

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

А. Ф. Сорокопуд

Основы теории технологического потока
Учебное пособие

для студентов направления 655800 «Пищевая инженерия», обучающихся по специальностям:

- 170600 – «Машины и аппараты пищевых производств»
- 271300 – «Пищевая инженерия малых предприятий»

Кемерово 2004

УДК 664: 658. 527 (075.8)

Печатается по решению Редакционно – издательского совета Кемеровского технологического института пищевой промышленности в авторской редакции.

Рецензенты: доцент кафедры «Процессы, машины и аппараты химических производств»
Кузбасского государственного технического университета, канд. техн. наук В.А. Плотников;

начальник технического отдела опытно – механического завода ООТ «Кузбассхлеб» А.К. Фолин.

Сорокопуд А.Ф.

Основы теории технологического потока: Учебное пособие. - Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2004 – 104с.

ISBN 5 – 89289 – 298 - 0

Учебное пособие разработано в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для студентов, всех форм обучения по направлению 655800 «Пищевая инженерия» по специальностям:

- 170600 – «Машины и аппараты пищевых производств»
- 271300 – «Пищевая инженерия малых предприятий»

ил. – 24, табл. – 16, библиогр. назв. – 6.

C $\frac{4001010000}{У50(30)-04}$

ISBN 5 – 89289 – 298 – 0

© Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004

Оглавление

	Рабочая программа	5
1.	Конспект лекций	6
	Предисловие	6
	Введение	7
1.1.	Технологический поток как система процессов	9
1.1.1.	Организация технологического потока	10
1.1.2.	Морфология технологического потока	17
	Упражнения	24
	Вопросы для самопроверки	25
1.2.	Строение технологического потока	25
1.3.	Системный анализ и системный синтез технологического потока	27
	Упражнения	39
	Вопросы для самопроверки	40
1.4.	Общая характеристика системы процессов	40
1.5.	Организация технологических линий	48
1.5.1.	Линия как объект технического обеспечения современных технологий	48
1.5.2.	Классификация линий	50
1.5.3.	Интегрирующие свойства оборудования	51
1.5.4.	Обеспечение функциональной эффективности линии	54
1.6.	Строение технологических линий	61
1.6.1.	Функционально – технологические задачи комплекса С	62
1.6.2.	Функционально – технологические задачи комплекса В	64
1.6.3.	Функционально – технологические задачи комплекса А	64
1.6.4.	Функционально – технологический принцип систематизации оборудования	65
1.6.5.	Специализация и интеграция оборудования	67
1.6.6.	Требования к технологическим процессам	69
1.6.7.	Требования к технологическому оборудованию и комплексам оборудования	70
2.	Выбор направления развития технологической линии (пример)	71
2.1.	Описание технологии производства	73
2.1.1.	Оборудование для производства	73
2.1.2.	Этапы приготовления продукции	73
2.1.2.1.	Приготовление основы продукции	73
2.1.2.2.	Охлаждение, кристаллизация и сушка продукта	74
2.1.2.3.	Механическая обработка продукта	74
2.1.3.	Машино – аппаратурная схема линии	74
2.1.4.	Спецификация основных машин и аппаратов линии	77
2.2.	Операторная модель технологической системы производства (линии)	78

2.2.1.	Условные обозначения технологических процессов обработки сред	78
2.2.2.	Составление структурной схемы	78
2.3.	Расчет уровней целостности	78
2.3.1.	Энтропийная оценка стабильности технологического потока	78
2.3.2.	Расчет стабильности и уровня целостности в двух вариантах	80
2.4.	Выбор направления развития линии с использованием монограммы	81
	✓ Контрольные вопросы	83
	Варианты заданий	83
3.	Разработка методики разрешения технических противоречий при совершенствовании поточных линий пищевых производств	84
3.1.	Краткие теоретические сведения	85
3.2.	Методика выполнения работы	87
	✓ Контрольные вопросы	93
4.	Прогнозирование развития элементов технологического потока	94
4.1.	Краткие теоретические сведения	94
4.2.	Методика выполнения работы	98
	✓ Контрольные вопросы	104
	Литература	104

Рабочая программа

Цель преподаваемой дисциплины: выработать знания о способах выбора перспективных конструкций технологического оборудования и умения совершенствовать, разрабатывать и оптимизировать технологическое оборудование на базе системного подхода к его функционированию, выработать навыки в проведении анализа работы технологических линий с целью выявления «узких мест» и разработка мероприятий по их устранению, сформировать представления об основных проблемах и перспективах развития технологических линий пищевых производств и техники в пищевой промышленности.

Наименование тем, их содержание.

№ п/п	Наименование темы и краткое содержание	Кол – во часов	Литература
1	2	3	4
1.	Введение. Технологический поток как система процессов, организация технологического потока.	1	/1 - 6/
2.	Строение технологического потока, системный анализ и системный синтез технологического потока, операторная модель технологического потока. Общая характеристика системы процессов.	4	/1, 2, 4, 5/
3.	Организация технологических линий. Строение технологических линий. Требования к технологическому оборудованию в линии. Развитие технологического потока: целостность, чувствительность, эволюция.	3	/1, 2, 4/

Практические занятия

№ п/п	Темы практических занятий	Кол – во часов	Номер темы	Литература
1	2	3	4	5
1.	Морфология технологических операций.	1,5	1,2	/1, 2, 4, 5/
2.	Морфология технологического потока.	2	2,3	/1, 2, 4, 5/
3.	Операторная модель технологического потока.	2,5	2,3	/1, 2, 4, 5/

1. Конспект лекций

Предисловие

Системный анализ является мощным средством при изучении современной техники, процессов, происходящих в технологии, в живой природе, социальной среде. Цель учебного пособия - в достаточно краткой форме показать возможности и методологическую ценность системного подхода к хорошо известным процессам и оборудованию. Системный анализ позволяет достаточно полно сформулировать требования нового подхода к объекту изучения и его совершенствованию.

Применяя методологию системного подхода, можно существенно повысить эффективность разработки новой техники и технологии перерабатывающих отраслей пищевой промышленности, что является достаточно актуальной задачей. Например, использование системного подхода в химической промышленности, благодаря работам академика Кафарова В. В. и его школы, позволило существенно поднять уровень научных исследований и повысить эффективность проектно - конструкторских работ при создании новых технологий и техники. В последние десятилетия методология системного подхода находит все более широкое применение в пищевой промышленности, разработана теория технологического потока, основой которой является метод, представляющий собой количественное описание уровня целостности большого производственного процесса в технологическом комплексе по результатам диагностики.

Системный анализ в настоящее время широко применяется в различных отраслях пищевой промышленности, достаточно отметить работы /1 - 4/ и другие, имеющиеся в библиотеке института. Еще более широкое представление можно получить, ознакомившись с публикациями в журнале "Хранение и переработка сельхозсырья" и др.

В настоящем пособии приведены основные положения теории технологического потока, изложенные в работах /1, 2/. Основное внимание уделено рассмотрению комплексного подхода к созданию техники предприятий будущего.

Материал изложен проблемно, что позволит формировать у студентов навыки научно - технического мышления, творческого применения полученных знаний в будущей профессиональной деятельности. С этой целью наиболее важные разделы завершаются упражнениями и вопросами для самопроверки.

Представленный материал может быть использован студентами различных инженерных специальностей, связанных с исследованием, созданием и эксплуатацией технологических комплексов различного назначения. Основные положения теории технологического потока полезны аспирантам, научным работникам, и представителям промышленности, занимающимся вопросами совершенствования технологического оборудования и технологических линий.

Введение

Возрастающая потребность различных отраслей народного хозяйства в продуктах пищевой промышленности обуславливает разработку новых принципов подхода к проектированию технологических линий - потоков. Вполне очевидно, что разработка технологических линий должна осуществляться с учетом функционально - целевого назначения системы технологического оборудования, особенностей продуктов производства и особенностей совокупности ограничений, налагаемых спецификой объекта на структуру и функции системы.

Технологическая линия по переработке продуктов предприятий агропромышленного комплекса представляют собой совокупность элементарных процессов. Каждый отдельный агрегат, работающий в составе линии, влияет как непосредственно, так и косвенно на работу других машин и аппаратов.

Учитывая большое разнообразие технологического оборудования, сырья, методов и способов производства, экономических факторов при проектировании и разработке технологических схем возможно получение большого числа структур технологических схем, что создает известные трудности для разработчиков. Такие задачи могут быть успешно решены на основе системного анализа технологического потока.

В нашей стране, в странах ближнего и дальнего зарубежья на протяжении последних 20 - 25 лет ведутся исследования закономерностей образования технологических систем, в тоже время закономерности строения и функционирования технологических систем не получили должного отражения в литературе. Отдельные работы, имеющие философскую направленность, содержат обобщения, которые не могут быть использованы эффективно при изучении развития конкретной технологической системы.

Рассматривая современное пищевое предприятие как систему большого масштаба можно представить ее как совокупность нескольких подсистем, между которыми существуют определенные отношения соподчиненности с тремя основными ступенями качества систем (рис. 1).

Высшая ступень иерархической структуры пищевого предприятия - это система оперативного управления работой цехов всех уровней, планирования запасов сырья и реализации готовой продукции.

Средняя ступень состоит из технологических линий и составляющих специфических технологических операций. Основу средней ступени составляют технологические процессы в поточных линиях.

Низшая ступень состоит из типовых процессов пищевой технологии в определенном машинно - аппаратном оформлении. Любой типовой процесс может быть детализован до уровня элементарных физико - химических и микро - биологических явлений, что и позволяет рассмотреть элементарный процесс как сложную систему.

Развитие пищевой технологии вызывает необходимость развития средней ступени иерархии, поскольку создание технологических линий нового поколения невозможно без всего многообразия ограничений, причин, явлений и т. п.,

которые и обуславливают стохастичность современных непрерывных производственных процессов.

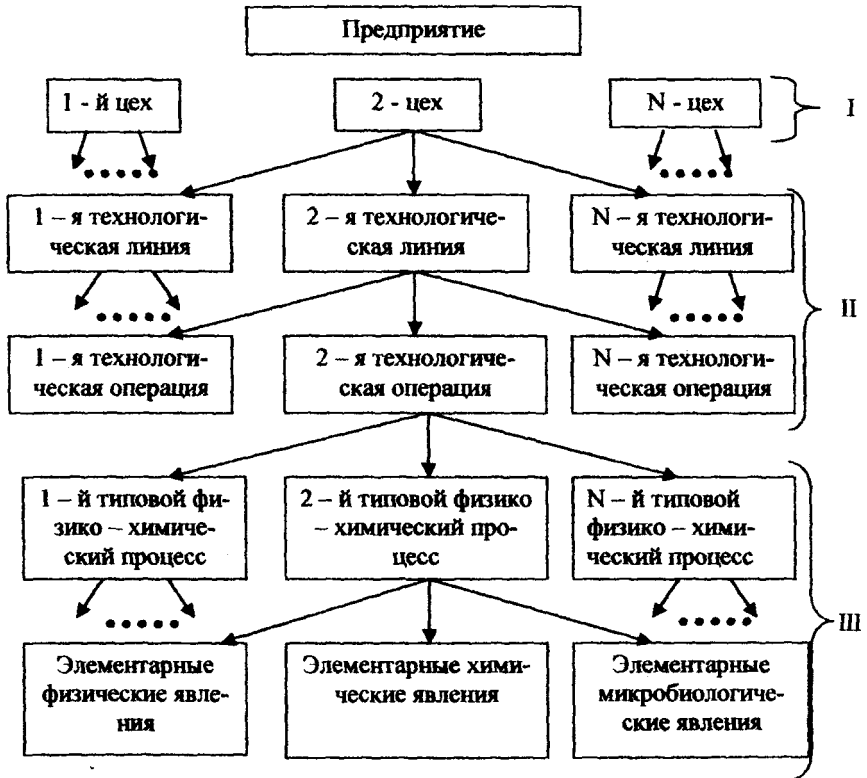


Рис. 1 Схема системы пищевого производства:

I – Подсистема операционного управления, II – Подсистема технологических линий и операций, III – Подсистема элементарных процессов и явлений

При системном решении проблемы предлагается не только применение в отношении объекта изучения отдельных понятий (система, подсистема, элемент, структура, связь, окружающая среда и т. п.), но главным образом построение методологической схемы, в которой они были бы тесно взаимосвязаны. Для этого необходимо выработать новый стиль мышления, связанный с решением комплексных научно – технических проблем, что не всегда просто, как не всегда просто принять новую точку зрения на немногие уже изученные явления.

Основным преимуществом системного подхода к проблеме перед традиционным заключается в повышении эффективности труда инженера.

Исследование и разработка технологической линии как системы процессов должны начинаться с конечного продукта, который является исходным и ключевым моментом системы. Именно ради движения от исходного сырья к конечному продукту формируется, сохраняется, совершенствуется и развивается технологический поток.

1.1. Технологический поток как система процессов

Технологии производств, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, достаточно разнообразны, также как и вырабатываемые продукты. Все технологии можно разделить на четыре группы: физические, физико – химические, химические, биохимические.

Наиболее обширна группа физических технологий: мукомольно – крупяная, макаронная, молочная, кондитерская, мясная, консервная и другие. Эта группа технологий основана на механических процессах (смешение, разделение, измельчение, формообразование и т. п.), а также на различных теплофизических и тепломассообменных процессах (сушка, выпечка, обжарка, варка, стерилизация и т. п.). Взаимосвязь и последовательность механических, теплофизических и тепломассообменных процессов достаточно разнообразна.

К группе физико – химических технологий можно отнести технологии получения сахара, крахмала, растительных масел, некоторых кондитерских изделий, посолки мяса, получения экстрактов из растительного и сырья животного происхождения и др. Общим для таких технологий является применение физических способов извлечения из сырья полезных веществ и химические методы их дальнейшей обработки. Здесь основными являются процессы диффузии, экстракции и т. п.

Группа химических технологий включает: технологию получения патоки и пищевой глюкозы способом гидролиза крахмала с применением неорганических и биологических катализаторов, получение различных жировых продуктов методом гидрогенизации или перэтерификации, получение этилового спирта путем гидратации природного газа и т. п. Основой этих технологий являются химические реакции.

Основой группы биохимических технологий является процесс брожения: приготовление хлеба и хлебопекарных дрожжей, производство пива, виноградного вина, спирта и т. п. Отличительная черта технологий этой группы состоит в использовании микроорганизмов, вызывающих распад углеводов на этиловый спирт, углекислый газ и побочные продукты. Жизнедеятельность микроорганизмов (синтез веществ, размножение и т. п.) связана с затратой энергии, которую они получают при окислении органических веществ.

Процессы в машинах и аппаратах технологических линий по существу объединены в один общий процесс(поток). Несмотря на разнообразие технологий, машинно – аппаратных схем, общим для различных линий является то, что в них организован и функционирует непрерывный технологический поток преобразования химического исходного сырья в готовый продукт. Такой поток имеет свои закономерности, которые необходимо знать; чтобы создавать

высокоэффективные технологические линии. Конструкторское решение линии в целом должно определять конструкции отдельных машин и аппаратов.

1.1.1. Организация технологического потока

Рассмотрим строение и форму технологических операций и технологического потока независимо от конкретных технологий, т. е. их морфологию.

Морфология технологических операций. Любой технологический поток состоит из различных технологических операций преобразования исходного сырья в готовый продукт и процессов транспортирования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции между операциями. Собственно технологические операции выполняют две функции: обработку объекта (технологический процесс) и подачу объекта обработки в рабочую зону (транспортный процесс). Комбинация технологического и транспортного процессов приводит к формированию четырех классов операций.

В операциях первого класса (рис. 2) технологическая обработка массы происходит только после завершения транспортной операции (подачи заготовки в рабочую зону) и наоборот, т. е. один процесс прерывается другим. Это операции дискретного действия.

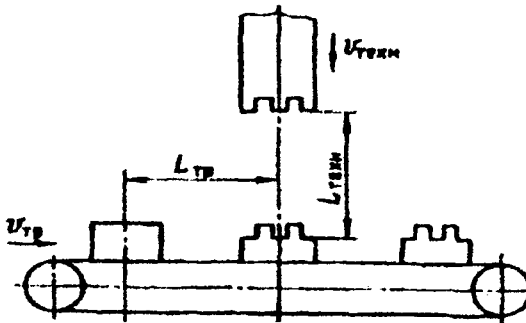


Рис. 2 а) Операции I класса: штампование изделий.

Дозировочное устройство с вертикальными поршнями (рис. 2 б) является основной частью отливочной машины. Хвостовики поршней — 8 вставлены в паз траверсы — 4, которая движется в направляющих — 3, закрепленных на пластине — 2 корпуса — 1 загрузочной воронки. Поршни движутся в цилиндрах, заполненных в общей колодке 7. Уплотнение поршней осуществляется сальниковой набивкой и гайкой — 5.

Колодка цилиндра вставлена в паз корпуса воронки. В нижней части цилиндра находится золотниковая планка 11, совершающая возвратно — поступательное движение в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа. В планке имеются каналы 12, соединяющие полость цилиндра с воронкой; расстояние

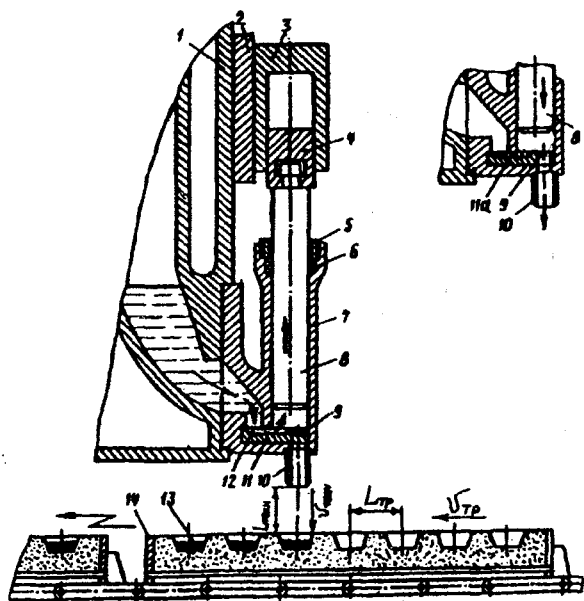


Рис. 26) Операция I класса: устройство для дозирования и формирования массы в отливочной машине.

между каналами равно шагу установки поршней и шагу осей цилиндров. Между каналами в планке просверлены отверстия – 9. Когда золотниковая планка займет положение 11а, отверстия – 9 соединят полости цилиндра с выходными насадками – 10. Канал – 12 планки уйдет из – под цилиндра и разобьет цилиндр и воронку. При движении поршней вверх масса всасывается из воронки в цилиндр, при движении вниз – выдавливается через насадки – 10.

Число поршней равно числу ячеек – 13 в поперечном сечении лотка – 14, которые были выдавлены в крахмале штампующим механизмом.

Производительность Π_1 оборудования этого класса операций определяется длительностью $T_{ц}$ всего технологического цикла обработки объекта.

Цикл состоит из продолжительности технологического $T_{техн}$ и транспортного $T_{тр}$ процессов:

$$\Pi_1 = \frac{1}{T_{ц}} = \frac{1}{(T_{техн} + T_{тр})} = \frac{1}{(L_{техн}/V_{техн}) + (L_{тр}/V_{тр})} \quad (1)$$

где: $L_{техн}$, $L_{тр}$ – значения технологического и транспортного перемещений;
 $V_{техн}$, $V_{тр}$ – технологическая и транспортная скорости.

Для повышения производительности оборудования, выполняющего операции первого класса необходимо сократить $T_{\text{техн}}$ и $T_{\text{тр}}$. Значения $I_{\text{техн}}$ и $I_{\text{тр}}$ полностью определяются свойствами перерабатываемой массы и геометрическими размерами заготовки. Поэтому уменьшения $T_{\text{техн}}$ и $T_{\text{тр}}$ можно добиться увеличением, соответственно $V_{\text{техн}}$ и $V_{\text{тр}}$. Повышение транспортной скорости ограничивается допустимыми значениями ускорений движения исполнительных органов машин, а увеличение технологической скорости – ее допустимыми значениями, определяемыми физико – механическими, теплофизическими и биохимическими свойствами перерабатываемого сырья и материалов. Именно это обстоятельство и является основным ограничением производительности машин, реализующих операции первого класса.

Таким образом, производительность оборудования, реализующего операции I класса определяется продолжительностью как $T_{\text{техн}}$ так и $T_{\text{тр}}$, поэтому длительность цикла $T_{\text{ц}}$ обусловлена технологическими параметрами операции и динамическими возможностями механизма перемещения продукта в зону обработки и из нее. Иными словами производительность в каждом конкретном потоке для каждой конкретной операции задана однозначно и не может быть выбрана из условий экономической окупаемости производительности. По этой причине на базе операций I класса не целесообразно компоновать машины и аппараты в технологические линии будущего. При компоновке таких линий рано или поздно появится противоречие между разными значениями $L_{\text{техн}}$ и $L_{\text{тр}}$, $V_{\text{техн}}$ и $V_{\text{тр}}$ для различных операций в потоке. Неодинаковыми окажутся и циклы операций $T_{\text{ц}}$, что обусловит различную производительность машин и аппаратов в потоке.

Поэтому условие равной производительности необходимое для объединения различных операций I класса в единый поток не выполняется. Одинаковая производительность машин и аппаратов в таких линиях может быть лишь результатом случайного совпадения значений технологических параметров на разных операциях. При более или менее значительном цикле операций вероятность такого совпадения чрезвычайно мала. Таким образом, по своей природе операции I класса не могут служить основой для создания высокоэффективных технологических линий.

Операции II класса характеризуются совпадением во времени транспортного и технологического процессов (рис. 3). При этом транспортный процесс становится непрерывным, а транспортная $V_{\text{тр}}$ и технологическая $V_{\text{техн}}$ скорости равны между собой.

Производительность Π_2 оборудования, реализующего операции II класса, определяется длительностью цикла $T_{\text{ц}}$ обработки сырья рабочими органами.

Этот цикл равен отношению размера матрицы h к технологической или транспортной скорости:

$$\Pi_2 = \frac{1}{T_{\text{ц}}} = \frac{1}{(h/V_{\text{тр}})} = \frac{1}{(h/V_{\text{техн}})} \quad (2)$$

Чтобы увеличить производительность машин, предназначенных для осуществления операций II класса, необходимо увеличить транспортную ско-

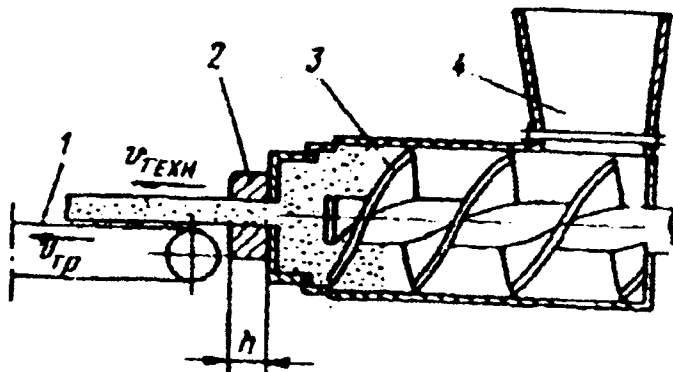


Рис 3. Операция II класса в шнековом нагнетателе при формировании массы:
1 – ленточный конвейер; 2 – матрица; 3 – шнек; 4 – бункер.

рость. Однако, транспортная скорость ограничена и в пределе равна технологической, поэтому повышение производительности ограничивается допустимыми значениями технологической скорости, которая в свою очередь обусловлена свойствами обрабатываемого сырья.

Таким образом, условием одинаковой производительности машин и аппаратов, в которых реализуются только операции II класса, также является равенство технологических циклов. Это условие может быть обеспечено лишь в частных случаях, поэтому вероятность совпадения значений производительности оборудования в таких линиях крайне мала. Существенным отличием операций II класса является то, что вследствие совмещения технологического и транспортного процессов во времени эти процессы не прерывают один другого и могут происходить непрерывно с постоянной скоростью. Значения скоростей технологического и транспортного процессов не ограничиваются предельными ускорениями деталей транспортирующих механизмов. Производительность операций II класса ограничивается лишь доступным значением скорости течения технологического процесса. Вследствие чего высокая производительность сопряжена с жестким технологическим скоростным режимом, но в отличие от операций I класса высокая производительность уже совместима с оптимальными динамическими условиями работы механизмов. Это и обеспечивает важное преимущество операций II класса по сравнению с операциями I класса – повышение коэффициента использования оборудования.

Отличительной особенностью операций III класса (рис. 4) является независимость технологического и транспортного процессов. В таких операциях обработка объектов осуществляется при их непрерывном транспортировании совместно с рабочими органами через рабочую зону по какой – либо замкнутой траектории. Машин, созданные по этому принципу, получили название роторных, поскольку транспортный процесс первоначально был реализован

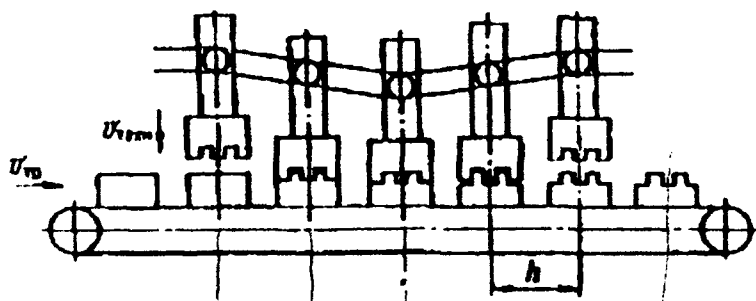


Рис. 4а. Операции III класса: в роторной линии при штамповании изделий.

как вращательное движение.

Цепная штампующая машина (рис. 4б) работает следующим образом. Калиброванный карамельный жгут 1 непрерывно поступает из жгутовытягивающей машины в зазор между верхней 2 и нижней 3 цепями. При сближении их режущие ножи 4 верхней и нижней цепей делят жгут на заготовки, затем их начинают сжимать сближающиеся пуансоны 5 верхней цепи (см. б и в). Внутренние поверхности площадок цепей и рифленные фигурные поверхности пуансонов сжимают заготовку со всех сторон и она приобретает форму и рисунок карамели. После этого цепи и пуансоны разводятся, и готовые изделия направляются на охлаждающий конвейер.

Производительность машин для операций III класса находится аналогично, как и для II класса:

$$П_3 = \frac{1}{T_ц} = \frac{1}{(h/V_{тр})}, \quad (3)$$

где: h – шаг выхода изделия.

Поскольку скорость транспортирования в операциях III класса не ограничивается технологической скоростью, то при создании машин, реализующих этот класс операций необходимо учитывать, что повышение производительности теоретически связано только с увеличением транспортной скорости. Однако, на практике увеличение производительности таких машин приводит к увеличению длины технологической зоны, что необходимо для сохранения заданной продолжительности технологической обработки объекта.

В операциях III класса, имеющих важное значение при организации автоматических линий, также важен характер соотношения между производительностью, динамическим режимом работы машин и технологическим режимом процесса. Если в операциях I класса высокая производительность несовмести-

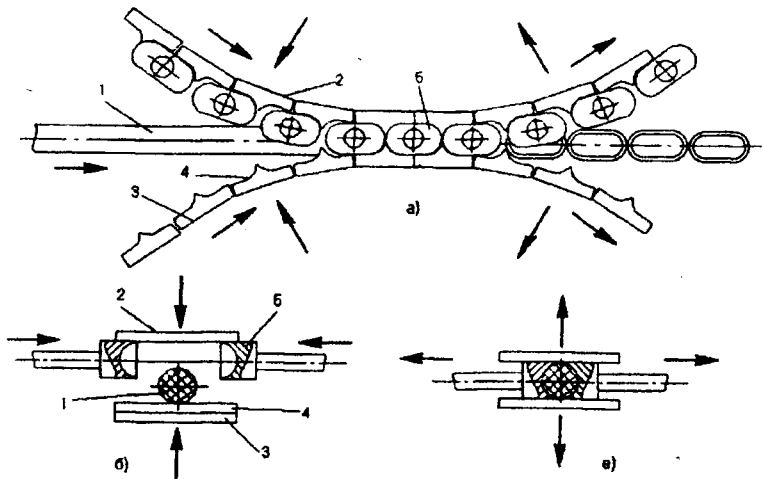


Рис 46) Операция III класса: устройство для дозирования массы продукта в виде жгута круглого сечения в роторной режущей машине (а, б, в).

ма с оптимальными технологическими и техническими режимами, а в операциях II класса – с оптимальными технологическими режимами, то в операциях III класса можно достичь высокой производительности не только без использования больших ускорений в элементах привода, но и без использования больших скоростей технологического процесса. Как бы не была велика заданная производительность, она может быть достигнута в машинах с операциями III класса в результате увеличения скорости транспортного процесса при сохранении любой достаточно малой или достаточно большой (оптимальной) скорости технологического процесса. Таким образом, возможности операций III класса, с точки зрения производительности машин не ограничиваются ни свойствами обрабатываемого сырья и полуфабрикатов, ни динамикой привода и рабочих органов машин. Именно это и позволяет сделать вывод о том, что производительность машин, осуществляющих операции III класса, определяется только скоростью транспортирования.

Использование операций III класса в автоматических линиях перспективно, поскольку при высокой производительности могут быть сохранены оптимальные технологические и динамические режимы, обеспечивающие технологическую и конструктивную надежность при стабильном качестве продукции, минимуме простоев оборудования и максимальном коэффициенте использования машин и аппаратов в технологической линии.

Для операций IV класса (рис. 5) также характерна независимость скорости транспортного процесса от технологической скорости. В операциях IV класса заготовки обрабатываются при транспортировании через рабочую зону. Здесь понятие "рабочий орган" теряет смысл и заменяется понятием "рабочая

зона", которая и осуществляет технологическое воздействие. Более строго машины этого класса операций следует называть аппаратами.

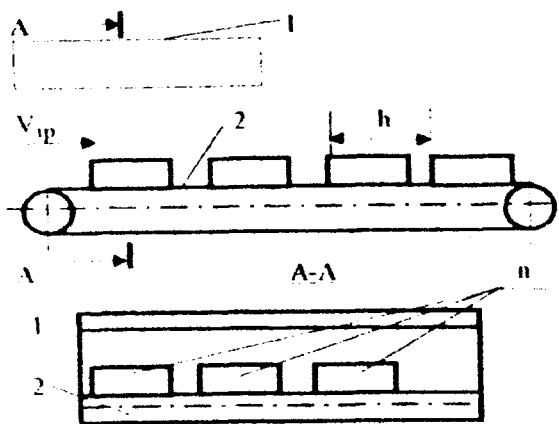


Рис. 5. Операции IV класса: сушка изделий в терморadiационной сушилке. (1 – источник лучей; 2- конвейер).

Производительность оборудования для операций IV класса определяется длительностью цикла $T_{ц}$ выхода одного объекта и количеством объектов (n) в сечении потока

$$\Pi_{ц} = h \left(\frac{1}{T_{ц}} \right) = n \left[\frac{1}{(h/V_{пр})} \right], \quad (4)$$

где: h – шаг объектов в направлении вектора скорости.

Повышение производительности оборудования для IV класса операций может быть достигнуто как увеличением транспортной скорости (при соответствующем удлинении рабочей зоны), так и при увеличении количества объектов по ширине поперечного сечения потока, т. е. можно создавать оборудование практически любой производительности.

Таким образом, только операции III и IV классов обеспечивают оптимальные условия объединения машин и автоматические системы машин и в общем случае могут быть инженерной основой для создания высокоэффективных технологических потоков. Операции IV класса в наибольшей степени соответствуют требованиям высшей формы автоматизации и непрерывности потока, т. е. наиболее близки к идеальным.

Однако далеко не все технологические превращения исходного сырья предприятий агропромышленного комплекса возможно осуществить в опера-

циях IV и даже III класса. Это касается формообразования, ориентирования, дозирования и других процессов. В то же время теоретически многие технологические процессы вполне возможно реализовать в операциях III класса.

В настоящее время многие технологии потенциально предусматривающие операции III класса, все еще не занимают должного места в производстве. Поэтому ускоренное создание широкого ряда машин для операций III класса и распространение их даже на отдельные технологические линии является важнейшей задачей.

Машины для операций III класса могут быть выполнены по двум конструктивным схемам – роторной и роторно – конвейерной.

По роторной схеме рабочие органы закрепляются на жестких роторах, которые сообщают им необходимые транспортные перемещения, *по роторно – конвейерной схеме* рабочие органы монтируют на гибких замкнутых системах – конвейерах.

Целесообразно уже на первых этапах проектирования и разработки технологий предусматривать их реализацию в операциях III и IV классов, т. е. разрабатывать роторные технологии или части технологий, которые могут быть названы роторными. Признаками роторных технологий и роторных потоков должны быть несложные структуры: малооперационность, стабильность свойств сырья и полуфабрикатов, а также параметров окружающей среды, относительная простота рецептуры и формы изделия.

Роторная технология и роторный поток не содержат по своей природе противоречие, присущее остальным технологиям и потокам: производительность – качество. Это технологическое противоречие раскрывается следующим образом: рост производительности снижает качество готовой продукции и наоборот. Именно в этом заключается препятствие к повышению производительности современных технологических линий, содержащих как правило операции I и II класса.

1.1.2 Морфология технологического потока .

В таблице I приведены существующие и принципиально возможные технологические потоки с точки зрения наличия в них операций определенных классов. Класс потока определяется наименьшим классом операции в нём. Достаточно даже одной такой операции, чтобы отнести поток к соответствующему классу. Например, в потоке II класса наименьшим является II класс операции.

Тип потока определяется числом классов операций, его составляющих. Например, поток второго типа состоит только из операций двух каких – либо трех классов. Поток содержащий операции высокого класса прогрессивнее потока, содержащего операции более низкого класса.

Приведенная в таблице I классификация позволяет определить место конкретного потока среди возможных сочетаний классов операций, установить пути совершенствования потока при переходе из класса в класс и из типа

в тип, имея в виду конечную цель – поток (IV) класса первого типа (все операции в потоке только IV класса).

Таблица 1

Классы технологических потоков

Количество классов операций в потоке	Наименьший класс операций в потоке			
	I	II	III	IV
Один	(I)	(II)	(III)	(IV)
Два	(I – II) (I – III) (I – IV)	(II – III) (II – III)	(III – IV)	
Три	(I – II – III) (I – II – IV) (I – III – IV)	(I – III – IV)		
Четыре	(I – II – III – IV)			

Приведенная классификация позволяет принципиально выявить наиболее целесообразный путь достижения потока (IV) класса. Наиболее эффективные решения лежат в верхнем правом углу таблицы, а самый примитивный поток (I) в левом верхнем углу содержит все операции I класса. Преобразование потока (I) в поток (IV) практически идет через потоки второго, третьего и четвертого типов.

Современные технологии перерабатывающих производств – это преимущество потоки (I) класса и частично потоки (II) класса всех типов, содержащие операции механического, теплофизического, биохимического и химического воздействия на сырье. Поэтому потоки (III) и (IV) класса не реальны, наиболее перспективным просматривается поток (III – IV) класса. Такой поток должен содержать все операции двух высших классов от дозированного исходного сырья до упаковки готовой продукции. Однако это линии будущего и над ними следует работать. Развитие технологических потоков связано прежде всего со стабилизацией входов и выходов отдельных операций. Это достаточно сложная задача. Поскольку сырье пищевых производств не обладает достаточно стабильными свойствами по различным причинам. Поэтому применение операций I класса вначале технологического потока позволяет в известной степени нивелировать свойства промежуточных продуктов путем варьирования как продолжительности обработки, так и других факторов, воздействующих на сырье (температура, давление и т. п.)

С целью обеспечения непрерывности технологического потока в условиях

нестабильности входов и выходов, операции (I) класса одного назначения функционируют параллельно и поочередно. Такое «запараллеливание» операций I класса применяется и в начале и в середине потока. Это усложняет структуру потока, но позволяет обеспечить стабильные свойства исходного сырья, что является неперенным условием перехода к технологическим потокам высших классов.

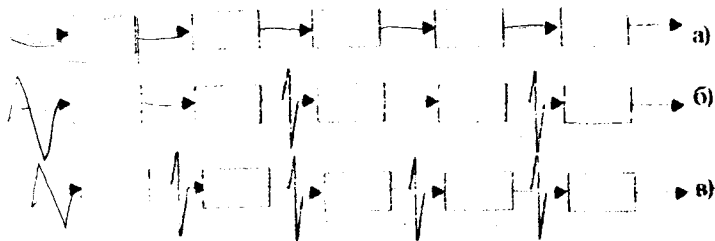


Рис. 6 Схема строения технологических потоков с различными связями: а) жесткой; б) полужесткой; в) нежесткой.

Совершенствование потоков внутри I класса операций неизбежно приведет к созданию и применению роботехники, которая не может быть эффективна, поскольку, по существу, лишь модернизирует примитивные операции I класса. Совершенствование технологии и техники внутри потоков (I) класса зачастую бывает тактически неизбежно и на них следует идти сознательно уступая обстоятельствам. Организация технологического потока определяется не только качеством составляющих его операций, но и видом связей между его отдельными операциями и видом связей ветвей потока. По виду связи между операциями любой технологический поток можно отнести к одному из трех типов (рис. 6).

В потоке с жесткой связью предусмотрена жесткая связь между выходом предыдущей и входом последующей операции. При этом длительность цикла каждой операции должна быть одинаковой или кратной циклу ведущей операции или группы ведущих операций.

В потоке с полужесткой связью могут быть группы операций, имеющих жесткие связи лишь внутри группы. Однако между собой эти группы имеют гибкие связи в виде операций хранения, которые конструктивно реализуются в виде накопителей, бункеров, емкостей, ветвей конвейеров и т. д.

Поток с нежесткой (гибкой связью) характеризуется тем, что операции хранения предполагаются между каждыми двумя технологическими операциями.

По виду связей ветвей технологические потоки могут быть неразветвленные и разветвленные, причем последние могут содержать сходящиеся, расходящиеся и параллельные ветви (рис. 7).

Неразветвленный поток – простейший случай, когда операции составляют одну цепочку и предназначены для преобразования преимущественно од-

ного вида сырья в один вид продукции (выработка цельного молока, патоки из крахмала, картофельных чипсов и т. д.)

Разветвленный сходящийся технологический поток представлен в процессе получения из нескольких видов сырья одного вида продукции (производство хлеба, сыра, карамели, тортов, пирожных, колбас и т. д.).

Разветвленный расходящийся технологический поток возникает при изготовлении из одного вида сырья нескольких видов конечного продукта (получение муки различных сортов при помоле пшеницы, переработка какао – бобов на шоколад, какао – масло и порошок какао, переработка плодов и ягод на экстракт, твердый жом – на пищевую добавку и т. п.)

Технологический поток с параллельными ветвями образуется в случае одновременного функционирования ряда идентичных операций из-за недостаточной их производительности против предшествующих или тех и других одновременно.

В разветвленном потоке можно выделить главные и вспомогательные ветви: на главной выполняются ведущие операции, а на вспомогательной – операции по изготовлению и мойке тары, дополнительных полуфабрикатов и т. п.

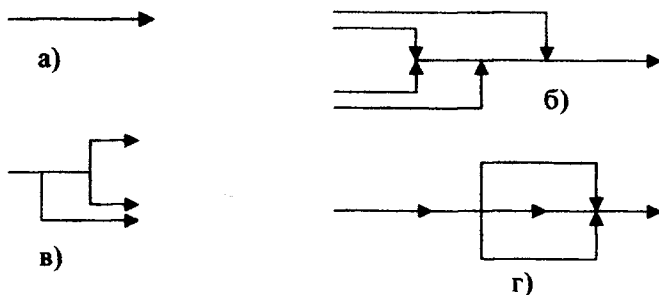


Рис. 7. Схема форм технологического потока:

а - неразветвленный; б - разветвленный сходящийся; в - разветвленный расходящийся; г - разветвленный с параллельными ветвями.

Проблемы развития технологических потоков в идеальные. Современные технологические потоки далеки от идеальных, которые характеризуются тремя параметрами: скоростью V , м/ч; площадью поперечного сечения – S , м²; плотностью – ρ , кг/м³. Произведение этих трех параметров и дает производительность – Π , кг/ч:

$$\Pi = V \cdot S \cdot \rho \quad (5)$$

Для технологических потоков, состоящих из отдельных объектов, существенна еще одна специальная характеристика – ориентация объектов обработки относительно вектора скорости. Чтобы разместить на единице длины

потока наибольшее количество объектов, т. е. обеспечить максимальную производительность потока, необходимо располагать эти объекты в направлении вектора скорости своими минимальными габаритными размерами (рис. 8).

В случае оптимального расположения объектов имеем $\Pi = V/l$, где l – шаг расположения объектов, м/шт. Следовательно идеальный технологический поток должен иметь:

- Среднюю скорость всего времени функционирования и на всем протяжении, равную максимально возможной с точки зрения физической, химической и микробиологической природы обрабатываемого материала;
- Максимальное поперечное сечение на всем своем протяжении;
- Максимальную плотность в направлении его вектора скорости.

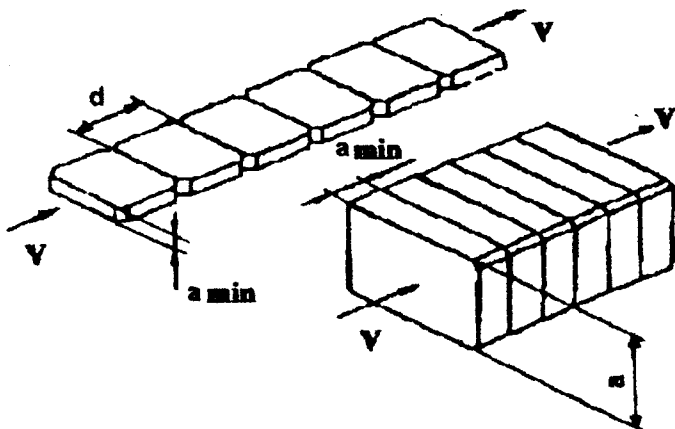


Рис. 8. Схемы технологических потоков дискретных объектов обработки: а – с неоптимальным расположением объектов обработки; б – с оптимальным расположением объектов обработки (с максимальной плотностью потока).

Невыполнение этих условий ведет к снижению производительности потока, накоплению обрабатываемого материала между технологическими операциями и потере его ориентации в случае обработки отдельных объектов. Это вызывает необходимость создания специальных накопителей и ориентаторов.

Таким образом с целью приближения реального потока к идеальному, необходимо передавать обрабатываемый материал или объекты переработки непосредственно с одной операции на другую без потери ориентации их и обеспечить постоянство скорости потока на всех его участках, т. е. создавать поток с жесткой связью (рис. 6. а).

Основными недостатками существующих технологических линий по переработке сельхозсырья являются:

- Непостоянство скорости потока при функционировании оборудования на различных участках и периодичность функционирования вследствие остановок для вмешательства человека.
- Недостаточная и неравномерная плотность потока на всех участках больших расстояний между объектами обработки и их не оптимального положения.
- Наличие неподвижных запасов незавершенной продукции, находящейся в неориентированном состоянии, поэтому в линии имеются различные накопители и устройства для ориентации объектов обработки.

Требования к идеальному потоку и реальное состояние оборудования технологических линий позволяют сформулировать проблемы развития пищевой технологии и пищевого машиностроения:

1. Осуществление одинаковой производительности на всех операциях технологического потока. При неодинаковой производительности каждой операции межоперационная передача объектов обработки превращается из простого перемещения их по одной и той же траектории в распределение на несколько ручьев при переходе от более производительных машин к менее производительным и наоборот, в слиянии нескольких ручьев в один общий поток. Это приведет к значительному удорожанию машинно – аппаратного оформления технологических линий.

Не решает проблемы и выравнивание производительности технологического оборудования по наименьшей производительности. Поскольку более производительное оборудование при этом оказывается недогруженным и простаивает, либо работает с пониженной производительностью.

Решение проблемы неодинаковой производительности заключается в устранении зависимости качества продукции от скорости технологического потока. Только это позволит иметь на всех операциях одинаковую свободно выбираемую производительность, что и позволит полностью решить основное техническое противоречие непрерывного производства: производительность – качество продукции.

2. Сохранение коэффициента использования оборудования при увеличении числа объединяемых в технологический поток операций. Эта проблема состоит в том, что при объединении существующих машин и аппаратов в технологический поток остановка каждой единицы оборудования приводит к остановке линии и, следовательно, к снижению коэффициента использования ее. Вполне очевидно, что начиная с некоторого числа операций нецелесообразен переход от отдельных машин к линиям.

Создание запасов объектов обработки резко повысит стоимость передающих устройств, кроме того создание накопителей приводит к увеличению производственного цикла, объема незавершенного производства и размеров нерационально используемых площадей.

Решение данной проблемы заключается как в сокращении и упрощении технологии, так и повышении надежности оборудования.

3. Третья проблема – универсальность машин и аппаратов. Ее решение позволит обрабатывать сырье с различными свойствами и вырабатывать изделия различной формы. Большинство машин и аппаратов и тем более производственных линий производят, как правило, одно конкретное изделие заданной геометрической формы из одного набора сырья. Переход к выпуску нового пищевого продукта приводит к прекращению использования линии и необходимости создания новой. Учитывая постоянную смену объектов производства и тенденции к ее ускорению, можно сделать вывод о невозможности производства широкого ассортимента пищевых продуктов на основе специальных линий.

Решение данной проблемы состоит в создании линий, осуществляющих одновременное изготовление различных номенклатур изделий, что обеспечивает равномерный выпуск каждой номенклатуры и полностью устраняет частые переналадки линий. Например, производство конфет «Ассорти», когда одновременно вырабатываются изделия разной формы и с разной начинкой.

4. Непродолжительность времени выпуска конкретного продукта, обусловленная малой потребностью или необходимостью большого ассортимента. Решение данной проблемы предполагает обеспечение универсальности линий относительно исходного сырья, и прежде всего формы изделия.

Решение этой четвертой проблемы, с учетом того, что рост частоты смены объектов производства представляет собой одну из общих тенденций развития технологии и техники, должно состоять в устранении потерь рабочего времени при переходе к выпуску на линии нового продукта. Реализация этого требования предполагает как автоматическую смену рабочих органов машин без прекращения нормального движения потока, так и непрерывную адаптацию межоперационных транспортных устройств к сменяющимся объектам обработки.

5. Созданный идеальный технологический поток должен быть рентабельным. Переход к идеальной системе теоретически возможен, но не всегда экономически целесообразен, поскольку затраты оказываются больше экономического эффекта от эксплуатации. Исключения составляют опасные и вредные производства, где основным критерием является не только экономический эффект, а и безопасность производства.

Для объединения технологического оборудования в высокоэффективную линию нужны межоперационные транспортные, управляющие, контролирующие и другие вспомогательные устройства. Все эти устройства не повышают производительности, однако их стоимость сопоставима со стоимостью основного технологического оборудования, что приводит к удорожанию линии в целом и увеличению срока ее окупаемости настолько, что она изнашивается физически, а еще чаще морально раньше, чем окупается.

Следовательно, разрабатывая эффективную систему машин и аппаратов необходимо применять такое технологическое оборудование, производительность которого может быть любой и определяться экономической окупаемостью.

Рассмотренные пять проблем развития технологического потока в сущности показывают направления создания новых технологических линий. При этом методически важно сформулировать идеальные цели, а затем, исходя из реальных обстоятельств и возможностей, решать соответствующие задачи.

Упражнения

1. Приведите известные Вам примеры современных технологий, реализуемых в поточных линиях.
2. Укажите связь развития промышленного производства пищевых продуктов с созданием технологических линий.
3. Обсудите возможность дальнейшей механизации и автоматизации технологических процессов в линиях, рассмотренных по результатам конструкторско-технологической практики.
4. Выполните морфологический анализ самой простой и самой сложной системы известной Вам технологической линии, определите ее строение и форму.
5. Проанализируйте известные Вам технологические линии по производственной практике с точки зрения требований к идеальному потоку.
6. Сформулируйте перечень технологических, технических и организационных действий, которые необходимо предпринять, чтобы перейти от реальных технологических потоков к идеальным для конкретного производства.
7. Рассмотрите целесообразность и своевременность решения перечисленных выше действий.
8. Сформулируйте свой вариант проблем, решение которых ведет к развитию конкретных технологических линий.
9. Проанализируйте перспективы применения операций I, II, III, IV классов при реализации пищевых технологий на малом и крупном предприятии.
10. Выполните морфологический анализ ведущих операций известных по производственной практике технологических линий.
11. По результатам выполнения упражнения 10 выполнить эскизный проект конструкции машины и (или) аппараты, которые бы реализовали ту же технологическую цепь, но в операциях более высокого класса.
12. Исследуйте возможность создания известных Вам технологических линий в операциях только III и IV классов.
13. Рассмотрите возможности операций четырех классов с точки зрения использования их в технологических потоках.
14. Приведите примеры технологических линий, иллюстрирующих классы технологических потоков.
15. Проанализируйте на примерах различие между технологическими потоками (I) и (II) классов.
16. Почему работу над созданием технологического потока следует концентрировать на потоках (III - IV) классов.
17. Представьте эскизно технологический поток известного Вам производства как потоки (II), (III), (IV) классов.

Вопросы для самопроверки

1. В чем принципиальное различие в организации технологического потока производства хлеба из пшеничной муки и технологического потока для производства цельного молока?

2. Какие факторы той или иной технологии обуславливают сложность проблемы создания поточной линии?
3. Каковы основные термины метода системного подхода?
4. Каковы характерные особенности целостной системы любой природы?
5. Что Вы понимаете под «морфологией» технологического потока?
6. Охарактеризуйте идеальный технологический поток.
7. Какой признак положен в основу классификации технологических операций?
8. С чем связано ограничение производительности оборудования для реализации операций (I) и (II) классов и с чем связан рост производительности машин для реализации операций (III) и (IV) классов?
9. Какие признаки положены в основу классификации технологических потоков?
10. Какой смысл Вы видите в создании потока более высокого класса, чем его прототип?

1.2. Стрoение технологического потока

Технологический поток как система состоит из автономных образований – подсистем, в которых технологические операции являются элементами. Невозможно полностью раскрыть закономерности строения технологического потока, ограничившись познанием операций в отдельных машинах и аппаратах.

Системность технологического потока. Технологический поток есть совокупность технологических операций. Он обладает новым, системным качеством, которым не располагает ни один из образующих его элементов. Системное качество заключается в гораздо более эффективном комплексе машин и аппаратов, по сравнению с не объединенными в линию. Более эффективная технология в линии достигается в результате исполнения в более высокой степени совершенства отдельных операций, что и приводит к неизвестной до этого стабильности производства.

Рассматривая технологический поток как технологическую подсистему большой системы, в ней можно выделить внутренние и внешние связи – между подсистемами внутри и внешние с другими подсистемами той большой системы, в которую она входит. Если при этом внутренние связи сильнее внешних, то технологическая система может существовать, если внешние связи становятся сильнее по каким – либо причинам, то целостность нарушается и система в рамках большой системы перестает существовать как целое. Обособление системы из среды, ее целостность, сохранение свойств, устойчивых к внешним воздействиям, предполагает наличие определенной организованности элементов внутри системы.

При низком уровне организации технологическая система по своим свойствам приближается к сумме частей, при высоком уровне наоборот – это непростая сумма элементов. Целостность технологической системы отражает способность составляющих ее элементов вступать во взаимодействия, обу-

славливающие новые, интегративные качества системы, не свойственные образующим ее частям.

Части целостной системы – это те структурные единицы, взаимодействие которых порождает присущие данной системе качественные особенности. Поэтому за элемент технологической системы принята технологическая операция, но не физико – химический процесс. Общий большой процесс в линии рассматривается как система технологическая, но не система физико – химическая. Поэтому технологическая операция и есть тот предел слежения в рамках качества технологической системы и представляет собой нерасчленимый далее элементарный носитель именно этого качества. Расчленение технологической операции означает потерю технологического качества и выход в область физико – химических систем.

Системообразующая роль различных элементов системы неодинакова. Различие в значении элементов системы приводит к понятию централизованной системы, т. е. ведущей роли одного или группы компонентов.

Огромное значение определений специфики той или иной технологической системы имеет структура – внутренняя организация, представляющая собой специфический способ взаимосвязи, взаимодействия образующих ее компонентов. Важнейшей характеристикой структуры служит мера упорядоченности. Поэтому целостные свойства технологической системы определяются не только и не столько свойствами ее структуры, сколько особыми интегративными связями рассматриваемого производственного процесса. Каждой конкретной технологической системе присуща структура, причем с усложнением технологии, с увеличением числа операций усложняется и ее структура.

Структура технологической системы определяется не только последовательностью технологических операций и взаимным расположением машин и аппаратов в линии, но и временной согласованностью течения технологических процессов. Поскольку технологическая система представляет собой большой производственный процесс, то структура системы отражает и организацию элементов (технологических операций) во времени. Как правило, длительность каждой из технологических операций не совпадает со временем функционирования технологической системы. Одни части системы функционируют одновременно, другие – последовательно.

Таким образом, структура технологической системы всегда пространственно – временная. Она предполагает определенную динамическую устойчивость пространственно – временных компонентов целого.

Технологическая система функционирует не изолированно, а в определенной взаимосвязи с окружающей средой производственного цеха. Окружающую среду составляют внешние по отношению к системе процессы, с которыми система так или иначе взаимодействует, изменяя их или изменяясь при этом сама. Объекты, образующие внешнюю среду технологической системы, различно влияют на качество ее функционирования. Они играют различную роль. Системное исследование и предполагает выявление прежде всего необходимых для системы объектов окружающей среды, которые влияют в наибольшей степени и составляют основу существования системы.

Неодинаково взаимодействует с окружающей средой не только различные технологические системы, но и одна и та же система на разных этапах своего развития. На внешние воздействия реагируют и различные элементы и подсистемы технологической системы.

К технологической системе относят те объекты, которые принимают непосредственное участие в формировании интегративных свойств системы.

На вход технологической системы поступают потоки вещества, энергии и информации. В зависимости от функционального назначения на выходе системы доминируют те или иные материальные, энергетические или информационные потоки. Ввиду не идеальности и специфических особенностей используемых технологических процессов выходные потоки несут меньшее количество вещества и энергии, чем их поступает на вход системы. Определенное количество вещества и энергии рассеивается внутри системы и в окружающей среде. Это вызывает ряд отрицательных явлений, основные из которых следующие: неэффективное использование материальных и энергетических ресурсов; вредное воздействие на окружающую среду.

Выходом из создавшегося положения является использование ресурса – и энергосберегающей технологии и техники, а также разработка экологически безопасных технологических систем. При развитой технологии отдельные промежуточные продукты деятельности системы должны быть использованы для производства различных конечных продуктов.

1.3. Системный анализ и системный синтез технологического потока

Системный анализ – это логический способ воспроизведения в мышлении расчлененной объективно существующей целостной системы. В процессе системного синтеза мышление воспроизводит действительное взаимодействие расчлененных в процессе анализа компонентов.

Сущность анализа заключается в расчленении целого на образующие его компоненты, части, в выделении и изучении функций каждой из частей. Системный объект расчленяют не произвольно, а в соответствии с присущими ему закономерностями, его функциями и структурой, с учетом состава компонентов и внутрисистемных связей. Анализ производят с таким расчетом, чтобы можно было воссоздать систему в ее исходном облике – синтез системы. Декомпозиция же элементов системы на составные части обычно при анализе ее целесообразна.

Анализ всегда связан с определенным упрощением исследуемой системы. Благодаря вычлениению основного компонента целого можно увязать между собой как компоненты, части целого, так и этапы, и периоды его исторического становления и развития. Изучение любого объекта (простого или сложного) неразрывно связано с изучением той системы, в которую он входит.

Технологический поток пищевого производства с одной стороны есть совокупность элементов предприятия, с другой – представляет собой целостную систему процессов. Смысл анализа – в определении места и роли каждого элемента в целостной системе. Объект следует расчленять в соответствии с его

функциями и присущими закономерностями строения. Однако самоанализ и есть первый шаг на пути познания закономерностей строения функционирования и развития системы. Здесь имеет место парадокс системного мышления: с одной стороны, системный анализ – инструмент изучения системы, а с другой стороны – инструмент успешно работает лишь располагая определенными сведениями об объекте изучения.

На практике задачи анализа системы решают методом последовательных приближений. Сначала на основе ориентировочных представлений об организации системы выполняет предварительный анализ. В ходе самого анализа уточняют функции, строение и другие особенности системы. Затем проводят новый, более точный анализ и т. д. Такая интерпретационная процедура осуществляется несколько раз.

Приступая к системному анализу технологического потока, следует учитывать, что его компоненты неравноценны в смысле обеспечения уровня целостности, т. е. обеспечения стабильности качественного функционирования. В любой системе имеется центр – одна или несколько частей, в которых осуществляются самые сложные с точки зрения стабильности конечного результата процессы. Выделение этих частей, их границ, связей с другими частями – необходимое условие плодотворного системного исследования.

Необходимость познать основную, главную часть системы вовсе не означает, что эта часть всегда и везде познается во времени первой. Наоборот, чаще всего случается так, что прежде всего в той или иной степени познаются те компоненты, которые «лежат» на поверхности и легче, быстрее поддаются изучению. Однако понять сущность как этих, в какой – то мере уже познанных частей, так и всего целого можно, только уяснив его основу – главную, определяющую, ведущую часть.

Систему, в зависимости от цели анализа можно изучать в обоих направлениях как от входа к выходу, так и наоборот. Если основной интерес заключается в продукции, то процесс в поточной линии целесообразно рассматривать от выхода к входу, а если в вопросах материально – технического обеспечения – то наоборот, от входа к выходу.

Начиная с конца линий обозначим подсистемы А, В, С и т. д., тогда любую поточную линию можно представить как совокупность нескольких подсистем, каждая из которых в качестве элементов содержит минимум две технологические операции, поскольку подсистема не может состоять из одного элемента.

Приняв за элемент технологической системы технологическую операцию, границы которой в современных технологических потоках, как правило, совпадают с границами машин и аппаратов, возможно систему процессов представить в виде операторной модели. В этом случае технологическая операция является совокупностью типовых физических, химических и микробиологических процессов, условные обозначения которых (процессоры) показаны на рис. 9.

Эти тринадцать условных обозначений типовых процессов позволяют графически отобразить любую технологическую операцию перерабатываю

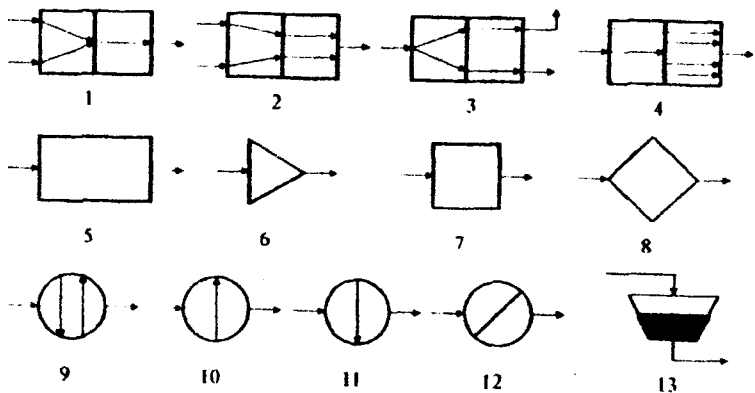


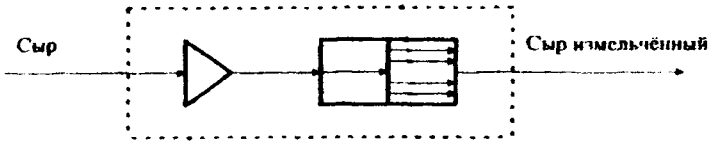
Рис. 9. Условные обозначения технологических процессов обработки сред (процессоры): 1 – соединение без сохранения поверхности раздела (смешивание сред); 2 – соединение с сохранением поверхности раздела (образование слоя); 3 – разделение на фракции; 4 – измельчение; 5 – сложный процесс преобразования (комплекс физических, химических и микробиологических процессов); 6 – дозирование; 7 – формообразование; 8 – ориентирование (в частности, предметов); 9 – термостатирование (поддержание постоянной температуры); 10 – нагревание; 11 – охлаждение; 12 – изменение агрегатного состояния; 13 – хранение.

щих технологий пищевой промышленности. На рис.10 приведены соответствующие примеры.

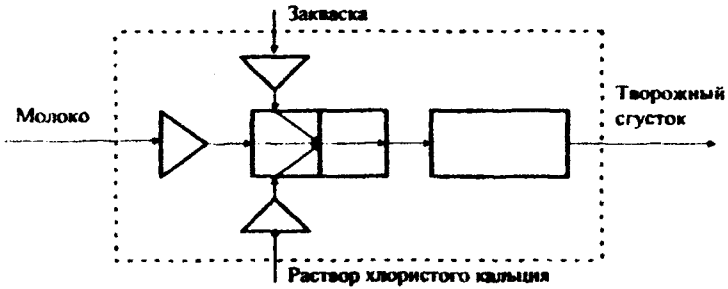
При изображении операций типовые технологические процессы соединяются стрелками - связями. Разрабатывая системы процессов в виде так называемых операторных моделей, достаточно показать лишь материальные потоки, которые связывают между собой типовые процессы, отдельные операции и подсистемы.

Системный анализ технологического потока характеризуется функционально – структурным подходом к объекту. Расчленив систему на составляющие объекты не «разрушив» их, и выделить центр, ведущую часть – вот главное в системном анализе технологического потока. Анализ системы не самоцель. С его помощью можно лишь разобраться в ее сложном строении, проранжировать роли составных частей. Но главную задачу исследования – повышение интегративных закономерностей целого – можно решить с помощью синтеза.

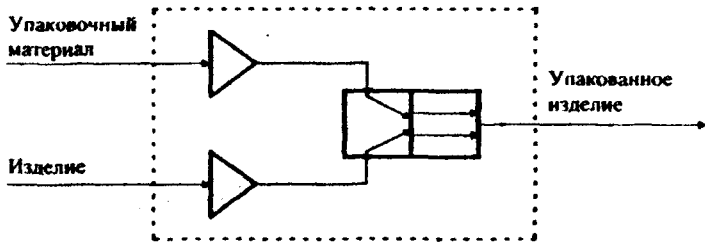
Синтез – это физическое или мысленное воссоединение частей, границы которых были установлены в процессе анализа. Также как и анализ, синтез представляют собой сложный многоступенчатый процесс. Многоступенчатость синтеза обусловлена многоуровневостью синтеза, их неравным развитием. Следует специально отметить, что применение системного анализа и системного синтеза даст



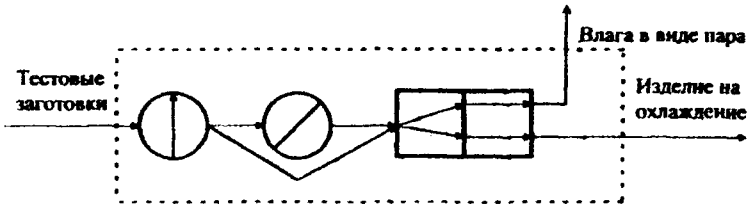
а) измельчение сыра при производстве плавленых сыров;



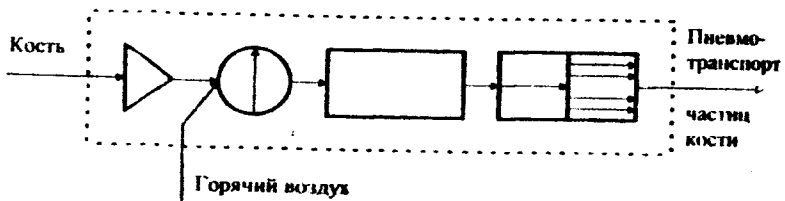
б) получение творожного сгустка из трёх компонентов;



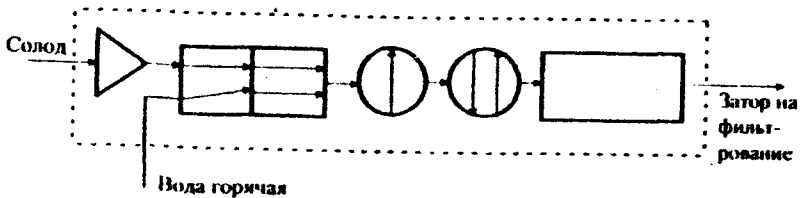
в) упаковка;



г) образование сахарного печенья из тестовых заготовок;



д) измельчение кости в дробильно-сушильном агрегате при производстве мясокостной муки;



е) приготовление затора в заторном аппарате в производстве пива;

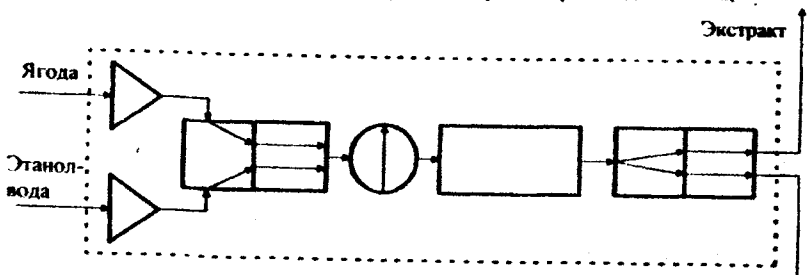


Рис. 10. Примеры условного обозначения технологических операций (операторы).

наибольший эффект при изучении сложного объекта. Системный синтез – это не просто 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 технологических систем – разработка операторных моделей.

Операторная модель технологического потока. В любой технологической системе могут быть выделены процессы преобразования, транспортирования, хранения.

Процессы преобразования – это преобразование вещества (изменение состава, свойств, структуры), энергии (взаимопереходы, трансформация) и информации (обработка, изменение формы представления).

Процессы транспортирования – это перемещение вещества, передача энергии и информации.

Процессы хранения – это хранение вещества (задержка поступления во времени), аккумуляция энергии (накопление), хранение информации (запоминание).

Разрабатывая системы процессов в виде операторных моделей, достаточно показать лишь материальные потоки, которые связывают между собой типовые процессы, отдельные операции и подсистемы, а также систему в целом с внешней средой.

Создание операторной модели начинается с осмысления технологии в целом, тщательного и глубокого анализа сущности всех операций. После этого разрабатывается граф целей и задач системы с выявлением автономных технологических целей – (подцелей) внутри большого производственного процесса. Построенный граф целей и задач отражает структуру системы и способствует выделению подсистем и операций. Последнее становится возможным потому, что подцели определяют функции подсистем, а задачи – функции операций. При этом важно абстрагироваться от существующего машинно – аппаратного оформления, поскольку технология может быть, в принципе, реализована различными техническими средствами.

Этапы построения операторных моделей показаны на рис. 11 – 14.

Графическое изображение операторной модели начинают с построения цепочки типовых процессов (рис. 11). Затем в цепочке выделяют технологические операции (элементы системы), являющиеся минимальными носителями специфического качества данной технологии (рис. 12). При этом по существу уже выполняется процедура системного анализа.

Далее операции объединяются в свои совокупности – подсистемы (рис. 13). Это действие – системный синтез.

Процедуру системного анализа и системного синтеза выполняют поочередно и неоднократно. Такими итерационными действиями уточняют содержание элементов и подсистем и их границ, а также структуру системы.

В окончательном виде операторная модель технологической системы имеет вид (рис. 14).

На операторной модели технологической системы могут быть показаны входные, выходные, управляющие и возмущающие параметры (например, температура, влажность, плотность, кислотность, органолептические показатели и т. п.). Основную трудность при этом составляет не само определение этих параметров, а пределы их возможных изменений (допусков).

На операторной модели могут быть нанесены допуски на параметры и требования к сырью и готовой продукции. Кроме того может быть указана длительность производственного цикла системы в целом в границах ее подсистем.

На рис. 15 и 16 приведены, соответственно, машинно – аппаратная схема по производству подового хлеба и операторная модель этой линии. Для операторной модели приведены следующие следующие обозначения:

А – подсистема образования изделий, соответствующих стандарту, имеющая операторы: I – упаковки хлеба, II – охлаждения хлеба, III – выпечки хлеба;

В – подсистема образования заготовок теста с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – надрезания тестовых заготовок, II – закатки тестовых заготовок и восстановление структуры теста, III – образования из теста предметов заданной формы, IV – образования теста с заданными физико – механическими свойствами, V – образования опары с заданными физико – механическими свойствами;

C1 – подсистема образования промежуточного продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – очистки рецептурной смеси муки от примесей, II – образования рецептурной смеси муки;

C2 – подсистема образования промежуточного продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – очистки рецептурной смеси от примесей, II – образования раствора соли;

C3 – подсистема образования промежуточного продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – очистки рецептурной смеси от примесей, II – образования раствора сахара;

C4 – подсистема образования промежуточного продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – образования жидких дрожжей, II – измельчения дрожжей;

C5 – подсистема образования промежуточного продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – плавления, II – измельчения маргарина.

Аналогично на рис. 17 и 18 представлены машинно – аппаратная схема по производству пастеризованного молока и ее операторная модель.

Для операторной модели приведены следующие обозначения:

A – подсистема образования готовой продукции со стандартными показателями качества, имеющая операторы: I – хранения молока, II – охлаждения упакованного молока в бутылках;

В – подсистема образования упакованного молока с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – укладки молока в бутылках в контейнер, II – розлива молока в бутылки;

C1 – подсистема образования промежуточного продукта с заданными технологическими показателями качества, имеющая операторы: I – температурной обработки молока, II – гомогенизации молока, III – нагрева молока, IV – нормализации молока;

C2 – подсистема образования промежуточного продукта с заданными технологическими показателями качества, имеющая операторы: I – резервирования и хранения молока, II – охлаждения молока, III – приемки и очистки молока;

C3 – подсистема образования бутылок, готовых к наполнению их молоком, имеющая операторы: I – образования чистых бутылок, II – мойки бутылок, III – образование моющего раствора; IV – образования партий бутылок.

Как следует из анализа технологических схем, приведенных на рис. 11 – 18 системы процессов графически изображаются следующим образом: прямоугольник ограничивает систему, которая имеет два или более прямоугольника (на рис. 14 – пять), ограничивающих подсистемы; подсистема содержит два

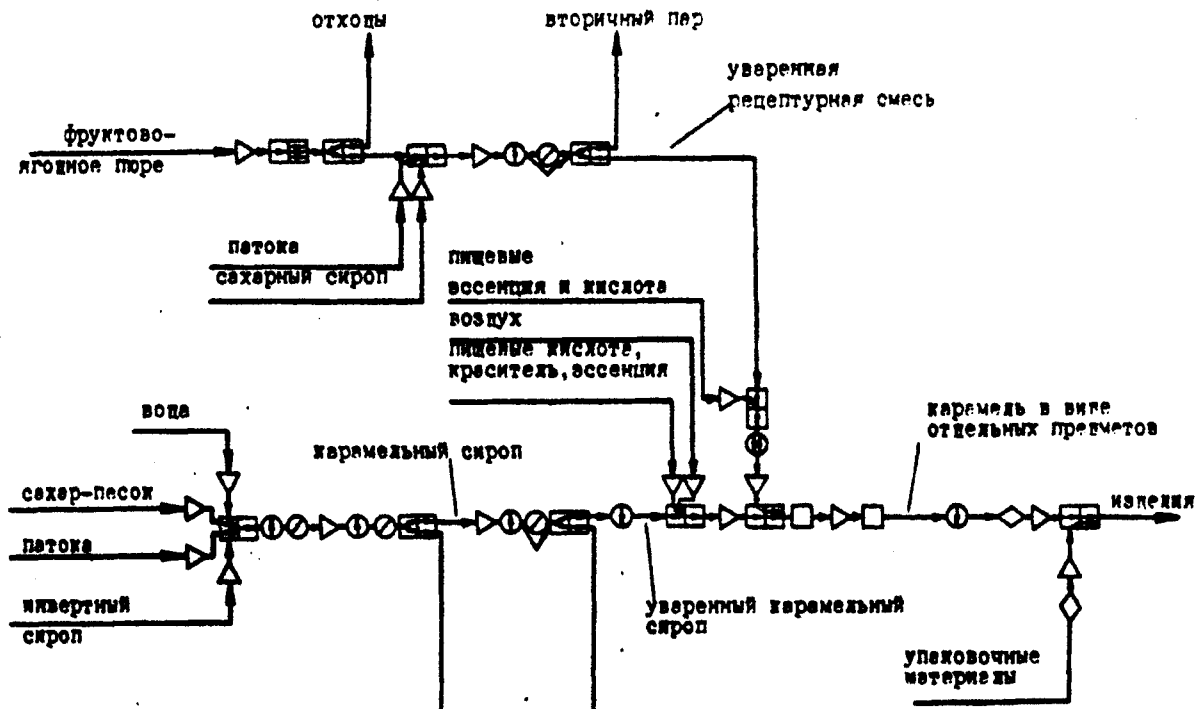


Рис. 11. Изображение цепочки типовых процессов

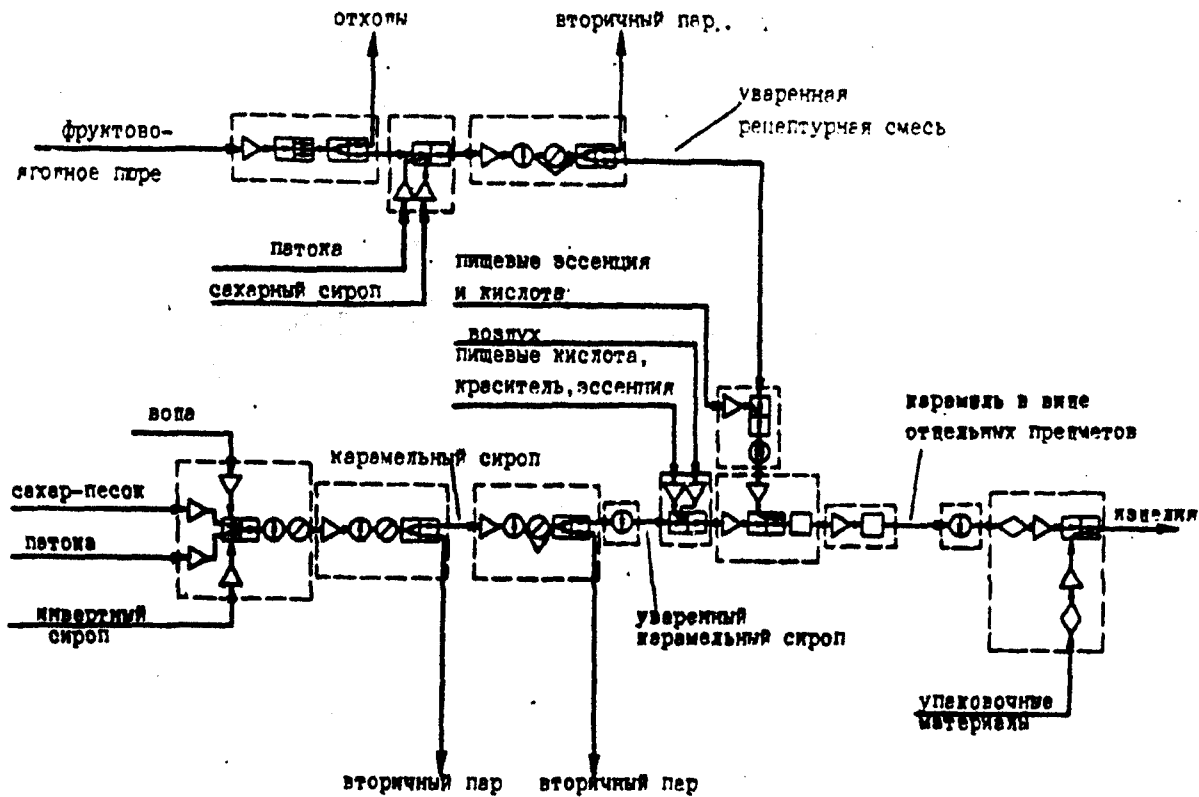


Рис. 12. Выделение технологических операций (элементов системы)

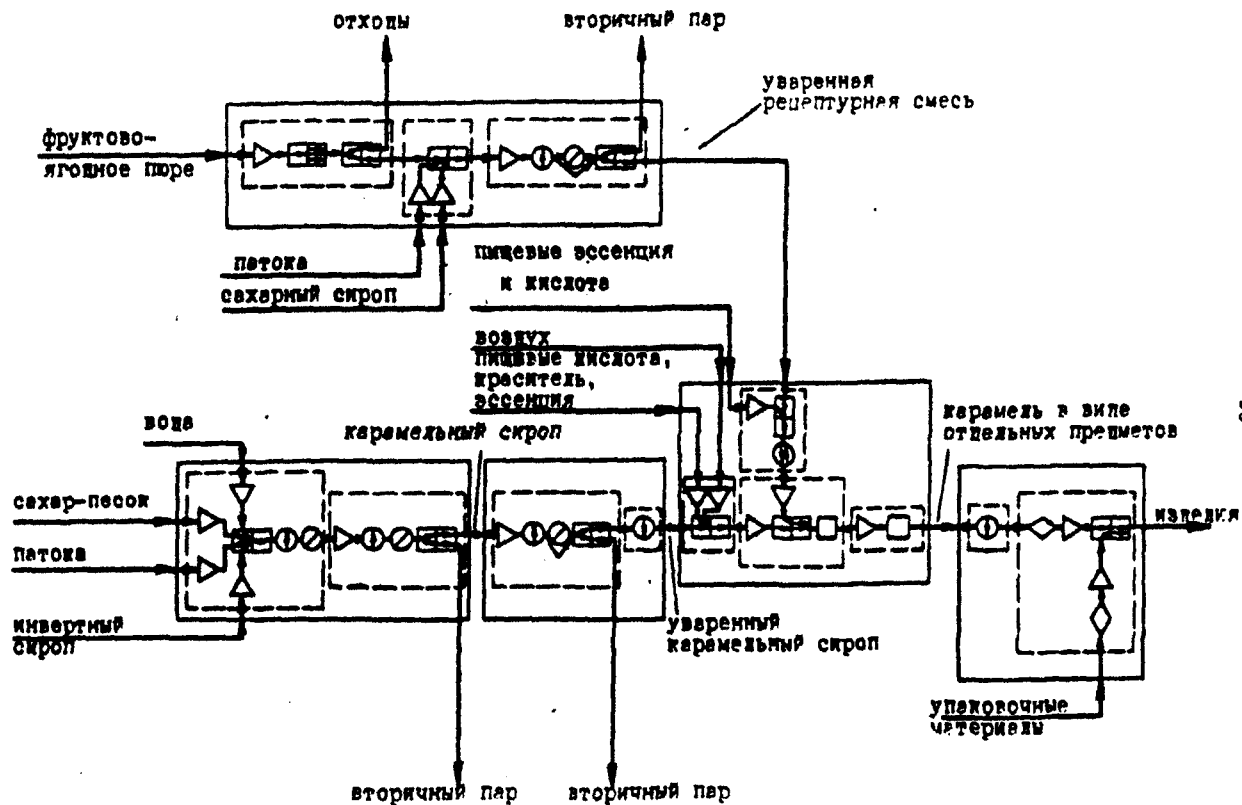


Рис. 13. Объединение технологических операций в совокупности-подсистемы.

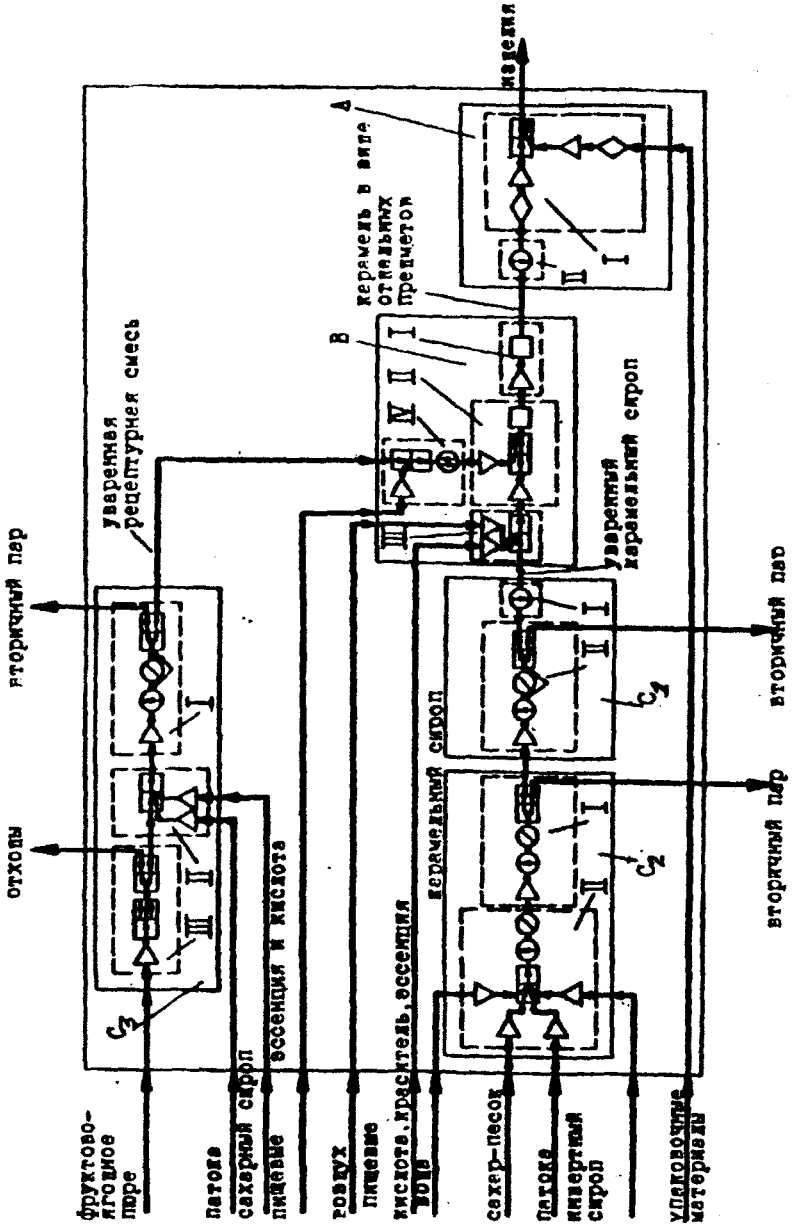


Рис. 14.

или более оператора – например подсистема В – четыре оператора: I; II; III; IV, (рис. 14), которые отражают понятие технологических операций и границы которых в большинстве случаев совпадают с границами машин и аппаратов; оператор в свою очередь, из одного, двух или более процессов (например, оператор IV подсистемы В содержит три процессора), которые отражают в общем случае сущность физических, химических и биологических процессов; линии со стрелками – материальные потоки – являются связями между операторами и подсистемами, а также системой в целом и внешней средой.

Операторные модели отражают, разделяя и взаимоувязывая, две принципиально различные и вместе с тем диалектически связанные стороны любых создаваемых человеком систем: функции, выполняемые системами (т. е. что она делает) и методы (т. е. как и каким способом реализуются эти функции). В операторных моделях функции обозначаются видом связей между операторами, а методы – видом операторов. Это значит, что с помощью операторной модели можно четко разделить и взаимосвязать функции и методы.

Производственные процессы осуществляются на оборудовании, которое со временем изменяется. Элементы же операторной модели более консервативны.

Это позволяет строить функционально – структурные модели.

Качество каждой операции в операторной модели технологической системы определяется тем, как она выполняется. В цепи взаимосвязанных элементов – операторов все методы должны быть равноценны. Поэтому нецелесообразно использовать точные, совершенные методы и средства для выполнения одних функций в системе и менее точных, менее совершенных для других. «Мощность методов» выполнения всех функций в любой целостной системе должна быть примерно одинаковой.

Определяющим в системе является цель ее деятельности, поэтому, рассматривая систему с конца, тем самым допускается, что та же самая цель может быть достигнута различными альтернативными путями, т. е. различным образом организованными системами.

Системный анализ и системный синтез представляют собой первый шаг в системном исследовании технологических линий. Анализ и синтез составляют один этап исследования, т. к. они взаимодополняют друг друга и являются взаимообусловленными.

Упражнения

1. Укажите системообразующую роль различных операций в известных технологиях пищевых производств.
2. Рассмотрите роль связей в формировании технологического потока как системы процессов.
3. Сформулируйте требования к окружающей среде известных технологических потоков.
4. Опишите трудности системного анализа реального технологического потока.
5. Рассмотрите 13 условных обозначений типовых технологических процессов и возможный спектр сочетаний этих процессов в пищевых производствах.

6. С помощью условных обозначений технологических процессов графически изобразите некоторые операции производства макаронных изделий, помадных конфет, подового хлеба и др.
7. В известных Вам технологических линиях укажите операции, которые являются ведущими, основными, определяющие центр технологического потока
8. Рассмотрите практические аспекты функционально – структурного подхода в процедуре системного анализа.
9. Покажите входные и выходные параметры некоторых подсистем известных технологических потоков.
10. Попробуйте выделить подсистемы, сформулировать структуру систем процессов.
11. Приведите примеры композиции как известных ранее, так и новых функциональных моделей технологических систем.
12. Приведите примеры уровней структурной организации технологических систем перерабатывающих производств.
13. Определите возможности упрощения и сокращения технологических потоков известных Вам производств.
14. Укажите на выходах подсистем известных, технологических потоков, основные параметры и допуски на эти параметры.
15. Предложите способы стабилизации основных выходных параметров подсистем в известных технологических потоках.
16. Рассмотрите возможность агрегатирования оборудования, реализующего операции в центральных подсистемах известных технологических потоков.

Вопросы для самопроверки

1. Почему за элемент технологической системы принята технологическая операция?
2. В чем суть устройства и организации технологического потока как системы процессов?
3. Каковы основные характерные черты функционально – структурного подхода к системному анализу технологического потока?
4. Каков порядок расчленения технологического потока в процессе его системного анализа?
5. Почему процедура системного синтеза дает наибольший эффект при изучении сложного объекта?
6. Почему процесс системного анализа и системного синтеза технологических линий является творческим процессом?
7. Какие аспекты технологического потока подчеркиваются при рассмотрении его как целостной системы процессов?

1.4. Общая характеристика системы процессов

На рис. 15 приведена машинно – аппаратная схема производства подового хлеба из пшеничной муки. Мука доставляется автомуковозом. При разгрузке

емкость автомуковоза подключают с помощью гибкого шланга к приемному щитку – 8. Мука под давлением по трубам – 10 передается на хранение в силосы – 9, из них мука забирается роторным питателем – 7 и через переключатель – 11 поступает в бункер – 12, далее – в просеиватель – 13 и промежуточный бункер – 14. Из него мука через автоматические весы – 15 подается в производственные силосы – 16, из которых в тестомесильную машину – 17.

Система аэрозольтранспорта кроме труб включает в себя компрессор – 4, ресивер – 5 и фильтр – 3. Для равномерного распределения сжатого воздуха при всех режимах работы перед роторными питателями установлены ультразвуковые сопла – 6. Жидкие компоненты подаются в тестомесильную машину из расходного бака – 21 через дозировочную станцию – 18.

Опара, образующаяся в тестомесильной машине – 17, подается на брожение в шестисекционный бункерный агрегат – 19. Выброженная опара насосом подается во вторую тестомесильную машину, в которую в необходимом количестве через соответствующие дозаторы поступает мука и жидкие компоненты из бака – 20.

Тесто выбраживается в емкости – 22, после чего стекает в тестоделитель – 23. Шарообразная форма кускам теста придается в округлительной машине – 24. Затем тестовые заготовки маятниковым укладчиком – 1 раскладываются в ячейки люлек расстойного шкафа – 2, где находятся 40 – 50 мин.

После расстойки тестовые заготовки пересаживаются на подпечи – 25. Выпеченные изделия с помощью укладчика – 26 загружаются в контейнеры – 27 и направляются через остывочное отделение в экспедицию.

На рис. 16 представлена операторная модель линии по производству подового хлеба из пшеничной муки.

На рис. 17 приведена машинно – аппаратная схема линии производства пастеризованного молока: молоко из автомолодистерн насосом – 1 перекачивается через счетчик – 2 в емкость для хранения – 3, имеющую термоизоляцию.

Затем молоко охлаждается до 4 - 6°C в пластинчатом охладителе – 4 и поступает в емкость – 5, где нормализуется путем смешивания с рассчитанным количеством обезжиренного молока или сливок. Молоко может нормализоваться и путем отделения сливок в сепараторах – нормализаторах. В этом случае нормализацию молока при хранении не проводят.

Подогревание сырого молока до 62 - 63°C перед его очисткой осуществляется в рекуперационной секции пластинчатой пастеризационно – охладительной установки – 7, куда молоко подается насосом через уравнильный бачок – 6. Для очистки от механических загрязнений используется центробежный сепаратор – молокоочиститель – 8, в который молоко поступает из установки – 7. Очищенное молоко гомогенизируется в гомогенизаторе – 9 и направляется в секцию пастеризации установки – 7, где его температура повышается до 74 - 76°C в результате теплообмена. Из секции пастеризации молоко подается в секцию рекуперации и охлаждения.

Из пастеризационно – охладительной установки молоко направляется в промежуточную емкость – 10, а из него – на розлив.

Графическое изображение технологического потока в виде системы процессов (рис. 14, 16, 18) стало возможным после привнесения в технологию пищевых производств идей системного анализа и системного синтеза. Поэтому можно сказать, что технологический поток, представленный операторной моделью, есть результат системного рассмотрения технологии.

На рис. 14, 16, 18 представлены потоки сырья, которые претерпевают самые разнообразные превращения, прежде чем превратиться в готовый продукт. Технологические подсистемы составляют автономные части (узлы) этих потоков. В подавляющем числе технологических потоков перерабатывающих отраслей содержится четыре – пять подсистем. Поток движется слева направо, причем он образуется значительным набором исходного сырья и материалов, а выход имеет, как правило, один. За пределы системы из подсистем выходят различные отходы и влага.

Вопросы экологии и утилизации отходов остаются за пределами конкретной системы процессов. Подсистемы в большинстве производств связаны последовательно, хотя имеют и параллельные участки потоков.

Связь операций в подсистеме, которая представляет собой совокупность от двух до пяти технологических операций, часто трудно различить, где кончается одна и начинается другая операция. Именно здесь начало решения проблемы агрегатирования оборудования линий и блочно – модульного построения системы машин для пищевых производств.

На рис. 18 приведена модель линии по производству пастеризованного молока.

Операция в потоке – минимальный носитель качества технологии, т. е. элемент системы. Вместе с тем она сама может рассматриваться как система.

Таким образом, технологический поток выступает как целостная система, поскольку вполне однозначно рассматривается цель его функционирования и управления им. Поток имеет определенную структуру и распадается на ряд подсистем. Он имеет иерархическое строение, а состояние его элементов и подсистем непрерывно изменяется, поэтому для технологического потока характерны закономерности целостных систем.

Современные технологические потоки громоздки, в их основе лежат традиционные способы трансформации сырья в продукт, что и влечет за собой большую энергоемкость. И здесь имеются большие резервы в повышении уровня организации (целостности) технологических потоков как систем процессов.

Сложность современных технологических потоков во многом обусловлена значительным диапазоном свойств сырья растительного и животного происхождения.

Концепция системности требует рассмотрения всего процесса производства пищевой продукции как системного комплекса, состоящего из двух систем: системы производства и системы переработки сырья (рис.19). В этом комплексе перерабатывающая часть должна выдвигать целый ряд требований

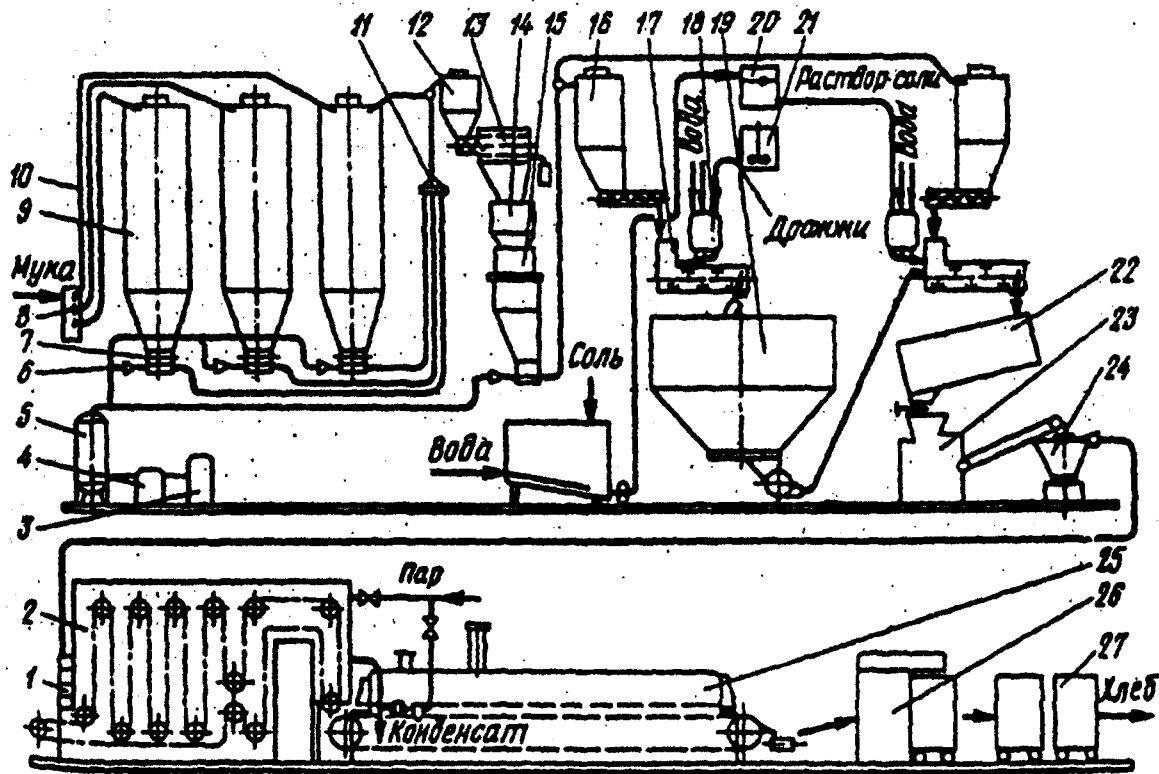


Рис. 15. Машино-аппаратурная схема линии производства подового хлеба из пшеничной муки.

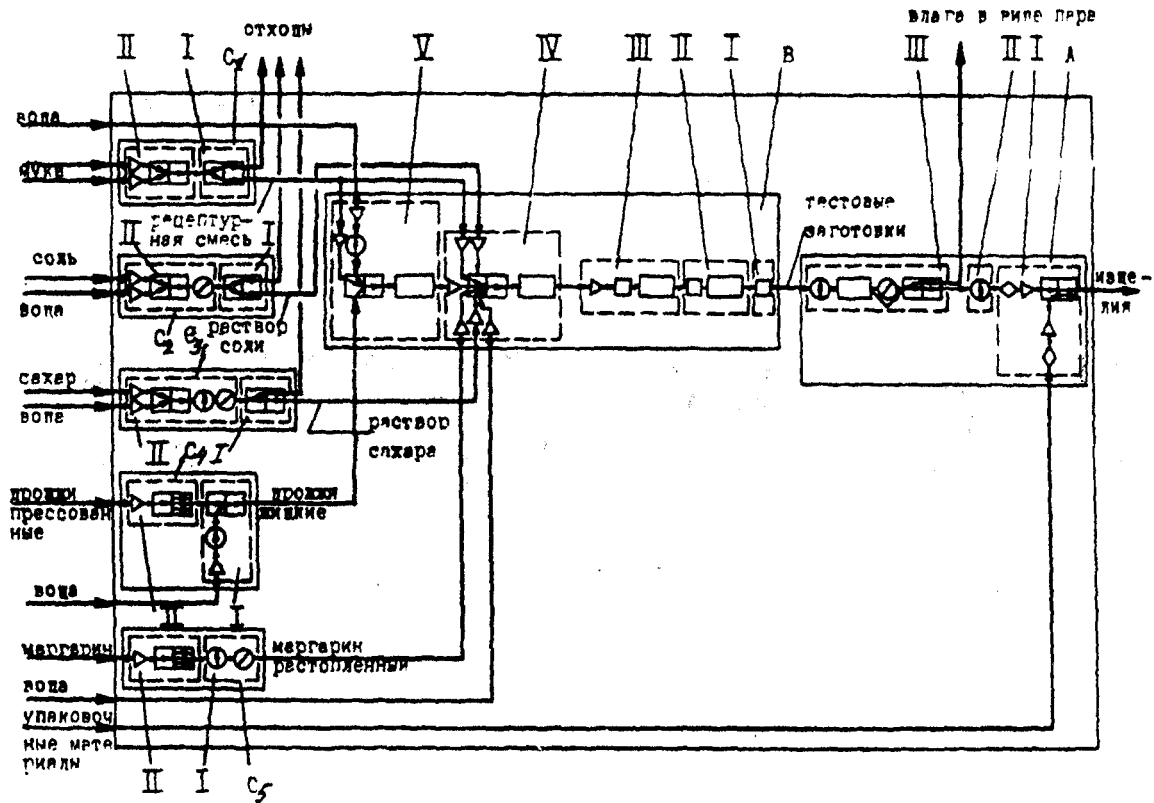


Рис. 16. Операторная модель технологической системы производства подового хлеба из пшеничной муки.

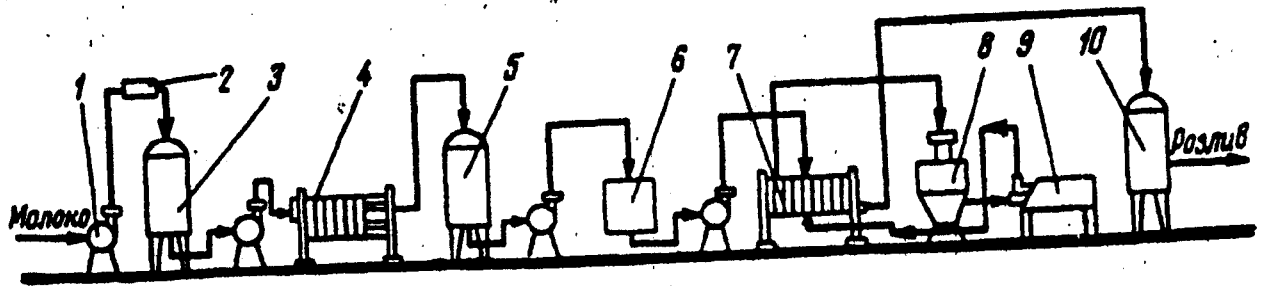


Рис. 17. Машино-аппаратурная схема линии производства пастеризованного молока

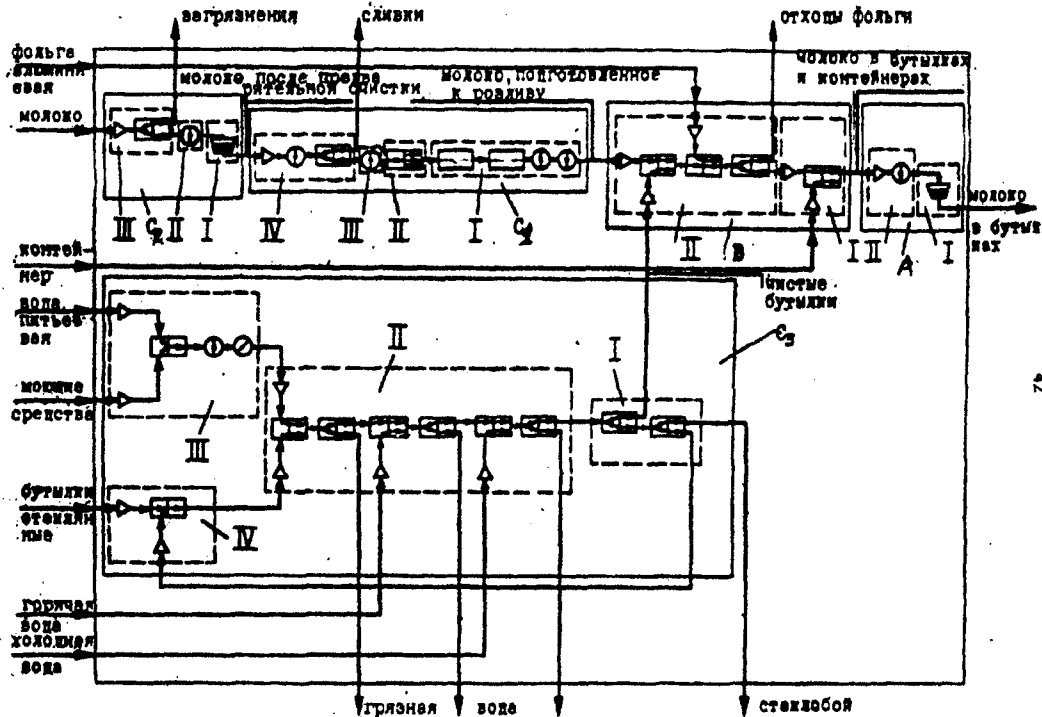


Рис. 18 Операторная модель технологической линии производства пастеризованного молока

Рис. 18. Операторная модель технологической линии производства пастеризованного молока.

к выходу производящей части, т.е. к сырью:

- Стабильность свойств (размеров, формы, массы, химического состава и др.)
- Простые условия разделения ценной части и сопутствующей.
- Оптимальное соотношение содержания ценных и балластных веществ и др.

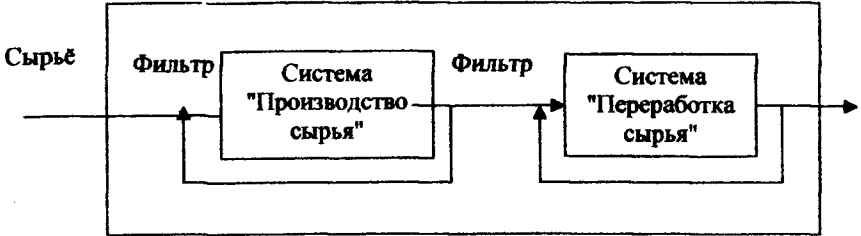


Рис. 19. Схема системного комплекса производства и переработки сельскохозяйственного сырья.

Выполнение этих требований для конкретной перерабатывающей технологии позволил не только значительно упростить ее, но и создать более простые конструкции машин и аппаратов.

Рассмотрим ряд примеров. Принципиально нет технических ограничений на создание автомата для удаления глазков с клубней картофеля после очистки его от кожуры. Но если клубни картофеля будут иметь глазки наружу - задача упрощается, т. к. глазки будут удаляться непосредственно при очистке. Такой картофель выращивается в Нидерландах специально для машинных технологий.

Условия создания рациональной технологии выдвигают следующие требования к крупяным культурам:

- просу - шаровидная форма, диаметр не менее 1,6 мм для эффективного отделения 01 сорняков, наличие нераскрывающейся при созревании пленки, что предотвращает микробное заражение ядра;
- рису - устойчивость к трещинообразованию, высокая прочность ядра к сжатию, что позволяет интенсифицировать процесс очистки;
- ячменю - минимальная глубина бороздки, малая прочность связи пленки с ядром, что повышает качество процесса отделения ее;
- гречихе - максимальная прочность ядра, большая стабильность по размерам, менее плотное прилегание пленок к ядру, правильная форма тетраэдра, что значительно повышает эффективность технологии получения крупы;
- овсу - стабильный размер зерна в длину, высокая прочность на удар.

Для технологии производства картофельных хлопьев необходим сорт картофеля, у которого мякоть клубней не темнеет.

Высокоэффективная технология переработки крупного рогатого скота, свиней и птицы предъявляет жесткие требования к стабильности их размеров и массы.

Сложность и высокая энергоемкость процесса снятия пера в технологии переработки птицы приводит к необходимости выращивания птицы с уменьшенным перьевым покровом. В ряде европейских стран выращивают в промышленных условиях индюков без перьев; их тело покрыто легким пухом.

Таким образом, в основу разработки технологий производства и переработки сырья растительного и животного происхождения должен быть положен принцип системности, даже если он не выражен системным языком. Поэтому и селекционная работа, и генная инженерия, и технология выращивания, уборки и хранения должны быть ориентированны на простую технологию переработки сельхозпродукции, т.е. малооперационную и сжатую во времени.

Особого внимания заслуживает технология хранения сельскохозяйственного сырья и частично или полностью переработанной продукции. Хранение сырья и продукции в замороженном и обезвоженном виде, в среде инертных газов, в специальных микроклиматических и других условиях, представляет собой процесс, тесно связанный с предыдущими и последующими технологическими процессами. Это означает, что в системный комплекс производства и переработки сырья растительного и животного происхождения (рис.19) входят и процессы хранения.

К процессам хранения может быть отнесена и упаковка пищевой продукции. Необходимо так упаковать продукты путем фасовки, розлива, укладки в тару, чтобы сохранить их не только в условиях склада, но и при доставке потребителю.

Таким образом, в обеспечении высокого качества взаимосвязи различных технологических систем заложены резервы эффективности производства продуктов питания.

1.5. Организация технологических линий

Линии возможны лишь на базе интенсификации технологических процессов. Сложность решения этой задачи заключается в исключительном многообразии объектов переработки, технологических процессов, типов машин и аппаратов.

1.5.1. Линия как объект технического обеспечения современных технологий

На вход любой технологической линии перерабатывающих отраслей АПК поступает сырье с определенными свойствами, а с линии сходит готовая продукция с новыми показателями свойств. Для пищевых технологий характерно исключительное многообразие свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Свойства сырья и готовой продукции. Условия переработки и получения продуктов, типы машин и аппаратов, оптимальные параметры их работы определяются совокупностью физико-механических характеристик этого сырья и

продуктов. На всех стадиях технологического процесса можно выделить две группы свойств, общих для сырья и пищевой продукции.

1. Показатели качества продуктов питания - характеризуют потребительские свойства, основные из которых - пищевая ценность, доброкачественность и благоприятное воздействие на органы чувств человека.

Пищевая ценность определяется калорийностью и биологической полезностью продукта питания и зависит от содержания в нем полезных веществ: углеводов, белков, жиров, витаминов, микроэлементов и др.

В любом пищевом производстве значительная часть технологических операций связана с отделением полезных веществ обрабатываемого продукта от посторонних примесей, например, неорганических веществ почвы, остатков скелетных структур растений и животных. Продукция признается годной, если содержание в ней посторонних примесей не превышает установленных норм.

Потребляемый пищевой продукт оказывает воздействие на внешние чувства человека, зрение, обоняние, осязание, слух, а также может вызывать боль.

Важна эстетика пищевых продуктов - красота формы и цвета изделий, художественная отделка, цвет, прозрачность, геометрические размеры, форма, эстетичность внешнего вида и др.

Вкусовые качества продуктов питания определяются органолептическими свойствами: вкус, цвет, запах, консистенция и др.

Комплекс всех этих ощущений и обуславливает потребительские свойства пищевого продукта и его спрос на рынке сбыта.

При функционировании технологической линии осуществляется последовательное выполнение технологических операций, направленных на преобразование потребительских свойств исходного сырья в потребительские свойства готовой продукции. Однако в процессе преобразования этих потребительских свойств в технологии перерабатывающих производств на первый план выступают другие свойства.

2. Показатели технологических свойств пищевых продуктов - определяют условия проведения конкретной технологической операции. Это реологические свойства, текстура пищевых материалов и сырья, т.е. физико-механические свойства сырья и готовой продукции.

Пищевое сырье и готовая продукция, в том числе и полуфабрикаты в зависимости от состава, природы, дисперсного строения и структуры обладают различными физико-механическими свойствами: от ньютоновских жидкостей до твердых веществ.

Образование и изменение структур пищевых продуктов, обусловленное технологическими процессами при хранении и переработке, приводит к формированию высококонцентрированных дисперсных систем, обладающих наиболее сложными физико-механическими свойствами (шоколад, мороженое, измельченное мясо и т. п.).

Физико-механические свойства сырья и готовой продукции определяют закономерности взаимосвязи и взаимозависимости между совокупностью воздействий (механических, термических, гидромеханических, биохимических, коллоидно-химических и др.) рабочих органов машин и аппаратов, состав-

ляющих линии, и реакциями на эти воздействия сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Именно эти закономерности влияют на параметры технологических процессов и конструктивные признаки оборудования.

Типовые процессы пищевых производств. Пищевые технологии представляют собой системы знаний о способах воздействия различными орудиями труда на сырье, материалы и полуфабрикаты при переработке сельскохозяйственной продукции. Для каждой отрасли пищевой промышленности, для каждого вида пищевой продукции применяют свою совокупность методов обработки сырья, материалов или полуфабрикатов, которые выполняют именно при производстве этой продукции. Основу пищевых технологий составляют специфические технологические операции как совокупность типовых процессов (ранее было выделено тринадцать типовых процессов).

Технологическая операция - часть большого производственного процесса, выполняющая действия по изменению и последующей фиксации состояния производства.

Каждый из типовых процессов может быть частью или целым технологической операцией, границы которой, как правило, совпадают с границами конкретной машины, аппарата или агрегата. Объединение, как минимум, двух технологических операций обеспечивает образование технологической подсистемы, соответствующей определенному комплексу технологического оборудования (агрегату, установке) или набору оборудования в границах производственного участка. Объединив несколько подсистем, реализующих все стадии переработки сырья и выпуска готовой продукции, можно сформировать технологическую систему в целом. Такая система соответствует всей совокупности оборудования, входящего в состав технологической линии.

Формирование технологической системы новой линии связано с комплексным решением задач технологического прогресса в данной области пищевой технологии (повышение производительности, снижение материальных и энергетических затрат при одновременном повышении качества готовой продукции).

1.5.2. Классификация линий

Классификация линий по функциональным признакам характеризует строение и принцип действия этих линий.

Линии для первичной переработке сырья. Такими линиями оснащены предприятия по переработке птицы, рыбы, КРС, свиней; зерновых культур; молока; масличных семян (подсолнечника, хлопка и др.); сахарной свеклы; картофеля; плодовоовощного сырья; винограда; чайного и табачного листа и т.п.

Все виды растительного и животного сырья обладают сложной многокомпонентной структурой, а также содержат различные примеси, поэтому основными способами являются очистка и разборка исходного сырья. В линиях для первичной переработки сырья технологический процесс направлен в основном на разделение пищевых сред. Номенклатура продукции является, как правило,

многопредметной, зависит от числа полезных компонентов, содержащихся в сырье.

Если даже поток неразветвленный - одно-предметный (молоко, сахар, масло и т. п.), то побочные продукты обычно обладают полезными потребительскими свойствами (жом, жмых, патока и др.) и находят применение в других отраслях пищевой промышленности, при производстве кормовых продуктов и т. п.

Текстура продукции, выпускаемой на линиях для первичной переработки сырья различна: твердые сыпучие материалы; жидкости; пастообразные массы; твердые части (отрубы туш животных и т. п.).

Эта продукция фасуется соответствующим образом в зависимости от вида дальнейшего использования.

Линии для вторичной переработки сырья предназначены для производства колбасных, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, пище-концентратной, ликероводочной и пивобезалкогольной продукции, синтетических моющих средств, парфюмерно - косметических изделий и др. На переработку сырье поступает в виде однородных (по составу, размерам, текстуре и т.п.) пищевых сред: сыпучих, жидких или жидкообразных.

В линиях для вторичной переработки сырья в ходе технологического процесса в основном выполняется сборка сырья, чтобы образовать многокомпонентные пищевые массы и жидкости. При этом главными операциями сборки являются: дозирование и смешение рецептурных компонентов, а также их формирование.

Текстура продукции линий для вторичной переработки сырья: в виде твердых сыпучих сред, жидкостей и жидкообразных масс, а также твердых сыпучих изделий. При производстве последних, ведущую роль играют процессы формообразования этих изделий. Номенклатура продукции в течение одного цикла переработки обычно одно-предметная. Только в конструкциях некоторых линий предусмотрена возможность одновременного выпуска изделий разнородных по составу и внешнему виду. Например, в линиях по производству конфет "Ассорти" одновременно вырабатывают набор конфет с различными начинками и формой.

Линии для вторичной переработки сырья, как правило, универсальны и после соответствующей переналадки на них можно изготавливать широкий ассортимент изделий, различающихся между собой по составу и форме. Продукция, выпускаемая на таких линиях, в основном предназначена для реализации населению. Поэтому значительное место в составе линий занимает оборудование для выполнения финишных операций дозирования и упаковки жидких, сыпучих, пастообразных или штучных продуктов.

Линии для комбинированной переработки сырья. В агропромышленном комплексе разработано 27 систем машин для следующих перерабатывающих отраслей: молочной, первичной переработки скота, производства колбасных изделий, птицеперерабатывающей, масложировой, сахарной, кондитерской, консервной, картофелеперерабатывающей, крахмалопаточной, чайной, винодельческой, пивобезалкогольной, спиртовой, ликероводочной, эфирно - мас-

личной, дрожжевой, хлебопекарной, макаронной, мельнично-элеваторной, рыбоперерабатывающей, табачной, тарной, соляной, парфюмерно - косметической, холодильной и других отраслей

В каждой системе машин технологические линии распределены по конкретным отраслевым подвидам выпускаемой продукции, Например, в системе машин для масложировой промышленности технологические линии разделены на следующие группы: для производства растительного масла; гидратация и рафинирования масел и жиров; перэтерификации жиров; для выпуска маргариновой продукции, майонеза, гидрогенизации, получения заменителей какао масла, производства жирных кислот, мыла, растительных белков.

В каждой из этих групп линии разделены по номенклатуре и производительности. Например, различают следующие линии по выпуску молочной продукции, линии по производству цельного молока производительностью основного оборудования 3000, 5000, 10000, 15000 и 25000 л/ч, линии по производству мороженого- 400, 500, 800 кг/ч, линии по производству масла производительностью 1000, 3500, 5000 кг/ч и более, линии по производству сухого молока производительностью 300, 500, 1000 кг/ч и более и. т. д.

1.5.3. Интегрирующие свойства оборудования

Построение любой технологической линии предусматривает объединение машин, аппаратов и вспомогательного оборудования. До объединения каждая из частей линии представляла собой устройство, не связанное с другими частями линии. В процессе проектирования линии эти отдельные устройства необходимо преобразовать в составные части единой линии. Для этого необходимо прежде всего выявить у каждого отдельного устройства определенную группу интегрирующих свойств, при помощи которых их можно объединить в элементы линии.

К основным интегрирующим свойствам любых устройств можно отнести: назначение, совместимость, сосредоточенность и устойчивость.

Путем целенаправленного изменения или использования интегрирующих свойств отдельных единиц оборудования (элементов линии) создают более сложную конструкцию - линию.

Назначение составных частей линии - главный признак, определяющий целесообразность и необходимость включения его в качестве составной части в проектируемую линию. Поскольку понятием "назначение" часто определяют и цели, и задачи, и функции оборудования, уточним их сущность.

Цель применения устройства - образование из исходного сырья или полуфабриката других полуфабрикатов, или изделий с заданными показателями качества. Цель характеризуется свойствами перерабатываемого продукта и, как правило, оценивается нормативными показателями ГОСТов, рецептур, технических условий и т. п. Задачи применения устройств - механизированное выполнение определенных технологических операций, связанных с дозированием и т.п. перерабатываемых продуктов или вспомогательных материалов. Задачи обусловлены механическими характеристиками устройств и параметрами протекающих в них

технологических процессов. Задачи оцениваются по материалам, предоставленным в технологических инструкциях и конструкторской документации.

Цели и задачи применения устройств определяют заранее на стадии выполнения технического задания и проектной документации, они характеризуют лишь возможные состояния устройств во время их работы, т. е. цели и задачи - субъективные оценки идеального варианта работы данного вида оборудования. Именно в этом состоит их принципиальное отличие от функции оборудования.

Функция для любого устройства - характер воздействия на обрабатываемый продукт, от которого зависит реальное изменение (или сохранение) свойств сырья или полуфабрикатов на различных стадиях технологического процесса, протекающего в действующей линии. Характер воздействия устройства на продукт, а следовательно, и качество выполнений своих функций, зависит от конструкции этого устройства.

Процесс преобразования исходного сырья в готовую продукцию является многостадийным, и общая цель работы линии распределяется между ее подсистемами и отдельными частями этих подсистем. Поэтому задачи и функции составных частей линии - решающие факторы объединения этих частей между собой и формирование состава единой линии.

Совместимость составных частей линии - предполагает такую общность составных частей линии, при которой обеспечивается возможность их совместного функционирования с целью реализации общей цели работы линии.

Совместимость признаков устройств обеспечивается путем их координации, необходимой для согласования и сочетания составных частей между собой и с линией в целом. Координация признаков частей - линии обязательно должна сочетаться с субординацией, т.е. подчинением целей и задач функционирования этих частей основной цели линии.

Совместимость признаков устройств обеспечивается путем их координации, необходимой для согласования и сочетания составных частей между собой и с линией в целом. Координация признаков частей линии обязательно должна сочетаться с субординацией, т.е. подчинением целей и задач функционирования этих частей основной цели линии.

Необходимость в координации сопрягаемых частей линии возникает тогда, когда эти части имеют одноименные признаки, а значения (уровни) этих признаков различны. Если координация проводится с целью соединения объектов по данному признаку, то его значения для каждой из частей нивелируют, т.е. приводят к одной и той же величине. Нивелирование признаков требуется, например, при согласовании производительностей, скоростей, геометрических размеров и т. п. сопрягаемых частей линии. Если координация проводится с целью разделения объектов по данному признаку, то его значения для каждой из частей активизируются, т.е. обеспечивается наибольшая разность (потенциал) сопрягаемых признаков. Активизация признаков, например, в устройствах, обеспечивающих диффузию, фильтрование, сепарирование, термообработку пищевых сред.

В таб. 2 и 3 приведены рекомендации по нивелированию и активизации признаков технических объектов на основе положения формальной логики.

Таблица 2

Нивелирование признаков технических объектов

Изменение одноименных признаков объектов		Оценка условия соединения
Объект А	Объект Б	
Увеличиваются	Увеличиваются	хорошо
Увеличиваются	Уменьшаются	плохо
Уменьшаются	Увеличиваются	плохо
Уменьшаются	Уменьшаются	хорошо

Таблица 3

Активизация признаков технических объектов

Изменение одноименных признаков объектов		Оценка условий разделения
Объект А	Объект Б	
Увеличиваются	Увеличиваются	плохо
Увеличиваются	Уменьшаются	хорошо
Уменьшаются	Увеличиваются	хорошо
Уменьшаются	Уменьшаются	плохо

Координация признаков связана с формированием состава линии из отдельных устройств путем увеличения доли признаков, обеспечивающих образование линии. Координация направлена на обеспечение у объединяемых частей соответствия геометрических размеров, формы, материала, допусков и посадок, прочности, способов обработки и многих других признаков.

Сосредоточенность составных частей линии характеризует степень их направленности на достижение основной цели - функционирования линии. Сосредоточение признаков достигается в результате их концентрации, т.е. повышения важности и значимости составных частей, выбранных для объединения в линию. Основное средство концентрации - обоснованный выбор таких признаков частей, которые в наибольшей степени отвечают основной цели функционирования линии.

Таким образом, концентрация связана с согласованием функций составных частей линии. Это не означает, что функция каждой части обязательно должна быть непосредственно связанной с воздействием на обрабатываемый продукт. В составе линии необходимы также части, выполняющие дополнительные, вспомогательные функции, которые создают условия успешного функционирования других частей, оказывающих активное воздействие на обрабатываемый продукт. Однако при этом необходимо соблюдать иерархичность различных функций и их подчиненность основной функции путем создания обоснованных уровней значимости функции.

Устойчивость функционирования линии предусматривает, что линия и ее составные части способны сохранить работоспособность в течение определенного промежутка времени, когда технико-экономические показатели их функционирования неподвержены изменениям и колебаниям свыше заданных пределов. В действующей линии, как правило, имеются внешние воздействия сопряженных с ними устройств и других внутренних и внешних сред объектов.

Устойчивость функционирования линии прежде всего зависит от надежности её конструкции, а также от наличия в ее составе устройств обеспечивающих защиту от внешних воздействий, изменение характеристик сырья и полуфабрикатов, колебания параметров теплоэнергоносителей и др.

1.5.4. Обеспечение функциональной эффективности линии

Основная мера функциональной полезности и эффективности линии – её производительность, и гарантия достижения высокой эксплуатационной производительности - надежность конструкции линии. В продовольственном машиностроении различают три вида производительности : техническую - Π , теоретическую – Π_T , и эксплуатационную – $\Pi_Э$.

Техническая производительность – характеризует технические возможности линии, обусловленные техническим процессом и конструкцией оборудования. При определении Π принимают в расчет количество переработанной или отпущенной продукции, длительность непосредственной работы оборудования, а также дополнительные затраты сырья и рабочего времени, необходимые для успешного функционирования оборудования. Дополнительные затраты -зависят от конструктивных особенностей оборудования, они предусмотрены технической документацией и учитывают наличие регламентированных возвратных отходов, дефектной продукции и потерь сырья, а также необходимость дополнительных затрат времени на воплощение вспомогательных операций и обслуживания оборудования.

Величина Π является основным технико-экономическим показателем технологического оборудования пищевой промышленности, по её значению прежде всего решают вопрос, можно ли использовать конкретную конструкцию в составе проектируемой линии. При создании новой линии значение Π устанавливает заказчик и оно указывается в необходимых требованиях и техническом задании, по ее значению рассчитывают теоретическую производительность линии в целом и отдельных составных частей линии.

Теоретическая производительность линии - рассчитывается по количеству переработанной или выпущенной продукции за период непосредственной работы оборудования без учета дополнительных затрат сырья и рабочего времени. Теоретическая производительность - важнейшая характеристика любого оборудования. Именно по ней выполняют кинематический и тепловой расчеты, определяют скорости движения рабочих органов, деталей, хлада - и теплоносителей, вычисляют потребляемую мощность, нагрузки, рабочие объемы, габаритные размеры и многие другие параметры оборудования. Поэтому в процессе разработки линии

важно проанализировать взаимосвязь между заданной технической производительностью и проектируемой технической производительностью. Эта взаимосвязь характеризуется коэффициентом использования K_i теоретической производительности:

$$\Pi = \Pi_{\tau} \cdot K_U, \quad (6)$$

В соответствии с приведенными выше определениями теоретическую и технологическую производительность можно представить в виде следующих зависимостей:

$$\Pi_m = \frac{M_H}{T_H}, \quad (7)$$

$$\Pi = \frac{(M_H - \sum_{i=1}^n M_i)}{(T_H + \sum_{j=1}^m T_j)}, \quad (8)$$

где: M_H - номинальное (заданное) количество продукции, подлежащее переработке или выпуску, T_H - номинальная (заданная) продолжительность непосред-

ственной работы линии; $\sum_{j=1}^n M_i = M_1 + M_2 + \dots + M_n$ - сумма регламентированных потерь 1-го, 2-го, . . . n -го компонентов сырья и материалов, составляющих

суммарный состав продукции; $\sum_{j=1}^m T_j = T_1 + T_2 + \dots + T_m$ - сумма дополнитель-

ных затрат времени 1 -го, 2-го, . . . n -го этапов технологического процесса, где выполняются дополнительные операции и обслуживание оборудования.

Каждое отдельное значение потерь и дополнительных затрат времени можно выразить в долях номинальных значений M_H и T_H , тогда формула (8) примет вид:

$$\Pi = \frac{M_H (1 - \sum_{i=1}^n \mu_i)}{T_H (1 + \sum_{j=1}^m \tau_j)}, \quad (9)$$

Где: $\sum_{i=1}^n \mu_i = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n$ - сумма долей регламентированных потерь 1-

го, 2-го, ... n -го компонентов сырья и материалов относительно величины

Мн; $\sum_{j=1}^m \tau_j = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_m$ - сумма долей дополнительных регламентированных

затрат времени 1-го, 2-го, ... n -го этапов технологического процесса относительно величины T_n .

Тогда из формулы (6) величину K_U , можно определить из выражения:

$$K_U = \frac{\Pi}{\Pi_T} = \frac{1 - \sum_{j=1}^n \mu_j}{1 + \sum_{j=1}^m \tau_j}, \quad (10)$$

Соответственно выражение (7) можно преобразовать в форму более удобную для анализа:

$$\Pi_T = \frac{\Pi(1 + \sum_{j=1}^m \tau_j)}{(1 - \sum_{i=1}^n \mu_i)}, \quad (11)$$

Из выражения (11) видно, что значения теоретической и технической производительности совпадают только при одном условии - полном отсутствии регламентированных потерь сырья и дополнительных затрат рабочего времени. При увеличении этих потерь и затрат для обеспечения заданной технической производительности необходимо проектировать линию с повышенной теоретической производительностью. Для этого требуется увеличить интенсивность обработки продукта, скорости и размеры рабочих органов, поверхность теплообмена и др.

В конечном итоге при постоянном значении технической производительности приходится увеличивать габаритные размеры и материалоемкость, потребление электроэнергии холодо- и теплоносителей, производственные площади и расход сырья. Таким образом, снижаются практически все технико-экономические показатели линии.

Напротив, если при проектировании удастся свести к минимуму регламентированные потери сырья и дополнительные затраты рабочего времени, то значение коэффициента использования теоретической производительности приближается к единице, а значения технико-экономических показателей линии повышаются.

Можно выделить две основные группы способов уменьшения регламентированных потерь сырья и дополнительных затрат рабочего времени: проектно-конструкторские и организационные.

Основные виды потерь сырья: неполное использование полезных компонентов при первичной переработке его; производственные потери и бракованная продукция. При конструировании и проектировании линии необходимо выбирать технологические операции и конструкции, которые обеспечивают подготовку и обработку сырья, необходимые для высокой степени извлечения полезных компонентов. Например, в линиях по получению растительного масла единственный способ, обеспечивающий практически полное извлечение масла - это экстракция, в линиях производства плодово-ягодных экстрактов - предварительная обработка и экстракция; массажирование мяса - в процессе посола и т.п.

Основное условие снижения потерь сырья - рациональное использование отходов производства после первичной переработки сырья. Например, отходы производства плодово-ягодных экстрактов (жом, шрот) широко используют в качестве пищевых и кормовых добавок; при производстве пива на корм скоту используется пивная дробина - как отходы производства, отбитые ростки солода содержат ряд ценных компонентов и известен ряд промышленно апробированных научных разработок по их использованию для получения пищевых экстрактов. В процессе переработки мяса получается ряд отходов производства - кости, сухожилия, шквара, которые перерабатывают в мясокостную муку. Для сокращения потерь сырья необходимо обеспечить герметичность транспортных устройств, исключающих распыление сыпучих и пылевидных продуктов, утечку жидких сред, применять способы и конструкции для формирования изделий с исключением обрезков, разрабатывать конструкции с возможностью самоочистки рабочих органов и емкостей, исключить загрязнение отходов и смывных вод с целью повторного их использования в производстве; отработать режимы пуска и остановки линии, обеспечивающие сокращение качества отбракованной продукции при нестационарных режимах работы.

Организационные методы снижения потерь сырья - сокращение времени переработки первичного сырья, увеличение продолжительности непрерывной работы оборудования, в том числе переход на круглосуточную работу; снижение затрат времени на внецикловые операции (обслуживание оборудования, согласно указаниям к эксплуатационной документации) и меняющие определенные циклы, не совпадающие с рабочими, технологическими и кинематическими циклами оборудования.

Затраты времени на выполнение внецикловых операций определяют при конструировании оборудования, исходя из режима работы:

- для оборудования, работающего по сменам, - из условий двухсменной работы в сутки;
- для оборудования, работающего круглосуточно из условий трехсменной его работы в сутки (хлебопекарное, в сезонные периоды - молочное, свеклосахарное);

Например, производительность сепаратора 30000 л/сутки, он непосредственно работает 22 часа, а 2 часа затрачивается на внецикловые операции (разборка, чистка, мойка и т.п.).

К внецикловым операциям также относятся: замена фильтрующих материалов в фильтрах, замена рабочих органов при смене ассортимента отпускаемой продукции, очистка рабочих органов и емкостей, замена рулонных упаковочных материалов и т.п.

При правильной организации обслуживания линий такие операции, как подстановка оборудования, исходного сырья, основанных и вспомогательных материалов, прогрев и выход на режимные параметры, санитарная обработка, уборка и т.п., следует проводить до начала и (или) после окончания смены (односменная работа линий), в обеденный перерыв или между сменами (двухсменная работа линий) в зависимости от графика работы предприятия. Только при круглосуточной (трехсменной) работе линий эти операции относятся к внецикловым.

Техническое обслуживание и ремонт оборудования, связанные с нарушениями работоспособности его, не относятся к регламентированным простоям, это организационные потери времени и их учитывают при определении эксплуатационной производительности.

Эксплуатационная производительность - характеризуется отношением количества качественной продукции к промежутку времени, за который она переработана или выпущена в реальных условиях эксплуатации с учетом промежутков времени, затраченных непосредственно на выпуск продукции, собственных простоев линий (связанных с внецикловыми операциями), а также простоев по организационным причинам, не зависящим от конструкции оборудования.

В соответствии с вышеизложенным эксплуатационная производительность находится:

$$P_{\text{Э}} = \frac{P(1 - \sum_{i=1}^n \mu_{(\text{Э})i})}{(1 + \sum_{j=1}^m \tau_{(\text{Э})j})}, \quad (12)$$

Где: $\sum_{j=1}^n \mu_{(\text{Э})i}$ = $\mu_{(\text{Э})1} + \mu_{(\text{Э})2} + \dots + \mu_{(\text{Э})n}$ - сумма долей эксплуатационных

нерегламентированных потерь 1-го, 2-го, . . . , n -го компонентов сырья и материалов относительно величины M_n ;
$$\sum_{j=1}^m \tau_{(э)j} = \tau_{(э)1} + \tau_{(э)2} + \dots + \tau_{(э)m}$$
 - сумма долей эксплуатационных нерегламентированных затрат времени 1-го, 2-го, . . . , m -го этапов технологического процесса относительно величины T_n .

Анализ формулы (12) показывает, что при увеличении эксплуатационных потерь сырья и затрат времени эксплуатационная производительность уменьшается относительно технической производительности. Соответственно снижаются технико-экономические показатели линии, обусловленные ее теоретической производительностью.

К причинам указанных эксплуатационных потерь и затрат относятся: несоответствие требованиям ГОСТ, ТУ и другой нормативно-технической документации показателей качества исходного сырья, тары, упаковочных и других материалов, параметров электроэнергии, пара, воды, сжатого воздуха и др.; неэффективная организация эксплуатации оборудования, несвоевременный ремонт, отсутствие запасных частей, инструментов, смазочных и других материалов, отсутствие или низкая квалификация обслуживающего персонала, несвоевременная подача на производство сырья, тары, упаковочных материалов и др.

Обеспечение надежности линии. Надежные свойства линии характеризуют стабильность и продолжительность проявления ее функциональных свойств, к которым, в первую очередь, относятся производительность, качество выпускаемой продукции, потребление ресурсов. Эти показатели в процессе эксплуатации снижаются, производительность падает, увеличиваются потери сырья и количество дефектной (бракованной) продукции, возрастает энергопотребление, повышается трудоемкость обслуживания. Это является следствием изнашивания, старения составных частей линии, повышения восприимчивости их к случайным перегрузкам, помехам, отклонениям от нормы свойств перерабатываемого сырья, внешней среды, что в конце концов приводит к отказам оборудования и линии в целом.

При организации линии надежность ее конструкции обеспечивается правильным выбором структурной схемы, конструктивного исполнения и материалов, а также выполнением расчетов на прочность.

Рациональная структурная схема предусматривает выбор наиболее простой технологической и кинематической структуры конструкций. Необходимо стремиться, чтобы траектории движения рабочих органов и перемещения обрабатываемого продукта были возможно короче и проще. При распределении общего передаточного отношения большие значения частных передаточных отношений рекомендуется назначать в передачах, расположенных ближе к электродвигателю, т.е. при более низких значениях вращающих моментов. Вообще следует стремиться к уменьшению длины кинематических цепей и числа стыков и сопряжений звеньев, чтобы сократить число изнашиваемых

поверхностей.

Важные показатели совершенства конструкции - условия равнопрочности и равной долговечности составных частей линии, а также узлов и деталей отдельных машин и аппаратов. При наличии в конструкции хотя бы одного недостаточно прочного или недолговечного элемента снижается надежность конструкции в целом. Однако на практике возможны случаи, когда разные элементы конструкции целесообразно рассчитывать на различную долговечность: базовые детали (станины, корпуса), рабочие органы и валы - на неограниченный ресурс. Часто ограниченный ресурс имеют подшипники, цепи, ремни и некоторые другие комплектующие и запасные части, подлежащие замене при очередных плановых ремонтах. Важно, чтобы ни один из этих элементов конструкции не выходил из строя раньше намеченного срока очередного планового ремонта.

Конструктивное использование устройства должно быть рациональным с точки зрения предупреждения коррозионных разрушений.

Процесс изнашивания деталей во времени протекает неравномерно. В начальный (первый) период эксплуатации машины, когда новые детали прирабатываются, скорость изнашивания убывает до минимального значения, характерного для второго периода - установившегося (нормального) износа. Если нет причин, изменяющих режим установившегося процесса изнашивания, то второй период продолжается длительное время, в течение которого сохраняется работоспособность деталей (машин или аппаратов). Затем наступает третий период - форсированного износа, он связан с активизацией факторов, влияющих на износ. При этом быстро изменяются размеры и формы деталей. Поэтому плановые и предупредительные ремонтные работы целесообразно проводить в сроки, близкие к концу второго периода, т.е. у границы перехода нормального износа в форсированный. При такой организации ремонта устраняются всевозможные случайности, неожиданности, стихийности, предотвращается увеличение объема работ и затрат.

* * *

Таким образом, теоретическая производительность линии является идеальной. Повышение эксплуатационной производительности (ПЭ) связано с сокращением потерь сырья, затрат рабочего и вспомогательного времени. Надежность линии определяется надежностью не только отдельных машин и аппаратов, но и транспортных устройств, средств автоматизации, пара - и воздухопроводов и др., т.е. речь идет о надежности линии как единой конструкции.

1.6. Строение технологических линий

Основная цель при изучении строения технологических линий - выявить общие закономерности компонования существующих линий и линий будущего.

На основании функционального анализа различных технологических операций в составе любой технологической линии можно выделить три основных

комплекса оборудования:

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 оборудования линии обусловлено различием и особенностями функциональных задач машин и аппаратов входящих в состав соответствующей группы.

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 - наиболее ответственная, центральная подсистема любой технологической линии. При всем многообразии свойств промежуточных полуфабрикатов с помощью оборудования комплекса В должен образоваться окончательный полуфабрикат, строение и состав которого не подлежат в дальнейшем пересмотру или корректировке.

Комплекс С предназначен для подготовки исходного сырья к переработке, а также для такого преобразования потребительских свойств сырья в технологические, чтобы обеспечить эффективное извлечение полезных веществ и оптимальные условия для получения требуемого состава и строения полуфабрикатов. Оборудование линий первичной переработки сырья должно быть таким, чтобы на нем можно было осуществлять безотходную технологию, при которой бы отходы производства, содержащие полезные вещества, подвергались дополнительной обработке с целью сохранения их полезных свойств, обеспечения возможности транспортирования и использования.

Например, рациональная переработка животного сырья - создание комплексов оборудования, обеспечивающих безотходную технологию переработки крупно рогатого скота и свиней путем комплексной переработки крови, кости и жира для пищевых и кормовых целей, получение животных кормов из отходов, обработки и консервирования кожевенного и шубно - мехового сырья и т.д.

В состав линии следует включать также группу оборудования для утилизации и обезвреживания фактических отходов производства, не имеющих полезного применения. Экологическая безопасность - одно из обязательных условий современного производства.

Число комплексов в составе линии и конкретные задачи их функционирования зависят от способа преобразования исходного сырья и вида выпускаемой продукции. При переработке сырья методом разработки в состав линии обычно входят один комплекс С, а число комплексов А и В равно числу видов

выпускаемой готовой продукции, включая обычное сырье, направляемое на другие предприятия. В линиях, предназначенных для выпуска готовой продукции методом сборки исходного сырья, как правило, имеется по одному комплексу А и В, а число комплексов С зависит от числа промежуточных полуфабрикатов, из которых необходимо собрать окончательный полуфабрикат.

1.6.1. Функционально – технологические задачи комплекса С

В технологических линиях переработки первичного сырья методом сборки наибольшее число задач решается с помощью оборудования, входящего в состав комплекса С. Начальный этап технологического процесса связан с необходимостью очистки исходного сырья от внешних примесей, частей растительных организмов, семян сорняков, пыли, песка, камней и др. Способы и методы очистки зависят от вида загрязнений, свойств сырья и т.д.

Полезные вещества, содержащиеся в первичном сырье, образуются в результате жизнедеятельности растительных и животных организмов в условиях сельскохозяйственного производства или естественной природной среды. Наряду с этим имеются пищевые производства, в которых полезные вещества создаются в искусственных условиях. Например, брожение широко применяется при выработке пива, кваса, этанола, хлебопекарных и кормовых дрожжей, молочной, масляной, лимонной и др. кислот, витаминов, антибиотиков и т.п. Эти процессы осуществляются в специальном оборудовании, также входящем в группу С.

В число задач, решаемых с помощью оборудования комплекса С, входит разрушение внешней структуры сырья: его наружного покрова и оболочки с получением неоднородных, грубо измельченных смесей. Следующая группа связана с разрушением внутренней структуры сырья: его скелетных структур, клетки, соединительных тканей животного сырья и др.

Задачи извлечения полезных веществ из сырья связаны с разделением веществ и внутренних примесей. На разделение поступают неоднородные системы твердых и жидких компонентов сырья: сыпучие вещества, эмульсии, сложные гетерогенные структуры. Составные части этих систем имеют различные физико-химические и физико-механические свойства, геометрические размеры и т.п. Благодаря этим различиям и удастся разделить неоднородные вещества.

Характерная особенность оборудования, входящего в состав комплекса С – преобразование структур исходного сырья. Получаемые при этом промежуточные полуфабрикаты имеют технологические свойства, обеспечивающие эффективное извлечение из сырья полезных веществ и удаление посторонних примесей. При этом широко используются различные процессы и разнообразные методы их интенсификации.

В число задач функционирования оборудования комплекса С входит очистка сырья, полуфабрикатов, и вторичного сырья от технологических примесей. Технологические примеси могут образовываться в результате хранения и транспортирования вторичного сырья, пригорания, разложения обрабатываем-

мых рецептурных компонентов, случайного попадания в продукт инородных тел при обслуживании и ремонте оборудования, а также из-за его износа.

Таким образом, перед оборудованием комплекса С стоят две функциональные задачи. Первая - грубое измельчение, сортировка, нагревание, охлаждение, плавление, растворение, предварительное смешение рецептурных компонентов. Вторая задача решается на следующем этапе производства сборной продукции - более тонкое измельчение - диспергирование, гомогенизация компонентов, образующих промежуточные полуфабрикаты. Для решения этих задач широко используется различное оборудование и методы: эмульгаторы, гомогенизаторы, куттеры, различные машины для измельчения сырья и материалов, и измельчающие механизмы.

Благодаря тонкому измельчению рецептурных смесей улучшаются вкусовые достоинства пищевой продукции (высвобождаются ароматические вещества, удаляются неблагоприятные компоненты, полезные вещества приобретают структуру, благоприятную для усвоения организмом человека). Для тонко измельченных смесей характерна большая площадь поверхности контакта фаз, что благоприятно сказывается на последующих процессах формования и фиксации структуры продукции.

1.6.2 Функционально – технологические задачи комплекса В

После извлечения и очистки полезных веществ задача их дальнейшей переработки - получение полуфабриката в результате функционирования комплекса В. Промежуточные полуфабрикаты, поступающие в комплекс В вначале должны подвергаться обработке с целью повышения концентрации полезных веществ путем различных воздействий (упаривания, промывания водой или растворителями, ректификация и т. п.). Далее осуществляется окончательная очистка полезных веществ (фильтрация, сепарирование, рафинирование и т. п.).

Особенность задач, решаемых в процессе функционирования комплекса В - это то, что из полезных веществ, извлеченных из натурального первичного сырья, необходимо образовать новый искусственный состав и структуру готовой продукции. При выработке жидкой продукции - улучшение вкусовых достоинств, аромата, цветности, прозрачности и других свойств путем дображивания, созревания, выдержки и т.п. При выпуске продукции в виде твердых частиц или тел завершающие операции комплекса В связаны с образованием пространственной структуры продукции с заданными геометрическими размерами, шероховатостью поверхности и другими характеристиками формы (кристаллизация, уплотнение-сбивание, обезвоживание, шлифование, обкатка и т.п.).

Насыщение промежуточного полуфабриката воздухом на оборудовании комплекса В достигается либо механическим взбиванием рецептурной смеси месильными лопастями, либо нагнетанием воздуха в объем смеси под давлением. Широко применяются способы образования газовой фазы в результате

жизнедеятельности дрожжей (брожение), либо химическихрыхлителей, вводимых в объем смеси: двууглекислой соды, углекислого аммония и др.

Задача получения окончательного полуфабриката на оборудовании комплекса В - необходимость соединения разнородных по составу и строению промежуточных полуфабрикатов, имеющих различные технологические свойства. При этом должен быть получен окончательный полуфабрикат, имеющий ограниченный комплекс технологических свойств, гарантирующих нормативные показатели потребительских свойств готового продукта. При этом зачастую необходимо сформировать пространственные конструкции, отвечающие требованиям определенных массовых геометрических и прочностных характеристик и др.

1.6.3. Функционально – технологические задачи комплекса А

Основные задачи комплекса А: доводка показателей свойств, состава и строения окончательного полуфабриката до нормативных показателей свойств готовой продукции; обработка и защита продукции, обеспечивающие ее сохранность при транспортировке, хранении и потреблении (тепловая обработка, пастеризация, стерилизация и т.п.).

Значительное место в составе комплекса А занимают группы оборудования для выполнения финишных операций: дозирования продуктов мелкими и крупными дозами, фасовка жидкой продукции в бутылки, пакеты, бидоны или цистерны, твердой сыпучей продукции в пакеты, ящики, мешки или цистерны и др.

Сохранение пищевой продукции преимущественно обусловлено взаимосвязанными методами: защита наружной поверхности продукта и консервирование внутренней структуры - зависят от состава, строения и продолжительности установленного срока хранения, характера воздействий, нарушающих его сохранность.

Консервирование пищевых продуктов проводят с целью замедления или прекращения жизнедеятельности микроорганизмов, а также инактивации ферментов, содержащихся в этих продуктах. Эти задачи решаются четырьмя основными группами методов: физические (пастеризация, стерилизация, обжарка, сушка, замораживание и др.); химические (введение в состав продукта химических консервантов: сахара, пищевой соли, этанола, уксусной, сорбиновой и др. кислот); микробиологические - молочнокислое и спиртовое брожение при производстве кисломолочных продуктов, сыров, вина, пива, кваса, заквашенных и моченых овощей и плодов, комбинированные - сочетание физических, химических и микробиологических способов (копчение, вяление, вымачивание, сушка и т.п.).

Выбор способа упаковки готовой продукции зависит от ее структурно-механических свойств.

Твердые сыпучие или штучные продукты целесообразно покрывать более прочной и стойкой к внешним воздействиям наружной оболочкой. Такие изделия поштучно или группами можно заворачивать или фасовать в мягкие или

жесткие тароупаковочные материалы. Жидкие пищевые продукты упаковываются в твердую или мягкую герметичную тару: стеклянную, жестяную, бумажную, пластмассовую.

1.6.4. Функционально – технологический принцип систематизации оборудования

При формировании общих групп оборудования различных линий основным объединяющим признаком является общность функций, выполняемых в процессе переработки сырья и полуфабрикатов. Поэтому признаку выделяют три основные группы оборудования: для подготовительных операций; для основных операций переработки и обработки продукта и для выполнения отделочных и финишных операций.

Систематизация оборудования по наименованию объектов обработки: сырье, полуфабрикаты, тароупаковочные предметы и материалы, а также некоторые виды технологического оборудования.

По характеру воздействия на обрабатываемый продукт: для механической, тепловой или электрофизической обработки продуктов, для осуществления массообменных процессов, химических и биологических.

Оборудование можно сгруппировать также в зависимости от реологических свойств и текстуры обрабатываемого продукта (сыпучий, жидкий, высоковязкий, твердый и т. д.).

Исходя из функционально-технологического принципа, возможна следующая систематизация оборудования, входящего в состав линий пищевых производств и образующего технологический поток:

1. Оборудование для ведения механических процессов:

- машины и устройства для очистки сырья от посторонних примесей;
- машины для отделения наружного покрова сырья (в том числе для снятия шкур и оперения, шелушители и т.п.);
- машины и устройства для сортировки и калибровки сырья;
- машины для дробления и измельчения сырья и полуфабрикатов;
- машины для выделения из жидкообразных гетерогенных систем взвешенных твердых коллоидных частиц;
- машины для удаления жидкой фракции из сырья и полуфабрикатов прессованием;
- машины и устройства для перемешивания с целью получения полуфабрикатов (жидких, высоковязких, сыпучих);
- машины для формирования жидкообразных пластов, жгутов или отдельных изделий из высоковязких масс путем выдавливания, штампования;
- машины для нарезания заготовок определенных размеров и формы;
- машины для формирования путем обкатывания и вытягивания изделия;
- машины для обработки и отделки отформованных изделий;

2. Оборудование для ведения тепло-массообменных процессов:

- аппараты и устройства для тепловых процессов;
- аппараты для массообменных процессов,

- аппараты и устройства для сушки сырья и полуфабрикатов,
- аппараты и устройства для выпечки и обжарки продуктов;
- аппараты для охлаждения и замораживания пищевых продуктов и полуфабрикатов;
- аппараты для тепловой обработки упакованных пищевых продуктов и для варки продуктов;

3. Оборудование для микробиологических процессов:

- устройства для проведения физиологических процессов (устройства для со-лодоращения);
- аппараты для получения биомассы (дрожжерастительные аппараты для хлебопекарных и кормовых дрожжей);
- аппараты для получения вторичных метаболитов (сбраживания крахмалисто-го сырья, виноградного, плодового, пивного сусла и т.п.);

4. Оборудование для упаковывания пищевых продуктов:

- заверточные машины для индивидуальной заправки изделий;
- заверточные машины для групповой заправки изделий;
- укладочные машины;
- фасовочно-укладочные машины;
- фасовочные машины и устройства для жидких и пастообразных продуктов, плодовоовощных и мясных консервов;
- машины и устройства для герметизации тары с пищевыми продуктами.

1.6.5. Специализация и интеграция оборудования

Построение линий путем объединения машин и аппаратов, модулей, агрегатов и других составных частей базируется на поточности производства, основные признаки которого следующие:

- Специализация технологических операций – каждая составная часть линии выполняет лишь определенную часть общей работы;
- Интеграция технологических операций – отдельная составная часть линии может совмещать выполнение группы технологических операций всеми составными частями линии;
- Последовательное ритмичное перемещение объекта переработки от входа к выходу из линии;
- Синхронность выполнения технологических и транспортных операций в потоке путем уравнивания производительности составных частей линии до значения, равного или кратного производительности линии.

Специализация оборудования предусматривает использование для каждой технологической операции отдельной машины, аппарата или другого устройства. Основным условием успешного функционирования отдельных машин в составе линии является равенство их производительностей и производительности линии в целом:

$$\Pi_{л} = \Pi_1 = \Pi_2 = \dots = \Pi_n, \quad (13)$$

где: $\Pi_{л}, \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – технические производительности соответственно линии, 1-, 2-, ... n – ой машины, входящих в состав линии.

Формулы для определения технических производительностей могут иметь вид:

$$\Pi_{л} = \frac{G_{л}}{T_{л}}; \quad \Pi_1 = \frac{G_1}{T_1}; \quad \Pi_2 = \frac{G_2}{T_2}; \quad \dots; \quad \Pi_n = \frac{G_n}{T_n} \quad (14)$$

где: $G_{л}, G_1, G_2, \dots, G_n$ – количество продукции, выпущенной в течение рабочих циклов соответственно линией, 1-, 2-, ..., n – ой машинами; $T_{л}, T_1, T_2, \dots, T_n$ – продолжительность циклов соответственно линии 1-, 2-, ..., n – ой машины.

В связи с разнообразием технологических процессов, протекающих в различных машинах и аппаратах линии, как правило $T_1 = T_2 = \dots = T_n$, а величина T_n совпадает с продолжительностью рабочего цикла лишь ведущей машины или аппарата линии. Количество продукции G , выпускаемой или перерабатываемой отдельной машиной (или аппаратом), пропорционально величине рабочего цикла: чем продолжительнее рабочий цикл T , тем больше продукции G должна перерабатывать машина.

С повышением уровня специализации оборудования увеличивается количество продукции $G_{\text{ОБР}}$, подвергшейся одновременной обработке, так как

$$G_{\text{ОБР}} = \sum_{i=1}^{i=5} G_i, \quad (15)$$

где: n – число отдельных машин или аппаратов линии; G_i – количество продукции, обрабатываемой i – ой машиной или аппаратом.

Аналогичная зависимость характерна для общей продолжительности обработки продукта в линии:

$$T_{\text{ОБР}} = \sum_{i=1}^{i=n} T_i, \quad (16)$$

где: T_i – продолжительность рабочего цикла в i – ой машине или аппарате.

Кроме того, благодаря специализации можно создавать сравнительно простые конструкции отдельных машин или аппаратов.

В то же время специализация – это экстенсивный метод создания технологических линий путем использования дополнительных материальных и трудовых ресурсов, а не в результате технического прогресса. Однако

довых ресурсов, а не в результате технического прогресса. Однако несмотря на эти недостатки специализация – необходимая стадия первоначального создания технологических линий.

Интеграция оборудования предусматривает одновременное выполнение большого числа составляющих операций многими рабочими органами на одной машине или аппарате. Интеграция достигается применением рабочих органов, увеличением количества одновременно работающих органов на одной позиции и рабочих позиций на одном агрегате, вследствие чего можно в значительной мере повысить производительность машины или съем продукции.

Интеграция дает предпосылки для конструирования линии на базе интенсивных методов путем сокращения числа отдельных машин и аппаратов, а также транспортирующих, регулирующих и других вспомогательных устройств.

Однако, в результате чрезмерной интеграции рабочих органов на одной позиции могут ухудшаться условия обслуживания и особенно санитарной обработки машины или аппарата. Кроме того, при интеграции операций в одной машине, как правило, существенно усложняется конструкция и удлиняется срок создания оборудования.

1.6.6. Требования к технологическим процессам

Технологические процессы пищевых производств характеризуются многообразием, что вызывает большие трудности в комплексной механизации и автоматизации.

Механизацию и автоматизацию производственных процессов проводят с целью замены тяжелого и монотонного физического труда, когда имеются вредные условия на предприятиях и когда обеспечивается экономический эффект в результате повышения производительности труда и улучшения качества выпускаемой продукции.

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

Технологический процесс для поточной линии следует рассматривать таким, чтобы в линии было наименьшее число рабочих позиций машин.

Это позволит разместить линию на наименьших площадях и сократить затраты на оборудование, т. к. сложный агрегат часто стоит меньше, чем несколько более простых.

При создании механизированных и автоматизированных линий унификация и стандартизация изделий и полуфабрикатов, а также ограничение отклонений в размерах или других параметрах приобретают первостепенное значение. Поэтому при проектировании линии следует прежде всего определить основные типоразмеры изделий, их физико – химические параметры и допустимые отклонения всех параметров от номинала.

При создании поточных линий необходимо предусматривать применение интенсивных технологических режимов, что позволит сократить размеры технологических линий и повысить скорость обработки полуфабриката и увеличить объем выпускаемой продукции.

Однако, при чрезмерном увеличении скорости может снизиться надежность работы линии, увеличатся простои для замены рабочих органов и ухудшится качество изделий. Уменьшая продолжительность обработки изделий за счет увеличения скорости, увеличивают расходы на амортизацию, содержание и обновление рабочих органов ввиду уменьшения их износостойкости. Поэтому для каждого конкретного случая необходимо найти оптимальное значение скорости, при которой сумма расходов, отнесенная к единице готовой продукции, была бы минимальной.

При выборе транспортирующих устройств необходимо особо учитывать физико – механические свойства сырья и полуфабрикатов, для которых они предназначены. Как структура технологического процесса, так и свойства, и форма полуфабрикатов обуславливают зачастую необходимость использования для транспортирования специальных приспособлений – спутников в виде форм, лотков, противней и т. д., которые обычно имеют гладкую поверхность.

1.6.7. Требования к технологическому оборудованию в комплексах оборудования

Прежде чем подбирать и проектировать оборудование поточных линий необходимо определить не только типоразмеры предполагаемой к выпуску продукции, но и уровень специализации или универсальности линий от которого в значительной мере будут зависеть конструкции машин. На предприятиях небольшой мощности, по – видимому, целесообразно устанавливать универсальные переналаживаемые линии. Крупные предприятия, напротив, желательно оснащать специализированными линиями, на каждой из которых можно будет выпускать изделия определенных типоразмеров. Необходимо учитывать, что стоимость переналаживаемой линии значительно выше чем специализированной.

Возможны три основных способа создания поточных линий:

- Из новых специализированных машин, осуществляющих заранее отработанные технологические процессы;
- Из действующего, соответствующим образом модернизированного и оснащенного технологического оборудования;
- Из отдельных типовых элементов.

На практике обычно осуществляют смешанные варианты, когда линии создают, например, из действующих машин, но на некоторых операциях применяют специализированное оборудование.

Отрицательным моментом в использовании специального оборудования, спроектированного для изделий определенных типоразмеров, является невозможность его эксплуатации без конструктивной переделки для аналогичных изделий других типоразмеров, а также невозможность переналадки поточных ли-

ний на изготовление других изделий. Чтобы сократить сроки конструирования и освоения линий, а также их стоимость, желательно довести до минимума применение специального оборудования при проектировании автоматических линий.

По возможности следует включать в состав линий существующие проверенные типы машин, а при необходимости следует модернизировать их.

Среди действующего парка машин имеется большое число таких, которыми можно комплектовать поточные линии при условии повышения уровня автоматизации этих машин и присоединения к ним специальных питающих и транспортирующих устройств.

Для синхронизации работы машин поточной линии длительность отдельных технологических операций должна быть одинаковой или кратной, и производительность машин должна быть выровнена.

Если машины, входящие в линию, имеют примерно одинаковую производительность, то можно применять сквозную однопоточную компоновку с транспортными устройствами, передающими полуфабрикат от одной машины к другой. Если же машины по производительности существенно отличаются друг от друга, то следует применять многопоточные линии с параллельной работой однотипных малопроизводительных машин в сходящихся или расходящихся потоках. Для этого необходимо применять специальные перегружающие и распределительные устройства и осуществлять специальную компоновку оборудования.

Помимо технологических факторов на компоновку линии часто влияет конфигурация цеха или здания, в котором предполагается размещение линий. Возможные повороты потока также вызывают необходимость введения дополнительных перегружающих устройств и деления линий на отдельные участки. Это приведет к повышению стоимости линии, однако многие технологические и строительные обстоятельства делают такое деление неизбежным.

При большом числе взаимосвязанных машин линию следует делить на участки с промежуточными накопителями так, чтобы время простоев, а следовательно и потери производительности на этих участках были одинаковы. Количество, частота и причина простоев могут быть различными. Они зависят от конструктивного совершенства машин и степени надежности их работы, технического состояния, уровня организации производства и целого ряда случайных причин.

Эксплуатационная производительность любой поточной линии:

$$P_{Э(л)} = \frac{1}{T_{л}} K_{и(л)}, \quad (16)$$

Где: $K_{и(л)}$ — коэффициент использования линии; $T_{л}$ — рабочий цикл линии.

Коэффициент использования линии:

$$K_{и(л)} = \frac{1}{1 + \frac{m \sum \tau_0}{T_{л}}}, \quad (17)$$

Где: m – число участков поточной линии; $\sum \tau_0$ – сумма потерь времени.

2. Выбор направления развития технологической линии (пример)

Направление развития линии (технологического потока) определяется значением уровня ряда оценок, которые характеризуют его качество как системы процессов. С помощью количественных методов этих оценок можно выполнять диагностику технологического потока.

Развитие потока – это комплекс разнохарактерных изменений, которые вызывают качественное преобразование всей системы в целом.

Новый технологический поток возникает не сразу в готовом, уже сформировавшемся виде. Он вначале совершенствуется на основе старого путем совершенствования его компонентов, т. е. образуются новые процессы, представляющие собой взаимодействие частей, отличных от частей предшествующей системы.

Любой современный технологический поток как система процессов возник давно и, зачастую, в условиях кустарного производства. Разделение труда между отдельными рабочими и последующая механизация отдельных операций позволили поднять поток на более качественный уровень. Дальнейшее преобразование вспомогательных операций позволило перейти к созданию полумеханизированной линии и технологической системы процессов более высокого уровня целостности. Эффективность технологической линии при этом повысилась. За механизированной поточной линией следует следующий этап развития – автоматизированная, а далее автоматическая.

Любая современная технологическая линия первоначально возникла из несистемных образований и постепенно приобрела собственные системные качества. При этом формировались взаимоотношения с окружающей средой, одни технологические операции возникали путем объединения ряда прежних, третьи – вбирали в себя не принадлежащие системе (линии) объекты и превращались в новые. Изменялись способы и средства связи между элементами и между системой и внешней средой.

Развитие потока включало в себя рост стабильности и организованности в соответствии с закономерностями конкретной технологии.

Наиболее перспективны те технологии, которые в данных условиях наиболее устойчивы и в наименьшей мере реагируют на внешние возмущения.

Для эффективного совершенствования любого технологического потока необходимо знать историю его возникновения и развития, современный уровень и перспективы. При этом просматриваются следующие закономерности совершенствования: развитие потока по спирали, повышение уровня целостности потока, переход к ресурсо – и энергосберегающим и экологически чистым технологиям.

Анализ развития технологических систем показывает, что наиболее и жизненно способны те системы, в которых расширение функциональных возможностей элементов, находящихся на различных уровнях иерархии системы опережает рост их сложности. Следовательно расширение функциональных возможно-

стей технологической системы нового поколения должно опережать рост сложности объектов, реализующих эти функции.

Одно из перспективных направлений развития технологических потоков – взаимная приспособляемость (адаптация) сырья, технологии и продукции. Таким образом, развитие технологического потока – это процесс, который отнюдь не сводится к движению от простого к сложному, от низшего – к высшему. Главный критерий прогресса технологического потока – уровень его целостности как системы. «Развивающиеся» технологические системы обладают следующими характерными чертами: способность к расширению функций и к наращиванию мощности; модульным принципом построения; адаптивностью в соответствии с решаемыми задачами.

Предлагаемый пример выбора направления развития линии производства туалетного мыла является минимальной задачей при оценке уровня развития технологического потока. Отдельные вопросы, представленные в данном разделе, рассматриваются при выполнении курсового и дипломного проектов, студентами специальностей 170600 и 271300, а также при выполнении контрольных работ студентами заочной формы обучения.

В разделе дипломного проекта «Спецчасть» в подразделе «Выбор направления развития линии» следует дополнительно к данному материалу рассмотреть строение и форму технологических операций и технологического потока, т. е. их морфологию, наметить пути достижения более высокого класса отдельных операций и линии в целом.

Изложенный в данном разделе материал более подробно представлен в /1, 2, 4, 5/ и может быть использован как образец выполнения самостоятельной работы по курсу «Основы теории технологического потока», соответствующего подраздела в разделе «Спецчасть» дипломного проекта студентами обучающимися по специальностям 170600 и 271300 по направлению 655800 «Пищевая инженерия».

2.1. Описание технологии производства.

2.1.1. Оборудование для производства.

Мыло является самым распространенным моющим средством для бытовых и промышленных нужд, изготавливаемым на масложировых предприятиях с помощью высокопроизводительных автоматизированных и механизированных линий, установок и агрегатов.

Процесс производства мыла состоит из двух главных этапов: варки мыльной основы на базе жирных кислот, жиров, жирозаменителей и щелочей; получение твердого мыла из горячего жидкого.

В соответствии с этим оборудование можно разделить на три группы: подготовительное; для варки мыла; для охлаждения; для кристаллизации и сушки; для механической обработки; для резки; штамповки; завертки и упаковки мыла. В зависимости от вида выпускаемой продукции (туалетного мыла или хозяйственного) состав и конструкция оборудования имеют ряд различий. Более сложным является оборудование для производства туалетных мыл.

2.1.2. Этапы приготовления продукции.

2.1.2.1. Приготовление основы продукта.

Мыльную основу приготавливают периодическими и непрерывными способами прямым и косвенным методами в зависимости от вида мыла и применяемого сырья.

При прямом методе из подготовленной жировой смеси и растворов соответствующих щелочей мыло варят в один прием. Сваренное мыло направляют на дальнейшую обработку без дополнительных операций и придают ему товарную форму.

Сваренный прямым методом мыльный клей обрабатывают электролитами, под действием которых однородная структура мыльного клея нарушается. В результате высаливания над раствором электролита всплывает концентрированный раствор мыла (мыльное ядро), который направляют на механическую обработку.

2.1.2.2. Охлаждение, кристаллизация и сушка продукта.

Мыло, сваренное прямым или косвенным методом в котлах или в аппаратах непрерывного действия, подвергается различной обработке для придания ему товарного вида.

На мыловаренном заводе для превращения жидкого мыла в твердое применяют вакуум – сушильные установки. Сушка мыла в таких установках и линиях происходит под вакуумом.

2.1.2.3. Механическая обработка продукта.

Пилирование. При изготовлении туалетных мыл предъявляются высокие требования к однородности мыльной массы. Для получения хорошей однородности мыла применяют так называемые пилirные машины (вальцовые и шнековые). Процесс пилирования мыла заключается в достижении сдвига частиц и слоев мыла по отношению один к другому, что приводит к трению и взаимному истиранию их. Такой процесс приводит к гомогенизации мыльной массы.

Резка. Резку бруска мыла, выходящего из шнек – пресса, на куски производят по заданным размерам с учетом соответствия качественному числу и получения минимальных количеств отходов при штамповке. Размер куска мыла регулируется изменением поперечного сечения бруска, выходящего из конуса шнек – пресса при постоянной длине резания, или изменением расстояния между двумя смежными резами при постоянном поперечном сечении бруска. Машины для резки мыла могут быть полуавтоматическими или автоматическими.

Штамповка. Штамповка туалетного мыла является заключительной операцией в процессе механической обработки мыла. При этом куску мыла придается форма и рисунок. Штамповка производится нанесением оттиска ударным или прессующим инструментом, совершающим возвратно – поступательное движение, с автоматической подачей и отбором кусков мыла.

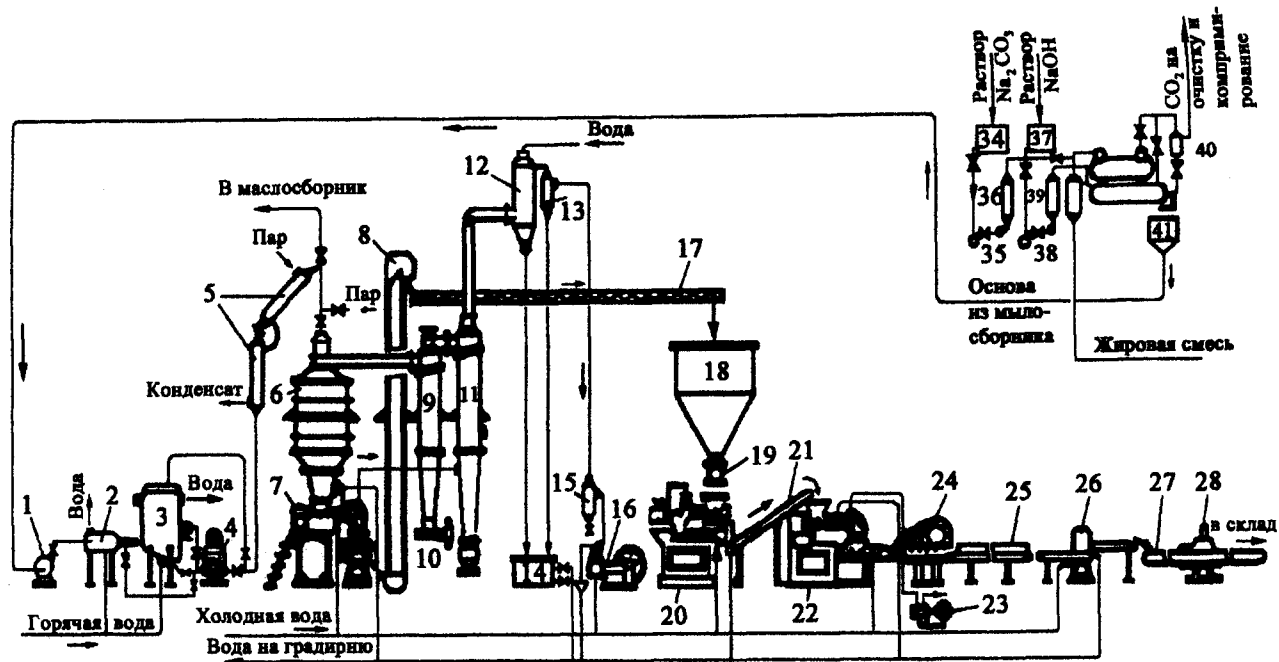


Рис. 20 Машинно-аппаратурная схема линии непрерывного производства туалетного мыла.

Завертка. Завертка туалетного мыла осуществляется на оберточной машине. Оберточная машина предназначена для завертки кусков туалетного мыла в бумагу или материала из синтетической пленки. Обертка предохраняет мыло от механических загрязнений поверхности, вредного влияния воздуха, света, от потерь отдушки.

Упаковка. Готовое мыло после штамповки или завертывания упаковывают в бумажные пачки, картонные упаковочные короба или деревянные ящики.

2.1.3. Машинно – аппаратурная схема линии.

Машинно – аппаратурная схема линии представлена на рис.20. Все приведенные данные на этой схеме основные аппараты и машины описаны ниже.

Линия работает следующим образом:

Подготовленная смесь жирных кислот через трубчатый подогреватель 32 поступает в варочный аппарат непрерывного действия 33. Необходимый для карбонатного омыления раствор кальцинированной соды подается насосом 35 из серника 34 через подогреватель 36; раствор едкого натра подается в варочный аппарат насосом 38 из мерника 37 через подогреватель 39.

Выделяющийся углекислый газ через ловушку 40 направляется в установку для очистки и компримирования. Сваренное мыло из аппарата 33 стекает в приемник 41.

Основа туалетного мыла, приготовленная непрерывным способом по утвержденным жировым рецептурам, из мылосборника 41 питающим насосом 1 через фильтр 2 закачивается в питательный бак 3, снабженный регулятором уровня, для поддержания постоянного давления столба жидкости на дозирочный насос 4.

Из питательного бака основа насосом под давлением 0,5 МПа подается в трубки колонки подогревателя 5, где происходит нагрев от 80 - 85°C до 120 - 160°C. В межтрубное пространство подается пар под давлением до 0,6 МПа.

Далее мыло по трубопроводу, обогреваемому паром такого же давления, как и подогреватель, поступает внутрь полого вала вакуум – сушильной башни 6 и расплывается через форсунку. Вакуум в башне создается вакуум – насосом 16 с комплексом уловителей пыли 9 – 15.

Частицы подсушенного и охлажденного мыла оседают тонким слоем на боковой поверхности камеры, конической крышке и днище, откуда снимается в виде стружки толщиной 1 – 2мм. Смещение ножей относительно один другого и расположение их по отношению к форсунке регулируются таким образом, чтобы получились наилучшая степень высушивания и качество стружки.

Стружка падает в нижнюю часть камеры, проходят бункер, герметически соединенный с горловиной шнек – пресса 7. В верхнем шнеке шнек – пресса мыльная стружка уплотняется, пластифицируется, продавливается через решетку с отверстиями и разрезается ножами на мелкие гранулы. Затем мыло по ступает в промежуточную вакуумную камеру, где оно дополнительно подсушивается, охлаждается и поступает на второй шнек шнек – пресса. Здесь мыло подвергается дальнейшей механической обработке, как и в первом шнек – прессе. Из шнек –

пресса мыльная стружка направляется норией – 8 на винтовой конвейер 17 в бункер 18 и через шлюзовой затвор 19 поступает в смеси тельный шнек – пресс 20. Он включает в себя дозирочный шнек с регулируемой частотой вращения, смесительный шнек и дозатор суспензии добавок (красителя, отдушки, белил, пластификаторов, антиоксидантов).

Одновременно с подачей мыльной стружки дозирочным шнеком в его желоб закачивается поршневым насосом – дозатором смесь добавок, поступающая из бачка через фильтр. В шнеке – смесителе происходят дальнейшее перевешивание, пластифицирование, спрессовывание мыльной стружки с добавками. Затем смесь продавливается через решетку с круглыми отверстиями. На выходе из решетки мыльная масса разрезается радиальными ножами и в виде гранул поступает по наклонному ленточному конвейеру 21 в бункер верхнего шнека – пресса 22, состоящего из двух шнеков. Далее мыльная масса продавливается через матрицы с круглыми отверстиями, разрезается ножами и в виде гранул поступает в загрузочную камеру нижнего шнека – пресса, находящегося под вакуумом от насоса 23. В камере происходят подсушивание и охлаждение мыла и отделение механически выработанного воздуха. В нижнем шнеке – прессе мыла проходят окончательную пластификацию, пилирование, спрессовывание и формирование в брусок. Головка конуса и калибр нижнего шнека – пресса обогреваются с помощью электрических нагревателей для уменьшения сопротивления проходу мыла и получения однородного бруска с блестящей поверхностью. Температура нагрева в пределах 40 – 60°C поддерживается автоматически.

Выходящее из калибровочной головки мыло проходит короткий рольганг и поступает на конвейер автоматической резальной машины роторного типа 24, где разрезается на куски соответствующей массы и размера. Скорость работы автомата определяется скоростью движения бруска мыла. После резки куски мыла поступают по ленточному конвейеру в обдувочный тоннель 25. Здесь они обдуваются холодным воздухом, подаваемым вентилятором, несколько охлаждаются и твердеют, покрываются с поверхности тонкой корочкой, которая уменьшает прилипание к штампам и обеспечивает получение четкого оттиска. Мыло проходит самораскладку, распределяется на два потока и поступает на двухручьевой штамп – пресс 26, затем по конвейеру 27 – на оберточные автоматы 28.

После оберточных автоматов или сразу после штамп – пресса мыло без обертки упаковывается в пачки или коробки, склеивается и укладывается автоматом или вручную на поддоны или короба, которые транспортируются в склад готовой продукции.

После оберточных автоматов или сразу после штамп – пресса мыло без обертки упаковывается в пачки или коробки, склеивается и укладывается автоматом или вручную на поддоны или короба, которые транспортируются в склад готовой продукции.

2.1.4. Спецификация основных машин и аппаратов линии.

Название	Производительность, (т/ч),	Емкость (м ³)	Установленная мощность (кВт)	Габариты д-ш-в, *о-н-δ (мм),	Класс
Омылительный аппарат ТНБ-2	7-10	-	20,8	6440-4785-4928	IV
Мылосборщик	-	32	-	3700-3700-4215	IV
Вакуум-сушильная камера ЭЛМ	до 2	-	4,5	*1590-4470-12	IV
Пилюрная машина	1,5	-	25	2040-2450-2600	II
Шпек-пресс	1	-	10	2045-1250-1530	II
Мылорезальный автомат	*160-170	-	4	1185-650-1355	II
Штамп-пресс	*165-250	-	8,5	2250-2450-1800	I
Мылозаверточный автомат	*70-200	-	7	1130-1130-1500	I
Упаковочный автомат	2	-	4,5	1400-1400-1450	I

2.2. Операторная модель технологической системы производства (линии).

2.2.1. Условные обозначения технологических процессов обработки сред. (см рис. 9.)

2.2.2. Составление структурной схемы.

Структурная схема представлена на рис 21.

А – подсистема образования изделий со стандартными показателями качества, имеющая операторы:

I – образования упакованного мыла,

II – образования подсушенного мыла;

В – подсистема образования мыла в виде отдельных предметов с заданными показателями качества, имеющая операторы:

I – образования из жгута мыльной массы предметов заданной формы,

II – образования мыльной массы с заданными физико – химическими свойствами;

С₁ – подсистема образования промежуточного продукта с заданными технологическими показателями качества, имеющая операторы:

I – образования мыльной массы с заданными показателями качества,

II – образования очищенной и подогретой мыльной массы;

С₂ – подсистема образования промежуточного продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы:

I – корректировки качества мыльной массы,

II – образования мыльной массы,

III – образования карбонатной массы.

2.3. Расчет уровня целостности.

2.3.1. Энтропийная оценка стабильности технологического потока.

Технологические процессы в перерабатывающих отраслях, рассчитанные на выпуск большого количества одинаковых изделий, являются процессами массового производства. Специфика их для поточных линий заключается в том, что каждая отдельно взятая операция и весь процесс в целом совершаются в одних и тех же производственных условиях. Вместе с тем на течение производственного процесса накладываются разные возмущения, что вносит определенные нарушения в процесс, и, как следствие, вырабатываемые изделия не бывают абсолютно одинаковыми. Чем меньше возмущений будет влиять на процесс, тем в меньшей степени он будет колебаться и более постоянным будет качество продукции. Поэтому основной технической характеристикой таких процессов является *стабильность* как фактор целостности системы.

Решение проблемы развития технологических линий связано с расчетом уровня целостности существующих технологических систем через экспериментальное определение стабильности отдельных подсистем. Стабильный процесс – это процесс, утвердившийся на определенном уровне устойчивости. И если устойчивость характеризует качество функционирования системы, то стабильность – уровень организованности, целостности системы, уровень ее развития.

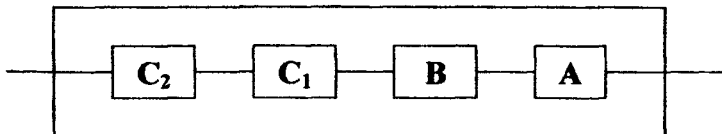
Одной из характеристик систем является энтропийная функция:

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

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

В большинстве случаев понятия энтропийной функции и энтропии оказываются тождественными, т. е. в качестве μ_i задается вероятностная мера, обозначаемая обычно в виде множества ($P_i, i=1, 2, \dots$).

2.3.2. Расчет стабильности и уровня целостности в двух вариантах. Технологическая цепочка линии.



Вариант 1.

Зададимся вероятностями для каждой из подсистем C_2, C_1, B, A . $C_2=0.89$
 $C_1=0.84$; $B=0.83$; $A=0.87$, тогда вероятность всей системы

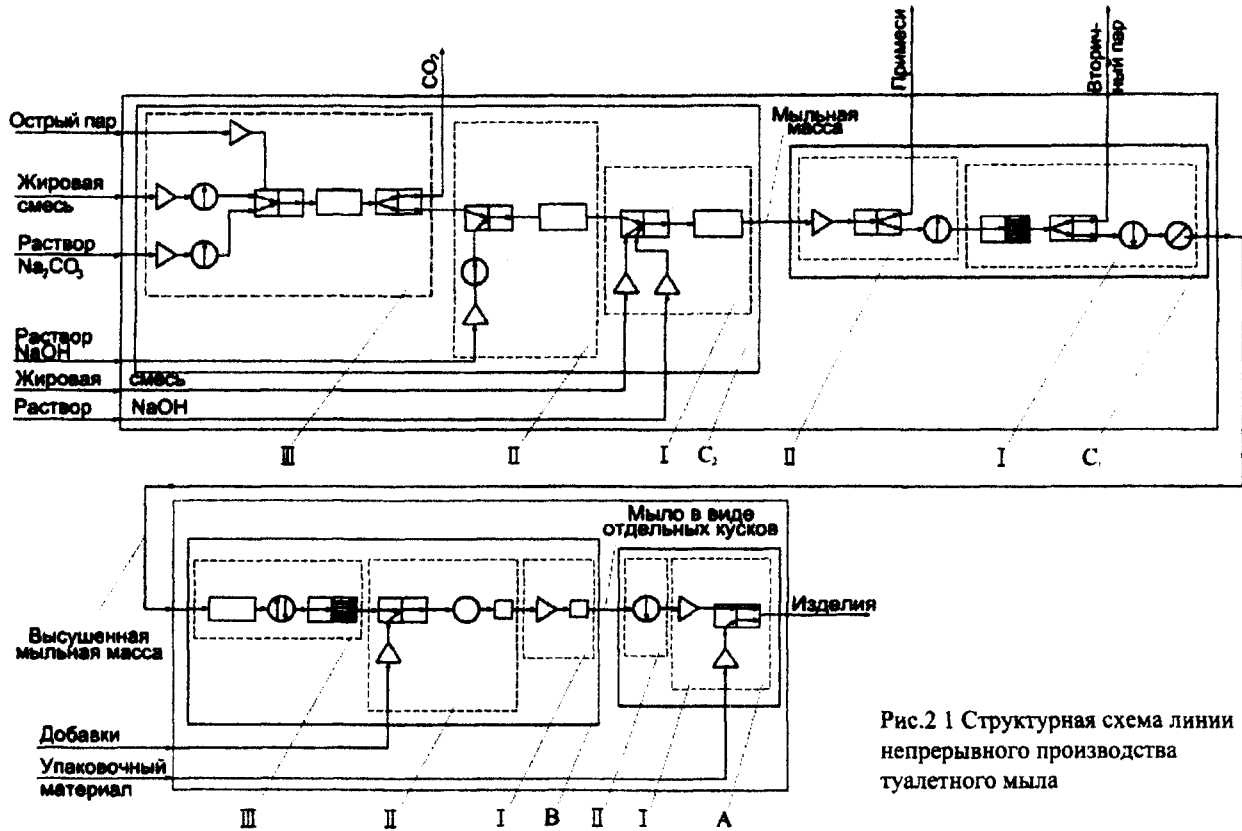


Рис.2 1 Структурная схема линии непрерывного производства туалетного мыла

$$P(C_2, C_1, B, A) = P(C_2) \cdot P(C_1) \cdot P(B) \cdot P(A), P(C_2, C_1, B, A) = 0,89 \cdot 0,84 \cdot 0,830,87 = 0,5855$$

В этом случае формула энтропии будет следующей:

$$\begin{aligned} H_i &= -P_i \log_2 P_i - (1-P_i) \log_2 (1-P_i); (i=C_2, C_1, B, A) \\ H(C_2) &= -P(C_2) \log_2 P(C_2) - (1-P(C_2)) \log_2 (1-P(C_2)) = 0,1496 + 0,3503 = 0,4999 \\ H(C_1) &= -P(C_1) \log_2 P(C_1) - (1-P(C_1)) \log_2 (1-P(C_1)) = 0,2113 + 0,4230 = 0,6343 \\ H(B) &= -P(B) \log_2 P(B) - (1-P(B)) \log_2 (1-P(B)) = 0,2231 + 0,4346 = 0,6577 \\ H(A) &= -P(A) \log_2 P(A) - (1-P(A)) \log_2 (1-P(A)) = 0,1748 + 0,3826 = 0,5574 \\ H(C_2, C_1, B, A) &= H(C_2) + H(C_1) + H(B) + H(A), \\ H(C_2, C_1, B, A) &= 0,4999 + 0,6343 + 0,6577 + 0,5574 = 2,3493 \\ H_{MAX} &= -0,5 \log_2 0,5 - 0,5 \log_2 0,5 = 1 \end{aligned}$$

Для каждой подсистемы рассчитываем её стабильность:

$$\begin{aligned} \eta_i &= (H_{MAX} - H_i) / H_{MAX}, (i=C_2, C_1, B, A) \\ \eta(C_2) &= 1 - H(C_2) / H_{MAX} = 1 - 0,4999 = 0,5001 \\ \eta(C_1) &= 1 - H(C_1) / H_{MAX} = 1 - 0,6343 = 0,3657 \\ \eta(B) &= 1 - H(B) / H_{MAX} = 1 - 0,6577 = 0,3423 \\ \eta(A) &= 1 - H(A) / H_{MAX} = 1 - 0,5574 = 0,4426 \\ \eta_{CP} &= \eta(C_2) + \eta(C_1) + \eta(B) + \eta(A) / 4 = 0,4127 \end{aligned}$$

Рассчитываем уровень целостности:

$$\begin{aligned} \theta(C_2, C_1, B, A) &= \eta(C_2) + \eta(C_1) + \eta(B) + \eta(A) - 3 \\ \theta(C_2, C_1, B, A) &= 0,5001 + 0,3657 + 0,3423 + 0,4426 - 3 = 1,6507 - 3 = -1,3493 \end{aligned}$$

Вариант 2.

Зададимся вероятностями для каждой из подсистем C_2, C_1, B, A . $C_2=0,95$; $C_1=0,90$; $B=0,89$; $A=0,93$, тогда вероятность всей системы

$$P(C_2, C_1, B, A) = P(C_2) \cdot P(C_1) \cdot P(B) \cdot P(A),$$

$$P(C_2, C_1, B, A) = 0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,89 \cdot 0,93 = 0,7076$$

В этом случае формула энтропии будет следующей:

$$\begin{aligned} H_i &= -P_i \log_2 P_i - (1-P_i) \log_2 (1-P_i); (i=C_2, C_1, B, A) \\ H(C_2) &= -P(C_2) \log_2 P(C_2) - (1-P(C_2)) \log_2 (1-P(C_2)) = 0,0703 + 0,2161 = 0,2864 \\ H(C_1) &= -P(C_1) \log_2 P(C_1) - (1-P(C_1)) \log_2 (1-P(C_1)) = 0,1368 + 0,3322 = 0,4690 \\ H(B) &= -P(B) \log_2 P(B) - (1-P(B)) \log_2 (1-P(B)) = 0,1496 + 0,3503 = 0,4999 \\ H(A) &= -P(A) \log_2 P(A) - (1-P(A)) \log_2 (1-P(A)) = 0,0974 + 0,2686 = 0,3660 \\ H(C_2, C_1, B, A) &= H(C_2) + H(C_1) + H(B) + H(A), \\ H(C_2, C_1, B, A) &= 0,2864 + 0,4690 + 0,4999 + 0,3660 = 1,6213 \\ H_{MAX} &= -0,5 \log_2 0,5 - 0,5 \log_2 0,5 = 1 \end{aligned}$$

Для каждой подсистемы рассчитываем её стабильность:

$$\eta_i = (H_{\text{MAX}} - H_i) / H_{\text{MAX}} = 1 - H_i / H_{\text{MAX}}, \quad (i = C_2, C_1, B, A)$$

$$\eta(C_2) = 1 - H(C_2) / H_{\text{MAX}} = 1 - 0,2864 = 0,7136$$

$$\eta(C_1) = 1 - H(C_1) / H_{\text{MAX}} = 1 - 0,4690 = 0,5310$$

$$\eta(B) = 1 - H(B) / H_{\text{MAX}} = 1 - 0,4999 = 0,5001$$

$$\eta(A) = 1 - H(A) / H_{\text{MAX}} = 1 - 0,3660 = 0,6340$$

$$\eta_{\text{ср}} = \eta(C_2) + \eta(C_1) + \eta(B) + \eta(A) / 4 = 0,5947$$

Рассчитываем уровень целостности:

$$\theta(C_2, C_1, B, A) = \eta(C_2) + \eta(C_1) + \eta(B) + \eta(A) - 3$$

$$\theta(C_2, C_1, B, A) = 0,7136 + 0,5310 + 0,5001 + 0,6340 - 3 = 2,3787 - 3 = -0,6213$$

2.4. Выбор направления развития линии с использованием монограммы.

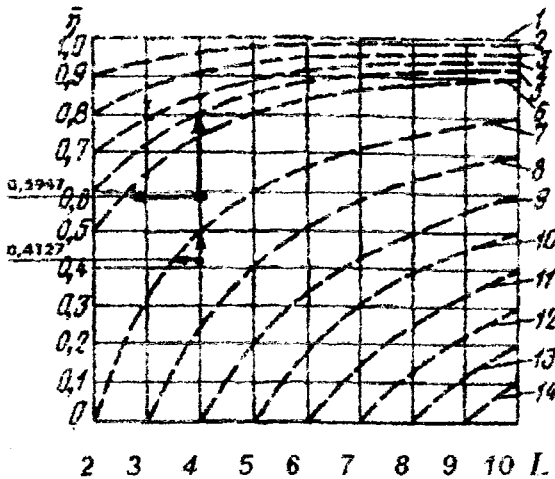
На монограмме показана связь средней стабильности подсистем $\eta_{\text{ср}}$ и количества подсистем L в системе для различного уровня целостности системы в целом. Линия $\theta = 0$ является границей между системами суммативными (ниже этой линии) и целостными (выше этой линии). Из рисунка следует, что развитие технологической линии как системы процессов, т. е. переход с низшего уровня целостности к высшему, возможно как путем сокращения подсистем в системе, так и путем модернизации процессов в подсистемах. Работы по автоматизации линии имеют смысл, если совокупность процессов в машинах и аппаратах линии представляет собой целостную систему, т. е. $\theta > 0$. Если $\theta \leq 0$, то требуются усилия инженеров – технологов и инженеров – механиков по совершенствованию линии, которая представляет собой еще слабо организованную, суммативную систему.

В ряде случаев целесообразно соединить усилия технологов и механиков, но приоритет должен быть отдан работам по сокращению технологических процессов. Какой смысл в совершенствовании отдельных процессов, если затем технология будет сжата, а эти модернизированные процессы могут быть вовсе ликвидированы

Проведенный анализ состояния технологической системы показывает, что не всякую линию, работающую сегодня в промышленности, целесообразно оснащать средствами автоматического регулирования и управления. Сначала надо установить величину уровня целостности линии и в соответствии с результатами исследования разработать программу ее развития. Таким образом, величина уровня целостности может служить показателем готовности линии к приему средств автоматизации.

Вывод: Проведя необходимые расчеты поточной линии производства туалетного мыла и, используя приведенную монограмму, можно сделать вывод, что линии нужна модернизация оборудования.

График тачений 0



Контрольные вопросы

1. Какой смысл вкладывается в понятия стабильности и целостности?
2. Каким образом определяется энтропийная функция системы?
3. В чем суть методики подсчета энтропии системы?
4. Что представляет собой уровень целостности системы?
5. Каковы возможные направления развития технологического потока?

Варианты заданий

Контрольная работа предусматривает анализ и синтез технологической линии и ведущего оборудования в ней (принцип работы, достоинства и недостатки, расчет производительности и энергозатрат, перспективы развития оборудования).

На контрольную проработку выносятся следующие технологические линии:

1. Линия производства пастеризованного молока (сепаратор, гомогенизатор, пастеризационно - охладительная установка, автомат для упаковки молока в пакеты и тетрапаки).
2. Линия производства сливочного масла способом непрерывного взбивания (маслоизготовитель периодического действия, дезодорационная камера, маслоизготовитель непрерывного действия).
3. Линия производства сухого цельного молока (низкотемпературная вакуум - выпарная установка пленочного типа, прямоточная распылительная сушилка).
4. Линия производства творога периодическим способом (многосекционный творогоизготовитель непрерывного действия, творожная пресс - ванна).

5. Линия производства мороженого (эскимогенератор карусельного типа, фризёр непрерывного действия).
6. Линия производства швейцарского блочного сыра (аппарат выработки сырного зерна периодического действия – $V=2500\text{л}$, пневматический пресс, установка крупноблочного прессования).
7. Линия производства плавленых сыров (аппарат периодического действия для плавления сырной массы, аппарат для плавления).
8. Линия убоя и первичной переработки КРС (автоматический бокс оглушения, установка для съёмки шкур, стационарные и переносные пилы, машина для разрубки голов).
9. Линия производства вареной колбасы (волчок, куттер периодического действия, универсальная термокамера).
10. Линия производства мясных консервов (двухкаскадная мясорезательная машина, мешалка мясосырья, автомат для фасовки мяса, вертикальный автоклав, гидростатический стерилизатор).
11. Линия производства сухих кормов и технических жиров в горизонтальных вакуумных котлах (горизонтальный вакуумный котел, центрифуга НОГШ, молотковая дробилка, дробильно-сушильный агрегат).
12. Линия производства хлеба формового из пшеничной муки (тестомесильные машины непрерывного действия, тестоприготовительный агрегат ХТР).
13. Линия производства нарезных батонов (тестомесильные машины периодического действия, тестозакаточные машины, тестокруглительные машины).
14. Линия производства сдобных сухарей (машина для формования сахарных плит, машина для разрезки сахарных плит).
15. Линия производства коротких макаронных изделий (макаронный пресс, барабанная сушилка, паровая конвейерная сушилка).
16. Линия производства длинных макаронных изделий (пресс Б6-ЛПШ-700, сушилка ЛС2-А).
17. Линия производства пряников (тестомесильная машина ТМ-63М, машина для формования пряников, отрезной механизм, барабан для непрерывного тиражирования пряников).
18. Линия производства сахарного печенья (тестомесильная машина, печь газовая ШПГ и А2- ШПГ, ротационная машина ШР-1М, смеситель-эмульгатор).
19. Линия производства пралиновых конфет (пятивалковая мельница, валково-шестеренный экструдер, меланжер).
20. Линия производства завернутой карамели с начинкой (тянущая машина непрерывного действия, карамелеобкаточная машина, выпарной аппарат 33-А).
21. Линия производства завернутой карамели (выпарной аппарат 33-А, охлаждающая машина, проминальный транспортер, тянущая машина непрерывного действия, карамелеобкаточная машина).

22. Линия производства солода (передвижная солодовенная грядка, росткоотбивочная машина, вертикальная солодосушилка).

23. Линия производства пива (заторный котел, суслотарочный чан, фильтровальный чан).

24. Линия производства газированных безалкогольных напитков (сатуратор, устройство для фасовки напитков).

Линия производства экстрактов из плодово-ягодного сырья (экстрактор с вибрационной тарелкой, диффузор с рециркулирующей растворителя, контактный элемент роторного распылительного испарителя)

3. Разработка методики разрешения технических противоречий при совершенствовании поточных линий пищевых производств [6]

Цель работы: приобретение инженерных навыков определения ключевых технических противоречий технологических систем; разработка метода разрешения узла противоречий на разных уровнях при совершенствовании поточной линии в соответствии с вариантом задания.

3.1 Краткие теоретические сведения

Показатели качества функционирования технологического потока, такие как производительность, качество продукции, надежность, управляемость и др., взаимосвязаны, взаимозависимы и взаимообусловлены: улучшение одних показателей приводит к ухудшению других [1].

Основное противоречие технологической системы, которое заключается в конфликте наиболее важных технико – экономических показателей, порождает множество частных противоречий, разрешаемых при создании подсистем и элементов системы.

Целью анализа узких мест в системе является поиск *ключевых противоречий*, возникающих при создании новой системы. Найти ключевое противоречие и вскрыть его сущность - основа выполнения практической работы.

Противоречивые требования технического задания «создать технологическую систему с расширенными функциональными возможностями, лучшего качества и с наименьшими затратами» приводят, как правило, к компромиссным решениям.

В каждом конкретном случае проблема преодоления противоречий носит специфический характер и заключается в уравнивании противоречивых показателей качества функционирования технологического потока. Такое уравнивание может быть достигнуто, в частности, созданием многофункциональных частей технологического потока, использованием нетрадиционных способов подвода энергии к обрабатываемому сырью, разработкой ресурсосберегающих технологий, модернизацией и внедрением новых видов оборудования и т. д.

Уровни разрешения технических противоречий

Выбор задачи	Выбор поисковой концепции	Сбор информации	Поиск решения	Создание конструкции	Внедрение
Сформулирована новая проблема	Найден новый метод	Получены новые данные, относящиеся к проблеме	Найден новый принцип	Созданы новые конструктивные принципы	Изменена вся система, в которую вошла новая конструкция
Сформулирована новая задача	Найдена новая поисковая концепция	Получены новые данные, относящиеся к задаче	Найдено новое решение	Создана новая конструкция	Конструкция применена по – новому
Изменена исходная задача	Поисковая концепция изменена применительно к условиям задачи	Собранная информация изменена применительно к условиям задачи	Изменено известное решение	Изменена исходная конструкция	Внедрена новая конструкция
Взята готовая задача	Использована готовая поисковая концепция	Использованы имеющиеся сведения	Использовано готовое решение	Использована готовая конструкция	Внедрена готовая конструкция
Выбрана одна из нескольких задач	Выбрана одна поисковая концепция из нескольких	Собраны сведения из нескольких источников	Выбрано одно решение из нескольких	Выбрана одна из нескольких конструкций	Внедрена модификация готовой конструкции

Часть системы (подсистема, элемент), изменение или определенное состояние которой связывает между собой положительный и нежелательный эффекты, называется *узлом противоречия*.

Любой технический объект может быть охарактеризован присущим ему комплексом противоречий. Причем главные противоречия объекта, связанные с принципом действия, определяют проблемы, которые приходится решать в процессе совершенствования этого объекта.

Разрешить противоречие, значит, убрать негативный эффект, сохранив позитивный. Но совсем устранить техническое противоречие нельзя. Улучшения одних параметров без ухудшения других не бывает, и на смену устраненному нежелательному эффекту обязательно появится какой – то другой. Цель разрешения противоречия – свести все ухудшения к минимуму.

Основное техническое противоречие в технологической системе, заключающееся в снижении качества продукции при увеличении производительности поточной линии, может разрешаться на разных уровнях [7]. Мелкие, частичные действия по устранению этого противоречия характерны для I и II уровней, а глобальные с большим экономическим эффектом – для IV и V. Соответственно и трудоемкость этапов на каждом уровне различна (табл. 3.1).

Инженер без особых предварительных исследований должен уметь разрешать технические противоречия действующей поточной линии на первых двух уровнях, поскольку здесь не ставятся новые задачи. Но для того чтобы разрешать противоречия на высших уровнях, необходима серьезная исследовательская работа, причем чем выше уровень, чем основательнее разрешается техническое противоречие, тем более солидные методологический, теоретический и экспериментальный аппараты приходится применять исследователю.

Для эффективного разрешения технических противоречий на высших уровнях требуется научная программа исследования, позволяющая целенаправленно повышать целостность технологических систем.

3.2.Методика выполнения работы

Рассмотрим метод разрешения технического противоречия при совершенствовании технологии сушки термолabileльных зернистых продуктов, частности зерна.

Сушка зерна является важнейшим элементом технологического потока в послеуборочной обработке урожая.

В качестве базового объекта использовалась многокамерная сушилка (рис 22), в которой реализован способ управления процессом сушки, основанный на оптимизации удельных энергетических затрат при выполнении ограничений по управляемым переменным [8].

При сушке термолabileльных пищевых продуктов не всегда представляется возможным регулирование технологических параметров теплоносителя, особенно в тех случаях, когда малейшее отклонение от заданного оптимального режима сушки может привести к нежелательным последствиям. В связи с этим был выбран путь максимального использования тепла сушильного агента за счет изменения высоты слоя продукта. Однако чрезмерное увеличение высоты слоя материала может привести к тому, что теплоноситель, двигаясь в слое, перенасыщается влагой, и в верхних слоях продукта может происходить конденсация влаги. В то же время снижение величины удельной нагрузки продукта на решетку менее определенного значения ведет к неэффективному использованию энергии теплоносителя.

Таким образом, суть ключевого технического противоречия в базовом объекте состояла в том, что увеличение производительности сушилки за счет увеличения слоя продукта неизбежно приводило к снижению его качества и увеличению удельных энергозатрат. Разрешение узла противоречий заключалось в решении компромиссной задачи [8], которая позволила благодаря регулированию высоты слоя материала обеспечить максимальное использование потенциала сушильного агента.

Практическое преодоление противоречий в базовом варианте осуществляется следующим образом.

Информация о фактическом расходе тепловой и электрической энергии с помощью датчиков 8, 9, 10 через вторичные приборы 14, 15, 16 передается в алгебраический блок 20, который непрерывно вычисляет суммарные энергозатраты на процесс сушки. С помощью датчиков 4, 5, 6 и вторичных приборов 12, 13 блок умножения 19 непрерывно определяет количество испаряемой влаги в единицу времени.

Вычислительное устройство 21, связанное с блоками умножения 19 и алгебраическим 20, производит оперативный счет удельных энергозатрат в каждый момент времени процесса сушки и передает пропорциональный им сигнал в функциональный блок 22, в который также поступает с датчика 11 через вторичный прибор 17 информация о начальной влажности продукта. Функциональный блок по заложенной в него экстремальной характеристике

[8] формирует и передает в блок сравнения 23 сигнал, соответствующий оптимальному значению удельной нагрузки продукта на решетку.

Блок сравнения 23 вырабатывает сигнал отклонения текущего значения удельной нагрузки продукта на решетку, измеряемый вторичным прибором 18 и датчиком 7, от оптимального и через регулятор 24 посредством исполнительного механизма 25 воздействует на расход продукта, изменяя при этом высоту слоя продукта таким образом, чтобы удельные энергозатраты для выбранного режима сушки были бы минимальными.

Технология сушки по базовому варианту и способ управления для реализации оптимальных режимов могут быть использованы только при секционной или многоступенчатой сушке.

Несмотря на то, что в ходе производственных испытаний этого способа были получены весьма удовлетворительные результаты (повышена энергетическая эффективность процесса, улучшено качество высушенного зерна), техническое противоречие осталось, хотя и выглядит менее заметным.

Отдавая предпочтение более высоким уровням разрешения технических противоречий, проведены системные исследования, которые позволили найти новый метод в разрешении узла противоречий процесса сушки [9].

Принципиальным направлением в повышении тепловой экономичности и экологической эффективности сушильных установок является рециркуляция части отработанного сушильного агента, то есть его возврат на сушку с предварительным смешиванием со свежим воздухом, забираемым из атмосферы. Рециркуляция сушильного агента по схеме с частично замкнутым циклом позволяет

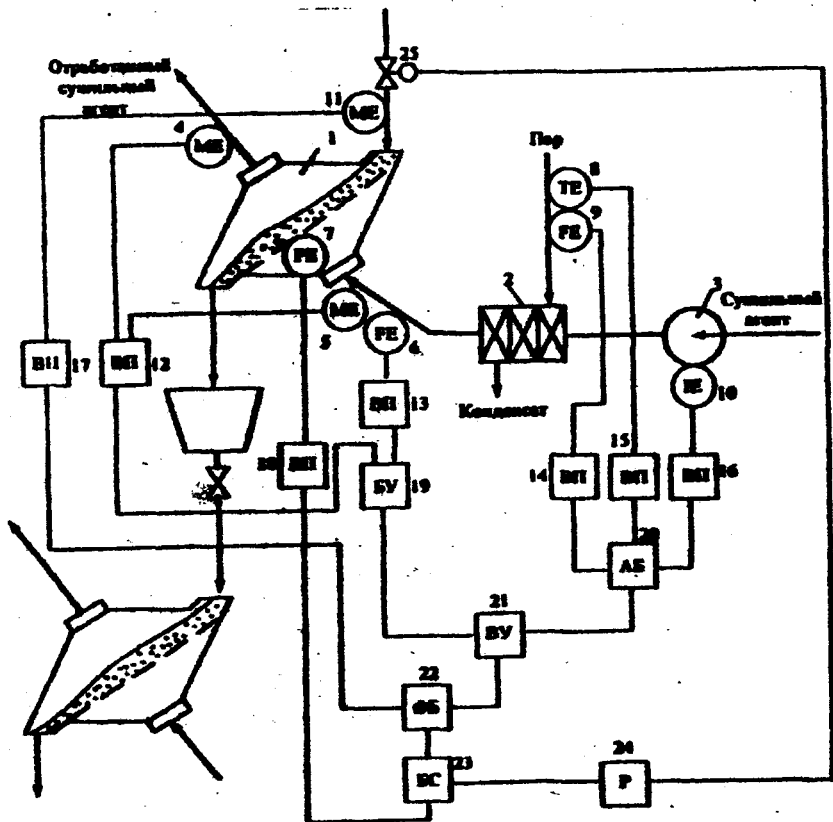


Рис. 22. Схема сушилки со средствами контроля и управления:

1- рабочая камера сушилки; 2- калорифер; 3- вентилятор; 4, 5- датчики влагосодержания сушильного агента; 6- датчик расхода сушильного агента; 7- датчик удельной нагрузки продукта на решетку; 8, 9- датчик температуры и расхода греющего пара; 10- датчик потребляемой мощности вентилятора; 11- датчик влажности продукта; 12-18- вторичные приборы; 19- блок умножения; 20- алгебраический блок; 21- вычислительное устройство; 22- функциональный блок; 23- блок сравнения; 24- регулятор; 25- исполнительный механизм.

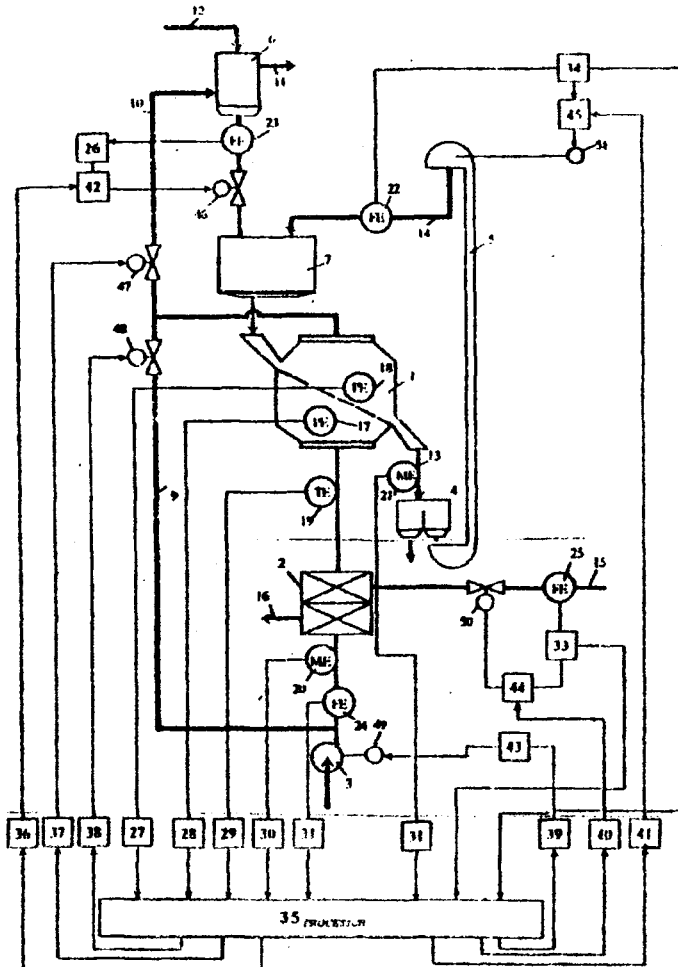


Рис. 23. Схема сушильной установки с рециркуляционными потоками: 1- сушилка; 2- калорифер; 3- вентилятор с регулируемым приводом; 4- накопитель; 5- нория; 6- камера нагрева; 7- камера смешивания; 8- линия подготовки сушильного агента; 9- линия рециркуляции сушильного агента; 10- линия подачи отработанного сушильного агента; 11- линия отвода отработанного сушильного агента; 12- линия подачи влажного продукта в сушилку; 13- линия отвода высушенного продукта; 14- линия рециркуляции высушенного продукта; 15- линия подачи пара в калорифер; 16- линия отвода конденсата; 17-25- датчики; 26-34- вторичные приборы; 35- микропроцессор; 36-41- преобразователи; 42-45- регуляторы; 46-51- исполнительные механизмы.

существенно повысить степень использования его потенциала и в случае недопустимости интенсивного удаления влаги из продукта создает "мягкие" режимы сушки. Регулируя соотношение расходов составляющих смеси сушильного агента, можно получить необходимые параметры при сушке различных зернистых продуктов независимо от климатических условий и времени года [9].

При сушке термолабильных продуктов с высокой энергией связи влаги, в том числе и зерна, когда исчерпаны возможности повышения начальной температуры сушильного агента в силу накладываемых ограничений на качество, увеличивают длину сушильного тракта или число зон или применяют многократную подачу зернистого продукта на сушку.

В соответствии с современными тенденциями в создании компактных зерносушильных объектов для фермерских хозяйств уменьшение габаритов сушильных установок достигается за счет рециркуляции продукта. Частичный возврат сухого продукта придает ему хорошие сыпучие свойства при получении низкой конечной влажности. При этом интенсивно используется рабочий объем сушильной установки [10].

Учитывая положительные и отрицательные стороны технологических приемов, связанных с организацией движения рециркуляционных потоков, составили алгоритм функционирования системы управления сушильной установкой, работающей по схеме с частично замкнутым циклом по отработанному сушильному агенту с одновременной рециркуляцией сухого продукта.

Под алгоритмом функционирования понимается совокупность правил, устанавливающих логическую последовательность подачи управляющих воздействий, ресурс действия которых определяется системой ограничений с возможностью оперативной коррекции режима сушки в условиях случайных возмущений.

Особенность новой технологии сушки [6], для которой рассматривается алгоритм функционирования системы управления, заключается в том, что отходящий поток сушильного агента разделяется на основной и дополнительный. Основной поток подается на предварительный подогрев влажного продукта, а дополнительный направляется на рециркуляцию и смешивается со свежим воздухом в соотношении, необходимом для получения заданного влагосодержания исходной смеси.

Предварительный подогрев продукта ускоряет последующую сушку, а при непосредственной обработке продукта высоковлажным отработанным сушильным агентом создаются благоприятные условия для его подвяливания. За счет частичной рециркуляции сухого продукта обеспечивается выравнение начальной влажности вновь подаваемого продукта на сушку с целью реализации необходимых технологических режимов сушки.

Эффективность предлагаемого технического решения изначально предопределена точностью формулировки ключевого технического противоречия.

Для реализации нового способа сушки использован метод оптимизации с предвидением [9].

Метод предусматривает непрерывное измерение не только управляющих воздействий, но и всех существенных возмущений, нарушающих найденный однажды оптимум. При изменении тех или иных условий протекания процесса сис-

тема управления в соответствии с алгоритмом функционирования расчетными новыми значениями всех варьируемых параметров, оптимальных для данных условий с точки зрения получения конечной влажности продукта W_K в заданном интервале значений.

На рис.23 представлена схема управления процессом сушки зерна в сушильной установке с рециркуляционными потоками, поясняющая алгоритм ее функционирования.

По информации датчика 21 и вторичного прибора 32 микропроцессор 35 непрерывно сравнивает текущую величину влажности высушенного продукта W_K с заданным интервалом значений W_K . При отклонении W_K от W_K , например, в сторону увеличения ($W_K > W_K$) микропроцессор последовательно по четырем каналам управления корректирует режим сушки в таком порядке.

Сначала вырабатываются корректирующие сигналы, которые с микропроцессора через преобразователи 37 и 38 подаются на исполнительные механизмы 47 и 48 для уменьшения кратности рециркуляции по сушильному агенту путем снижения его расхода в линии 9 (I канал управления). Излишняя часть отработанного сушильного агента подается по линии 10 на предварительный подогрев влажного продукта. Работа исполнительных механизмов 47 и 48 синхронизирована. Уменьшение кратности рециркуляции осуществляется до достижения влагосодержания смеси сушильного агента предельно минимального значения.

Затем через преобразователь 40 корректируется задание регулятору 44, который с помощью исполнительного механизма 50 воздействует на увеличение расхода греющего пара в калорифер 2 до достижения максимально допустимого значения температуры сушильного агента $T_{\text{св}}$ (II канал управления).

Далее микропроцессор через преобразователь 39 осуществляет коррекцию задания регулятору 43 и посредством исполнительного механизма 49 регулируемого привода вентилятора увеличивает подачу сушильного агента в линии 8 до достижения перепада давления в слое P максимально допустимого значения (III канал управления). И последним этапом в коррекции режима сушки является подача управляющих воздействий на изменение соотношения расходов влажного продукта, поступающего на сушку, и сухого в линии рециркуляции 14 (IV канал управления). При этом корректирующие сигналы подаются через преобразователи 36 и 41 на регуляторы 42 и 45, и с помощью исполнительных механизмов 46 и 51 увеличивают кратность рециркуляции продукта по сухой фазе до тех пор пока не будет выполнено главное условие: конечная влажность продукта будет лежать в заданных пределах.

Каждый последующий канал управления срабатывает после того, как предыдущий выйдет на ограничение, то есть полностью исчерпает свой собственный ресурс. Включение каналов управления, а также их работа прерываются, как только фактическое значение влажности высушенного продукта станет равным заданному интервалу значений.

В случае, когда $W_K < W_K$, микропроцессор производит включение каналов управления в том же порядке, а подача управляющих воздействий и их ресурс определяются противоположными границами двухсторонних ограничений.

Предлагаемый алгоритм функционирования системы управления сушильной установкой с рециркуляционными потоками позволяет оперативно регулировать режимные параметры процесса при колебаниях начальной влажности зернистого продукта в широких пределах и темпа его подачи на сушку, обеспечивает мягкие режимы сушки за счет регулирования влагосодержания сушильного агента с воздействием на кратность рециркуляции, стабилизирует гидродинамический режим и сокращает потери продукта с отработанным теплоносителем, максимально используя энергетический потенциал последнего.

Таким образом, новые решения в технологии и управлении процессом сушки не только обеспечили повышение качества высушиваемого продукта и снижение энергозатрат при необходимой производительности сушильной установки, но и позволили сократить производственные площади, а также повысить экологическую безопасность процесса.

Задание: разработать метод решения технического противоречия при совершенствовании пищевого производства в соответствии с вариантом задания (табл. 3.2.)

Таблица 3.2

Варианты индивидуальных заданий к работе №5

Вариант	Наименование производства
1	Производство формового хлеба из ржаной муки
2	Производство батонов и городских булочек
3	Производство сахарного печенья
4	Производство водки
5	Производство сдобных сухарей
6	Производство глазированных сырков
7	Производство сметаны
8	Производство копченых колбас
9	Производство солода
10	Производство пива
11	Производство пастеризованного молока
12	Производство подового хлеба из пшеничной муки
13	Производство творога
14	Производство сливочного масла
15	Производство помадных конфет
16	Производство макаронных изделий
17	Производство сушеного мяса

Порядок оформления отчета. Отчет о практической работе оформляется на белой бумаге формата А4 с одной или с обеих сторон. Отчет включает в себя следующие разделы:

- цель работы;

- теоретическую часть, в которой отражается сущность противоречий и уровни их разрешения в технологическом потоке;
- графическую часть, выполненную на листах формата А4 в соответствии с требованиями ЕСКД и включающую в себя схемы и иллюстрации с использованием авторских свидетельств и патентов, а также литературные источники для разрешения узла ключевого противоречия системы (подсистемы элемента);
- расчетную часть, в которой обосновывается техническое решение по модернизации поточной линии (в технологии или технике), обеспечивающие максимальное разрешение узла противоречий; приводятся необходимые расчеты, свидетельствующие об эффективности технического решения при создании новых машинных технологий.

Контрольные вопросы

1. Что вы понимаете под техническим противоречием технологического потока?
 2. Почему развитие технологической линии диалектически связано с разрешением одного или нескольких технических противоречий?
 3. Какова роль технических противоречий в развитии конструкций известных вам машин и аппаратов перерабатывающих отраслей АПК?
 4. Что называется узлом противоречий?
 5. В чем специфика подхода к разрешению узла ключевого технического противоречия для поточной линии по варианту задания?
4. Прогнозирование развития элементов технологического потока [6].

Цель работы: изучение теоретических основ прогнозирования технического уровня элементов технологического потока; приобретение инженерных навыков определения и прогнозирования технического уровня конкретного элемента технологического потока в соответствии с вариантом задания.

4.1. Краткие теоретические сведения

Прогнозирование – это определение вероятных тенденций и перспектив развития различных объектов на основе имеющихся данных и сроков их осуществления.

При прогнозировании можно выделить следующие основные группы информации:

- о существующих технологических процессах (государственные стандарты, карта технического уровня, каталоги, статьи, монографии, технические отчеты о современном состоянии производства и др.);
- о новых проектно – конструкторских и технологических разработках (проекты, инструктивно – методический материал, диссертации и др.);
- о не запатентованных решениях, выраженная в форме новых технических идей, принципов и т. д.;

- патентная (авторские свидетельства, патенты зарубежных стран).

Источники информации могут быть разделены на две следующие группы: непараметрические – о новых идеях без числовых данных; параметрические - о существующих и проектируемых технологических процессах в традиционных числовых параметрах (масса, напряжение, скорость транспортирования и другие физические и химические величины).

Условная шкала прогнозов с различными периодами упреждения, ориентированная на деление, принята в народнохозяйственном планировании: дальнесрочный (свыше 30 лет); долгосрочный (от 15 до 30 лет); среднесрочный (от 5 до 15 лет); краткосрочный (до 5 лет). В соответствии с этими периодами различают три основных метода прогнозирования: на основе научных стратегий (дальнесрочное и долгосрочное); по патентным источникам (среднесрочное); по числовым параметрам (краткосрочное). В первых двух методах используется непараметрическая информация, а в третьем – только параметрическая. Для среднесрочного прогнозирования развития элементов технологической системы используется информация, содержащаяся в патентах (авторских свидетельствах).

В современных условиях патенты представляют собой документы, отражающие в концентрированной форме новейшие достижения науки и техники. Вместе с тем патенты, как правило, не содержат числовых технико – экономических данных и параметров, по которым можно сопоставлять, анализировать и оценивать инженерные решения. Отсюда следует, что количественно оценить инженерно – техническую значимость патента возможно лишь благодаря разработке системы критериев, которые в совокупности представляют собой Генеральную определительную таблицу (ГОТ).

Необходимо подчеркнуть, что патенты, относящиеся к перерабатывающим отраслям агропромышленного комплекса, в основном содержат описания способов или конструкций, с помощью которых может быть реализована та или иная технологическая операция. Другими словами в патентах преимущественно речь идет об элементах технологических систем.

Технический уровень элемента технологического потока (качество технологической операции) может быть оценен через инженерно – техническую значимость изобретения величиной

$$y_{эл} = \frac{q}{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi(i) j(i)}{n \sum_{i=1}^n \varphi(i)}, \quad (4.1)$$

где q – сумма оценок, которых заслуживает патент по каждой характеристике ГОТ; Q – максимальная сумма оценок по тем же характеристикам ГОТ; n – число характеристик; $j(i)$ – оценка позиций характеристик; $\varphi(i)$ – функция, нормирующая весомость характеристик, образующих ГОТ. Таким образом, с помощью формулы (4.1) можно транспортировать качественные особенности новых элементов технологической системы в количественно безразмерную величину.

Генеральная определительная таблица для прогнозирования технического уровня элементов технологического потока составляется на базе тех или иных предпосылок и состоит из отдельных определительных таблиц, ранжированная последовательность характеристик которых убывает: $\varphi(i_1) = 1$; $\varphi(i_2) = 1$; $\varphi(i_3) = 0,75$; $\varphi(i_4) = 0,5$; $\varphi(i_5) = 0,31$.

Смысловая значимость характеристик применительно к анализу новых технологических операций следующая:

i_1 – метод обработки сырья и полуфабрикатов, на котором базируется технологическая операция (анализ новизны метода);

i_2 – уровень механизации и автоматизации технологической операции (анализ этого уровня);

i_3 – санитарно – гигиенические условия и техника безопасности технологической операции (анализ технологической операции с этой точки зрения);

i_4 – теоретическая обоснованность технологической операции (анализ обоснованности источника информации);

i_5 – лицензионно – конъюнктурный фактор (анализ интенсивности патентования).

Таблица 4.1

Вариант ГОТ для прогнозирования уровня элемента технологической системы

Шифр	Характеристика i и позиции p	Оценка источника информации	
		$j(i)$, баллы	С учетом весомости характеристики $j(i) \varphi(i)$
1	2	3	4
i_1	Метод обработки сырья и полуфабрикатов, на котором базируется технологическая операция $\varphi(i_1) = 1$		
P_1	Устаревший метод обработки сырья и полуфабрикатов	1	1
P_2	Современный метод обработки сырья и полуфабрикатов	2	2
P_3	Известный метод обработки сырья и полуфабрикатов, но не реализованный до настоящего времени в промышленности.	3	3
P_4	Принципиально новый метод обработки сырья и полуфабрикатов	4	4

1	2	3	4
P ₅	То же, что и позиция P ₄ , но в источнике информации дан конкретный способ реализации метода	5	5
I ₂	Уровень механизации и автоматизации технологической операции $\Phi(i_2) = 2$		
P ₁	Участие рабочего предполагается не только при загрузке и выгрузке, но и при обработке сырья и полуфабрикатов	1	1
P ₂	Участие рабочего предполагается только при загрузке сырья и полуфабрикатов	2	2
P ₃	Операция полностью механизирована, но контроль выхода и корректировка процесса осуществляются рабочим	3	3
P ₄	Операция полностью механизирована, но контроль выхода процесса осуществляет автоматическое устройство, а корректировку процесса – рабочие	4	4
P ₅	Операция полностью механизирована, управление процессом автоматизировано	5	5
I ₃	Санитарно – гигиенические условия и техника безопасности технологической операции $\Phi(i_3) = 0,75$		
P ₁	Санитарные условия обеспечиваются при дополнительном обслуживании оборудования два раза в смену; вредные производственные факторы (шум, вибрация, запыленность, температура, влажность) не превышают допустимых пределов; техника безопасности обеспечивается специальными ограждениями и блокировочными устройствами	1	0,75
P ₂	Санитарные условия обеспечиваются при дополнительном обслуживании оборудования один раз в смену; вредные производственные факторы не превышают допустимых пределов; техника безопасности обеспечивается специальными ограждениями и блокировочными устройствами	2	1,50
P ₃	Санитарные условия обеспечиваются без дополнительного обслуживания оборудования; вредные производственные факторы не превышают допустимых пределов; техника безопасности обеспечивается специальными ограждениями и блокировочными устройствами	3	2,25
P ₄	Санитарные условия обеспечиваются без дополнительного обслуживания оборудования; вредные производственные факторы не превышают допустимых пределов; техника безопасности обеспечивается специальными ограждениями без блокировочных устройств	4	3,00

1	2	3	4
P_5	Санитарные условия обеспечиваются без дополнительного обслуживания оборудования; вредные производственные факторы не превышают допустимых пределов; техника безопасности обеспечивается без специальных ограждений и без блокировочных устройств	5	3,75
I_4	Теоретическая обоснованность технологической операции		
P_1	Технологическая операция обоснована на уровне элементарных гипотез	1	0,50
P_2	Технологическая операция обоснована на уровне простейших представлений о линейной связи между выходом и входом процесса	2	1,00
P_3	Технологическая операция обоснована с учетом основных закономерностей тепломассообмена и реологических свойств, обрабатываемого пищевого материала	3	1,50
P_4	То же, что и позиция p_3 , но с учетом гидродинамики потока обрабатываемого материала	4	2,00
P_5	Технологическая операция полностью аргументирована как с позиции теплофизики и инженерной реологии, так и с позиции гидродинамики	5	2,50
I_5	Лицензионно – конъюнктурный фактор $\varphi(i_5) = 0,31$		
P_1	Предложение запатентовано в одной технически развитой стране	1	0,31
P_2	Предложение запатентовано в двух технически развитой стране	2	0,62
P_3	Предложение запатентовано в трех технически развитых странах	3	0,93
P_4	Предложение запатентовано в четырех технически развитых странах	4	1,24
P_5	Предложение запатентовано в пяти технически развитых странах	5	1,55

Содержание характеристик может быть иным в зависимости от цели прогнозирования.

Если в формулу (4.1) внести минимальную оценку ($j = 1$), то технический уровень технологической операции будет равен 0,2, а если максимальную ($j = 5$), то 1. Следовательно, $U_{эл}$ изменяется в пределах от 0,2 до 1, т. е. $0,2 < U_{эл} \leq 1$. —

Предположим, что изобретение будет обязательно внедрено в производство при $U_{эл} = 1$, тогда формулу (4.1) можно интерпретировать как: средство определения вероятности внедрения изобретения.

Таким образом, чем ближе к 1 величина $U_{эл}$, тем более перспективно инженерное решение, представленное в патенте, тем выше его прогностическая ценность. Если интервал значений $U_{эл}$ между 0,2 и 1,0 разделить на четыре равные части и каждой из них присвоить определительную категорию прогнозирования, получим аттестационную шкалу оценки перспективности технического решения. Для оценки непараметрических источников информации при прогнозировании технического уровня элементов технологической системы используется следующий вариант Генеральной определительной таблицы (табл. 4. 1).

4.2. Методика выполнения работы

Рассмотрим процедуру оценки технического уровня элемента технологического потока на примере получения взорванных зерен при производстве сухих завтраков [7].

Определенные в результате экспериментальных исследований основные параметры процесса получения взорванных зерен, а также новый принцип непрерывного перемещения обрабатываемого продукта [6] положены в основу конструкции установки (рис. 24), защищенной авторским свидетельством [2].

При циклическом движении цилиндров на замкнутом цепном конвейере последовательно выполняются операции по загрузке, тепловой обработке, взрыву и выгрузке зерна. Синхронизированная загрузка и выгрузка цилиндров осуществляется посредством кулачковых механизмов.

Система клапанов создает полную герметичность цилиндров при нагреве продукта. Равномерный нагрев зерна достигается за счет кондуктивной теплопередачи благодаря спирали, установленной в корпусе цилиндра, и реечному механизму, который приводит его во вращение при движении цепного конвейера.

Скорость конвейера выбирается такой, чтобы зерно, находящееся в цилиндре, успело прогреться, а давление водяных паров достигло заданного значения. При выгрузке зерна быстро снижается внешнее давление, вследствие этого влага, находящаяся в зерне под большим давлением, вскипает и мгновенно испаряется, что приводит к разрыву клеток продукта и образованию его пористой структуры.

Установка имеет высокую производительность, которая обеспечивается за счет механизации процессов загрузки и выгрузки зерна в рабочий цилиндр и более интенсивного энергоподвода.

На этапе определения вероятных тенденций развития выполним прогноз технического уровня этой разработки и оценим ее перспективность.

Формула данного изобретения изложена в следующей редакции:

1. Установка для получения взорванных зерен, включающая по крайней мере один рабочий цилиндр с нагревательным элементом, устройство для вращения рабочего цилиндра, загрузочное и разгрузочное приспособления, отличающаяся тем, что с целью повышения

производительности и снижения энергозатрат установка снабжена бесконечным цепным конвейером, содержащим горизонтальные и вертикальные ветви для перемещения рабочего цилиндра по траектории, соответствующей контуру конвейера, нагревательный элемент смонтирован на наружной поверхности рабочего цилиндра и представляет собой электрическую спираль с двумя токоподводящими фланцами, устройство для вращения рабочего цилиндра выполнено в виде зубчатого механизма с реечным зацеплением, причем зубчатое колесо укреплено на наружной поверхности рабочего цилиндра, рейка установлена вдоль вертикальной ветви конвейера, первой по ходу перемещения цилиндра от загрузочного приспособления, параллельно рейке смонтированы токоподводящие шины с возможностью контакта их с токоподводящими фланцами при вращении рабочего цилиндра, последний установлен в подшипниковых опорах, а внутри его размещен пружинный клапан с возможностью перемещения вдоль продольной оси цилиндра, загрузочное и разгрузочное приспособления выполнены каждое в виде трубы с размещенным внутри ее штоком, смонтированным с возможностью возвратно-поступательного движения в вертикальной плоскости для обеспечения контакта с пружинным клапаном.

Из авторского свидетельства следует, что технологические операции в процессе получения взорванных зерен осуществляются непрерывно-циклически и, составляют систему элементов. Общую операцию обработки зерна как совокупность элементов будем оценивать по всем пяти характеристикам (табл. 4.1).

2. Установка по п. 1, отличающаяся тем, что с целью повышения качества загрузки и выгрузки зерна путем обеспечения устойчивости рабочего цилиндра на наружной поверхности последнего выполнены поперечные прорезы, а в зоне размещения загрузочного и разгрузочного приспособлений смонтированы направляющие для вхождения в них прорезей рабочего цилиндра.

В соответствии с формулой (4.1) максимально возможная сумма оценок, т.е. знаменатель формулы:

$$i=5 \\ Q = n \sum_{i=1}^5 \varphi(i) = 5 \times 1 + 5 \times 1 + 5 \times 0,75 + 5 \times 0,5 + 5 \times 0,31 = 17,8$$

Распределение фактических оценок складывается следующим образом:

I_1 - метод обработки сырья и полуфабрикатов, $\varphi(i) = 1$. Предложен принципиально новый метод непрерывно-циклической обработки зернистого продукта с целью изменения его пористой структуры методом сброса давления, который в источнике информации изложен достаточно подробно с указанием перемещения рабочих цилиндров, закрепленных на бесконечном цепном конвейере, другими необходимыми деталями, позволяющими считать, что метод соответствует позиции p_5 - Генеральной определительной таблицы. Таким образом, оценка источника информации $j = 5$, а с учетом весомости характеристики; $j(i) \varphi(i) = 5 \times 1 = 5$.

i_2 - уровень механизации и автоматизации технологической операции, $\varphi(i_2) = 1$. В предлагаемой установке все технологические операции полностью механизированы, но контроль за качественными показателями взорванных зерен оператор осуществляет органолептически, он же корректирует процесс через специ-

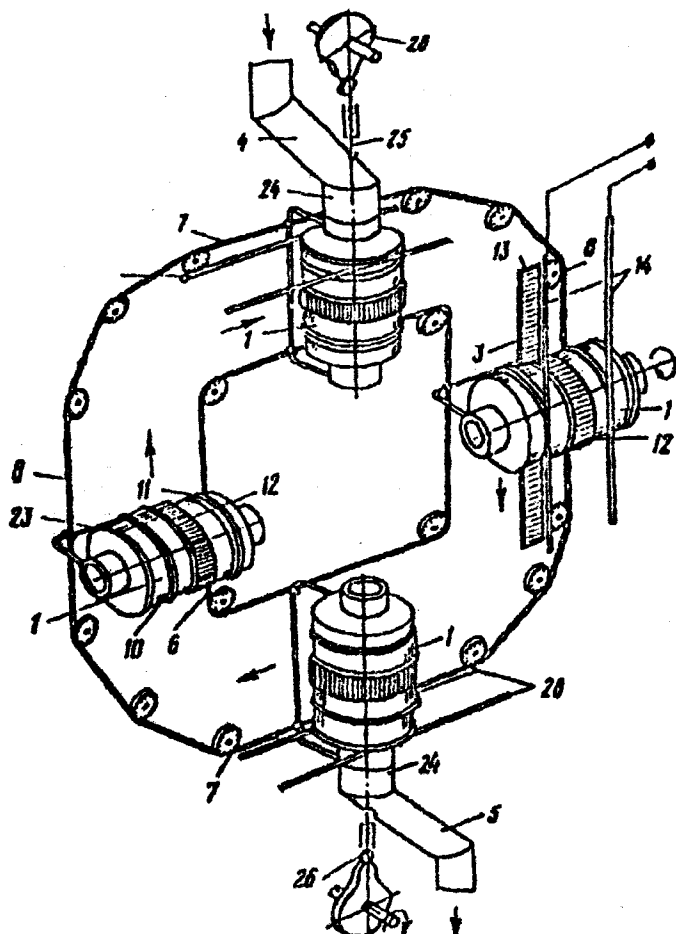


Рис. 24. Установка для получения взорванных зерен (а) и рабочий цилиндр (б): 1- рабочий цилиндр; 2- нагревательный элемент, 3- устройство для вращения рабочего цилиндра; 4- загрузочное приспособление; 5- разгрузочное приспособление; 6- цепной конвейер; 7- горизонтальная ветвь конвейера; 8- вертикальная ветвь конвейера; 9- электроспираль; 10,11- токоподводящие фланцы; 12- зубчатое колесо; 13- рейка; 14- токоподводящая шина; 15- подшипниковая опора; 16- пружинный клапан; 17- седло; 18- подпятник; 19- пружина; 20- коническая опора; 21- промежуточная опора; 22- ребро жесткости; 23- опорная рама; 24- труба; 25- шток; 26- кулачковый механизм; 27 - поперечная прорезь; 28 - направляющая (см.)

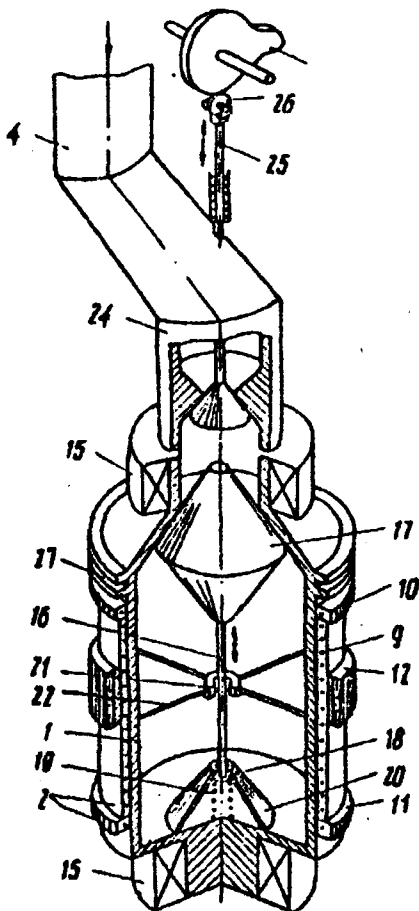


Рис. 24(б). Окончание

альные устройства. В соответствии с этим имеем $j = 3$, а с учетом весомости характеристики $j(i) = 3 \times 1 = 3$.

I_3 - санитарно-гигиенические условия и техника безопасности операции, $\varphi(i_3) = 0,75$. Санитарные условия при выполнении операций не требуют дополнительного обслуживания, а шумовой эффект при работе установки не должен быть выше, чем у прототипа. Если прототип по уровню звука удовлетворяет техническим нормам, то можно предположить, что и новая установка не превысит этих норм. Вместе с тем техника безопасности обеспечивается специальными ограж-

дениями, хотя необходимость в них значительно ниже, чем у прототипа. Изложенное соответствует r_4 , следовательно, $j=4$; $j(i)\varphi(i) = 4 \times 0,751=3$.

i_4 - теоретическая обоснованность технологической операции, $\varphi(i) = 0,5$. Изобретение опирается на научное исследование и учитывает современное состояние техники, теории и технологии получения взорванных продуктов методом сброса давления. Кроме этого имеются исчерпывающие сведения о продукте, физико-механические свойства которого изменяются в процессе обработки. Можно сделать вывод о том, что технологическая операция полностью аргументирована с научной точки зрения, поэтому $j = 5$, $j(i)\varphi(i) = 5 \times 0,5 = 2,5$.

i_5 - лицензионно-конъюнктурный фактор, $\varphi(i_5) = 0,31$. Предложение, кроме бывшего СССР, больше нигде не запатентовано, что соответствует позиции p_1 . При этих условиях $j = 1$, а $j(i)\varphi(i) = 1 \times 0,31=0,31$.

Таким образом, фактическая сумма оценок q - числитель формулы (4.1) - получается как результат суммирования всех оценок от i_1 до i_5 , т.е.

$$q = \sum_{i=1}^{i=5} \varphi(i)j(i) = 5 \times 1 + 3 \times 1 + 4 \times 0,75 + 5 \times 0,5 + 1 \times 0,31 = 13,81,$$

а технический уровень элемента технологического потока.

$$U_{эл} = q/Q = 13,81/17,80 = 0,78.$$

Эта величина технического уровня находится в пределах второй категории, и, следовательно, данная операция может быть охарактеризована как объект прогнозирования, имеющий неиспользованные резервы в совершенствовании.

Задание: выполнить прогнозирование технического уровня элемента технологического потока при совершенствовании оборудования поточной линии в соответствии с вариантом задания (табл. 4.2) или по заданию преподавателя.

Порядок оформления отчета. Отчет о практической работе оформляется на белой бумаге формата А4 с одной или обеих сторон.

Отчет включает в себя следующие разделы:

- цель работы;
- теоретическую часть, в которой отражаются основные положения, используемые при прогнозировании технического уровня элемента технологического потока;
- графическую часть, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД и включающую в себя схемы и иллюстрации с использованием авторских свидетельств и патентов;
- расчетную часть, в которой приводятся результаты вычисления технического уровня элемента технологического потока и прогноз его дальнейшего развития.

Варианты индивидуальных заданий к работе №6

Вариант	Наименование производства
1	Производство белых столовых вин
2	Производство формового хлеба их ржаной муки
3	Производство батонов и городских булочек
4	Производство сахарного печенья
5	Производство водки
6	Производство сдобных сухарей
7	Производство глазированных сырков
8	Производство маргарина
9	Производство майонеза
10	Производство сметаны
11	Производство копченых колбас
12	Производство пищевого жира
13	Производство солода
14	Производство пива
15	Производство пастеризованного молока
16	Производство подового хлеба из пшеничной муки
17	Производство пищевых концентратов сладких блюд
18	Производство творога
19	Производство сливочного масла
20	Производство помадных конфет
21	Производство макаронных изделий
22	Производство сушеного мяса
23	Производство сахара
24	Производство картофельных крекеров
25	Производство овсяных диетических продуктов

Контрольные вопросы

Каковы основные группы и источники информации?

Что вы понимаете под техническим уровнем элемента технологического потока?

Какова смысловая значимость характеристик элемента технологической системы?

Что собой представляет Генеральная определительная таблица?

Какой подход к выполнению прогнозирования технического уровня элемента технологического потока использовался в работе?

Библиографический список

1. Панфилов В. А. Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока). - М.: Колос, 1993. - 288с.
2. Панфилов В. А., Ураков О. А. Технологические линии пищевых производств, создание технологического потока. - М.: Пищевая промышленность, 1996. - 472с.
3. Машины и аппараты пищевых производств / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др.: Под ред. В. А. Панфилова. - М.: Высшая школа, 2001. - В 2-х томах.
4. Машины и аппараты пищевых производств: Основы теории технологического потока. Конспект лекций / В. А. Панфилов, А. Ф. Сорокопуд. - Кемерово: КемТИПП. 2001. - 80с.
5. Настоящее учебное пособие.
6. Практикум по курсу "Теория технологического потока". Учеб. Пособие / А. А. Шевцов, С. А. Назаров, Г. И. Масалов; Воронеж, гос. технол. Акад.; Воронеж, 1998. - 92с.
7. Кретов И. Т., Остриков А. Н., Кравченко В. М. Технологическое оборудование предприятий пищевого концентратной промышленности: Учебник. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. - 448с.

Александр Филиппович Сорокопуд

Основы теории технологического
потока

Учебное пособие

художественный редактор Л.П.Токарева

Подписано в печать 2.06.2004г. Формат 60 X 84 1/16.
Уч. – изд.л. 6,75. Тираж 150 экз. Заказ №130. Цена 27р.
Отпечатано на ризографе.
Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности,
650056, г. Кемерово, б – р Строителей, 47.

Отпечатано в лаборатории множительной
техники КемТИППа,
650010, г. Кемерово, ул. Красноармейская, 52.