причем при производстве конкретной продукции применяется *своя совокупность методов обработки*.

Основа пищевых технологий – это специфические технологические операции.

Технологическая операция – это часть производственного процесса, выполняющая действия по изменению и последующей фиксации состояния обрабатываемой среды.

Типовые процессы. В поточных линиях можно выделить 13 типовых процессов обработки сред:

- соединение без поверхности раздела (смешивание);
- соединение с сохранением поверхности раздела (образование слоя);
- разделение на фракции;
- измельчение;
- сложный процесс преобразования (физический – микробиологический - химический);
- дозирование;
- формование;
- ориентирование (предметов);
- термостатирование (поддержание $t = const$);
- нагревание;
- охлаждение;
- изменение агрегатного состояния;
- хранение.

Технологическая система. Объединив несколько машин, аппаратов, агрегатов, реализующих все стадии обработки сырья и выпуска готовой продукции, можно сформировать технологическую систему, т.е. линию.

Формирование новой линии связано с решением задач технического процесса в данной области пищевой промышленности и направлено на повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции.

ЛЕКЦИЯ 1

Тема: Научные и инженерные основы строения технологических линий

План лекции:

- 1.1. Классификация поточных линий
- 1.2. Выбор технологического процесса
- 1.3. Выбор оборудования поточных линий

1.1. Классификация поточных линий

Современное промышленное производство основывается на 3-х основных принципах:

- применение поточных методов производства;
- использование прогрессивной технологии;
- комплексное, механизированное и автоматизированное производство.

Основными признаками поточного производства являются:

1) непрерывное и ритмичное перемещение продукта или объекта переработки;

2) разделение труда, при котором каждый рабочий или каждая машина выполняют лишь определенную часть общего технологического процесса;

3) одновременное выполнение различных технологических операций на всех машинах и рабочих местах;

4) синхронность выполнения операций в потоке – уравнивание длительности отдельных технологических операций до величины, равной или кратной ритму или рабочему циклу.

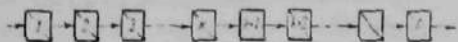
Для интенсификации поточного производства необходимо предусмотреть наиболее короткий путь перемещения объекта обработки между соседними рабочими местами.

Под поточной линией понимается система машин или рабочих мест, расположенных в порядке последовательности технологических операций по обработке объектов производства, которые выполняются одновременно в определенном заданном ритме.

Для классификации поточных линий пищевой промышленности используются следующие признаки:

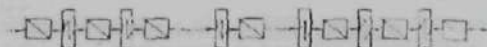
- | | <i>Поточные линии</i> |
|--|--|
| 1) Функциональное назначение | - для приготовления полуфабрикатов, формования изделий, выполнения финишных операций, комплексные. |
| 2) Зависимость от номенклатуры вырабатываемых изделий | - однопредметные, многопредметные, универсальные. |
| 3) Ритм работы | - прерывно-поточные, непрерывно-поточные. |
| 4) Вид связи между машинами | - с жесткой связью (а), с гибкой связью (б), с полугибкой связью (в). |

а) линии с жесткой связью между машинами и непосредственной передачей обрабатываемого объекта от одной машины к другой: (1)



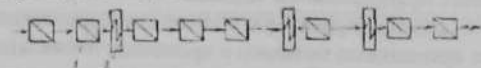
В таких линиях все машины от 1-ой до n-ой должны работать в ритме одинаково или кратно ритму основной машины линии;

б) линии с гибкой связью между машинами: (2)



В этих линиях работа каждой машины не является строго зависимой от выбранного ритма линии. Между каждыми двумя машинами (1) устанавливается приемник-накопитель (2) с транспортером-перегрузателем;

в) линии с полугибкой связью: (3)



Такие линии обычно разделяются на отдельные участки, состоящие из группы машин 1 с жесткими связями между собой. В свою очередь участки соединены между собой гибкими связями в виде приемников-накопителей 2 с транспортерами – перегружателями.

5) Степень механизации и автоматизации - немеханизированные, полумеханизированные, механизированные, автоматизированные, автоматические

а) немеханизированные – все технологические и транспортные операции в линии выполняются вручную. Такие линии являются первым этапом организации поточного производства. Они позволяют дифференцировать процесс, ввести разделение труда и специализировать рабочие места, а также применять единый ритм производства;

б) полумеханизированные – большая часть наиболее трудоемких технологических и транспортных операций в линии механизирована и выполняется без непосредственного применения ручного труда. Вручную выполняются операции по подаче полуфабриката в технологические машины, а также операции по контролю и регулированию технологического процесса;

в) механизированные – линии с полной, комплексной механизацией всех технологических, транспортных и установочно-съемных операций, выполняемых без ручного труда. Контроль и регулирование параметров технологического процесса выполняется вручную;

г) автоматизированные – когда в линии предусматривается выполнение устройств для автоматического контроля и регулирования технологических процессов, в т.ч. тепловых, операций по дозированию сырья или полуфабрикатов. Автоматизированными могут быть линии механизированные и полумеханизированные;

д) автоматические – механизированные линии, оснащенные комплексом автоматических устройств контроля и регулирования всех технологических

операций и управления машинами и агрегатами, входящими в линию, без применения ручного труда.

6) Структура потока

- однопоточные, многопоточные:

- а) со сходящимися потоками;
- б) с расходящимися потоками;
- в) с параллельными потоками;
- г) смешанные.

7) Компоновка

- сквозные горизонтальные:

- а) однолинейные, Г-образные, П-образные, роторные

- многолинейные:

- а) сквозные вертикальные;
- б) замкнутые горизонтальные;
- в) замкнутые вертикальные;
- г) смешанные

а) сквозные – горизонтальные и вертикальные.

В них осуществляется полный цикл изготовления или обработки продукта с непрерывным переходом объекта от одной технологической операции к другой. Сквозные горизонтальные линии могут компоноваться в виде прямой линии (1,2,3).

Линии Г и П-образной формы

- Г - образная



- П - образная



- в виде нескольких параллельных участков со встречным движением обрабатываемых объектов и

передачей их с одного участка на другой;

б) замкнутые – горизонтальные и вертикальные.

Такие линии применяются в случае изготовления и транспортирования изделий при помощи приспособлений – спутников: форм, лотков, поддонов, которые после освобождения от изделий возвращаются к исходной позиции линии;

в) смешанные – включающие в себя участки сквозные и замкнутые, в которых используются приспособления – спутники.

Компоновка поточной линии заданной производительности Q должна основываться на:

- 1) выборе оптимального варианта технологического процесса и разделения линии на участки;
- 2) определении количества потоков и подборе машин;
- 3) выборе транспортных и перегружающих устройств.

1.2. Выбор технологического процесса

Технологические процессы пищевых производств многообразны, что затрудняет их автоматизацию и механизацию.

Выбранный технологический процесс должен обеспечить возможность механизации основных и вспомогательных операций наиболее простыми способами, синхронизации операций на отдельных участках и удобства транспортирования полуфабрикатов.

Поточные линии должны создаваться на основе заранее отработанных технологических процессов для каждого этапа производства.

В первую очередь следует проводить механизацию и автоматизацию производств и участков для изготовления массовых видов изделий с наиболее трудоемкими операциями, причем необходима механизация и автоматизация изготовления продукции и полуфабрикатов, в себестоимости которых наибольший удельный вес имеет зарплата производственных рабочих.

Для удобства механизации принятые ранее параметры изделий иногда приходится менять (леденцовая карамель при изготовлении на агрегате ИФЗ – цилиндрическая форма заменена на прямоугольную).

При создании механизированных и автоматизированных поточных линий первостепенное значение приобретают:

- унификация и стандартизация изделий и полуфабрикатов и их ограниченное отклонение в размерах и других параметрах.

При создании поточной линии необходимо предусматривать применение рациональных по интенсивности технологических режимов. Это позволит:

- с одной стороны, сократить размеры технологических камер и линий в целом;
- с другой – повысить способность обработки полуфабриката и увеличить объем продукции.

Излишнее форсирование недопустимо, т.к. это приводит к износу рабочих органов машин, ухудшает качество продукции, физико-химические и реологические свойства.

Технологический процесс изготовления пищевых продуктов разделяется на ряд операций, которые выполняются в определенной последовательности и в определенном сочетании. Различают два типа таких процессов, основанных на:

- дифференциации операций;
- концентрации операций.

Под *дифференциацией* понимается деление процесса на составляющие операции и последовательное выполнение их на одной или нескольких машинах.

Под *концентрацией* понимается одновременное выполнение большого числа составляющих операций многими рабочими органами на одной машине.

Расчленение технологического процесса на элементарные операции и использование для каждой из них отдельных машин позволяет быстро создавать и осваивать специализированные машины, однако для этого

требуются большие производственные площади, увеличивается число обслуживающего персонала и повышается общая трудоемкость.

Концентрация операций достигается применением комплексных рабочих органов, увеличением числа одновременно работающих органов на одной машине, позиции, увеличением числа рабочих позиций в одном агрегате и позволяет повысить производительность машины и объем продукции с единицы площади.

Однако, в этом случае усложняется конструкция машины и удлиняется срок ее создания.

1.3. Выбор оборудования поточных линий

Для выбора и проектирования оборудования поточных линий определяют:

- типоразмеры предполагаемых к выпуску изделий;
- степень специализации или универсальности линий.

Для предприятий малой мощности (МП) целесообразна установка универсальных переналаживаемых линий.

Для крупных (КП) – установка специализированных линий, каждая из которых будет выпускать изделия нескольких определенных типоразмеров.

Технологический процесс для поточных линий должен быть таким, чтобы в линии было наименее возможное число рабочих позиций и машин. Это позволит разместить линию на меньшей площади, сократить затраты на оборудование.

На сегодня возможны три способа создания поточных линий:

- во-первых – из новых специализированных машин, осуществляющих заранее отработанные технологические процессы;
- во-вторых – из действующего соответствующим образом модернизированного технологического оборудования;
- в-третьих – из отдельных типовых элементов (станий, стоек, отливочных механизмов, сборников, штампующих механизмов и т.д.)

На практике применяются смешанные варианты, когда линии создаются, например, из действующих машин, но на некоторых операциях применяется вновь созданное специальное оборудование.

Отрицательной стороной специализированного оборудования (для изделий определенных постоянных типоразмеров) является невозможность его использования без конструкторской переработки для выработки изделий других типоразмеров и невозможность переналадки линий на изготовление других изделий.

Среди действующего парка машин имеется большое количество таких, которые могут обеспечить возможность компоновки поточных линий при условии повышения степени их автоматизации и присоединения к ним специальных питающих и транспортирующих устройств (например, заверточные, фасовочные полуавтоматы).

Важное значение имеет правильный выбор транспортных средств, т.к. полуфабрикаты и изделия пищевой промышленности обладают рядом специфических свойств: липкостью, тягучестью, сыпучестью, непрочностью поверхностных слоев.

Поэтому при транспортировке необходимо: обеспечить удобство перемещения; уменьшить возможность относительного движения (скольжения) изделий по рабочим поверхностям транспортирующих средств; предусмотреть наименьшее число перемен положений и перевалок.

Структура технологического процесса, а также свойства и форма полуфабрикатов приводит к необходимости использования в качестве транспортных органов специального приспособления, формы, лотка, противня и т.д., которые обычно имеют гладкую нижнюю поверхность.

Их применение оказывает влияние на компоновку линий, т.к. появляются дополнительные конвейеры для возвращения освободившихся спутников к исходным позициям линии.

На компоновку поточной линии также оказывают влияние следующие параметры: производительность, конфигурация цеха, деление линии на отдельные участки.

Влияние производительности на компоновку линий. При проектировании поточных линий должно быть уделено внимание условиям безаварийной работы, удобству обслуживания и технической безопасности. Их выполнение сказывается на компоновке линии.

Для синхронизации работы машин поточной линии, длительность отдельных технологических операций должна быть одинаковая или кратная, а производительность машин должна быть выравнена.

Если машины, входящие в линию, имеют примерно равную производительность Q , то можно применять сквозную однопоточную компоновку с транспортирующими устройствами, передающими полуфабрикат от одной машины к другой.

Если производительность машин неодинакова, $\neq Q$ машин, то необходимо создавать многопоточные линии с параллельной работой однотипных малопродуктивных машин в сходящихся или расходящихся потоках. Это требует особой компоновки оборудования.

Влияние конфигурации цеха на компоновку линии. В зависимости от конфигурации цеха возможны повороты потока, возможно введение дополнительных перегружающих устройств и деление линии на отдельные участки.

Деление линии на отдельные участки усложняет и удорожает ее, т.к. необходима установка дополнительных перегружающих устройств, увеличивается число приводов, конвейеров, электроаппаратуры.

Иногда деление поточных линий на участки целесообразно, хотя сопряжено с усложнением и не является конструктивной необходимостью.

Так, жесткая связь между машинами при простое одной вызывает остановку всей линии. Чем больше машин в линии, тем больше потеря производительности Q из-за простоев.

Поэтому при большом числе взаимосвязанных машин целесообразно создавать линии с нежесткой связью между машинами, разделив ее на независимые участки и предусмотрев их работу в виде единого автоматизированного потока, поместив между участками бункера с запасом сырья, полуфабрикатов и т.д.

Накопление этих запасов происходит в бункерах - накопителях, которые принимают полуфабрикаты от предыдущего участка и передают последующему, либо принимают и накапливают при простое следующего или питают последующий участок за счет своих накоплений.

Под бункерными накопительными устройствами поточных линий понимаются устройства для приема, хранения и выдачи полуфабриката.

Промежуточные бункера - накопители автоматических линий разделяются на транзитные и складские.

В транзитных - для выдачи очередной порции или единицы полуфабриката необходимо перемещать весь имеющийся запас.

В складских - при нормальной работе соседних участков линии поток питания последующего участка идет в обход запаса и бункер включается в работу лишь при отказе предыдущего или последующего участка. В пищевых производствах применяются в основном транзитные бункера.

Для сыпучих материалов используются загрузочные бункера технологического оборудования, используются также емкости - бункера автоматических весов.

Для жидких и вязких полуфабрикатов используются загрузочные устройства, воронки технологических машин, цилиндрические temperирующие машины и другие емкости.

При большом числе взаимосвязанных машин линию желательно делить на участки с промежуточными накопителями так, чтобы длительность простоев, а следовательно, потери производительности Q были бы одинаковыми. Количество, частота и причины простоев могут быть различными, зависят от конструктивного совершенства машин, степени надежности и их технического состояния, уровня организации производства и оцениваются специальной методикой теории вероятностей.

Контрольные вопросы

1. Сколько типов машин разработано для перерабатывающих отраслей АПК?
2. Что понимается под технологической операцией?
3. Какие типовые процессы применяются для обработки пищевых сред?
4. Назовите основные признаки поточного производства.
5. Какие признаки положены в основу классификации поточных линий?

6. Как подразделяются поточные линии по степени механизации и автоматизации?
7. Как подразделяются поточные линии по виду связи между машинами?
8. Как проводится выбор технологического процесса в поточной линии?
9. Что понимается под дифференциацией технологических процессов?
10. Что понимается под концентрацией технологических процессов?
11. Какие способы применяются для создания поточных линий?
12. Как выбираются транспортные средства при компоновке поточных линий?
13. Как влияет производительность машин на компоновку поточных линий?
14. Какое влияние оказывает конфигурация цеха на компоновку поточной линии?
15. Почему поточные линии делают на отдельные участки?
16. Что понимается под бункерными накопительными устройствами поточных линий?
17. На какие типы подразделяются промежуточные бункера – накопители автоматических поточных линий?
18. В каких случаях применяются транзитные бункера – накопители?
19. В каких случаях применяются складские бункера – накопители?
20. Какие устройства технологического оборудования используются в качестве бункеров?

Рекомендуемая литература

1. Машины и аппараты пищевых производств. Кн.1 Под ред. В.А. Панфилова – М.: Высшая школа, 2001. – С. 24-25.
2. Лунин О.Г. Поточные линии кондитерской промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – С. 5-18.
3. Зайчик Ц.Р. Введение в специальность МАПП, ПИМП. – М.: ДеЛипринт, 2006. – С. 255-265; с. 137-140.
4. Азаров Б.М. Технологическое оборудование пищевых производств. М.: Агропромиздат, 1988. – С. 366-372.

ЛЕКЦИЯ 2

Тема: Строение технологических систем

План лекции:

- 2.1. Строение производственного процесса как системы
- 2.2. Системный анализ производственного процесса. Виды моделей
- 2.3. Системный синтез производственного процесса

2.1. Строение производственного процесса как системы

Существует несколько видов линий для отраслей АПК.

➤ *Линии для производства пищевых продуктов путем разборки сельскохозяйственного сырья на компоненты.*

Этими линиями оснащены предприятия по обработке и переработке сырья: зерна, масляничных семян, сахарной свеклы, картофеля, плодов и овощей, винограда, скота, птицы, рыбы.

В них технологический процесс направлен на разделение пищевых сред. Продукция – многопредметна и зависит от числа полезных компонентов в сырье (например, линия первичной обработки скота).

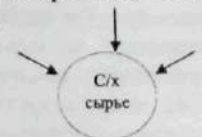
Текстура продукции – это твердые сыпучие среды, жидкости, жидкообразные массы или части туш животных. Если продукцию реализуют, то ее упаковывают малыми дозами в тару на реализацию.

Если хранят, то направляют в цистерны, контейнеры, мелкую тару и т.д.



➤ *Линии для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья (вторичная переработка).*

Такие линии предназначены для производства колбасных, хлебобулочных изделий, макаронных, кондитерских, пищевого концентратной продукции, майонезов и т.д.



На переработку сырье поступает в виде однородных (по составу, размерам, текстуре) пищевых сред: твердых, сыпучих, жидких, жидкообразных.

В линиях вторичной переработки сырья в ходе процесса выполняется сборка сырья, чтобы образовать многокомпонентные пищевые продукты.

Главные операции сборки – это дозирование и смешивание рецептурных компонентов, формование и упаковка (например, линия производства колбас, пельменей).

Эта продукция предназначена для реализации населению. Поэтому основное оборудование предназначено для выполнения финишных операций: дозирования и упаковки жидких, сыпучих, пастообразных и штучных продуктов.

➤ *Линии для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья.*

Некоторые линии предназначены для комбинированной переработки (например, линия производства консервов).

В них сначала производится обработка сырья, потом соединение и формование.

В общем случае технологическая система – это совокупность технологических операций. Она обладает новым системным качеством, которым не располагает ни один из образующих ее элементов. Это системное качество заключается в более эффективном функционировании комплекса машин и аппаратов, нежели работа машин, не объединенных в линию.

В линии эффективность технологии достигается за счет исполнения и высокого совершенства отдельных операций, что ведет к неизвестной до этого стабильности производства.

При создании технологической линии не только возникает новое качество системы и меняются свойства исходных компонентов, но при известных условиях образуются новые части (например, при необходимости создания нового оборудования).

В целостной технологической системе связь между частями настолько тесна, что изменение одних из них вызывает то или иное изменение других и системы в целом.

Рассматривая технологическую систему как подсистему большой системы, можно в ней выделить внутренние связи между ее подсистемами и связи внешние – с другими системами большой системы, в которую она входит.

Если внутренние связи больше внешних, то система существует в рамках большой системы.

Если внутренние связи меньше, то они ослабевают, и система в рамках большой системы перестает существовать как целостная.

Целостность системы проявляется в следующем: например, освоение новой механизированной поточной линии хорошо до определенного предела. Интенсификация производства без существенного изменения технологии и техники рассматривается как изыскание резервов в разности свойств целого и его частей, т.к. она конечна, то интенсификация имеет свой предел, и дальше имеет место искажение, дефектная продукция и т.д., т.е. идет распад системы.

Целостность технологической системы отражает способность составляющих ее элементов вступать в такого рода взаимодействия, которые обуславливают новые, интегративные качества системы, не свойственные образующим ее частям.

Части целостной системы – это те структурные единицы, взаимодействия которых порождают присущие данной системе качественные особенности.

Поэтому за элемент технологической системы принята *технологическая операция*, а не физико-химический процесс.

Системообразующая роль различных элементов технологической системы неодинакова. Один – это своеобразный стержень системы, другие обслуживают ведущий компонент, в то же время активно воздействуют на него. Такое различие в значении частей приводит к понятию централизованной системы, т.е. ведущей роли одного или группы компонентов.

Централизованная система характерна тем, что малые изменения в ее ведущей части отражаются на всей системе, вызывая в ней значительные изменения.

Структура технологической системы – это внутренняя организация, представляющая собой специфический способ взаимосвязи, взаимодействия образующих ее компонентов.

Важная характеристика структуры – мера упорядоченности. Каждой конкретной технологической системе присуща своя структура, причем с усложнением технологии, с увеличением числа операций усложняется и ее структура.

Особенность структуры конкретной технологической системы составляют пространственные отношения между элементами. Взаимное расположение отдельных частей и расстояние между ними определяют устойчивость системы. Система устойчива только при определенном оптимальном расположении ее элементов в производственном цехе.

Структура технологической системы определяется не только последовательностью технологических операций и взаимным расположением МАШ, но и временной согласованностью протекания технологических процессов, т.е. структура технологической системы всегда *пространственно-временная*. Она предполагает определенную динамическую устойчивость пространственно-временных связей компонентов целого.

Но структура системы – это выражение не только связи, но и размежевания составляющих ее элементов (причинные связи горизонтальные и вертикальные и случайные причины – влияют на количество и количество изделий).

Среди характеристик связей сложных систем важное место имеет корреляция – это проявление их подвижности и равновесия. Корреляция обуславливает не строго определенное состояние элементов, а приблизительное колебание вокруг средних параметров (в поле допусков), что позволяет сохранять равновесное состояние.

Немаловажную роль играет *взаимосвязь производственного цеха с окружающей средой*.

Окружающая среда – это внешние по отношению к системе процессы, с которыми она взаимодействует, изменяя их или изменяясь сама. Факторы условия внешней среды по-разному влияют на качество функционирования системы:

одни - играют незначительную роль;

другие – оказывают заметное воздействие;

третьи - составляют основу существования системы.

Системные исследования предполагают выявление влияния последних, необходимых для систем факторов окружающей среды.

В процессе изучения технологической системы и окружающих ее условий должно быть точное разграничение: *система и среда*, что имеет значение для оптимизации функционирования поточной линии и дальнейшего ее совершенствования.

Отношение к среде можно характеризовать рядом показателей:

- точностью;
- устойчивостью функционирования.

Эти показатели определяются качеством самой системы:

- уровнем целостности структуры;
- уровнем стохастических связей;
- уровнем чувствительности элементов.

Поэтому реакция системы на внешнее воздействие проявляется через ее внутреннюю организацию.

2.2. Системный анализ производственного процесса

Средством, расчленяющим систему на элементы, является анализ. Он как бы делает систему прозрачной и позволяет различать составляющие и связи.

Смысл анализа состоит в определении места и роли каждого элемента в целостной системе. Расчленение объекта должно производиться в соответствии с его строением и функциями.

Системный анализ - это не произвольное разделение системы на составляющие, т.е. расчленение системы на образующие происходит не непрерывно, а имеет предел, выход за который означает потерю ее специфики.

Этот последний носитель данного качества системы и называют *элементом*.

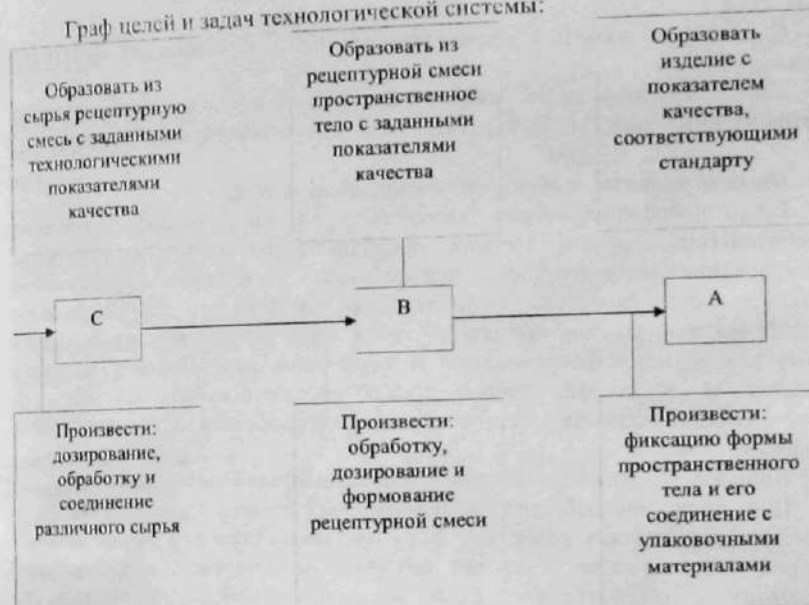
Приступая к системному анализу технологической линии, следует учитывать, что ее компоненты неравноценны в обеспечении уровня целостности, т.е. стабильного, качественного функционирования. Обязательно имеется центр системы - одна или несколько частей, в которых осуществляются самые сложные процессы. Выявление этих частей, их границ, связей с другими частями является необходимым условием системного исследования.

Анализ должен начинаться с центра системы. Разграничение и исследование других частей целесообразно после того, как изучены закономерности ее основы - главной, ведущей части.

Поэтому системный анализ как бы вырабатывает и программу системного исследования линии в целом.

Представим, например, технологические системы кондитерской промышленности в виде *графа целей и задач*, вершина которого - цели подсистем, а ребра - задачи, поставленные перед соответствующими подсистемами.

Граф целей и задач технологической системы:



Цели графа определяются некоторой технологической автономией, присущей любому производству, а задачи характеризуют технологические операции, реализуемые в процессе функционирования линии для достижения этих целей.

Систему в зависимости от цели анализа можно рассматривать в обоих направлениях - как *от входа к выходу*, так и *от выхода к входу*.

Если нас интересует продукция, то рассматривать процессы в поточной линии имеет смысл *от выхода ко входу*, а если вопросы материально-технического обеспечения - то *от входа к выходу*.

Обозначим подсистемы А, В и С, начиная с конца линии. Тогда любую поточную линию пищевой промышленности можно представить как совокупность нескольких подсистем трех видов (А, В, С), каждая из которых в качестве элементов содержит минимум 2 операции, т.к. подсистема не может состоять из одного элемента.

На основании функционального анализа различных технологических операций, выполняемых с целью преобразования потребительских свойств исходного сырья сначала в свойства определенных полуфабрикатов, а затем в потребительские свойства готовой продукции, в составе любой линии можно также выделить три основных комплекса оборудования, начиная с конца линии:

А - для изготовления готовой продукции из окончательного полуфабриката;

В - для получения окончательного полуфабриката из промежуточных полуфабрикатов;

С – для образования промежуточных полуфабрикатов из исходного сырья.

Такое группирование обусловлено различием и особенностями функциональных задач МАП, входящих в состав соответствующей группы.

Отличительные особенности комплексов А, В, С

При функционировании комплекса А нормативные значения потребительских свойств готовой продукции получаются в результате преобразования окончательного полуфабриката, имеющего определенные технологические свойства. Отличительная особенность окончательного полуфабриката – это то, что его состав и строение соответствуют только одному конкретному наименованию готовой продукции. Поэтому, каждому комплексу А в составе линии должен предшествовать комплекс В, обеспечивающий получение окончательного полуфабриката из промежуточных полуфабрикатов.

Комплекс В – центральная подсистема любой технологической линии.

При всем многообразии свойств промежуточных полуфабрикатов с помощью оборудования комплекса В должен образовываться окончательный полуфабрикат, строение и состав которого не подлежат в дальнейшем пересмотру и корректировке. Если показатели свойств изменяются, то продукция дефектна.

Комплекс С предназначен для подготовки исходного сырья к переработке, а также для преобразования потребительских свойств сырья с тем, чтобы обеспечить эффективное извлечение полезных веществ и оптимальные условия для получения требуемого состава и строения промежуточных полуфабрикатов.

Число комплексов в составе линии и конкретные задачи их функционирования зависят от:

- способа преобразования исходного сырья;
- вида выпускаемой продукции.

- При переработке сырья методом *разборки* в состав линии вводят обычно один комплекс С, а число комплексов А и В равно числу видов выпускаемой готовой продукции (включая вторичное сырье, направляемое на другие предприятия)
- При выработке продукции методом *сборки* исходного сырья, имеется по 1 комплексу А и В, а число компонентов С зависит от числа промежуточных полуфабрикатов, из которых необходимо собрать окончательный полуфабрикат.

Функционально-технологические задачи комплекса "С"

В технологических линиях переработки первичного сырья методом *разборки* – наибольшее количество задач решают с помощью оборудования комплекса С. Начальный этап технологического процесса связан с необходимостью очистки исходного сырья от пыли, песка, внешнего покрова, семян, сорняков и т.д.

Этапы технологического процесса связаны с очисткой сырья, предварительной мойкой, отделением от примесей.

Полезные вещества, содержащиеся в первичном сырье, образуются в результате жизнедеятельности растительных и животных организмов или искусственным путем (брожение). Они находятся во внутриклеточном пространстве, поэтому в задачу комплекса С входит разрушение внешней структуры сырья, следующая группа связана с разрушением внутренней структуры: скелетных структур, клетчатки, оболочек растительных клеток, соединительной ткани животного сырья.

Характерное назначение оборудования, входящего в состав комплекса С, – это преобразование структуры исходного сырья. При этом получают промежуточные полуфабрикаты, технологические свойства которых обеспечивают эффективное извлечение из сырья полезных веществ и удаление посторонних примесей.

На технологических линиях для выпуска готовой продукции методом *сборки* перерабатывают, как правило, вторичное сырье, т.е. компоненты сельскохозяйственной продукции, полученные в результате функционирования линий для первичной переработки сырья.

В число задач функционирования оборудования комплекса С входит очистка сырья и полуфабрикатов от технологических примесей, которые могут образовываться в результате хранения и транспортировки вторичного сырья, из-за износа оборудования и т.д.

I этап. Задачи функционирования комплекса С – подготовка исходных компонентов путем их измельчения, сортирования, нагревания, охлаждения, плавления или растворения в соответствии с рецептурой.

II этап. Перед оборудованием комплекса С стоят задачи более тонкого измельчения, диспергирования, гомогенизации компонентов, образующих промежуточные полуфабрикаты. При этом:

- улучшаются вкусовые достоинства пищевой продукции;
- для тонкоизмельченных смесей характерна большая площадь поверхности раздела фаз, от которой зависят последующие процессы формирования и фиксации структуры продукции.

Функционально-технологические задачи комплекса "В"

В результате функционирования комплекса В получается окончательный полуфабрикат. Промежуточные полуфабрикаты, поступающие в комплекс В, подвергаются сначала обработке с целью повышения концентрации полезных веществ путем выпаривания, промывания, ректификации и др. воздействий.

Цель задач комплекса В – образование нового искусственного состава и структуры готовой продукции из полезных веществ, извлеченных из натурального первичного сырья:

- при выработке жидкой продукции – улучшение вкусовых достоинств: аромата, цветности, которое достигается дображиванием, созреванием, выдержкой;

- при выпуске продукции в виде твердых частиц - образование пространственной структуры продукции с заданными геометрическими размерами, шероховатостью формы, которые обеспечиваются процессами кристаллизации, уплотнения, обезвоживания, шлифования, обкатки;
- при выпуске продукции, содержащей пузырьки воздуха, - насыщение полуфабриката воздухом за счет взбивания, брожения или химическихрыхлителей.

Сложность функционирования комплекса В связана с необходимостью соединения разнородных по составу и строению промежуточных полуфабрикатов в единый окончательный полуфабрикат.

При этом различные технологические свойства промежуточных полуфабрикатов преобразовываются в ограниченный комплекс технологических свойств окончательного полуфабриката, гарантирующий выпуск готовой продукции с нормативными показателями потребительских свойств.

В число задач функционирования оборудования комплекса В, наряду с дозированием промежуточных полуфабрикатов, входят соединение их в сводную рабочую смесь, вымешивание и гомогенизация сводной смеси, обеспечение однородности структурно-механических свойств, формование дискретных порций и заготовок.

Функционально-технологические задачи комплекса "А"

Основные задачи комплекса А в линиях по обработке первичного сырья методом разборки связаны с доводкой показателей свойств, состава и строения окончательного полуфабриката до нормативных показателей свойств готовой продукции, а также с защитой продукции, обеспечивающей ее сохранность при транспортировании, хранении и потреблении.

Фиксация пространственной структуры продуктов осуществляется кристаллизацией, студнеобразованием, нагреванием, охлаждением. Решение этих задач обеспечивается функционированием оборудования для сушки, обжарки, замораживания, охлаждения сырья и полуфабрикатов; другая же задача связана с мойкой и тепловой обработкой тары.

Комплекс оборудования А предназначен для финишных операций: дозирования, фасования продукции:

- * жидкой - в бутылки, пакеты, бидоны, цистерны;
- * твердой, сыпучей - в пакеты, ящики, мешки, цистерны и др.

Основные задачи функционирования комплекса оборудования А в линиях по выпуску продукции методом сборки исходного сырья, совпадают с задачами аналогичного комплекса, включенного в линию для переработки первичного сырья методом разборки.

Консервирование пищевых продуктов производится для сохранения продуктов от вредного воздействия окружающей среды на наружную поверхность продукта, механических повреждений и т.д.

Его вводят также с целью замедления или прекращения жизнедеятельности микроорганизмов, а также инактивации ферментов, содержащихся в продуктах. Задачи можно решить, используя 4 основные группы методов:

- физические - тепловая обработка: пастеризация с нагревом до 100 °С, стерилизация с нагревом до 100 °С и выше, выпечка, обжарка и сушка, а также охлаждение и замораживание;
- химические - введение в состав продукта химических консервантов: сахара, пищевой соли, этилового спирта, уксусной, сорбиновой или сернистой кислот;
- микробиологические - молочнокислое и спиртовое брожение, например, при производстве кисло-молочных продуктов, сыров, вина, пива, кваса, заквашенных и моченых овощей и плодов;
- комбинированные - сочетание физических, химических и микробиологических способов, например, копчение и вяление мясной и рыбной продукции, квашение, вымачивание и сушка плодоовощной продукции с применением соли или сахара и др.

Выбор способа упаковки готовой продукции зависит от ее структурно-механических свойств. Твердые сыпучие или штучные продукты можно покрывать более прочной и стойкой к внешним воздействиям наружной оболочкой (съедобной или несъедобной): шоколадной или сахарной глазурью, хлебной корочкой, колбасной оболочкой и т.п. Затем такие изделия поштучно или группами можно заворачивать или фасовать в мягкие или жесткие тароупаковочные материалы, изготовленные из бумаги, картона или пластических масс.

Пищевые продукты, в составе которых имеется жидкая фаза, следует упаковывать в твердую или мягкую герметичную тару: стеклянные, жестяные, бумажные, пластмассовые бутылки, банки или пакеты. Причем продукты, подлежащие длительному хранению, после упаковки в жесткую стеклянную или жестяную тару необходимо подвергать длительной высокотемпературной обработке.

При проектировании новой линии или модернизации существующей, решающим фактором является прогрессивная технология. Поэтому линии создаются на основе заранее отработанных технологических процессов для каждого производственного комплекса.

Выделение подсистем является важным этапом при построении формального описания технологической системы. А ряд задач могут быть решены при рассмотрении соответствующих подсистем.

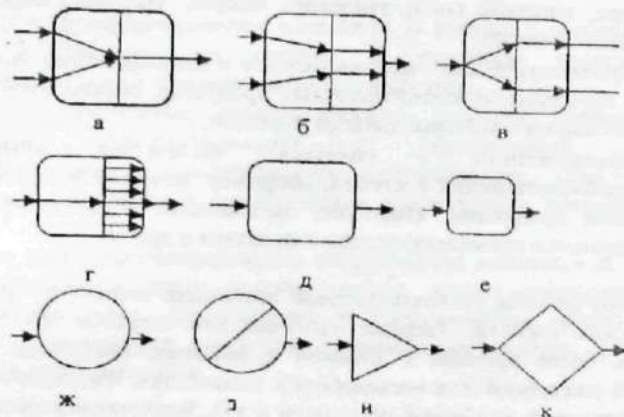
Технологические системы можно представить различными моделями:

- словесным описанием с разносторонним освещением процессов и иллюстраций в виде машинно-аппаратурной схемы - *вербальная модель*;
- математическим описанием процессов, происходящих в системе, если составные части системы и их взаимосвязи поддаются количественному определению - *математическая модель*;

- при помощи графического изображения технологических операций с использованием принципа «выход - вход» - *операторная модель*.

Третья модель дает возможность моделировать само строение технологической системы и выполнить системный анализ и синтез объекта.

Изображение технологической системы в виде операторной модели выполняется при следующем обозначении типовых процессов пищевых производств:



- а – соединение без сохранения поверхности раздела исходных компонентов (смешивание);
- б – соединение с сохранением поверхности раздела исходных компонентов (образование слоя покрытия);
- в – разделение;
- г – измельчение;
- д – сложный процесс (комплекс физических, химических и микробиологических процессов);
- е – придание кондитерской массе формы;
- ж – термообработка;
- з – изменение агрегатного состояния;
- и – дозирование;
- к – ориентирование.

2.3. Системный синтез производственного процесса

Анализ системы позволяет разобраться в ее сложном строении, проанализировать роли составных частей.

Синтез – это мысленное воссоединение частей, границы которых были установлены в процессе анализа. Строение системы, синтезированной из элементов, определяет *стратегию* системного исследования.

Стратегия системного исследования заключается в рассмотрении объекта исследования как единого сложного целого, что раскрывает взаимосвязь частей и ведет к целесообразному изучению отдельных элементов.

Системный анализ – это не механическое присоединение одной части целого к другой, а воссоединение элементов в соответствии с установленными правилами, закономерностями, чтобы можно было разобраться, каким образом в результате взаимодействия частей функционирует технологическая система, и вывести ее в оптимальный режим или предложить пути развития.

Рациональный метод синтеза – разработка операторных моделей. (Пример – операторная модель технологической системы производства карамели с фруктово-ягодной начинкой. Центр системы – подсистема В (см. схему 1).

Пояснения к схеме 1:

- А – подсистема образования изделий с показателями качества, соответствующими стандарту:
 - I – оператор заправки карамели
 - II – оператор охлаждения карамели
- В – подсистема образования карамели в виде отдельных предметов с заданными показателями качества:
 - I – оператор формирования карамели с начинкой
 - II – оператор образования жгута из тянутой карамельной массы и начинки
 - III – оператор образования тянутой карамельной массы с заданными физико-химическими свойствами
- С₁ – подсистема образования промежуточного продукта с заданными технологическими показателями качества:
 - I – оператор охлаждения уваренного карамельного сиропа
 - II – оператор образования уваренного карамельного сиропа
- С₂ – подсистема образования промежуточного продукта с заданными технологическими показателями качества:
 - I – оператор образования карамельного сиропа
 - II – оператор образования рецептурной смеси
- С₃ – подсистема образования промежуточного продукта с заданными технологическими показателями качества:
 - I – оператор образования уваренной рецептурной смеси
 - II – оператор образования рецептурной смеси
 - III – оператор образования протертого фруктово-ягодного пюре.

Аналогично строятся операторные модели любого производства пищевой технологии. Для этого необходимо:

- 1) разработать граф целей и задач, выделив автономные технологические цели внутри большого производственного процесса (структурная система + подсистема);

Контрольные вопросы

1. Какие виды линий применяются для отраслей АПК?
2. Что понимается под технологической системой?
3. Какие виды связей существуют между подсистемами технологической системы?
4. Что подразумевается под целостностью технологической системы?
5. Что принято за элемент технологической системы?
6. Что понимается под централизованной системой?
7. Чем характеризуется структура технологической системы?
8. Чем определяется устойчивость технологической системы?
9. Какова структура технологической системы?
10. Что понимается под корреляцией сложных систем?
11. Какую роль оказывает окружающая среда на качество функционирования системы?
12. Какими показателями определяется отношение к среде технологической линии?
13. Какими показателями характеризуется качество технологической системы?
14. Для каких целей производится анализ производственного процесса?
15. Что является носителями данного качества системы?
16. Что подразумевается под центром технологической системы?
17. Для чего ведется построение графа целей и задач?
18. Что определяют цели графа?
19. Что определяют задачи графа?
20. В каких направлениях, в зависимости от цели анализа, можно рассматривать поточную линию?
21. Какими моделями можно представить поточные линии?
22. Для чего производится системный синтез производственного процесса?
23. В чем заключаются функционально-технологические задачи оборудования комплекса «С»?
24. Какие комплексы оборудования можно выделить в составе любой поточной линии?
25. В чем заключаются функционально-технологические задачи оборудования комплекса «В»?
26. В чем заключаются функционально-технологические задачи оборудования комплекса «А»?
27. В какой последовательности строятся операторные модели любого производства пищевой технологии?

Рекомендуемая литература

1. Технологическое оборудование пищевых производств /Под ред. Б.М. Азарова– М.: Агропромиздат, 1988. - С.381-398.
2. Машины и аппараты пищевых производств. Кн.1 /Под ред. В.А. Панфилова – М.: Высшая школа, 2001. - С.25-33.

ЛЕКЦИЯ 3

Тема: Производительность основного оборудования поточных линий

План лекции:

- 3.1. Теоретическая и действительная производительность машин. Машины I, II, III классов
- 3.2. Производительность машин в зависимости от ассортимента вырабатываемой продукции
- 3.3. Производительность машин в поточных линиях со сходящимися потоками для выработки многокомпонентных изделий

3.1. Теоретическая и действительная производительность машин. Машины I, II, III классов

Различают производительность основного оборудования:

- теоретическую;
- действительную.

Под *теоретической производительностью* понимается количество продукции, которое может быть выработано машиной за единицу времени при бесперебойной и непрерывной работе без брака и потерь обрабатываемого материала. Для каждой машины при принятом технологическом режиме эта величина постоянна.

Производительность всех машин (шт/ч) для выпуска штучной продукции может быть определена по общей формуле:

$$Q_T = 60 \frac{w}{T_p}$$

w - количество потоков одновременно вырабатываемой продукции;

T_p - рабочий цикл машины, мин.

Все эти машины подразделяются на 3 класса:

1. Машины – однопозиционные без перемещения изделий

а) при последовательном выполнении операций:

$$T_p = t_y + \sum t_p + t_c$$

б) при параллельном выполнении операций:

$$T_p = t_y + t_{p_{max}} + t_c$$

в) при частичном совмещении операций:

$$T_p = t_y + \sum t_p - \sum \Delta t + t_c$$

где t_y - время, затрачиваемое на установку детали;

$\sum t_p$ - суммарное время, затрачиваемое на выполнение всех технологических операций;

t_c - время, затрачиваемое на съём детали;

$t_{p\max}$ - время выполнения наиболее длительной операции;
 $\Sigma\Delta t$ - сумма времени совмещения соседних операций.

2. Машины II класса (многопозиционные с периодическим перемещением изделий)

$$T_p = t_o + t_n \text{ или } T_p = T_k$$

где t_o - продолжительность выстоя транспортера;
 t_n - продолжительность перемещения изделия транспортером;
 T_k - кинематический цикл механизма привода транспортера.

3. Машины III класса - многопозиционные с непрерывным перемещением изделий:

а) для машин с линейными транспортерами:

$$T_p = \frac{L}{v}, \text{ с};$$

б) для машин с ротационными транспортерами:

$$T_p = \frac{60}{Z \cdot n}, \text{ с};$$

где L - шаг размещения изделий, м;
 v - скорость перемещения транспортера, м/с;
 Z - число гнезд или захватов на роторе;
 n - скорость вращения ротора, об/мин.

Под действительной производительностью Q_e понимается реальное количество выработанной в единицу времени кондиционной продукции в условиях эксплуатации машины в течение смены или другого периода с учетом потерь времени на простои машины, потерь полуфабриката и продукта, а также потерь производительности по технологическим причинам.

Эти потери можно определить:

1. Потери рабочего времени:

а) планируемые (уборка машины, подача сырья, заправка машины материалом, переналадка при смене ассортимента, чистка рабочего органа;
 б) случайные (внеплановые) - подрегулировка машины, случайные поломки, ожидание сырья.

Потери времени зависят от технических факторов и организации производства.

2. Потери продукции:

а) возвратные отходы - некондиционная продукция, получаемая при пуске и наладке машины, а также вследствие регулировки машины или несоблюдения технологического процесса; остатки полуфабриката на рабочих поверхностях машин или транспортирующих устройств;

б) недовыпуск продукции в результате нарушения регулирования или технологического режима, неполное заполнение ячеек в формирующем роторе, неполное заполнение ленты транспортера или зазора между валками;

в) недовыпуск продукции за счет потерь продукта: случайные утечки или просыпание продукта на пол, санитарные отходы при уборке машины.

Действительная производительность (кг/ч) определяется:

$$Q_e = \eta_i \cdot \psi \cdot \varphi \cdot \alpha \cdot Q_T, \quad (1)$$

η_i - коэффициент использования рабочего времени;
 ψ - коэффициент, учитывающий количество возвратных отходов;
 φ - коэффициент, учитывающий потерю производительности в результате недовыпуска продукции;
 α - коэффициент, учитывающий снижение производительности за счет потерь продукции.

Коэффициент использования рабочего времени подсчитывается:

$$\eta_i = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{T_{ni}}{T_c}, \quad (2)$$

T_c - фонд рабочего времени в смене;

T_{ni} - сумма потерь рабочего времени по причине i ;

n - количество причин потери рабочего времени.

В практических расчетах η_i рассчитывается как функция частных безразмерных коэффициентов потерь времени по различным причинам:

$$\eta_i = f(C_1, C_2, \dots, C_n)$$

C_i - частный коэффициент использования рабочего времени, например, (C_1 - на уборку машины; C_2 - на надевание кишоболочки, на смену цевки при изменении ассортимента).

Они определяются:

$$C_1 = 1 - \frac{T_{ni}}{T_c}; \quad C_2 = 1 - \frac{T_n}{T_c \cdot C_1}; \quad C_3 = 1 - \frac{T_n}{T_c \cdot C_1 \cdot C_2};$$

$$C_i = 1 - \frac{T_n}{T_c \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \dots \cdot C_{i-1}}$$

Из последней формулы следует:

$$\frac{T_{ni}}{T_c} = (1 - C_i) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \dots \cdot C_{i-1} \text{ или, подставив это значение в формулу (2),}$$

получим $\eta_i = 1 - \sum_{i=1}^n \prod_{i=1}^n (1 - C_i) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \dots \cdot C_{i-1}$, или формула в виде произведений частных коэффициентов:

$$\eta_i = \prod_{i=1}^n C_i$$

Коэффициенты ψ , φ , α , учитывающие возвратные отходы и недовыпуск продукции, получаются путем испытания линий за несколько смен.

Коэффициент ψ , учитывающий количество возвратных отходов, определяется:

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{G_B}{G_K}}$$

G_K - количество кондиционной продукции, полученной за период испытания, кг;

G_B - количество возвратных отходов, полученных за тот же период, кг.

Коэффициент φ , учитывающий недовыпуск продукции из-за разрегулировки машин и других причин, определяется

$$\varphi = \frac{G_K}{T_m \cdot Q_T}$$

T_m - чистое рабочее время машин за период испытаний ($T_m = \eta \cdot T_c$)

Коэффициент α , учитывающий недовыпуск продукции за счет потерь продукта G_n , определяется:

$$\alpha = \frac{G_n}{G_{нф}}$$

$G_{нф}$ - количество сырья или полуфабриката, поданного в машину за период испытаний, кг;

G_n - потери продукта за период испытаний, кг.

3.2. Производительность машин в зависимости от ассортимента вырабатываемой продукции

В ряде отраслей пищевой промышленности имеется ряд МАПП, поточных линий, которые в течение рабочей смены или суток выпускают различные виды продукции, причем производительность оборудования при этом может меняться.

Пусть на машине в течение смены вырабатывается «m» видов или сортов изделий. При этом Q_m на каждом виде изделий составляет Q_i кг/ч и заданное ассортиментное соотношение каждого вида изделий в общей выработке - J_i , %.

Общая сменная выработка машины на всех видах изделий составит:

$$N = \sum_{i=1}^m N_i, \text{ кг}$$

i - порядковый номер вырабатываемого изделия

N_i - количество изделий каждого вида, выработанное в течение смены, кг. Оно определяется:

$$N_j = \frac{J_j}{100} N$$

На выработку всех изделий одного вида затрачивается время t_j , которое определяется:

$$t_j = \frac{N_j}{G_j}$$

Учитывая *, получим время занятости машины для изготовления каждого вида изделий:

$$t_j = \frac{J_j}{100} \cdot \frac{N}{G_j}, \text{ час.} \quad **$$

Суммарные затраты времени на выработку всех видов изделий равны рабочему времени машины в смене.

$$\sum_{j=1}^m t_j = T_m = \eta_i \cdot T_c$$

Подставляя значение из **, получим:

$$\frac{N}{100} \sum_{j=1}^m \frac{J_j}{G_j} = \eta_i \cdot T_c$$

Общая сменная выработка машины (в кг) при изготовлении «m» видов изделий составит:

$$N = \frac{100 \cdot \eta_i \cdot T_c}{\sum_{j=1}^m \frac{J_j}{G_j}}$$

средняя производительность машины (кг/ч) при выработке «m» видов изделий:

$$Q_m = \frac{100}{\sum_{j=1}^m \frac{J_j}{G_j}}$$

В развернутом виде последняя формула может быть записана:

$$Q = \frac{100}{\frac{J_1}{G_1} + \frac{J_2}{G_2} + \dots + \frac{J_m}{G_m}}$$

Эта формула используется в технологических инструкциях.

3.3. Производительность машины в поточных линиях со сходящимися потоками для выработки многокомпонентных изделий

Для выработки многокомпонентных изделий применяются поточные линии со сходящимися потоками.

Пусть поточная линия со сменной выработкой «N» кг, выпускает «m» видов или сортов продукции (имеющие порядковые номера $j=1,2,3,\dots,m$) с заданным ассортиментным соотношением $J_j, \%$.

При этом, в соответствии с рецептурой, каждый вид продукции содержит в себе M компонентов или полуфабрикатов с порядковыми номерами $i = I, II, III, \dots, M$, вырабатываемых на сходящихся потоках.

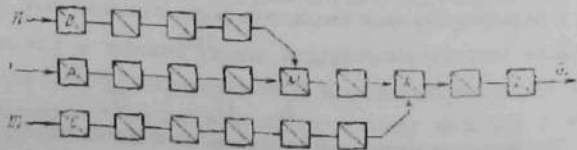
Кроме того, для каждого вида продукции предусмотрено различное процентное содержание этих полуфабрикатов B_{ij} .

Каждый полуфабрикат готовится на отдельных участках поточной линии. Все данные можно объединить в таблицу:

Годовая продукция			Полуфабрикаты				
порядковый номер вида продукции	отношение каждого вида к общей выработке $J_j, \%$	производительность основных машинных линий по каждому виду продукции	Порядковый номер				
			I	II	III	...	K
			Содержание полуфабриката в продукте $B_{ij}, \%$				
			B_{i1}	B_{i2}	B_{i3}	...	B_{iK}
1	J_1	G_1	B_{11}	B_{12}	B_{13}	...	B_{1K}
2	J_2	G_2	B_{21}	B_{22}	B_{23}	...	B_{2K}
3	J_3	G_3	B_{31}	B_{32}	B_{33}	...	B_{3K}
...
m	J_m	G_m	B_{m1}	B_{m2}	B_{m3}	...	B_{mK}

В соответствии с приведенными условиями, за период смены машинами с номерами от K до L должно быть переработано следующее количество каждого вида продукта (в кг).

$$N_j = N \frac{J_j}{100}$$



Для переработки этого количества продукта с номером j все машины поточной линии должны быть заняты следующий период времени (в час):

$$t_j = \frac{N_j}{G_j^k} = \frac{N \cdot J_j}{G_j^k \cdot 100}$$

G_j^k - производительность машины K при изготовлении продукта с номером j .

При этом $\sum_{j=1}^m t_j = T_M = T_c \cdot \eta_c$ - рабочему времени в смене.

За период t_j для каждого продукта с номером j должно быть выработано необходимое количество полуфабрикатов (в кг):

$$N_{ij} = \frac{B_{ij}}{100} \cdot N_j = \frac{B_{ij}}{100} \cdot N \cdot \frac{J_j}{100}$$

или

$$N_{ij} = N \frac{J_j \cdot B_{ij}}{10000}$$

Для выработки полного количества продукции (кг) в заданном ассортименте за период смены должно быть подготовлено следующее количество каждого полуфабриката с номером i :

$$N_i = \sum_{j=1}^m N_{ij} = \frac{N}{10000} \sum_{j=1}^m J_j \cdot B_{ij}$$

Производительность участков поточных линий I, II, III...M приготовления полуфабрикатов зависит от % содержания последних B_{ij} в каждом виде готовой продукции и от производительности основной машины линии на тех же видах продукции:

$$G_{ij} = G_j \frac{B_{ij}}{100}$$

ЛЕКЦИЯ 4

Тема: Производительность поточных линий, количество машин в поточной линии, расчет площадей, необходимых для размещения линий

План лекции:

- 4.1. Производительность однопоточных линий
- 4.2. Количество параллельно работающих машин, связанных общей системой питания
- 4.3. Количество параллельно работающих машин, не связанных между собой
- 4.4. Размер площади, занимаемой поточной линией

4.1. Производительность однопоточных линий

а) Производительность поточной линии определяется в конечном счете действительной производительностью последнего участка или последней машины, которые, помимо собственных, могут иметь простои, вызываемые простоями предыдущих участков линии.

Простой понимается не как продолжительность фактической остановки, но и период времени работы вхолостую, когда участок не останавливается, но продукции не выдает.

В поточных линиях с жесткой связью между машинами величина простоя равна простоям любой машины в линии.

Производительность любой поточной линии рассчитывается с помощью коэффициента использования линии η_a , который характеризует эксплуатационные качества и уровень использования линии:

$$G_a = G_T \cdot \eta_a = \frac{1}{T_p} \cdot \eta_a$$

Коэффициент использования линии определяется через отношения продолжительности простоев к рабочему времени линии:

$$\eta_a = \frac{1}{1 + \frac{n \cdot \Sigma t_n}{T_p}}$$

где n - количество участков поточной линии;
 Σt_n - сумма потерь времени;
 T_p - рабочий цикл времени линии.

б) Для определения производительности поточной линии с гибкой связью между машинами используется отношение:

$$G_a = G_n \left(1 - \delta \frac{\sum_{i=1}^{n-1} t_n^{(i)} + n \cdot t_s}{T_c} \right)$$

G_n - теоретическая производительность последнего участка линии, кг/ч;
 T_c - фонд рабочего времени в смене, мин.;
 n - число участков линии;
 $t_n^{(i)}$ - простой последнего участка с порядковым номером « n », вызванный простоями участка линии с порядковым номером « i », мин;
 δ - коэффициент одновременности простоев участков линии;
 t_s - средняя затрата времени на устранение неполадок, мин.

4.2. Количество параллельно работающих машин, связанных общей системой питания

В ряде отраслей пищевой промышленности (например, кондитерской) имеются технологические машины, производительность которых меньше производительности линии, т.е. $Q_m < Q_{\text{линии}}$.

В таких случаях создаются поточные линии или участки с параллельными потоками, в которых осуществляется одновременное параллельное питание полуфабрикатом ряда технологических машин.

По типу питания машин полуфабрикатом такие участки поточных линий могут быть разделены на системы параллельно работающих машин:

- с питанием от одного общего транспортера (схема а);
- с питанием от индивидуальных транспортеров (схема б).

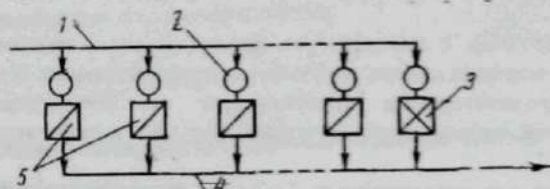


Схема а) - линия с питанием машин от одного транспортера.

1 - питающий транспортер;
 2 - питатели;
 5 - заверточные машины, выдающие завернутую продукцию (например, завернутая карамель) на приемный транспортер - 4.

В линии установлено « n » рабочих машин и одна резервная - 3.

Отличительная особенность этой системы питания - возможность останова любой рабочей машины и передачи предназначенной для нее продукции на резервную машину.

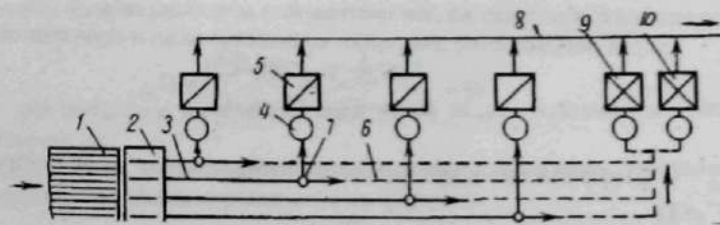


Схема б) - линия с питанием машин от индивидуальных транспортеров

Подобная система питания - поточная линия завертки конфет с ручейковыми транспортерами.

Подача изделий в безбункерные питатели 4 заверточных машин 5 осуществляется индивидуальными «ручейковыми» транспортерами 3 через поворотно-сбрасывающее устройство 7. Завернутые изделия выдаются машинами на приемный транспортер 8. С предыдущего участка поточной

линии изделия подаются транспортером 1, на котором они расположены с недостаточной ориентацией продольных рядов. Количество рядов в несколько раз превосходит количество ручейковых транспортеров. Перераспределение количества рядов производится при помощи виброраспределительного транспортера 2.

Для поточных линий с параллельными потоками количество машин в линии определяется:

$$П = \frac{G_s}{G_T \cdot \eta_t \cdot C_{II}} + П_{рез},$$

где C_{II} - коэффициент использования производительности индивидуального питателя каждой машины;

$П_{рез}$ - количество резервных машин.

В системах с питанием от индивидуальных транспортеров помимо резервной машины иногда требуются и дополнительные. В настоящее время виброраспределительные транспортеры не обеспечивают полностью равномерной подачи изделий в каждый ручей: в один меньше, а в другой больше.

В этом случае устройство 7 сбросит излишние изделия на транспортер 6 незавершенных изделий, который передаст их на дополнительную машину 9, т.е. вследствие нечеткости работы транспортера 2, производительность машин 5 полностью не используется и требуется дополнительная машина 9; 10 - резервная машина.

Количество дополнительных машин:

$$П_{доп} = \frac{G_H}{G_T \cdot \eta_t \cdot C_{II}},$$

где G_H - количество продукции, не обработанное основными машинами и подлежащее обработке на дополнительных машинах, кг/ч.

Тогда необходимое для линии количество машин определится:

$$П = \frac{G_s}{G_T \cdot \eta_t \cdot C_{II}} + \frac{G_s(1 - C_p)}{G_T \cdot \eta_t \cdot C_{II}} + П_{рез},$$

C_p - коэффициент равномерности распределения виброраспределителя ($C_p < 1$)

4.3. Количество параллельно работающих машин, не связанных между собой

Если в линии установлено несколько независимых между собой технологических машин, вырабатывающих продукцию в заданном ассортиментом соотношении, то количество машин определяется:

$$П = \frac{N_s}{N},$$

где N_s - количество продукции, вырабатываемой за смену всеми машинами, шт;

N - действительное количество продукции, вырабатываемое за смену одной машиной, кг.

Если машина многократно обрабатывает одну и ту же порцию продукции, то

$$N = \frac{100 \eta_t \cdot T_c}{\sum_{i=1}^m v_i \sum_{k=1}^k \frac{1}{G_{jk}}},$$

где v_i - заданное соотношение видов продукции;

K - количество обработок, i - порядковые номера обработки;

G_{jk} - производительность машины по каждой обработке, кг/ч,

и необходимое количество машин определится:

$$П = \frac{N_s}{100 \eta_t \cdot T_c} \sum_{i=1}^{i=m} (v_i \sum_{k=1}^{k=K} \frac{1}{G_{jk}})$$

4.4. Размер площади, занимаемой поточной линией

При создании оборудования поточных линий стремятся к его минимальным габаритам.

Чтобы уменьшить площади (сушка, печи, камеры) необходимо применять, где это возможно, интенсифицированные технологические режимы, а также вертикальную компоновку линий.

Площадь, занимаемая механизированной или автоматизированной линией, определяется по габаритам выбранного оборудования с учетом необходимых проходов и площади для обслуживания машин и аппаратов.

Площадь (m^2), занимаемая немеханизированными линиями с ручным изготовлением продукции

$$F = \frac{N}{100 \cdot \eta_t \cdot T_c} \sum_{i=1}^{i=m} \frac{v_j}{G_{ij}},$$

где N - действительное количество продукции, вырабатываемое за смену одной машиной, кг.

Площадь (m^2), технологических камер периодического действия с тележками или этажерками определяется по формуле:

$$F_i = \frac{v_j \cdot N}{100 \cdot g_j \cdot K_j},$$

где g_j - количество i -ой продукции с номером i на одной тележке, кг

K_j - коэффициент оборачиваемости тележек на том же виде продукции, ч.

Контрольные вопросы

1. Как различаются производительности основного оборудования?
2. Как рассчитывается теоретическая производительность всех машин для выпуска штучной продукции?
3. На какие классы подразделяются машины?
4. Как рассчитывается рабочий цикл машин I класса – однопозиционных без перемещения изделий?
5. Как рассчитывается рабочий цикл машин II класса – многопозиционных с периодическим перемещением изделий?
6. Как рассчитывается рабочий цикл машин III класса – многопозиционных с непрерывным перемещением изделий?
7. Что понимается под действительной производительностью машин?
8. Какие виды потерь учитываются при расчете действительной производительности машин?
9. По какой формуле определяется действительная производительность машин?
10. Как рассчитывается коэффициент использования рабочего времени машин?
11. Как определяется общая сменная выработка машины на всех видах изделий?
12. Как определяются суммарные затраты времени на выработку всех видов изделий?
13. По какой формуле рассчитывается общая сменная выработка машины при изготовлении «т» изделий?
14. Как определяется производительность поточной линии?
15. Что понимается под простоем машины?
16. По какой формуле рассчитывается производительность любой поточной линии?
17. Как рассчитывается коэффициент использования линии?
18. Как подразделяются участки поточных линий по типу питания машин полуфабрикатом?
19. От чего зависит количество машин в поточных линиях с параллельными потоками?
20. Почему необходимо предусматривать в поточных линиях дополнительные и резервные машины?
21. Как определяется площадь, занимаемая поточной линией?

Рекомендуемая литература

1. О.Г. Луниин О.Г. Поточные линии кондитерской промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – С.26-52; с.52-64.
2. Машины и аппараты пищевых производств. Кн.1 / Под ред. В.А. Панфилова М.: Высшая школа, 2001. – С.33-41.

ЛЕКЦИЯ 5

Тема: Научные и инженерные основы функционирования технологических линий

План лекции:

- 5.1. Функционирование линий как системы процессов, эффективность, показатель эффективности
- 5.2. Точность функционирования технологической системы
- 5.3. Устойчивость функционирования технологической системы

5.1. Функционирование линий как системы процессов, эффективность, показатель эффективности.

Функционирование технологической системы – это ее действие. Научный и практический интерес представляет определение эффективности жизнедеятельности производства.

Компоненты системы отличает стохастичность поведения, которая выражается в том, что величина их выходов подчиняется тому или иному закону распределения. Большой производственный процесс – это система взаимодействующих частей.

Функции компонентов системы согласованы между собой во времени и в пространстве.

Это согласование выражается в том, что одни компоненты функционируют параллельно и одновременно, а другие – последовательно с некоторым интервалом времени.

Одной из задач системного исследования является анализ функциональных связей системы и прежде всего *причинно-следственных* зависимостей.

Технологическая система переплетена причинными связями, которые увеличиваются к концу линии. Причинная зависимость есть не только внутри системы, но и внешняя среда действует на систему в целом и ее элементы, т.е. всегда необходимо учитывать зависимость свойств системы как от внутренних факторов – *состава и структуры*, так и от процессов в окружающем пространстве: температуры t , относительной влажности воздуха φ_a , давления воздуха P_a и т.д.

Внешняя среда может исказить течение физико-химических, микробиологических процессов, что часто приводит к большим отходам производства.

Поэтому системообразующую роль играет *управление*, основанное на информационном взаимодействии элементов системы. Оно позволяет стабилизировать систему, поддерживать ее динамическое равновесие с внешней средой, что необходимо для правильной работы линии.

Конечная цель управления технологической системой – это достижение оптимального режима ее функционирования.

В установленном режиме функционирования управленческая деятельность управляющей подсистемы сводится лишь к *регуливанию*, цель которого – сохранить достигнутую организованность системы. Регулирование необходимо, т.к. постоянно происходят какие-либо изменения как внешней среды, так и внутри системы.

Поэтому работа исследователя – это работа по управлению системой путем модернизации оборудования, совершенствования технологии, автоматизации и т.д.

5.2. Точность функционирования технологической системы

Интерес представляет определение *эффективности* производства, основными показателями которой являются точность и устойчивость.

Непрерывные процессы пищевой технологии – это процессы массового производства, которые вырабатывают большое количество изделий.

Все изделия как – будто одинаковы, но они имеют небольшие различия в весе, геометрических размерах, содержании начинки (например, для карамели), что влияет на работу, например, автоматов ($Q < \text{на } 10 \pm 15\%$).

Аналогичная связь процессов дозирования, смешивания, формования и т.д. приводит в любом пищевом производстве к возвратным отходам, т.е. в показателях качества имеет место некоторое рассеяние контролируемых величин.

Такое рассеяние делится на 2 категории: *устраняемое и неизбежное*.

I-ая категория – это систематическая погрешность производства, причинами возникновения которой являются:

- использование нестандартных сырья и материалов;
- нарушение технологических режимов при выполнении операций;
- недоработка технологической документации;
- возникшая неисправность оборудования.

Эти причины необходимо устранить!!!

II-ая категория – это *случайные* погрешности производства, которые возникают:

- из-за колебаний количества и качества сырья и материалов;
- изменений в условиях производства.

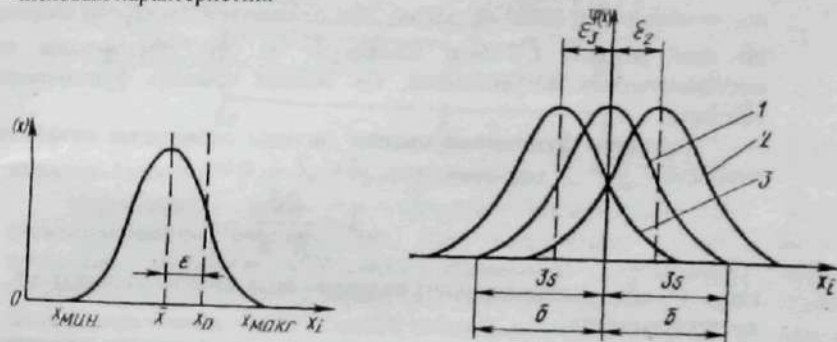
Снижение этого рассеяния достичь очень трудно. Повышение *эффективности* производства требует сокращения рассеяния показателей качества продукции по погрешностям II категории без гарантий уменьшения случайных погрешностей.

Рост количества дефектной продукции происходит иногда по вине обслуживающего персонала или аварий оборудования.

Такие погрешности в функционировании технологической системы не учитываются.

Отклонение показателей качества продукции от стандарта – это наложение всех погрешностей, поэтому их надо уметь разделить по категориям с целью устранения.

Производственные погрешности представляются в виде кривых плотности вероятности распределений, которые могут быть описаны рядом числовых характеристик.



а) Кривая плотности вероятности показателя качества изделия (систематическая погрешность)

б) Кривая нормальной плотности вероятности показателя качества изделия при различных коэффициентах смещения (случайная погрешность)

На рис. (а) показано распределение производственных погрешностей показателя качества изделий. Здесь: ϵ – отклонение центра группирования погрешности X (среднее значение) от номинала X_0 – характеризует *систематическую составляющую производственной погрешности*.

$X_{мин.}$, $X_{макс.}$ – поле рассеяния, характеризующее случайную составляющую производственной погрешности.

Величины систематической и случайной составляющих производственной погрешности используются для расчета *точности* функционирования технологической системы.

Под точностью функционирования технологической системы понимается степень соответствия поля рассеяния значений показателя качества продукции заданному полю допуска и его расположению.

Для оценки точности функционирования технологической системы, с точки зрения действия систематических производственных погрешностей, используется коэффициент смещения.

$$E = \epsilon / (2\delta),$$

где ϵ – величина смещения, зависящая от положения центра группировки погрешностей (среднее значение \bar{X})

$$\varepsilon = (\bar{x} - x_0),$$

x_0 - номинальное значение показателя качества, расположенное обычно в середине поля допуска;

δ - абсолютная величина половины поля допуска на показатель качества изделия.

Рис. (б) - распределение погрешностей показателя качества изделия подчиненное нормальному закону при одинаковой случайной погрешности но при разных E . Чем ближе E к «0», тем меньше влияние систематических погрешностей, т.е. больше точность функционирования системы.

Точность функционирования системы оценивается коэффициентом точности

$$T = \frac{2\delta}{K \cdot S},$$

где δ - абсолютная величина половины поля допуска на показатель качества изделия;

K - коэффициент, зависящий от закона распределения погрешностей показателя качества изделий;

S - среднее квадратичное отклонение показателя качества изделий в выборке.

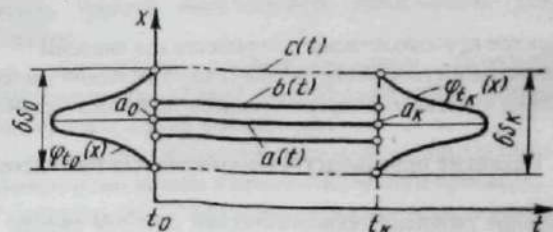
Параметры точности (E - коэффициент смещения, T - коэффициент точности) взаимосвязаны. На практике используются статистические таблицы, по которым определяется $P = f(E, T)$

5.3. Устойчивость функционирования технологической системы

Устойчивость функционирования технологической системы - это свойство системы сохранять точность показателей качества изделий во времени. При оценке устойчивости используются выборки, которые мгновенно извлекаются по ходу технологического процесса. Они дают «мгновенное» распределение производственных погрешностей. Об устойчивости функционирования технологической системы судят по точностным диаграммам. На точностной диаграмме по оси абсцисс откладывается время t , а по оси ординат - значение показателя качества.

В поле координат изображаются зависимости центров группировки, средних квадратичных отклонений и полей рассеяния мгновенных распределений погрешностей показателя качества от аргумента (времени t). При этом предполагается, что за рассматриваемый промежуток Δt закон мгновенного распределения не меняется.

Вид точностной диаграммы позволяет судить об устойчивости технологического процесса по интенсивности изменения центров группирования ($f = a(t)$) средних квадратичных значений ($f = b(t)$) и полей рассеяния ($f = c(t)$) мгновенных распределений погрешностей показателей



качества. Здесь $a_0 = a_k$ и $S_0 = S_k$, следовательно $\lambda_a = \lambda_b = 0$.

Нормальный закон - весьма распространенный закон производственных погрешностей. При совершении технологических процессов и разработке АСУ следует стремиться к нормальному закону распределения погрешностей параметров качества изделий, т.к. нормальный закон распределения - объективный показатель высокого качества данной технологической схемы.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под функционированием технологической системы?
2. В чем выражается стохастичность поведения технологической системы?
3. Чем характеризуется принятая зависимость системы?
4. На чем основано управление технологической системой?
5. Какими показателями характеризуется эффективность производства?
6. Чем обусловлено устранимое и неизбежное рассеяние контролируемых величин в показателях качества продукции?
7. В виде каких кривых представляются производственные погрешности?
8. Что понимается под точностью функционирования технологической системы?
9. Какой показатель используется для оценки точности функционирования технологической системы?
10. Как рассчитывается коэффициент точности функционирования технологической системы?
11. Что понимается под устойчивостью функционирования технологической системы?

Рекомендуемая литература

1. Технологическое оборудование пищевых производств. / Под ред. Б.М. Азарова - М.: Агропромиздат, 1988. - С.391-398.

ЛЕКЦИЯ 6

Тема: Научные и инженерные основы развития технологических линий

План лекции:

- 6.1. Развитие производственного процесса как системы
- 6.2. Оценка целостности структуры технологической системы
- 6.3. Оценка чувствительности элементов технологической системы

6.1. Развитие производственного процесса как системы

Направление развития технологической системы связано с величиной уровня ряда оценок, которые характеризуют качество ее структуры элементов и связей – это есть диагностика.

Новая технологическая система возникает на основе старой не сразу, а сначала в виде более совершенных компонентов, которые дают начало новой системе.

Модернизация поточной линии – это развитие в технологической системе под влиянием внутренних и внешних условий новых элементов и новых связей, которые в сочетании с компонентами старого вида образуют качественно новую технологическую систему, отличную от старой наличием ряда функциональных особенностей.

Система сохраняет свое качество лишь тогда, когда в рамках системы протекают несущественные количественные изменения. Их накопление ведет к качественным превращениям, в результате чего совершенствуется система, становится более новой.

Развитие технологической системы в историческом аспекте.

1. Кустарное производство → (разделение труда) → поток технологических операций → (механизация операций) → более высокая эффективность производства → (механизация вспомогательных операций) → создание полумеханизированных линий с более высоким уровнем целостности → (автоматизация, совершенствование элементов) → создание механизированной поточной линии.

Итак, современная технологическая система возникла из несистемных образований, постепенно приобретая собственные системные качества, обогатилась, преобразовывалась.

Необходимо различать понятия *развития системы* и *системного развития*.

Развитие системы – это некоторые преобразования системы, протекающие бессистемно, когда один компонент опережает в своем развитии другой, и в системе возникает диспропорция.

Системное развитие – означает развитие организованное, программируемое, когда изменение каждого компонента согласовано с изменением других компонентов и системы в целом.

Остановимся на основных закономерностях строения, функционирования и развития технологической системы, отражающих состояние ее элементов, связей и структуры.

1) *Строение* технологической системы, образующее определенную структуру, требует определенной целостности, для чего необходимо располагать:

- *элементами*, характеризующими технологические операции, обусловленные спецификой физико-химических процессов и конструкций рабочих органов машин и аппаратов;

- *связями*, под которыми понимаются материальные, энергетические и информационные потоки в производственном процессе;

- *структурой*, которую олицетворяет технология производства.

2) *Функционирование* технологической системы требует сохранения уровня ее целостности, достичь чего можно сохранением:

- *элементов*, которое выражается в осуществлении технологических операций с допустимыми отклонениями выходов физико-химических процессов;

- *связей*, которое выражается в поддержании величин материальных, энергетических и информационных потоков на определенном уровне;

- *структуры*, которое выражается в поддержании пространственно-временной организации технологии производства.

3) *Развитие* технологической системы требует повышения ее целостности, обусловленной повышением действия системосохраняющих факторов под системоразрушающими.

Достигнуть этого можно совершенствованием:

- *элементов*, которое выражается в снижении чувствительности физико-химических процессов к колебаниям входных параметров за счет адаптации конструкций рабочих органов машин и аппаратов;

- *связей*, которое выражается в повышении эффективности материальных, энергетических, и прежде всего, информационных потоков путем автоматизации производственного процесса;

- *структуры*, которое выражается в упрощении технологии производства.

Т.е. развитие технологической системы предполагает три основных направления модернизации поточных линий:

1) совершенствование технологического оборудования;

2) совершенствование средств автоматизации;

3) совершенствование технологии.

Все три позиции взаимосвязаны.

Выводы

1. Направление развития конкретной механизированной поточной линии для пищевой промышленности определяется наиболее целесообразным путем повышения уровня целостности технологической системы.

ЛЕКЦИЯ 6

Тема: Научные и инженерные основы развития технологических линий

План лекции:

- 6.1. Развитие производственного процесса как системы
- 6.2. Оценка целостности структуры технологической системы
- 6.3. Оценка чувствительности элементов технологической системы

6.1. Развитие производственного процесса как системы

Направление развития технологической системы связано с величиной уровней ряда оценок, которые характеризуют качество ее структуры, элементов и связей – это есть диагностика.

Новая технологическая система возникает на основе старой не сразу, а сначала в виде более совершенных компонентов, которые дают начало новой системе.

Модернизация поточной линии – это развитие в технологической системе под влиянием внутренних и внешних условий новых элементов и новых связей, которые в сочетании с компонентами старого вида образуют качественно новую технологическую систему, отличную от старой наличием ряда функциональных особенностей.

Система сохраняет свое качество лишь тогда, когда в рамках системы протекают несущественные количественные изменения. Их накопление ведут к качественным превращениям, в результате чего совершенствуется система, становится более новой.

Развитие технологической системы в историческом аспекте.

1. Кустарное производство → (разделение труда) → поток технологических операций → (механизация операций) → более высокая эффективность производства → (механизация вспомогательных операций) → создание полумеханизированных линий с более высоким уровнем целостности → (автоматизация, совершенствование элементов) → создание механизированной поточной линии.

Итак, современная технологическая система возникла из несистемных образований, постепенно приобретая собственные системные качества, обогащаясь, преобразовываясь.

Необходимо различать понятия *развития системы* и *системного развития*.

Развитие системы – это некоторые преобразования системы, протекающие бессистемно, когда один компонент опережает в своем развитии другой, и в системе возникает диспропорция.

Системное развитие – означает развитие организованное, программируемое, когда изменение каждого компонента согласовано с изменением других компонентов и системы в целом.

Остановимся на основных закономерностях строения, функционирования и развития технологической системы, отражающих состояние ее элементов, связей и структуры.

1) *Строение* технологической системы, образующее определенную структуру, требует определенной целостности, для чего необходимо располагать:

- *элементами*, характеризующими технологические операции, обусловленные спецификой физико-химических процессов и конструкций рабочих органов машин и аппаратов;

- *связями*, под которыми понимаются материальные, энергетические и информационные потоки в производственном процессе;

- *структурой*, которую олицетворяет технология производства.

2) *Функционирование* технологической системы требует сохранения уровня ее целостности, достичь чего можно сохранением:

- *элементов*, которое выражается в осуществлении технологических операций с допустимыми отклонениями выходов физико-химических процессов;

- *связей*, которое выражается в поддержании величин материальных, энергетических и информационных потоков на определенном уровне;

- *структуры*, которое выражается в поддержании пространственно-временной организации технологии производства.

3) *Развитие* технологической системы требует повышения ее целостности, обусловленной повышением действия системосохраняющих факторов под системоразрушающими.

Достигнуть этого можно совершенствованием:

- *элементов*, которое выражается в снижении чувствительности физико-химических процессов к колебаниям входных параметров за счет адаптации конструкций рабочих органов машин и аппаратов;

- *связей*, которое выражается в повышении эффективности материальных, энергетических, и прежде всего, информационных потоков путем автоматизации производственного процесса;

- *структуры*, которое выражается в упрощении технологии производства.

Т.е. развитие технологической системы предполагает три основных направления модернизации поточных линий:

1) совершенствование технологического оборудования;

2) совершенствование средств автоматизации;

3) совершенствование технологии.

Все три позиции взаимосвязаны.

Выводы

1. Направление развития конкретной механизированной поточной линии для пищевой промышленности определяется наиболее целесообразным путем повышения уровня целостности технологической системы.

2. Проблемы проектирования машин и аппаратов для поточных линий автоматизации непрерывных производственных процессов, разработкой прогрессивной технологии следует рассматривать как единую проблему повышения уровня целостности технологической системы.

6.2. Оценка целостности структуры технологической системы

Комплекс методик по всестороннему исследованию механизированных поточных линий называется *диагностикой*. Она базируется не на лабораторных исследованиях, а на непосредственном обследовании промышленного объекта. Решение проблемы развития механизированных поточных линий связано с расчетом уровня целостности существующих технологических систем через экспериментальное определение стабильности отдельных подсистем.

Стабильный процесс – это процесс, утвердившийся на определенном уровне устойчивости. Он характеризует уровень организованности, целостности системы, уровень ее развития.

Стабильность – это системообразующий фактор. Основной характеристикой технологической подсистемы для оценки стабильности является энтропийная функция.

$$H = \sum \mu_i \log \mu_i,$$

где μ_i – мера множества состояний системы ($i=1, 2, \dots$).

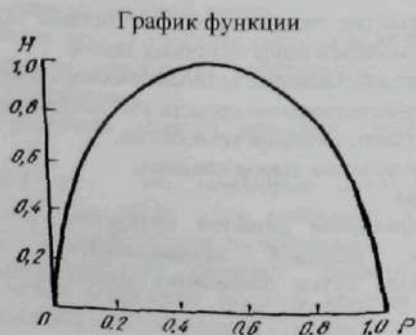
Поэтому мера организованности системы равна разности максимальной энтропии системы и энтропии данного множества элементов, имеющих определенную структуру

$$\Delta H = H_{\max} - H.$$

Количественно энтропия определяется по формуле:

$$H = -\sum P(x_i) \log P(x_i),$$

где $P(x_i)$ – вероятность попадания случайной величины в интервал (x_{i-1}, x_i)



Из графика видно, что энтропия меняется от 0 до max, причем «равно 0» при $P=0$ и $P=1$, т.е. когда распределение практически отсутствует и неопределенности в системе нет. Максимальное значение энтропия достигает при равной вероятности отдельных наблюдений ($P=0,5$) и, следовательно, распределение обладает полной неопределенностью.

$$H_{\max} = -0,5 \log_2 0,5 - 0,5 \log_2 0,5 = 1 \text{ бит.}$$

Для подсчета энтропии системы необходимо сделать выборку образцов и проанализировать величину, характеризующую процесс:

- 1) разность между максимальными и минимальными значениями величины разбить на 2 интервала;
- 2) подсчитать вероятность $P(x_i)$ попадания величины в каждый интервал;
- 3) рассчитать энтропию по формуле:

$$H = -P \log_2 P - (1-P) \log_2 (1-P).$$

Понятие стабильности может быть использовано при исследовании качественной и количественной изменчивости продукта, получаемого в результате данного процесса.

Стабильность подсистемы технологической системы оценивается показателем, который для бинарной подсистемы (для системы с двумя возможными значениями или состояниями процесса по параметру, являющемуся значимым для состояния последующей подсистемы) будет

$$\eta_i = 1 - \frac{H_i}{H_{i\max}},$$

где η_i и H_i – стабильность и энтропия i -ой системы.

6.3. Оценка чувствительности элементов технологической системы

Оценка чувствительности процесса в линии связана с изучением реакции технологической системы на изменение ее управляющих параметров, что позволяет целенаправленно изменять эти параметры с тем, чтобы качество продукта было наилучшим.

Основная цель – определить чувствительность исследуемого процесса, которая выражается через *коэффициент влияния*.

Производственный процесс протекает с погрешностями относительно идеального процесса.

Погрешность производственного процесса вызывается тремя группами ошибок:

- 1) вследствие ограниченных возможностей предприятия по поддержанию режимов эксплуатации оборудования, воздействия климатических условий цеха и других факторов;
- 2) погрешности в дозировании и качестве сырья;

3) ошибки управления производственным процессом.

Установить коэффициенты влияния можно методами математического моделирования технологических процессов.

Дальнейшее развитие поточных линий пищевых производств связано со снижением чувствительности процессов в смесителях и формующих машинах к колебаниям входных параметров.

Под *чувствительностью* процесса понимается мера реакции процесса на внешние воздействия.

В результате оценки чувствительности элементов внутри системы становится возможным определить тот процесс, который обладает наибольшей чувствительностью.

Именно этот процесс в машине или аппарате должен стать первым объектом модернизации, чтобы на основании результатов исследования чувствительности можно было бы создать адаптированную конструкцию машины или аппарата.

В создаваемом новом технологическом оборудовании должен быть заложен принцип конструирования: МАПП должны отвечать требованию наименьшей чувствительности процессов в них, которая определяется конструкцией рабочих органов, чтобы обеспечить минимальное проявление обрабатываемой массой диапазонов реологических свойств.

Агрегатирование МАПП в линиях должно осуществляться в границах соответствующих подсистем технологических систем.

Автоматизация механизированных поточных линий должна рассматриваться не только как стабилизация процессов в соответствующем оборудовании, а как решение комплексной конструкторско-технологической задачи создания новой техники и технологий.

Системный подход требует рассмотрения всего процесса производства пищевой продукции, как системного комплекса, состоящего из двух систем:

- системы производства;
- системы переработки сырья.

В этом комплексе перерабатывающая часть выдвигает ряд требований к выходу производящей части:

- стабильность свойств сырья (размеров, формы, массы, химического состава и др.);
- простые условия разделения ценной части сырья и сопутствующей;
- оптимальное соотношение содержания ценных и балластных веществ в сырье.

Выполнение этих требований позволит не только упростить саму технологию, но и создать более простые конструкции машин и аппаратов.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под диагностикой поточных линий?
2. Что понимается под модернизацией поточной линии?

3. Как происходит развитие технологической системы в историческом аспекте?
4. Чем отличаются понятия «развитие системы» и «системное развитие»?
5. Каковы основные закономерности строения технологических линий?
6. Каковы основные закономерности функционирования поточных линий?
7. Каковы основные закономерности развития поточных линий?
8. Что понимается под стабильным процессом?
9. С чем связана оценка чувствительности процесса?
10. Какими группами ошибок вызывается погрешность производственного процесса?
11. Что понимается под чувствительностью производственного процесса?

Рекомендуемая литература

1. Зайчик Ц.Р. Введение в специальность МАПП: Пищевая инженерия малых предприятий. - М.: Де Липринт, 2006. - С.132,137.
2. Технологическое оборудование пищевых производств. / Под ред. Б.М. Азарова М.: Агропромиздат, 1988. - С.398-415.

ЛЕКЦИЯ 7

Тема: Транспортирующие системы поточных линий основного производства

План лекции:

- 7.1. Классификация транспортирующих систем и требования к ним
- 7.2. Основные типы транспортирующих систем
- 7.3. Виды систем
- 7.4. Основные типы применяемых в поточных линиях транспортирующих систем
- 7.5. Системы для передачи жестких объектов
- 7.6. Системы для передачи нежестких объектов

7.1. Классификация транспортирующих систем и требования к ним

Для транспортировки продукции применяемые конвейерные установки подразделяются по виду и способу перемещения груза:

По виду:

- приводные конвейеры с *тяговыми органами*: ленточные, цепные, пластинчатые, скребковые, ковшовые, люлечные, полочные, подвесные, тележечные, фрикционные, штанговые и толкающие;
- приводные конвейеры без *тяговых органов*: винтовые, шнековые, вибрационные, роликовые, а также разные виды пневмотранспорта;

- *неприводные конвейеры*, к которым относятся наклонные и винтовые спуски, роликовые транспортеры, трубы самотечного транспорта.

По способу перемещения груза:

- грузонесущие (груз лежит на тяговом органе и не имеет относительного движения);
- грузоведущие (тяговый орган придает грузу относительное движение по настилу или неподвижным направляющим).

По характеру движения:

- с непрерывным движением груза в одном направлении, чаще с постоянной скоростью $v = const$ (*непрерывное*);
- с периодическими остановками. Это движение *прерывистое* (шаговое);
- с периодическим движением с двумя поочередно меняющимися. Это движение *переменное*.

Все транспортирующие устройства должны быть увязаны по производительности с технологическими машинами и работать синхронно с ними.

При разработке конструкций конвейеров необходимо руководствоваться **следующими требованиями**:

1. Материал несущих транспортирующих органов и других деталей, соприкасающихся с сырьем, полуфабрикатами и готовой продукцией, не должен иметь посторонних запахов и не быть токсичным, не должен окрашивать изделия.
2. Во избежание засорения механической части конвейера последняя должна быть *таж* закрыта и отделена от зоны, в которой движется продукт. Конструкция не должна иметь мертвых зон. Конвейер должен быть легкодоступным для быстрой очистки, мойки.
3. Необходимо уменьшать количество загрузок и разгрузок, стремиться устранять относительное движение изделий по транспортной ленте, если повреждается поверхность изделия.
4. Необходимо выбирать кратчайшие расстояния и простейшие транспортирующие устройства.
5. Необходимо стремиться, чтобы полуфабрикат и изделия транспортировались и обрабатывались на одном уровне, удобном для контроля и обслуживания.
6. Необходимо экономить площадь пола для горизонтальных технологических камер, по возможности применять вертикально замкнутые многоярусные конвейеры.
7. Стремиться к созданию бесперегрузочных конвейеров.
8. Конвейеры должны быть надежными в работе и обслуживании.

7.2. Основные типы транспортирующих систем

Сочетание двух последовательно установленных транспортеров, различных по характеру движения и имеющих между собой жесткую кинематическую связь, называется *транспортирующей системой поточной линии*.

Все транспортируемые предметы - это *объекты транспортирования*.

В основу классификации положены понятия:

- *вид системы* - определяется способом передачи объекта с одного транспортера на другой с учетом свойств перемещаемых объектов;
- *класс системы* - сочетание способов распределения объектов на обоих транспортерах;
- *группа системы* - сочетание характеров движения обоих транспортеров;
- *подгруппа системы* - определяется видом перегружающего устройства;
- *тип системы* - сочетание перечисленных признаков классификации.

7.3. Виды систем

Способ передачи объекта с одного транспортера на другой определяется изменением взаимного расположения оси объекта и вектора его скорости при переходе с одного транспортера на другой.

Различают два способа передачи:

- I способ: сохраняется относительная ориентация, взаимное расположение оси объекта и вектора скорости.
- II способ: изменяется относительная ориентация, взаимное расположение оси объекта и вектора скорости.

В первом случае возможны 2 варианта:

- a) прямая подача объекта с транспортера I на транспортер 2, при которой ось объекта $Z-Z$ и вектор скорости \vec{U} сохраняют свое направление в пространстве

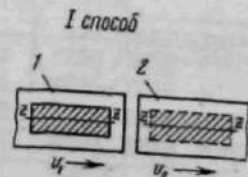


Рис. 1

- б) передача под прямым углом при помощи поворотного транспортера
- 3, при которой и ось объекта $Z-Z$, и вектор скорости \vec{U} одновременно

меняют в пространстве свое направление. Это система I вида для поперечной передачи объектов (рис.2).

При II способе передачи объектов возможны 2 варианта:

а) поперечная передача, при которой вектор скорости \vec{V} меняет свое направление в пространстве, а ось объекта $Z-Z$ сохраняет его (рис. 3).

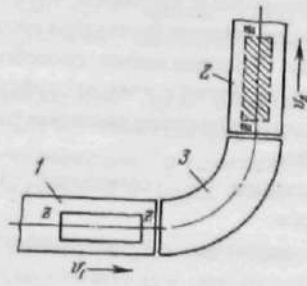


Рис.2

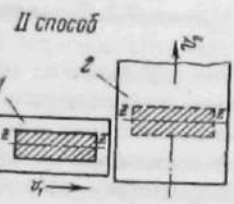


Рис.3

Это система II вида для поперечной передачи объектов.
 б) продольная передача, при которой объект поворачивается на 90°, а вектор скорости сохраняет свое направление. Это система II вида для продольной передачи объектов (рис.4).

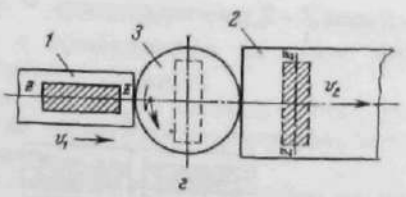


Рис.4

1,2 – транспортеры
 3 – перегружающее устройство.

❖ Свойства объектов

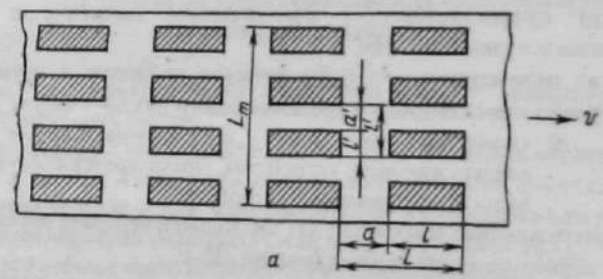
Условия передачи объектов с транспортера на транспортер зависят от физико-химических свойств перемещаемого объекта.

Поэтому введен признак классификации, учитывающий свойства объекта. Для определения вида транспортирующей системы вводится понятие: «жесткий» («твердый») - объект обозначается буквой «Т» и «нежесткий» («мягкий») обозначается индексом «М».

❖ Классы систем и способы распределения объектов на транспортерах

Итак, класс – это сочетание способов распределения объектов на обоих транспортерах. В промышленности встречается 4 основных вида распределения объектов на одном транспортере:

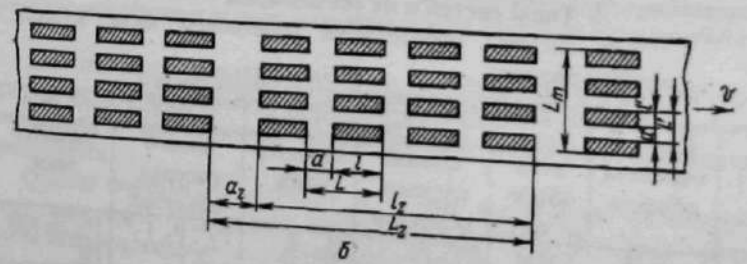
- равномерное – одно - или многопоточное;
- групповое – одно - или многопоточное.



Равномерное многопоточное распределение. Объект расположен в «m» потоков.

В каждом потоке – объекты длиной ℓ расположены вдоль оси транспортера с шагом L и зазорами между объектами a . В поперечном направлении – шаг L' и зазор a' . Если поток 1 ($m=1$), то такое распределение является равномерным однопоточным.

Равномерное многопоточное распределение обозначается индексом «Р^m», однопоточное – индексом «Р».



Групповое многопоточное распределение объектов. Они расположены «т» потоками, но вдоль оси - в Z рядах ($Z=4$).

Внутри групп объекты располагались с равномерным шагом L и равными зазорами «а». Длина группы объектов l_2 . Группы, в свою очередь, расположены вдоль оси движения с шагом L_2 и равными межгрупповыми зазорами "а". При $m=1$ имеет место однопоточное групповое распределение - с индексом «Г».

Групповое многопоточное распределение - с индексом «Г^м».

❖ По классификации группа системы определяется сочетанием характеров движения обоих транспортеров.

Рассматривается 3 вида движения одинарных транспортеров:

а) непрерывное - это движение с $V = const.$, индекс «Н»;

б) прерывистое - периодическое движение с остановками, обозначается индексом «Д»;

в) переменное → периодическое движение с двумя скоростями, поочередно меняющимися в пределах одного цикла → индекс «П».

❖ «подгруппы системы» - определяемые видом примененного перегружающего устройства. Применяются следующие основные виды перегружающих устройств:

1. Перегружающие устройства для продольной передачи объектов:

- перегружающие каретки (индекс «К»);
- отсекатели с поступательным или качательным движением (индекс «Д»);
- ротационные перегружатели (индекс «Р»);
- дисковые перегружатели (индекс «д»);

2. Перегружающие устройства для поперечной передачи объектов:

- сталкиватели одно - и многопоточные (индекс «С» и «С^м»);
- полочные перегружатели (индекс «П»);
- дисковые перегружатели (индекс «д»);
- угловые транспортеры (индекс «у»);
- поворотные транспортеры (индекс «Т»).

❖ Типы систем и их обозначения

Тип системы определяется сочетанием вида, класса, группы и подгруппы системы.

Схема обозначения транспортирующих систем.

Способ передачи объекта	Свойства объекта	1-ый (по ходу) тр-р		2-ый (по ходу) тр-р		Перегружающее устр-во
		способ распр-д. объектов	характер движ.	способ распр-д. объектов	характер движ.	
I или II	T или M	$P_1^m, P_1,$ Γ_1^m или Γ_1	H_1, D_1 или Π_1	P_2^m, P_2, Γ_2^m или Γ_2	H_2, D_2 или Π_2	К, П, д и т.д.

Пример 1. Обозначение $ИГ_1\Pi_1 P_2H_2K$ - определяет транспортирующую систему: первого вида для продольной передачи жестких объектов с их групповым однопоточным распределением на 1-м транспортере и переменной скоростью его движения, равномерным однопоточным распределением объектов на 2-м транспортере и его непрерывным движением, с применением перегружающего устройства в виде каретки.

Пример 2. Обозначение $ПТ P_1^mD_1 \Gamma_2H_2$ - определяет транспортную систему: второго вида для поперечной передачи жестких объектов с равномерным многопоточным распределением объектов на 1-м транспортере, имеющим прерывистое движение, и с групповым однопоточным распределением объектов на 2-м транспортере, движущемся непрерывно с $v = const.$

7.4. Основные типы применяемых в поточных линиях транспортирующих систем

По классификационным признакам можно выделить несколько транспортирующих систем.

Рассмотрение удобно вести, располагая их по видам и классам.

а) Системы I вида для продольной передачи объекта системы с равномерным одно - или многопоточным распределением объектов на обоих транспортерах (классы $P_1 - P_2$ и $P_1^m - P_2^m$) (рис. 1).

Они наиболее часто встречаются в поточных линиях.

Расположение объектов на 1-ом и 2-ом транспортерах с разным шагом L_1 и L_2 и зазорами a_1 и a_2 достигается применением разных скоростей транспортеров v_1 и v_2 .

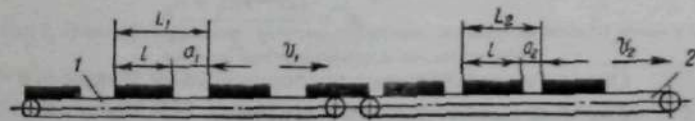


Рис. 1. Транспортирующая система I вида классов $P_1 - P_2$ и $P_1^m - P_2^m$ с равномерным распределением объектов на обоих транспортерах для продольной передачи объектов

Для передачи жестких объектов в этих системах применяется непрерывное или прерывистое движение. Для передачи нежестких объектов транспортеры с постоянными, но различными скоростями применять не рекомендуется.

Обычно постоянную скорость $v = const$ имеет один транспортер, а другой движется с переменной скоростью $v \neq const$. В период перехода объекта скорость переменного работающего транспортера должна быть равна скорости непрерывного (переход без скольжения).

После прохода объекта над стыком транспортеров скорость переменного работающего транспортера может быть изменена в соответствии с требуемым соотношением зазоров a_1 и a_2 между объектами. Итак, для передачи нежестких объектов возможны следующие типы систем рассматриваемого класса: $ИМР_1П_1P_2H_2$; $ИМР_1H_1P_2П_2$; $ИМР_1^mП_1P_2^mH_2$; $ИМР_1^mH_1P_2^mП_2$

б) Системы с групповым одно – и многопоточным распределением объектов на одном транспортере и равномерным одно – и многопоточным распределением на другом транспортере (классы $\Gamma_1 - P_2$; $P_1 - \Gamma_2$; $\Gamma_1^m - P_2^m$; $P_1^m - \Gamma_2^m$).

Схема системы класса $\Gamma_1 - P_2$ и $\Gamma_1^m - P_2^m$ с равномерным распределением объектов на втором транспортере и групповым на 1-ом транспортере.

Группа состоит из Z объектов при однопоточном или из Z поперечных рядов при многопоточном распределении. Внутри группы объекты расположены с продольным равномерным шагом L и внутригрупповым зазором a_1 . Группы расположены с равномерным шагом L_2 и межгрупповым зазором a_2 . В общем случае зазоры a_1 и a_2 не равны.

7.5. Системы для передачи жестких объектов

а) Системы с непрерывным движением обоих транспортеров и применением отсекающих устройств.

Преобразование группового распределения в равномерное достигается установкой между транспортерами отсекателя. Отсекатель выполняет роль выравнивателя шага распределения объектов, пропуская 1-й объект группы без задержки, остальные $Z-1$ объектов он несколько задерживает, до образования между объектами некоторого среднего зазора.

$$a_1' = \frac{(Z-1)a_1 + a_2}{Z}$$

Скорости транспортеров пропорциональны зазорам a_1' и a_2 .

Системы имеют шифры $ИПГ_1H_1P_2H_2O$, $ИПР_1^mH_2O$

б) Системы с непрерывным движением транспортера с групповым распределением объектов и прерывистым движением транспортера с равномерным распределением.

Система этого типа ($ИПГ_1H_1P_2D_2$) аналогична предыдущей с отсекателем ($ИПГ_1H_1P_2H_2O$). Здесь 2-й транспортер выполняется с гонками, установленными с шагом L_2 . Во время остановки 2-го транспортера его гонки играют роль отсекателя, задерживая на необходимое время объекты 1-го транспортера. Эта система возможна при многопоточном распределении объектов, ее шифр будет $ИПГ_1^mH_1P_2^mD_2$.

в) Системы с переменной скоростью транспортера, имеющего групповое распределение.

В период перехода $Z-1$ объектов скорость транспортера с групповым распределением постоянна и пропорциональна соотношению заданных зазоров a_1 и a_2 . Для устранения межгруппового зазора a_2 и перевода его в зазор a_1 (в обращенной схеме – для образования зазора a_2) скорость группового транспортера в период перехода Z -го (последнего) объекта должна увеличиваться. Итак, скорость группового транспортера должна быть переменной. Здесь будут иметь место системы типов $ИПГ_1П_1P_2H_2$, $ИПГ_1^mП_1P_2^mH_2$ и обращенных типа $ИПР_1H_1P_2D_2$ и $ИПР_1^mH_1P_2^mD_2$.

г) Системы с прерывистым движением обоих транспортеров.

В этих системах оба транспортера имеют синхронное прерывистое движение. Однако, для устранения межгруппового зазора a_2 , транспортер с групповым распределением получает дополнительное ускоренное перемещение в период прохождения через стык последнего (или первого) объекта группы.

Система типа $ИПР_1^mD_1 \Gamma_2^mD_2$ – применяется, например, в механизмах укладки заготовок печеня на листы, штампующих машин с прерывистым движением транспортеров.

Тип: $ИПГ_1D_1 P_2D_2$, $ИПГ_1^mD_1P_2^mD_2$, $ИПР_1D_1\Gamma_2D_2$ и $ИПР_1^mD_1\Gamma_2^mD_2$.

7.6. Системы для передачи нежестких объектов

Применяются группы систем только с переменным движением транспортера, имеющего групповое распределение объектов.

а) Системы без применения переключавшейся каретки (рис.2)



Рис. 2. Транспортирующая система с групповым распределением объектов на 1-ом транспортере и отсекателем

Условием перехода с транспортера на транспортер нежестких объектов является отсутствие их скольжения по поверхности транспортера.

Рассмотрим схему 2, считая, что отсекатель в системе отсутствует: в

период перехода группы объектов на 2-й транспортер, д.б. $v_{mp1} = v_{mp2}$. При этом зазор a_2 между объектами на 2-м транспортере будет равен внутригрупповому зазору a_1 . Для превращения группового распределения в равномерное, 1-ый транспортер в период прохода межгруппового зазора a_2 через стык транспортеров должен получить повышенную скорость v_1^* , так, чтобы зазор a_2 успел уменьшиться до зазора a_2 на 2-м транспортере. Таким образом, здесь возможны системы типов $ИМГ_1П_1P_2H_2$, $ИМГ_1^mПР_2^mH_2$, $ИМПН_1\Gamma_2H_2$ и $ИМР_1^mH_1\Gamma_2^mH_2$. Недостаток этих систем – большая разность

между первой v_1 и второй v_2 скоростями, т.е. возникновение значительных ускорений транспортеров.

б) Системы с применением переключавшей каретки (рис.3)

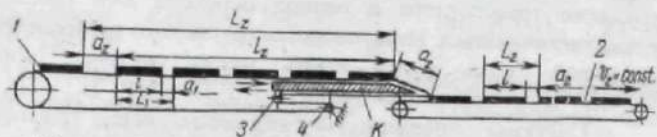


Рис.3. Транспортирующая система с групповым распределением объектов на 1-м транспортере и перегружающей кареткой

С целью уменьшения второй скорости группового транспортера и уменьшения ускорений применяется переключавшая каретка. В системе с групповым распределением объектов на 1-м транспортере, этот транспортер также имеет переменную скорость. Его лента огибает платформу каретки K , затем направляющий ролик 3, закрепленный на каретке, и направляющий ролик 4, закрепленный на станине. Каретка от кулачкового приводного механизма совершает возвратно-поступательное движение вдоль оси транспортеров. При этом вперед она движется со скоростью 2-го транспортера ($v_K = v_2$).

На схеме каретка находится в крайнем заднем положении, когда на 2-й транспортер перешел последний объект первой группы. После этого каретка получает движение вперед (хол.ход.) со скоростью 2-го транспортера так, что ее передний край следует за задним краем последнего объекта первой группы.

В это время лента 1-го транспортера получает движение с повышенной скоростью v_1' до того момента, когда передний край первого объекта «догонит» край переключавшей каретки. После этого лента 1-го транспортера начинает перемещаться со скоростью $v_1' = v_2$, а каретка получает движение назад (рабочий ход), во время которого совершается переход группы объектов на 2-й транспортер. Следовательно, в пределах того же кинематического цикла увеличивается период времени движения транспортера с повышенной скоростью.

в) Обращенная схема с групповым распределением объектов на 2-м транспортере (рис.4)

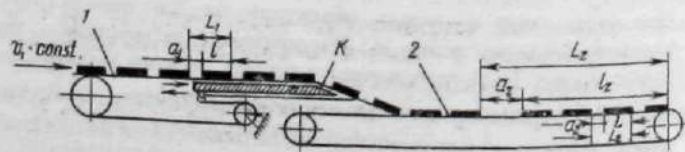


Рис.4. Транспортирующая система с групповым распределением объектов на 2-м транспортере и перегружающей кареткой

Переключавшая каретка также может быть применена. В этом случае при холостом ходе вперед она движется со скоростью 1-го транспортера и относительное движение ленты по каретке будет отсутствовать.

Благодаря этому, при ходе каретки вперед перехода объектов на 2-й транспортер происходит не будет. В этот же период 2-й транспортер для образования межгруппового зазора получает движение с повышенной скоростью.

Итак, возможны системы: $ИМГ_1П_1P_2H_{2к}$, $ИМГ_1^mП_1P_2^mH_{2к}$, $ИМР_1H_1Г_2П_2к$ и $ИМР_1^mH_1Г_2^mП_2к$.

г) Системы с применением ротационного перегружателя (рис 5)



Рис.5. Транспортирующая система с групповым распределением объектов на 2-м транспортере и ротационным перегружателем

Между транспортерами установлен вращающийся карманный перегружатель, скорость вращения которого может быть подобрана так, что он будет укладывать объекты на 2-й транспортер с межгрупповым разрывом a_2 . Эти системы могут быть пригодны для передачи листовых заготовок шарообразной или цилиндрической формы, а также для передачи жестких объектов, например, банок.

Типы систем будут иметь обозначения:

- для нежестких объектов - $ИМР_1H_1Г_2H_{2р}$, $ИМР_1^mH_1Г_2^mH_{2р}$, $ИМГ_1HP_2H_{2р}$, $ИМГ_1^mH_1P_2^mH_{2р}$;
- для жестких объектов - $ИТР_1H_1Г_2H_{2р}$, $ИТР_1^mH_1Г_2^mH_{2р}$, $ИТГ_1H_1P_2H_{2р}$, $ИТГ_1^mH_1P_2^mH_{2р}$.

Контрольные вопросы

1. Какие типы конвейерных установок применяются для транспортировки продукции?
2. Как подразделяются конвейеры по способу перемещения груза?
3. Как подразделяются конвейеры по характеру движения?
4. Какие основные требования предъявляются к конструкциям конвейеров?
5. Что понимается под транспортирующей системой?
6. Какие понятия положены в основу классификации транспортирующих систем?
7. Что понимается под видом системы?
8. Как подразделяются объекты транспортирования в зависимости от их свойств?

9. Что подразумевается под «классом системы»?
10. Что такое «группа системы»?
11. Что подразумевается под понятием «подгруппа системы»?
12. Как обозначаются типы систем?
13. Перечислите основные типы транспортирующих систем, применяемых в поточных линиях пищевых производств.
14. Что представляет собой система I вида для продольной передачи объекта?
15. Что представляет собой система без применения переключивающей каретки?
16. Какой вид имеет система с применением переключивающей каретки?
17. Как выглядит обращенная схема с групповым распределением объектов на 2-м транспортёре?
18. Какой вид имеет система с применением ротационного перегружателя?
19. Как называются транспортирующие предметы?
20. Как расшифровываются типы систем: $ИГГ_1П_1P_2H_2K$, $ПТР_1^mД_1Г_2H_2$

Рекомендуемая литература

1. Лунин О.Г. Поточные линии кондитерской промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1970. - С.155-165; с.166-186.

ЛЕКЦИЯ 8

Тема: Машинно – аппаратные схемы поточных линий пищевых производств

План лекции:

- 8.1. Производство вареной колбасы
- 8.2. Производство макаронных изделий
- 8.3. Производство пастеризованного молока
- 8.4. Производство томатного сока
- 8.5. Производство газированных безалкогольных напитков
- 8.6. Производство хлеба
- 8.7. Мукомольное производство

В данной теме приводятся современные схемы лишь некоторых основных пищевых производств различных отраслей пищевой промышленности.

Известно, что технологические схемы могут быть представлены различными моделями. В данном случае будут использованы машинно-аппаратные схемы (МАС), которые весьма наглядны и дают наибольшее представление о применяемом технологическом оборудовании.

Различие физико-химических свойств сырья и готовой продукции требует применения разных способов обработки и технологических режимов, а также видов технологического оборудования и поточных линий. Поэтому поточные линии каждого из перечисленных производств имеют свои специфические особенности.

8.1. Производство вареной колбасы

Колбасные изделия готовят на основе мясного фарша с солью, специями и добавками, в оболочке или без нее и подвергают тепловой обработке до готовности к употреблению.

Для выработки вареных колбас используют говядину, свинину, баранину, мясо птицы и другие виды мяса в парном, остывшем, охлажденном, подмороженном и замороженном состояниях, субпродукты I-й и 2-й категорий, отпрессованную мясную массу, белковые препараты (кровь, плазму крови, казеинаты, изолированные и концентрированные соевые белковые препараты), а также пшеничную муку, крахмал, молоко, яйцепродукты.

Изготовление вареных колбас состоит из следующих стадий:

- предварительное измельчение мясного сырья;
- посол и созревание мяса;
- тонкое измельчение и приготовление фарша;
- шприцевание фарша в оболочку;
- вязка батонов и их навеска на раму;
- тепловая обработка (осадка, обжарка, варка и охлаждение);
- хранение и упаковка.

Машинно-аппаратурная схема производства вареных колбас представлена на рис.1

После разделки и обвалки мясо направляют на жиловку: отделение соединительной ткани, кровеносных и лимфатических сосудов, хрящей, мелких косточек и загрязнений.

Жилованное мясо на предприятиях малой мощности измельчают в волчке 1 и с помощью напольных тележек 2 транспортируют к смесителю 3, где производят посол. Посоленное мясо выгружают из смесителя 3 в напольную тележку и транспортируют в камеру созревания 4.

На предприятиях средней и большой мощности измельчение и посол мяса осуществляют с помощью посолочного агрегата 5 или комплекса оборудования для посола мяса 6. В первом агрегате измельченное мясо самотеком попадает в смеситель, а во втором — фаршевым насосом перекачивается по трубопроводу от волчка в весовой бункер смесителя. Посолочные вещества подают в автоматические дозаторы в количестве, пропорциональном массе измельченного мяса в деже смесителя. После перемешивания и выгрузки сырье в тележках направляют в камеру созревания 4.

При использовании чашечного куттера 7 для тонкого измельчения и приготовления фарша, последний транспортируют к шприцующей машине 8, которые в напольных тележках с помощью подъемника разгружаются в приемный бункер шприца. В этом случае формование колбасных батонов производят вручную в отрезную оболочку с одним заделанным концом с последующей ручной вязкой батонов шпагатом на конвейерном столе 9 и разгрузкой их на колбасные рамы 10.

На предприятиях с более высокой степенью механизации применяют комбинированные машины для приготовления фарша и автоматы для формования колбасных изделий. Смеситель-измельчитель 11, предназначен для смешивания выдержанного в посоле измельченного мяса с рецептурными ингредиентами и последующего его тонкого измельчения. Формование вареных колбас с изготовлением оболочки из рулонного материала осуществляют на колбасном агрегате 13.

После вязки или наложения петли батоны навешивают на палки, которые затем размещают на рамах 10 и направляют в термокамеру 14 для термической обработки (осадки, обжарки, варки и охлаждения).

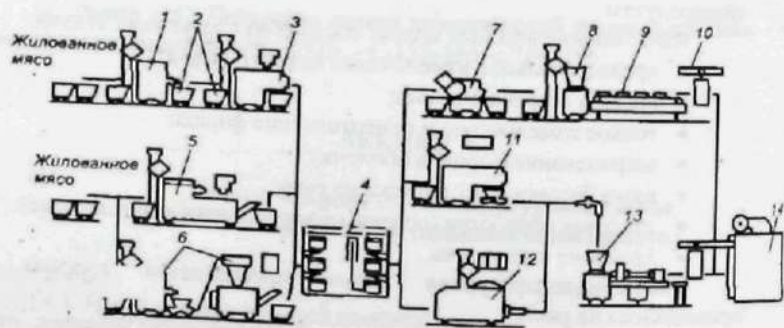


Рис. 1. Машинно-аппаратурная схема производства вареных колбас

8.2. Производство макаронных изделий

Основным сырьем для производства макарон является пшеничная мука, а также питьевая вода. Для повышения пищевой ценности этого продукта иногда используют дополнительное сырье: яйцопродукты, белковые смеси и другие пищевые добавки-обогащители. В производстве макарон применяется мука из твердой (дурум) и мягкой стекловидной пшеницы в виде крупки или полукрупки. Некоторые виды макаронных изделий изготавливают из хлебопекарной муки. Дополнительное сырье преобразуют в жидкие промежуточные полуфабрикаты.

Производство макаронных изделий включает следующие основные стадии и операции:

- подготовка сырья к производству - хранение, смешивание,

просеивание и дозирование муки; приготовление воды и добавок-обогащителей;

- дозирование и смешивание рецептурных компонентов; вакуумирование крошкообразной смеси;
- замес и прессование теста; формование и резка сырых тестовых заготовок;
- сушка, стабилизация и охлаждение тестовых заготовок;
- подготовка макаронных изделий к упаковке; упаковывание изделий в потребительскую и торговую тару.

На рис. 2 приведена машинно-аппаратурная схема линии производства короткорезанных макаронных изделий.

Автомукотовоз с мукой подключают к мукоприемному щитку 6 и загружают муку и один из силосов 5 для ее хранения. При помощи шнековых питателей 4 муку выгружают из различных силосов 5 в нужных пропорциях и смешивают винтовым конвейером 3. После контрольного просеивания в центробежном просеивателе 2 - мука через роторный питатель подается воздуходувкой 1 в тестомесильное отделение. Мука отделяется от транспортирующего воздуха в циклоне 7.

Часть воды и добавки-обогащители через дозаторы 28 загружают в смеситель 21 и приготавливают концентрированную эмульсию. Насосом 26 ее вместе с оставшейся частью воды дозируют в расходный бак 27, снабженный терморегулирующей рубашкой. Из этого бака готовая эмульсия подается насосом 19 в тестомесильное отделение.

Муку и эмульсию дозаторами 8 непрерывно подают в тестомеситель 17. Он имеет три отдельные камеры, через которые последовательно проходит обрабатываемая смесь, что позволяет увеличить продолжительность замеса до 20 мин. На завершающем этапе замеса в последней камере смесь подвергается вакуумированию при помощи вакуум-насоса. Благодаря этому получается более плотная структура макаронного теста без воздушных включений, а в дальнейшем — высушенные изделия с равнопрочной структурой без раковин.

Затем смесь поступает в шнеки макаронного пресса 9. В начальной части шнековой зоны она подвергается интенсивному перемешиванию. Передвигаясь по шнековому каналу к формирующим отверстиям матрицы, она превращается в плотную связанную пластифицированную массу - макаронное тесто. В предматричной камере пресса создается давление 6-12 МПа, под действие которого через матрицу 10 выпрессовываются сырые пряди теста.

Ножи 11, вращаясь в плоскости выходных отверстий матриц, отрезают от тестового потока необходимые по длине тестовые заготовки, которые обдуваются воздухом из кольцевого сопла 12.

Сырые заготовки макаронных изделий направляются в секции вибрационного подсушителя 13. В секции продукт проходит сверху вниз по пяти вибрирующим ситам 14, обдувается воздухом от вентилятора 15 и подсушивается. Затем поток подсушенных тестовых заготовок объединяется

в вибрлотке 16 и элеватором 18 они транспортируются к устройству 20, которое распределяет их равномерным по толщине слоем по всей площади верхнего яруса 23 сушилки 22. Тестовые заготовки, проходя сверху вниз через ленточные конвейеры, высушиваются. В зависимости от ассортимента и производительности линии, в ее состав включают две или три ленточные конвейерные сушилки, установленные последовательно. В них тестовые заготовки проходят предварительную и окончательную сушку.

После сушки нагретые заготовки элеватором 24 и подвижным ленточным конвейером 25 направляются в бункера 29 накопитель-стабилизатора. Там заготовки постепенно остывают до температуры помещения цеха, в них происходит выравнивание влагосодержания.

Готовые изделия системой конвейеров 30 подают в фасовочную машину 31 и упаковывают в коробки из картона или пакеты из полимерной пленки. В машине 32 пакеты упаковывают в торговую тару и отправляют на склад.

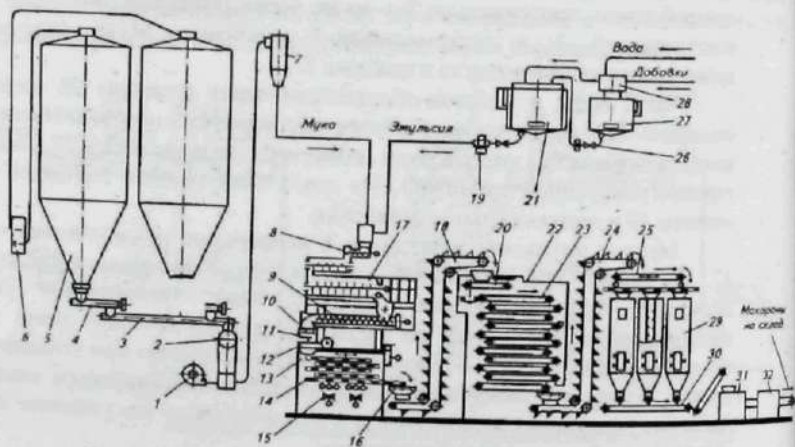


Рис. 2. Машинно-аппаратурная схема производства макаронных изделий

8.3. Производство пастеризованного молока

К молоку как сырью для производства высококачественных молочных продуктов предъявляют требования по физико-химическим, органолептическим и санитарно-ветеринарным показателям. Поэтому получаемое предприятиями молочной промышленности молоко подвергается пастеризации.

Производство пастеризованного молока включает в себя следующие стадии:

- приемку молока и оценку его качества;
- очистку молока, охлаждение и резервирование;

- нормализацию по содержанию жира;
 - подогрев и гомогенизацию;
 - пастеризацию молока;
 - охлаждение;
 - фасование в тару;
 - укупорку и маркировку тары;
 - складирование, хранение и транспортирование готовой продукции.
- Машинно-аппаратурная схема производства пастеризованного молока приведена на рис.3

После оценки качества и приемки молоко из автоцистерн перекачивается центробежными насосами через расходомеры-счетчики 2 в емкость 3.

Принятое молоко проходит первичную обработку, в процессе которой оно сначала очищается от механических примесей на фильтрах или сепараторах-молокоочистителях, а затем охлаждается до 4-6 °С в пластинчатых охладителях 4 и насосами 1 по трубам через уравнильный бачок 5 направляется в емкости хранения 3. Молоко с температурой не выше 10 °С допускается принимать без охлаждения. Охлажденное молоко хранится в емкости 3 и нормализуется.

Нормализацией доводят содержание в молоке жира или сухих веществ до требований стандарта. В зависимости от жирности исходного сырья и вида вырабатываемого молока для нормализации по содержанию жира используют обезжиренное молоко или сливки, по содержанию сухих веществ - сухое обезжиренное молоко. На практике, как правило, приходится уменьшать жирность исходного молока.

Нормализацию молока проводят двумя способами: в потоке или путем смешивания. Для нормализации в потоке используют сепаратор-нормализаторы, в которых непрерывная нормализация молока совмещается с очисткой его от механических примесей.

Перед поступлением в сепаратор-нормализатор молоко предварительно нагревается до 40-45 °С в секции рекуперации пластинчатой пастеризационно-охлаждающей установки 6.

На предприятиях небольшой мощности молоко обычно нормализуют смешиванием в емкостях 3. Для этого к определенному количеству цельного молока при тщательном перемешивании добавляют нужное количество обезжиренного молока или сливок, рассчитанное по материальному балансу. При производстве белкового молока используют сухое молоко, которое предварительно растворяют в емкости 10.

Для предотвращения отстоя жира и образования в упаковках сливочной пробки при производстве молока топленого, восстановленного и с повышенной массовой долей жира (3,5-6,0%) нормализованное молоко подогревают до 40-45 °С, очищают на центробежных сепараторах-молокоочистителях 7 и обязательно гомогенизируют в гомогенизаторах 8 при температуре 45-63 °С и давлении 12,5-15 МПа. Затем молоко

пастеризуют при $76\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) с выдержкой 15-20 с и охлаждают до $4-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ с использованием пластинчатых пастеризационно-охладительных установок 6. Эффективность пастеризации в таких установках достигает 99,98%.

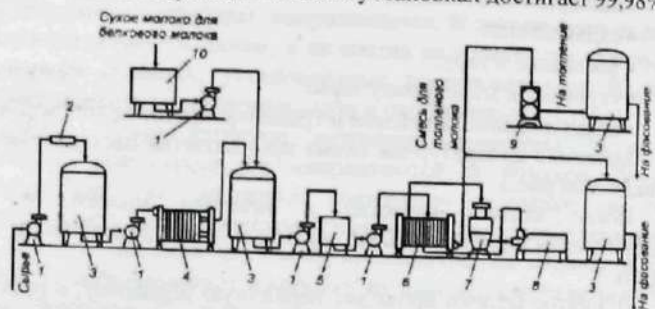


Рис. 3. Машинно – аппаратная схема производства пастеризованного молока

При выработке топленого молока нагрев осуществляют при температуре $95-99\text{ }^{\circ}\text{C}$ в трубчатых или пластинчатых пастеризаторах 9. Выдержку при данной температуре или процесс топления молока проводят в закрытых емкостях 3 в течение 3-4 часов.

После топления молоко охлаждают в пластинчатых пастеризационно-охладительных установках до температуры $4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Затем молоко при температуре $4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ поступает в промежуточную емкость 3, из которой направляется на фасование. Перед фасованием выработанный продукт проверяют на соответствие требованиям стандарта.

8.4. Производство томатного сока

Томатный сок получают из зрелых томатов в виде однородной массы, содержащей мякоть, и консервируют его с добавлением $0,6-1,0\%$ поваренной соли. Томатные соки имеют низкую кислотность и $\text{pH } 5,5-6,5$, что создает благоприятные условия для развития микроорганизмов, в том числе спорообразующих. По этой причине соки стерилизуют при температуре $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 20-30 мин. Для смягчения режимов стерилизации соки подкисляют до $\text{pH } 3,7-4,0$ органическими пищевыми кислотами или смешивают с соками более кислых плодов и овощей. Томатный сок выпускают натуральным или концентрированным.

Консервирование томатного сока можно разделить на следующие стадии:

- очистка, мойка и сортировка сырья;
- дробление (измельчение) томатов;
- нагревание и экстракция томатной массы;
- центрифугирование и протирание томатопродуктов;
- фасование, стерилизация (пастеризация) сока.

Машинно-аппаратурная схема производства томатного сока представлена на рис. 4

Линия консервирования томатного сока состоит из двух последовательно расположенных вентиляторных моечных машин, роликового инспекционного транспортера, гидрлотка, дробилки, сборника дробленой массы, насоса, двух сдвоенных вакуум-подогревателей, прессы, сборника экстрагированного сока, сдвоенного вакуум-подогревателя экстрагированного сока, сборника подогретого сока, жидкостного наполнителя, закаточной машины, оборудования для стерилизации готовой продукции.

Двукратная мойка в вентиляторных моечных машинах 1 обеспечивает полное удаление загрязнений. При перемещении томатов на транспортере 2 сырье за счет вращения роликов переворачивается, что позволяет качественно осуществлять его сортировку и инспекцию. Гидрлоток 3 под транспортером предназначен для удаления отходов.

Проинспектированное сырье ополаскивается водой на наклонном участке транспортера, после чего измельчается в дробилке 4. Дробленая масса собирается в емкость 11, откуда перекачивается насосом 7 в сдвоенный вакуум-подогреватель 12 с вакуум-бачком 10, где нагревается до температуры $60-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ для облегчения отжима сока в шнековом прессе 13.

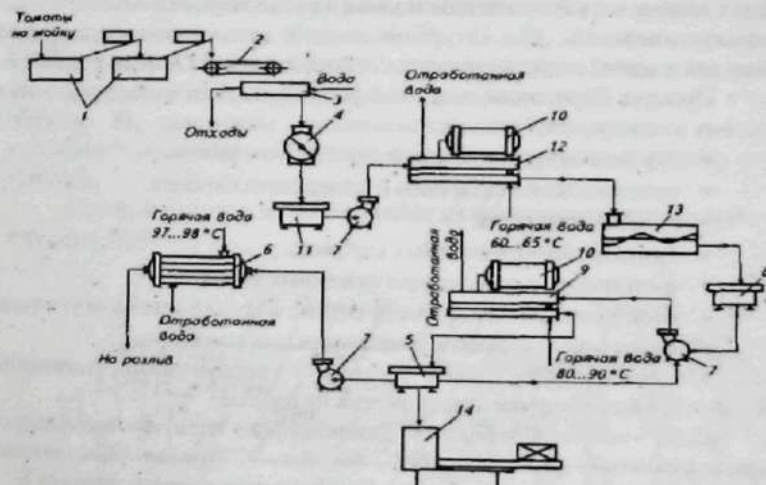


Рис. 4. Машинно – аппаратная схема производства томатного сока

Отжатый сок самотеком поступает в сборник 8, оборудованный поплавковым сигнализатором уровня. Из сборника 8 сок перекачивается насосом 7 в вакуум-бачок 10, а затем в сдвоенный вакуум-подогреватель 9, где нагревается до $85-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем — в сборник 5. При температуре, ниже установленной, сок снова направляется насосом 7 на повторный подогрев в вакуум-подогреватель 9.

При фасовании в тару вместимостью $0,25-0,5\text{ дм}^3$ сок к фасовочной машине 14 поступает из сборника 5. При горячем фасовании в бутылки сок

из сборника 5 подается насосом в теплообменник 6 для нагрева до температуры 97-98 °С. Если линия была остановлена и сок в сборнике 5 остыл, его снова перекачивают в вакуум-подогреватель 9. Сок циркулирует в системе до тех пор, пока температура его не достигнет 85 °С.

8.5. Производство газированных безалкогольных напитков

Газированная вода - питьевая вода, насыщенная диоксидом углерода до содержания 0,4-0,5% к массе воды, с кисловатым вкусом, своеобразной свежестью и способностью утолять жажду.

Основным сырьем рассматриваемых напитков являются вода питьевого назначения, сахар и его заменители. В качестве полуфабрикатов используют осветленные плодово-ягодные натуральные соки, спиртованные, сброженно-спиртованные и концентрированные соки, виноградное вакуум-сусло, натуральные плодово-ягодные сиропы, экстракты, морсы, виноматериалы.

К дополнительным видам сырья относят пищевые кислоты, красители, ароматические вещества в виде настоев, эссенций, эфирных масел, стабилизаторы напитков и диоксид углерода, а также спирт этиловый ректификационный. Для сатурации воды и купажного сиропа применяют пищевой жидкий диоксид углерода с содержанием CO_2 не менее 98,8%.

Процесс приготовления газированных безалкогольных напитков состоит из следующих стадий:

- кондиционирование воды;
- приготовление сахарного и инвертного сиропов;
- получение колера;
- приготовление купажных сиропов;
- фильтрация и охлаждение купажных сиропов;
- насыщение воды или смеси сиропа и воды диоксидом углерода;
- фасование и хранение безалкогольных напитков.

Машинно-аппаратурная схема производства газированных безалкогольных напитков представлена на рис. 5.

Вода - основной компонент газированного напитка - сначала проходит через песочный фильтр грубой очистки 9. Тонкая обесшлаивающая фильтрация воды осуществляется в керамическом свечном фильтре 8.

Для тонкой очистки воды используют фильтр-пресс 7, так же работающий под давлением. Осветленная вода насосом 6 подается на катионитовый фильтр 5 для умягчения. Регенерация фильтра осуществляется с помощью солерастворителя 3 путем изменения тока воды. Умягченная вода подвергается обеззараживанию ультрафиолетовыми лучами в бактерицидной установке 4. Насосом 1 вода подается в холодильник 2, где охлаждается до температуры 4-7 °С и направляется в производство.

Сахар по мере надобности очищают от посторонних примесей, взвешивают и загружают в сироповарочный аппарат 12. Туда же наливают

воду в количестве 40% к массе сахара, подают исправимый брак из цеха и кипятят в течение 20-25 мин. Готовый сахарный сироп насосом 13 подают на охлаждение в теплообменник 14.

В целях предотвращения кристаллизации сахарозы и придания сахарному сиропу мягкого и приятного вкуса, его направляют в сироповарочный аппарат 15 для инверсии. Инвертный сахарный сироп после охлаждения в теплообменнике 17 до 25 °С насосом 16 перекачивается в сборник 22.

Соки и настои из сборника 19, отфильтрованные при необходимости в фильтр-прессе 20, насосом 18 подаются в стальной эмалированный сборник 21. Для растворения лимонной кислоты и эссенции, а также для приготовления разных добавок на предкупажной площадке размещены сборники 24 и 25.

Колер для окраски напитков готовят путем нагревания сахара до 180-200 °С в колероварочном аппарате 10, куда наливают воду в количестве 1-3% к массе сахара. Из колероварочного аппарата 10 колер насосом 11 направляется в сборник 23.

Купажный сироп готовится в вертикальных купажных аппаратах 26-28, снабженных мешалками якорного типа. Все компоненты купажа поступают в аппарат самотеком из сборников 21, 23, 24, 25, смонтированных на предкупажной площадке. Готовый купажный сироп очищается на фильтре 29, охлаждается до температуры 8-10 °С и насосом 30 подается в напорный сборник 31, самотеком перемещается на непрерывно действующую установку для смешивания купажа с водой и насыщения напитка диоксидом углерода.

Готовый напиток затем поступает на фасование в потребительскую или торговую тару.

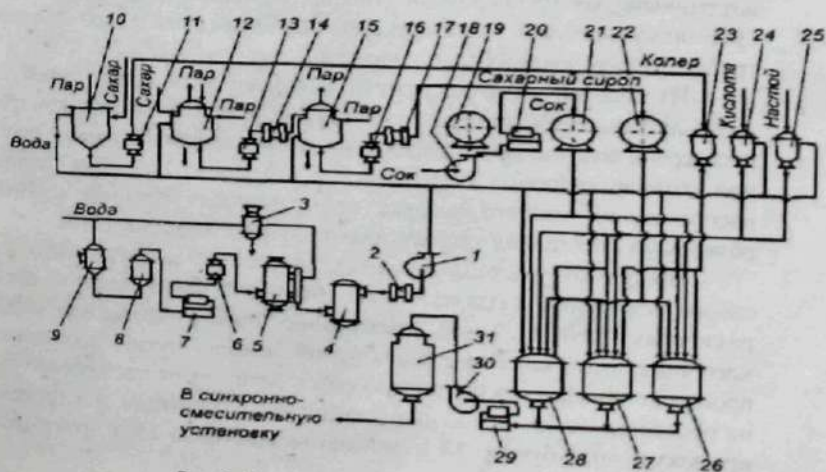


Рис. 5. Машинно-аппаратурная схема производства газированных безалкогольных напитков

8.6. Производство хлеба

Основным сырьем для производства хлеба является пшеничная и ржаная мука, питьевая вода. В качестве дополнительного сырья используют дрожжи, соль, сахар, жиры и различные пищевые добавки.

Приготовление хлеба можно разделить на следующие стадии:

- подготовка сырья к производству: хранение, смешивание, аэрация, просеивание и дозирование муки; подготовка питьевой воды; приготовление и темперирование растворов соли и сахара, жировых эмульсий и дрожжевых суспензий;
- дозирование рецептурных компонентов, замес и брожение опары и теста;
- разделка - деление созревшего теста на порции одинаковой массы;
- формование - механическая обработка тестовых заготовок с целью придания им определенной формы: шарообразной, цилиндрической, сигарообразной и др.;
- расстойка - брожение сформированных тестовых заготовок; после расстойки тестовые заготовки могут подвергаться надрезке (батоны, городские булки и др.);
- гидротермическая обработка тестовых заготовок и выпечка хлеба;
- охлаждение, отбраковка и хранение хлеба.

На рис. 6 показана машинно-аппаратурная схема для производства из пшеничной муки одного из массовых видов хлеба – подового.

Муку доставляют на хлебозавод в автомуковозах вместимостью до 7-8 т. Автомуковоз взвешивают на автомобильных весах и подают на разгрузку. Для пневматической разгрузки муки автомуковоз оборудован воздушным компрессором и гибким шлангом для присоединения к приемному шитку 8. Муку из емкости автомуковоза под давлением по трубам 10 загружают в силосы 9 на хранение.

Из силосов муку выгружают в бункер 12 с применением системы аэрозольтранспорта, который кроме труб включает в себя компрессор 3, ресивер 4 и воздушный фильтр 5. Расход муки из каждого силоса регулируют при помощи роторных питателей 7 и переключателей. Для равномерного распределения сжатого воздуха при различных режимах работы перед роторными питателями устанавливают ультразвуковые сопла 6.

Программу расхода муки из силосов 9 задает производственная лаборатория хлебозавода на основе опытных выпечек хлеба из смеси муки различных партий. Такое смешивание партий позволяет выравнивать хлебопекарные качества рецептурной смеси муки, поступающей на производство. Далее рецептурную смесь очищают от посторонних примесей на просеивателе 13, снабженном магнитным уловителем, и загружают через промежуточный бункер 14 и автоматические весы 15 в производственные силосы 16.

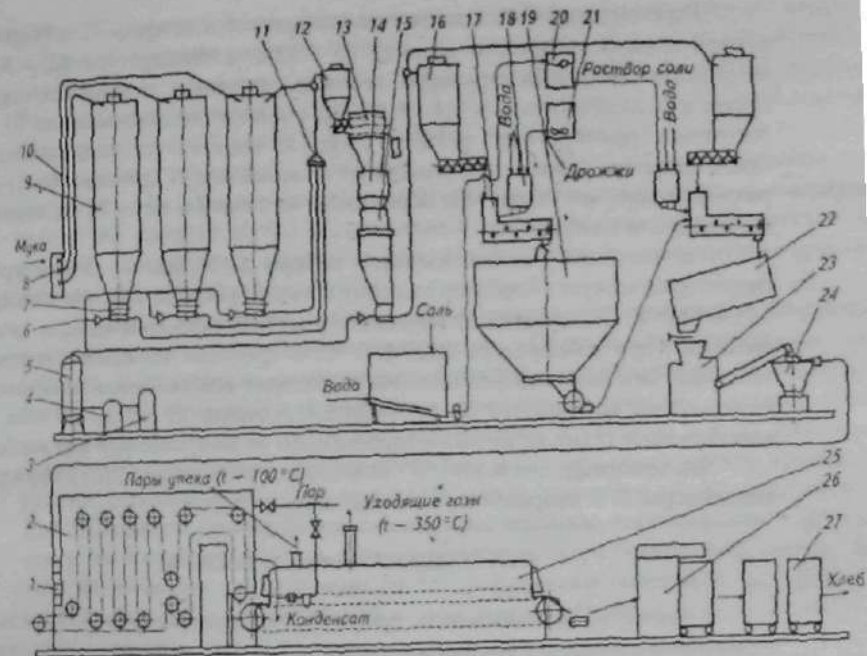


Рис. 6. Машинно-аппаратурная схема производства подового хлеба из пшеничной муки

Дополнительное сырье - раствор соли и дрожжевую эмульсию - хранят в емкостях 20 и 21. Раствор соли предварительно готовят в специальной установке.

В данной линии для получения хлеба хорошего качества используют двухфазный способ приготовления теста. Первая фаза - приготовление опары, которую замешивают в тестомесильной машине 17. В ней дозируют муку из производственного силоса 16, также отtemперированную воду и дрожжевую эмульсию через дозировочную станцию 18. Для замеса опары используют от 30 до 70% муки. Из машины 17 опару загружают в шестисекционный бункерный агрегат 19.

После брожения в течение 4 - 4,5 ч. опару из агрегата 19 дозируют во вторую тестомесильную машину с одновременной подачей оставшейся части муки, воды и раствора соли. Вторая фаза приготовления завершается брожением теста в емкости 22 в течение 0,5 - 1,0 ч.

Готовое тесто стекает из емкости 22 в приемную воронку тестоделительной машины 23, предназначенной для получения порций теста одинаковой массы. После обработки порций в округлительной машине 24 образуются тестовые заготовки шарообразной формы, которые с помощью маятникового укладчика 1 раскладывают и ячейки люлек расстойного шкафа 2.

Расстойка тестовых заготовок проводится в течение 35 - 50 мин. При относительной влажности воздуха 65 - 85% и температуре 40 - 50 °С в результате брожения структура тестовых заготовок становится пористой, объем их увеличивается в 1,4 - 1,5 раза, а плотность снижается на 30 - 40%. Заготовки приобретают ровную гладкую эластичную поверхность. Для предохранения тестовых заготовок от возникновения при выпечке трещин - разрывов верхней корки при перекладке заготовок в печи 25 их подвергают надрезке или наколке.

На входном участке пекарной камеры заготовки 2 - 3 мин проходят гидротермическую обработку увлажнительным устройством при температуре 105 - 110 °С. На среднем и выходном участках пекарной камеры заготовки выпекают при температуре 200 - 250 °С. В процессе движения с подом печи тестовые заготовки последовательно проходят все тепловые зоны пекарной камеры, где выпекаются за промежуток времени от 20 до 55 мин, соответствующий технологическим требованиям на выпускаемый вид хлеба.

Выпеченные изделия с помощью укладчика 26 загружают в контейнеры 27 и направляют в экспедицию.

8.7. Мукомольное производство

Сущность мукомольного производства заключается в измельчении зерна и разделении его составных частей: оболочек, эндосперма и зародыша.

Зерно хлебных злаков имеет сложную твердую, плотную и прочную аморфно - кристаллическую структуру с различными прочностными характеристиками составных частей. Поэтому для его переработки применяют различные машины и аппараты, оказывающие механические и гидротермические воздействия на зерно и продукты его разрушения.

Наружную поверхность зерна очищают от приставшей пыли, отделяют бородки и частично снимают плодовые оболочки и зародыши на обочных и щеточных машинах. В энтолейторах зерно и продукты его измельчения подвергают стерилизации путем ударных воздействий. В результате живые вредители уничтожаются, зерна с личинками разрушаются, а личинки в основном погибают.

При сортовых помолах зерна качество муки повышают путем его гидротермической обработки. В результате такого воздействия ослабляются связи между эндоспермом и оболочками; структура оболочек из хрупкого состояния переходит в пластичновязкое. Все это в совокупности облегчает отделение плодовых и семенных оболочек зерна с минимальными потерями эндосперма. Кроме того, улучшаются хлебопекарные качества муки вследствие воздействия тепла на белковый комплекс увлажненного зерна. На многих этапах мукомольного производства из зерна и продуктов его измельчения удаляют металломагнитные примеси.

Зерно измельчают двумя параллельными цилиндрическими вальцами, вращающимися навстречу одному другому с различными скоростями. Обычно применяют нарезные мелющие вальцы, на поверхности которых нанесены

рифли. Профиль, уклон, количество и взаимное расположение рифлей выбирают в зависимости от требуемой крупности помола и прочностных характеристик измельчаемого зерна. Они должны обеспечивать максимальное количество крупок различных размеров при минимальном выходе порошкообразной муки. Частицы крупки, на поверхности которых сохранилась оболочка, дополнительно подвергают шлифованию - многократному механическому воздействию рабочих органов шлифовальных машин на продукт путем интенсивного трения частиц друг о друга и о рабочие поверхности машины. При шлифовании с поверхности крупок удаляют частицы оболочек.

Значительное место в мукомольном производстве занимают процессы разделения продуктов измельчения зерна. Сначала их просеивают на рассевах и разделяют на несколько фракций, отличающихся крупностью частиц. Затем производят сортирование фракций по качеству, т.е. разделяют на частицы, состоящие из чистого эндосперма, и частицы в виде сrostков эндосперма с оболочкой. Такую операцию называют обогащением крупок и дунстов (промежуточных по крупности между крупой и мукой продуктов). Для обогащения применяются ситовые машины, сортирующие сыпучие смеси по геометрическим и аэродинамическим характеристикам частиц. В этих машинах для сортирования по геометрическим признакам (крупности) служат сита, а по аэродинамическим (главным образом, по парусности) - потоки воздуха.

Крупки и дунсты после сортирования подвергают дальнейшему измельчению на размольных вальцовых станках. Параметры рабочих органов станков и режимы их работы зависят от размеров измельчаемых частиц.

Прочность оболочки зерна значительно превышает прочность эндосперма, поэтому при сортовых помолах для разделения продуктов измельчения применяют ударные воздействия. Продукты размола дополнительно измельчают в быстровращающихся штифтовых и бичевых роторах энтолейторов и деташеров. На последних стадиях драного и размольного процессов осуществляют вымол в бичевых и щеточных машинах. В них исходный продукт подвергают удару и стиранию, в результате чего нарушаются молекулярные силы сцепления между эндоспермом и оболочкой. Происходит отделение эндосперма (в виде муки) от отрубянистых частиц при минимальном их дроблении.

Формирование готовой продукции - муки - по сортам осуществляется путем весового дозирования и смешивания продуктовых потоков с отдельных этапов технологического процесса. Продукцию упаковывают в транспортную тару - тканевые мешки, или в потребительскую тару - бумажные пакеты.

Переработку хлебных злаков в муку можно разделить на следующие стадии:

- очистка зерна от примесей и выделение побочного продукта - кормовых зернопродуктов;

систем направляют в бичевые вымольные машины 37, проход последних обрабатывают в центрифугах 38. В размольном процессе применяют двухэтапное измельчение. После вальцовых станков 30 и 33 установлены деташеры 31 и 35 для разрушения конгломератов промежуточных продуктов измельчения зерна и энтолейторы 34 для стерилизации этих продуктов путем ударных воздействий.

В отсевах 32, 36 и 39 из продуктов измельчения высевают муку, которая поступает в винтовой конвейер 40. Из него муку подают в отсевы 41 на контроль, чтобы обеспечить отделение посторонних частиц и требуемую крупность помола. Далее муку через магнитный аппарат, энтолейтор 42 и весовой дозатор распределяют в функциональные силосы 44. Из них обеспечивается бестарный отпуск готовой муки на автомобильный и железнодорожный транспорт, либо с помощью весовыбойного устройства 45 муку фасуют в мешки, которые конвейером 46 также передают на транспорт для отгрузки на предприятия-потребители. Перед упаковыванием в потребительскую тару муку предварительно просеивают на отсевах 47, а затем упаковывают в бумажные пакеты на фасовочной машине 48. Пакеты с мукой группируют в блоки, которые заворачивают в полимерную пленку на машине для групповой упаковки 49. Полученные блоки из пакетов с мукой передают в торговую сеть.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных стадий состоит изготовление вареных колбас?
2. Из каких элементов состоит машинно-аппаратурная схема производства вареных колбас?
3. Чем отличаются поточные линии производства вареных колбас для малых, средних и крупных предприятий?
4. Каковы основные стадии технологического процесса производства макаронных изделий?
5. Какое оборудование входит в состав машинно-аппаратурной схемы линии производства короткорезанных макаронных изделий?
6. В чем заключается технологический процесс производства пастеризованного молока?
7. Для чего производится нормализация молока?
8. Из какого оборудования комплектуется поточная линия производства пастеризованного молока?
9. На какие стадии подразделяется консервирование томатного сока?
10. Из какого оборудования комплектуется поточная линия производства томатного сока?
11. В чем состоит особенность стадий приготовления газированных безалкогольных напитков?

12. Как готовится купажный сироп для напитков?
13. Что такое колер?
14. Перечислите оборудование, входящее в поточную линию производства газированных безалкогольных напитков.
15. Что является основным сырьем для производства хлеба?
16. Перечислите оборудование, входящее в МАС производства подового пшеничного хлеба.
17. Каково назначение расстойки теста?
18. Параметры процесса расстойки (τ, t, φ_s).
19. В чем состоит сущность мукомольного производства?
20. Какое оборудование является основным в МАС мукомольного производства?

Рекомендуемая литература

1. Лунин О.Г. Поточные линии кондитерской промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – С.108-110.
2. Машины и аппараты пищевых производств. Кн.1. / Под.ред. В.А Панфилова. – М.: Высшая школа, 2001. – С.33-48.
3. Зайчик У.Р. Введение в специальность МАПП: Пищевая инженерия малых предприятий. – М.: Делипринт, 2006. – С.182-250.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЛЕКЦИЯ 1. Научные и инженерные основы строения технологических линий.....	5
ЛЕКЦИЯ 2. Строение технологических систем.....	13
ЛЕКЦИЯ 3. Производительность основного оборудования поточных линий.....	27
ЛЕКЦИЯ 4. Производительность поточных линий, количество машин в поточной линии, расчет площадей, необходимых для размещения линий.....	33
ЛЕКЦИЯ 5. Научные и инженерные основы функционирования технологических линий.....	39
ЛЕКЦИЯ 6. Научные и инженерные основы развития технологических линий.....	44
ЛЕКЦИЯ 7. Транспортирующие системы поточных линий основного производства.....	49
ЛЕКЦИЯ 8. Машинно – аппаратные схемы поточных линий пищевых производств	60

Поточные линии пищевых производств

Курс лекций
по дисциплине «Поточные линии пищевых производств»
для студентов специальности 551802.01 «Машины и аппараты пищевых производств» очной и заочной форм обучения

С.В. Кочнева к.т.н., профессор

Тех. редактор *Н.Е. Субанбердиева*

Подписано к печати 20.11.2009 г. Формат бумаги 60x84¹/1₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 4,87 п.л. Тираж 50 экз. Заказ 488
Цена 67 с.

г. Бишкек, ул, Сухомлинова, 20. ИЦ "Текник" КГТУ им. И.Раззакова,
т.: 56-14-55, 54-29-43
E-mail: ict@ktu.aknet.kg, beknur@mail.ru.