**Тезисы лекций**

**Тема1: Основные термины и определения**

**Цель:** Изучить основные задачи исследования объектов исследования и дать понятия основным терминам и определениям

**Вопросы, выносимые на рассмотрение:**

1Постановка задачи исследования объекта управления

2 Основные термины и определения

1. Технологические процессы пищевых производств реализуются, как правило, в виде сложных технологи­ческих комплексов включающих в себя взаимосвязан­ные различные аппараты и оборудование, взаимодей­ствующие потоки сырья, энергоносителей, комплекту­ющих изделий, полуфабрикатов и продукции.

Автоматизация таких комплексов на уровне авто­матического управления отдельными видами оборудо­вания входящими в комплекс не соответствует технико-экономическим требованиям к современному производ­ству. Возникает необходимость создания комплексной системы управления способной обеспечить оптималь­ные режимы работы оборудования комплекса в различ­ных производственных ситуациях, которые могут иметь место на данном предприятии.

Разработка комплексной системы управления мно­гозвенным, многофакторным объектом включает в себя этап *структурно-параметрического анализа объекта.*

*Параметрический анализ объекта управления* или отдельного звена, входящего в структуру объекта, выполняется с целью определения всех параметров, подлежащих контролю или управлению по ходу реа­лизации технологического процесса (операции). Лю­бой объект управления можно рассматривать как комплекс, в котором формируются новые свойства продукции. Эти новые свойства определяются сово­купностью характеристик — *показателями качества z (i),* где *i* = 1.. *п* — индекс показателя.

При анализе объекта необходимо установить: но­менклатуру показателей, численное значение, способ оценки и допустимый диапазон отклонений каждого показателя, а также стабильность численных значений данного показателя во времени: на «коротких» отрез­ках времени — в динамике и на длительных промежут­ках времени — при «разладке оборудования».

Объект управления находится под воздействием переменных факторов — возмущений, которые через объект вызывают отклонение качественных парамет­ров ±Δz**(***i***)** от нормативных значений. При параметри­ческом анализе целесообразно выделить группу *неуп­равляемых воздействий* на объект *x*(g), где g = 1*...т —* индекс неуправляемого воздействия, и группу *управля­емых воздействий y(j),* где *j =* 1*...k* — индекс управляе­мого воздействия.

При анализе объекта необходимо установить: но­менклатуру возмущений, численное значение, способ оценки и вероятный диапазон варьирования каждого возмущения, а также стабильность численных значе­ний данного возмущения во времени: на «коротких» временных отрезках — в динамике и на длительных временных промежутках — при «разладке оборудова­ния», а также при изменении производственной ситуа­ции. Анализируется также степень влияния отклоне­ний каждого из возмущений на каждый показатель качества: *z(i) = f[x(y),y(j)].*

*Задачу управления технологическим процессом* как многофакторным объектом управления можно опре­делить так: установить и поддерживать такие значе­ния управляющих воздействий *у(j)* при которых пока­затели качества *z{i)* не выходят из заданного диапазо­на *Z*min(i) < *z(i) < zmax(i)* при любых возможных для данного производства отклонениях неуправляемых возмущающих воздействий *xmin*(y) < *х(у) < xmах*(у).

Реализовать задачу управления можно, используя *принцип «регулирования отклонений»* контролируемой величины. Этот способ управления предусматривает измерение отклонения показателей качества *±Δz(i)* и формирование управляющих воздействий *у(i)* в зави­симости от этих отклонений. Принцип «регулирова­ния отклонений» применяется при управлении отдель­ными аппаратами и технологическими операциями, в которых можно измерить отклонения ±Δz**(***i*)по ходу технологического процесса. Другой способ реализа­ции задачи управления — *принцип «регулирования воз­мущений»* используют, когда отклонения *±Δz(i)* опера­тивно измерить невозможно. В этом случае контроли­руются отклонения неуправляемых возмущений ±Δ*х*(у) и по результатам их измерений формируются управляющие воздействия *у(i)* таким образом, чтобы обеспечить выполнение условия z*min*(*i*) < *z(i) < zmax(i).*

Конечной целью исследования сложного, много­факторного технологического процесса переработки сырья в пищевой продукт является создание *комплекс­ной системы автоматизированного управления (АСУ* ТП), оптимальной по сложности и обеспечивающей реализацию всего объема задач управления режимами работы оборудования технологического комплекса в различных производственных ситуациях при наимень­ших затратах и сохранении качества продукции.

При проведении анализа объекта с целью его авто­матизации подготавливают:

* *информационное обеспечение* задач контроля и управления процессом;
* *метрологическое обеспечение* операций контро­ля и управления процессом;
* *привязку к реальному времени* технологического процесса операций контроля и управления;
* *алгоритмическое и математическое обеспечение* задач контроля и управления.

2. При изложении материала в лекции используют­ся следующие основные термины.

*Технологический процесс* — совокупность парал­лельных и последовательных операций, направленных на преобразование сырья в готовый продукт.

*Технологическая операция* — элемент технологичес­кого процесса, в котором реализуется один из этапов преобразования сырья в продукт.

*Технологический комплекс* — комплект технологи­ческого оборудования, машин и аппаратов на котором реализуется технологический процесс или операция.

*Технологические потоки* — это каналы, по которым

* в технологический комплекс вводятся все виды сырья, добавок, комплектующие изделия (на­пример, упаковочные материалы), энергоноси­тели;
* из технологического процесса выводятся все виды готовой продукции, отходы производства, отработавшие энергоносители;
* передаются полуфабрикаты с одной технологи­ческой операции в другую.

Каждый поток имеет свои количественные и каче­ственные характеристики.

*Однородная партия сырья, продукта* — фиксиро­ванный объем сырья, продукта, во всех точках кото­рого основные качественные характеристики отлича­ются не более чем на величину заданного технологи­ческого разброса.

*Технологическая схема -* условное изображение оборудования технологического комплекса и технологических потоков с обозначением предполагаемых то­чек получения информации о состоянии объекта и ка­налов, по которым могут формироваться управляю­щие воздействия.

*Структурная схема* технологического процесса — графическая интерпретация элементов технологичес­кого процесса. На схеме в виде отдельных звеньев представлены все технологические операции, а также этапы одной и той же операции, реализуемые в раз­личных машинах и аппаратах. На схеме отображают­ся все технологические потоки и направления переме­щения этих потоков по отношению к звеньям струк­турной схемы.

*Показатели качества z(i),* где *i* = 1 ... *n* — характери­стики готового продукта, отходов, а также характери­стики полуфабрикатов *zl(i),* формирующиеся в техно­логическом процессе. Численные значения этих харак­теристик определяют качество продукции, оптималь­ность настройки технологического комплекса, а их из­менение во времени — устойчивость режимов техно­логического процесса.

*Характеристики сырья (неуправляемые возмущающие воздействия) х(γ),* где γ = *l...m* — характеристики сырья, комплектующих изделий, энергоносителей, по­ступающих в технологический процесс, В эту группу включают характеристики, изменение которых через технологический процесс может вызвать отклонение показателей качества *z(i).*

*Управляющие воздействия y(j),* где *j= 1...k* — пара­метры, определяющие режимы работы оборудования в технологическом комплексе, характеристики техно­логических потоков, временные интервалы в техноло­гическом процессе. В эту группу включают параметры, *воздействуя* на которые можно через технологи­ческий процесс изменять (корректировать) численное значение показателей качества *z(i).*

*Параметрическая схема технологического процес­са, операции* — схематичное представление процесса, операции в виде звена — «черного ящика». На выхо­де звена формируются показатели качества — «от­клики» *z(f).* На вход звена поступают возмущающие: воздействия: неуправляемые, например, характерис­тики сырья *x(g),* и управляемые управляющие воз­действия *у(j).*

*Метрологический анализ технологического процес­са* — определение необходимой и достаточной для реализации задач управления погрешности численной оценки каждого параметра процесса — *z(i),* *x(g), y(j)* (погрешность «квантования по амплитуде»), а также предельно-допустимого промежутка времени между сеансами получения информации при периодических измерениях (погрешность «квантовая по времени»).

*Оценка измеряемости параметров технологическо­го процесса* — выбор метода численной оценки для каждого из параметров *z(i), x(g), y(j),* обеспечивающе­го погрешность и периодичность оценки данного па­раметра, достаточные для реализации задач управле­ния процессом.

*Привязка к реальному времени операций технологи­ческого процесса* — привязка всех этапов преобразова­ния сырья в продукт, а также операций контроля и управления к текущему времени технологического процесса, выполненная, например, в виде циклограм­мы, алгоритма или графа.

*Анализ производственных ситуаций* (для конкрет­ного предприятия) — исследование структуры технологических потоков, объемов и периодичности по­ступления партий сырья, стабильности во времени ха­рактеристик энергоносителей, величины и периодич­ности отклонений характеристик сырья, диапазонов варьирования управляющих воздействий при управ­лении технологическим комплексом, периодичности изменения номенклатуры и объема партии выпускае­мой продукции.

*Анализ экономической ситуации* (для конкретного предприятия) — выявление основных факторов про­изводственного процесса, влияющих на себестои­мость продукции, формулировка критериев оптими­зации, оценка возможности расширения диапазона варьирования отдельных показателей качества при поиске оптимального режима работы технологичес­кого комплекса.

*Предыстория партии сырья, комплектующего изде­лия* — совокупность данных об изготовителе, услови­ях производства партии, сроках и условиях хранения, продолжительности и условиях транспортировки и других характеристик позволяющих оценить возмож­ные изменения качественных показателей в партии.

*Сеанс получения информации о численном значении параметра* — совокупность действий (отбор пробы, выборки, прямые и косвенные измерения параметров, обработка результатов измерений и другие действия), обеспечивающих получение достоверных численных значений данного параметра.

*Структурно-параметрическое моделирование* — де­композиция сложного объекта на элементарные, структурно связанные звенья, выбор метода матема­тического описания функционирования каждого зве­на, совместное решение системы уравнений (модели объекта) с целью определения взаимосвязи входных и выходных параметров объекта в статистике и динамике.

*Экспертные оценки характеристик технологического процесса (метод экспертиз)* – организация и проведение опроса специалистов с целью сбора и обобщения коллективного опыта производства данного продукта, обработка результатов анкетирования для получения рейтинговых оценок, например, степени влияния возмущений на выборный показатель качества продукта, формирование математического описания (рейтинговой модели), позволяющей прогнозировать отклонения показателя качества при изменении возмущений.

**Литература 1, с 3-10; 2;3**

**Вопросы для самоконтроля:**

1Что такое параметрический анализ объекта управления?

2С какой целью проводится параметрический анализ объекта управления?

3 Основные термины и понятия параметрического анализа объекта управления?

4 Дать понятие «технологической процесс», «технологическая схема», «структурная схема».

5 Что такое экспертные оценки характеристик технологического процесса?

**Тема 2 Технологические процессы пищевых производств и их аппаратурная реализация**

**Цель:** Научиться анализировать технологические процессы.

**Вопросы, выносимые на рассмотрение:**

1Номенклатура показателей качества пастеризации молока

2 Этапы реализации алгоритм управления технологическим процессом пастеризации

1. При переработке сырья в пищевой продукт проис­ходит формирование новых свойств продукта. Харак­теристики этих свойств и следует рассматривать как показатели качества *z(i),* стабильность которых необ­ходимо обеспечить при комплексном управлении тех­нологическим процессом.

В номенклатуру показателей качества пищевых продуктов могут входить:

* характеристики вкуса и аромата;
* характеристики кулинарной готовности;
* показатели бактериальной обсемененности;
* реологические характеристики (консистенция, вязкость, пластичность, упругость, крошливость и др.);
* содержание в продукте отдельных компонентов химсостава (жира, белка, углеводов, воды и др.);
* дисперсный состав продукта;
* характеристики массы при выпуске порционной или фасованной продукции;
* характеристики внешнего вида и формы;
* характеристики состояния упаковки, сертифика­ционных и защитных аксессуаров.

Анализ этого, далеко не полного, перечня показа­телей качества пищевого продукта показывает, что выполнение основной задачи управления технологи­ческим процессом производства пищевого продукта возможно только **по принципу «регулирования возму­щений»**. Следовательно, необходимо определить основные возмущающие воздействия на показатели ка­чества и способы компенсации влияния отклонений этих возмущений на качество.

Разработку системы комплексного управления процессом производства пищевого продукта **следует начинать с определения номенклатуры и способа чис­ленной оценки всех показателей качеств**а, формируе­мых в данном технологическом комплексе *z(i).*Уста­навливаются номинальные численные значения *zmjn(i),* а также допустимые по технологии отклонения *±Δz(i)* для каждого показателя.

На данном этапе анализируются документы, рег­ламентирующие требования к качеству продукта (ис­пользуется методика анализа документации). Однако, в отдельных случаях, необходимо применять экспери­ментальные методы исследования или метод экспер­тиз. Так, в стандартах и технических условиях на пи­щевой продукт не всегда приводятся допустимые тех­нологические отклонения показателей качества, либо указываются односторонние отклонения «не более». В таких случаях необходимо установить диапазон ва­рьирования показателя допустимый для данного про­изводства.

**На втором этапе** подготовки технологического процесса к комплексной автоматизации **определяются возмущающие воздействия**, изменения которых по ходу реализации технологического процесса могут вызвать отклонения показателей качества продукта за пределы допуска ***± Δ*z*(i).***

В качестве примера, рассмотрим порядок анализа технологического процесса пастеризации пищевого продукта (молока, соков, пива и др.) Структурная схе­ма процесса представлена на рис. 1.

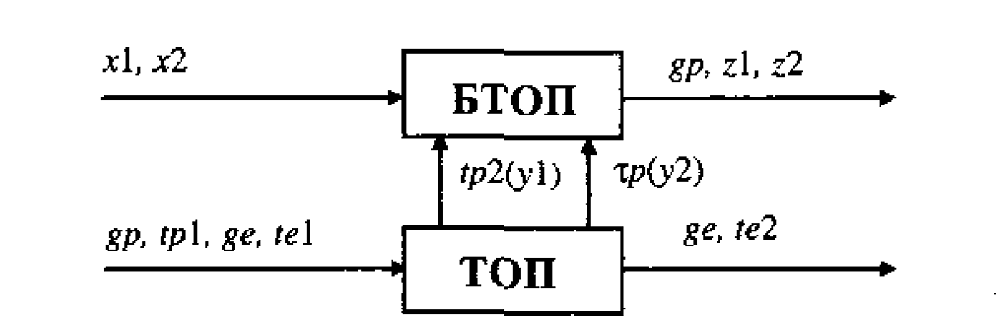


Рисунок 1.**Структурная схема процесса пастеризации пищевого продукта,**

**где обозначено: БТОП —** *биотехнологическая операция обработки продукта;* **ТОП —** *теплообменная операция обработки продукта***.**

На рисунке 1 введены следующие обозначения: (здесь и дальше используются обозначения пара­метров в форме кодов пригодных для использования в алгоритмическом и программном обеспечении при компьютерной обработке информации).

а) характеристик потоков сырья:

*gp* — расход или масса сырья, участвующая в техноло­гической операции; *tp1* — температура сырья, посту­пающего на обработку; *х1* — микробиологическая ха­рактеристика сырья (категория партии сырья по зара­женности микроорганизмами);

*х2* — характеристика вида сырья (по термостойкости).

б) характеристик потоков продукта:

*gp* — расход или масса продукта, участвующая в техно­логической операции; *z1* —микробиологическая харак­теристика продукта (остаточное содержание спор мик­роорганизмов);

*z2* — оценка отклонений вкусовых ха­рактеристик продукта в результате термообработки.

в) характеристик потоков энергоносителя:

*ge* — расход или масса энергоносителя, участвующая в технологической операции;

*te1 —температура* энерго­носителя на входе в аппарат;

*te2*— температура энер­гоносителя на выходе из аппарата.

г) параметров, формируемых в теплообменном процессе:

*tp2(y1)* — температура продукта на выходе (темпера­тура пастеризации); *τр(у2)* — время выдержки продук­та при температуре пастеризации.

Пастеризация проводится для уничтожения опас­ной микрофлоры в пищевом продукте. Основной по­казатель качества, который формируется на биотехно­логической стадии процесса (звено БТОП) — остаточ­ное содержание спор микробиологических компонен­тов в готовом продукте *z1* (не более). Дополнитель­ный показатель качества *z2* вводит ограничения на от­клонение вкусовых характеристик продукта, напри­мер, при перегреве. Так как оба показателя качества не контролируются в потоке, то управление техноло­гическими режимами осуществляют путем контроля возмущающих воздействий на объект.

*Основные неуправляемые возмущающие воздей­ствия* на биотехнологическое звено операции пастери­зации — микробиологический состав сырья, поступа­ющего на переработку *x*l, и термостойкость сырья *х2.* Контролируемые в технологическом процессе пара­метры температуру *у1* продукта при завершении про­цесса (температура пастеризации) и время *у2* выдерж­ки продукта при этой температуре (время пастериза­ции) можно использовать в качестве управляемых воз­действий на биотехнологическое звено.

Параметры *у1 и у2* формируются в звене, реализу­ющем операцию теплообмена (звено ТОП), что позво­ляет рассматривать их как показатели качества на вы­ходе данного звена *tp2 = у1*, *τр* = *у2.* На выходе звена ТОП формируется также переменная *te2* — температу­ра отработавшего энергоносителя, которая характе­ризует качество использования энергетического по­тенциала энергоносителя. Основными возмущающи­ми воздействиями на звено ТОП являются характерис­тики потоков сырья и энергоносителя *gp, tp1, ge, te1.*

**2.** Алгоритм управления технологическим процессом пастеризации реализуется по этапам:

1. Идентификация партии сырья, поступившей на обработку по виду сырья (по термостойкости) *х2* и по категории (по микробиологическим ха­рактеристикам) *х1,* а также идентификация вида продукта.
2. Выбор для партии сырья с характеристиками *х* 1, *х2* оптимального сочетания температуры *y10* и продолжительности *у20* пастеризации, обеспе­чивающих формирование в продукте показате­лей качества z l nom ± Δz l, z 2nom ± *Δz2.*
3. Установление и поддержание в течение времени переработки всей партии оптимальных значе­ний контролируемых параметров *у10* и *у20*.
4. Периодический контроль (по плану контроля качества продукции) показателей качества *z1* и *z2* в отдельных партиях готового продукта.

Этапы 1 и 2 алгоритма выполняются вне цикла пе­реработки сырья в продукт. На этих этапах подготав­ливаются исходные данные (установки) для автоматизи­рованной системы управления объектом.

Этап 3 формулирует задачу управления теплообменной операцией, в ходе которой осуществляется тепловая обработка конкретной партии сырья при па­стеризации. Управление параметрами *у1* и *у2* осуще­ствляется через теплообменный аппарат, в котором реализуются операции теплообмена между потоками продукта и энергоносителя (звено ТОП на рис. 1).

Этап 4 также выполняется вне цикла обработки сырья в продукт. На этом этапе выполняются микро­биологические и лабораторные исследования выбо­рочной партии готового продукта. Исследования про­водятся с целью мониторинга изменения состояния технологического комплекса, которые могут привести к недопустимым изменениям показателей качества продукта zl и *z2* при длительной эксплуатации обору­дования.

Оптимальные численные значения установок темпе­ратуры пастеризации *у10* и времени пастеризации *у20* могут формироваться по разным алгоритмам. Так, при реализации процесса пастеризации на теплообменных аппаратах непрерывного действия, *у10* и *y20* задаются в форме фиксированных численных значе­ний (констант) для партии сырья с характеристиками *х1* и *х2.* В теплообменных аппаратах периодического действия установки для данной партии сырья задаются в виде графика, представленного на рисунке 2. При этом если обрабатываемый продукт не допускает резких пе­репадов температур, то в алгоритме управления могут быть увеличены установки продолжительности разогре­ва y21, сырья и охлаждения *у22* продукта (обозначены на рис. 2).

В цикл процесса пастеризации могут быть включе­ны другие технологические операции, требующие по­догрева сырья до определенной температуры при их реализации (очистка сепаратором молочных продук­тов, гомогенизация, деаэрация и др.). В этом случае процесс реализуется на секционном теплообменном аппарате, и необходимо сформировать установки численных значений температуры продукта, которые дол­жны поддерживаться при управлении объектом на вы­ходе каждой секции *уl1*0, *yl20,* где *l* — номер секции.

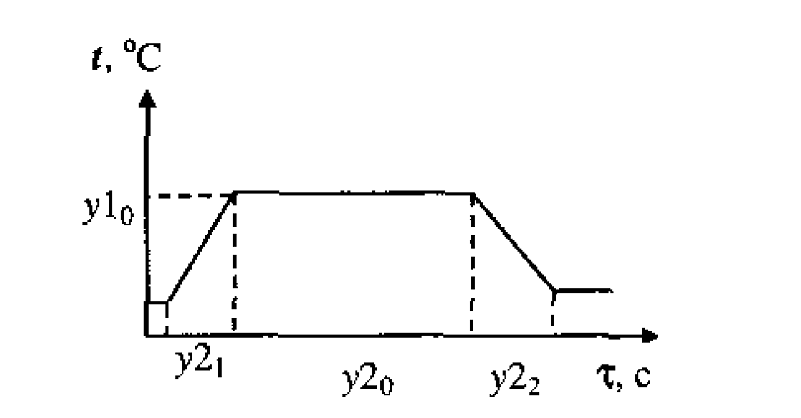


Рисунок 2. График изменения управляющих воздействий в пастеризаторе периодического действия

При разработке алгоритма автоматизированного управления таким объектом необходимо провести ана­лиз производственных ситуаций на данном предприя­тии. В процессе анализа определяют диапазон варьи­рования характеристик сырья в различных партиях сырья, поступающих на предприятие. Для рассмотрен­ного выше примера пастеризации продукта:

*x*1miri(n) < *x1 < x1max(n)*, *x*2miri(n) < *x2 < x2max(n*),

где *п* = 1…N—номер партии сырья.

**Литература 1, с 12-16; 2; 3**

**Вопросы для самоконтроля:**

1 В чем заключается номенклатура показателей качества?

2Перечислите этапы реализации алгоритма управления технологическим процессом.

3 Какие параметры включает в себя каждый этап реализации алгоритма управления технологическим процессом?

**Тема 3 Технологические потоки в комплексах пищевых производств**

**Цель:** Проанализироватьтехнологические потоки вкомплексах пищевых производств, сделать параметрический анализ пото­ков

**Вопросы, выносимые на рассмотрение:**

1Виды потоков

2 Проведение параметрического анализа пото­ков

Для определения статических и динамических ха­рактеристик всех звеньев технологического комплекса как объекта управления необходимо провести в пер­вую очередь анализ технологических потоков входя­щих в аппарат и уходящих из него.

В технологических комплексах пищевых произ­водств можно выделить **следующие виды потоков:**

**1)** энергоносители:

* теплоносители (пар, горячая вода, горячий воз­дух, паровоздушная смесь, дымовоздушная смесь);
* хладоносители (холодный воздух, ледяная вода, рассолы, чешуйчатый лед, хладагенты);
* теплоизлучатели (ТЭНы, ИК-излучатсли, СВЧ-излучатели).

**2)** потоки сырья:

* штучный монолит (мясные туши, овощи, фрук­ты);
* сыпучие, дисперсные материалы (зерно, сахар, мука);
* вязкопластичные (фарш, пасты, сметана, тесто);
* жидкие материалы (молоко, пахта, вода):
* газообразные материалы (озон, диоксид углеро­да, дым).

1. потоки моющих сред, растворителей, рассолов.
2. потоки продукта:

* штучный (фасовка, формовка, упаковка);
* сыпучий продукт (сухое молоко, мука);
* вязкопластичные продукты (масло коровье, тво­рог, фарш);
* жидкий продукт (пиво, молоко, соки).

**5)** потоки комплектующих изделий:

* оболочка (колбасная оболочка, полиэтилен, фольга);
* тара (стеклотара, металлическая тара, пластмас­совые коробки);
* транспортная тара (контейнеры, ящики);
* технологическая тара (формы, поддоны, подно­сы);
* укупорка (пробки, скрепки, крышки, термоуса­дочные материалы);
* элементы оформления (этикетки, акцизные мар­ки, защитные и рекламные аксессуары).

**6)** потоки отходов:

* возвратные энергоносители, промывочные сред­ства, возвращаемые в замкнутый цикл;
* отработавшие энергоносители, промывочные средства, сбрасываемые в окружающую среду;
* возвратная технологическая, транспортная тара;
* реализуемые отходы производства;
* нереализуемые отходы производства.

По каждому из потоков необходимо определить количественные и качественные характеристики.

*Основным методом параметрического анализа тех­нологических потоков является изучение технологи­ческой документации на исследуемый технологичес­кий процесс, на поставляемые на предприятие сырье, энергоносители, комплектующие изделия и добавки, а также технической документации на оборудование.*

При проведении параметрического анализа пото­ков выявляется необходимость контроля при управле­нии ниже перечисленных характеристик:

1) *количественные характеристики:*

* количество энергии (Ватт, Дж/с);
* частота вращения (1/с);
* расход объемный (м3/с);
* расход массовый (**к**г**/**с**);**
* скорость подачи штучных изделий (шт/с);
* масса порции, дозы (кг);
* объем порции, дозы (м3);
* количество штучных изделий в порции, дозе (шт.);
* время пребывания контролируемой единицы продукции в аппаратном звене структурной схе­мы (с);

2) *качественные характеристики:*

* температура, давление в магистрали подвода энергоносителей (°С, кгс/см2);
* температура, давление в магистрали отвода от­работанных энергоносителей (°С, кгс/см2);
* относительная влажность подводимых энерго­носителей (%);
* относительная влажность отработанных энерго­носителей (%);
* содержание добавок (соли, кислоты, щелочи) в рассолах, сиропах, моющих средствах (%, кг/кг);
* содержание основных компонентов (жира, белка, углеводов, СОМО, алкоголя и т.п.) (%, кг/кг),
* реологические характеристики (твердость, вяз­кость, упругость) (кПа, Па · с);
* дисперсный состав партии (размеры монолит­ных частиц и соотношение количества частиц различных размеров) (%);
* размер, масса штучных изделий в партии;
* биотехнологические характеристики (количе­ство и вид дрожжевых, молочных грибков, количество и вид бактерий в пробе, взятой из партии) (млн. шт.);
* экологические характеристики сырья, продукта (содержание тяжелых металлов, токсичных эле­ментов, антибиотиков, гормональных препара­тов, пестицидов);
* экологические характеристики отходов (содер­жание взвешенных, дисперсных веществ, запы­ленность, мутность, рН, содержание 02); содер­жание в партии вредных веществ (органических соединений, цианидов*,* хлора, окиси углерода*,* содержание, которых в водоемах или в воздухе ограничено предельно-допустимыми нормами (ПДК)).

Для каждой количественной и качественной харак­теристики потоков необходимо определить ожидае­мые диапазоны варьирования. При анализе диапазона варьирования характеристик потоков необходимо учитывать так же изменения производственных ситуа­ций на предприятии, например, изменения числа ра­ботающих аппаратов, что может вызвать изменение параметров в магистрали подачи энергоносителя.

На рисунке 1 пример выделения потоков продукта и энергоносителя, взаимодействующих в теплообменных и массообменных операциях технологического процесса пастеризации.

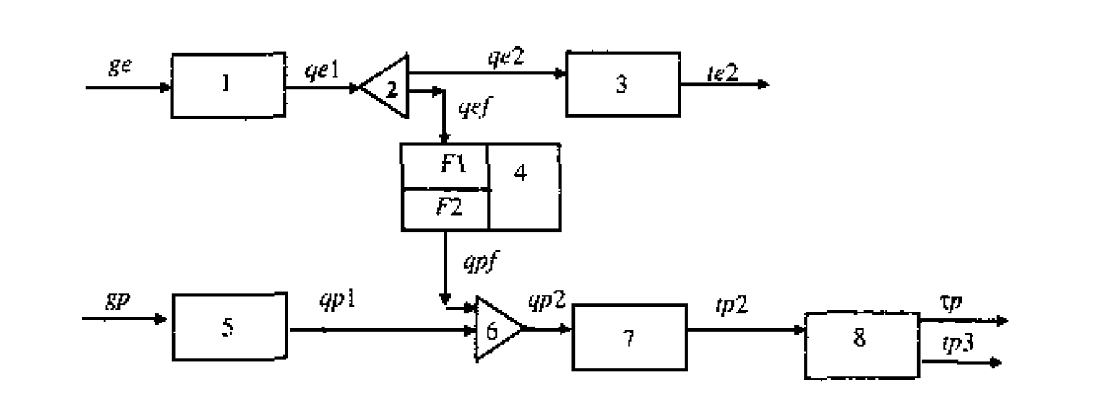


Рисунок 1. **Структурная схема потоков** в **проточном теплообменном аппарате**

На рисунке введены следующие обозначения:

Звено1. Определяет количество энергии *qe1,* вноси­мой в теплообменник энергоносителем при расходе *ge.*

Звено 2. Определяет количество энергии *qef,* пере­даваемой через поверхность теплообмена *F1* из энер­гоносителя в продукт, и количество энергии *qe2,* ухо­дящей из теплообменника с энергоносителем.

Звено 3**.** Определяет температуру *te2* энергоносите­ля на выходе теплообменника.

Звено 4. Определяет энергетический баланс тепло­обмена между энергоносителем и продуктом в статике *qef = qpf* и в динамике *qef* **ǂ***qpf.*

Звено 5. Определяет количество энергии *qp1l,* вно­симой в теплообменник продуктом при расходе *gp.*

Звено6. Определяет количество энергии *qpf* посту­пающей через поверхность теплообмена *F2* из энерго­носителя в продукт, и количество энергии *q2,* уходя­щей из теплообменника с продуктом.

Звено 7. Определяет температуру *tр2* продукта на выходе теплообменника;

Звено8. Определяет время выдержки *tр* продукта **в** выдерживателе при температуре пастеризации и тем­пературу продукта *tр3* при завершении процесса.

**Литература 1, с 18-40; 2; 3**

**Вопросы для самоконтроля:**

1 Какие виды потоков вы знаете?

2 Какие характеристики выявляются при проведении параметрического анализа пото­ков?

**Тема 4 Характеристики и режимы работы технологического оборудования**

**Цель**: Сделать параметрический анализрежимов работы технологического оборудования

**Вопросы, выносимые на рассмотрение:**

1Реализация технологических операций

2 Аппаратурная реализация теплообменных технологических процессов

Технологические операции реализуются в техноло­гическом комплексе на одном или нескольких аппара­тах (звеньях), формирующих необходимые свойства продукта. Анализ аппаратов как отдельных звеньев, входящих *в* технологический комплекс, позволяет вы­явить показатели качества *zl(i),* которые формируются на выходе аппарата с номером *l*, а также возмущаю­щие воздействия *xl(γ)* и *yl(j),* где *γ = 1...m*, *j =1…k,* которые через аппарат могут вызвать отклонения по­казателей качества как на выходе данного аппарата *zl(i)0* **±** *Δzl(i),* так и на выходе всего технологического комплекса *z(i)0* **±** *Δz (i).*

На стадии структурного анализа технологического процесса все машины и аппараты, входящие в техно­логический комплекс, должны быть представлены са­мостоятельными звеньями. На стадии параметричес­кого анализа технологического процесса для каждого такого звена необходимо обозначить формирующиесяв данном звене потоки продукции, полуфабрикатов, отходов и характеризующие эти потоки показатели качества, а также взаимодействующие с данным зве­ном технологические потоки сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий, энергоносителей.

Анализ характеристик и режимов работы каждого технологического аппарата как самостоятельного зве­на технологического комплекса проводят с целью уточнения и корректировки номенклатуры показате­лей, подлежащих контролю при управлении данным видом оборудования, а также для выбора методов и алгоритма управления аппаратом, оптимальных при использовании данного аппарата в составе анализиру­емого технологического комплекса.

Изучению подлежат в первую очередь техничес­кая документации на машину, аппарат, а также тех­ническая документация на все потоки, взаимодей­ствующие с данным аппаратом. Анализируется доку­ментация конкретного объекта, предприятия, что по­зволяет учесть изменения производственных ситуа­ций с целью:

* дополнения номенклатуры возможных управля­ющих воздействий *yl(j),*например, параметра­ми, характеризующими скорость перемещения продукта в аппарате, или параметрами, харак­теризующими интенсивность воздействия на продукт в данном аппарате;
* уточнения диапазона возможного изменения возмущающих и управляющих воздействий

*xlmin(γ)*; *ylmin(j)***;** *xlmax(γ)*; *ylmax(j)* на данный аппа­рат, например, могут существовать ограничения по расходу или качественным характеристикам сырья либо энергоносителя, используемым в данном аппарате;

* определения степени влияния возмущающих *xl(γ)* и управляющих *yl(j)* воздействий на показа­тели качества *zl(i),* формируемые в данном аппа­рате (статические и динамические характерис­тики аппарата);
* выбора математического обеспечения и форми­рования алгоритма управления данным аппа­ратом.

Для анализа аппарата как звена технологического комплекса разрабатывают технологическую и структурно-параметрическую схемы аппарата. В структур­ной схеме аппарата отдельными звеньями выделяются элементарные технологические операции, участвую­щие в формировании новых свойств продукта или по­луфабриката.

На этой стадии анализа объекта управления необ­ходимо учитывать конструктивные и технологические характеристики оборудования, а также особенности взаимодействия данного аппарата со всеми входящи­ми и выходящими потоками. Для каждой элементар­ной операции уточняются все входящие и выходящие потоки сырья, энергоносителей, комплектующих и продукта.

Так, при аппаратурной реализации теплообменных технологических процессов в пищевых производ­ствах применяют аппараты, использующие различные способы передачи энергии:

1) проточные:

* поверхностные, трубчатые, пластинчатые;
* с прямотоком, с противотоком;
* с механическим перемешиванием.

2) периодического действия:

* поверхностные с перемещением энергоносителя при неподвижном продукте, например, термооб­работка колбас в термокамере, духовая камера;
* поверхностные с перемещением продукта при неподвижном генераторе энергии, например, приготовление продукта в гриле или нагрев (ох­лаждение) продукта при перемешивании в емко­сти с рубашкой,

3) смешения:

♦ с вводом энергоносителя в продукт, например, стерилизация молока в потоке, добавление ле­дяной крошки в куттер при приготовлении фарша;

♦ с вводом продукта в энергоноситель, например, сушка молока в распылительной сушилке.

4) излучения:

* с инфракрасными излучателями энергии, напри­мер, гриль;
* с излучателями СВЧ -энергии, например, микро­волновая печь.

5) многоступенчатые:

* с использованием каскадной подготовки энер­гоносителя, например, нагревание воздуха па­ром в калорифере и использование воздуха как энергоносителя в термокамере для варки кол­бас;
* с использованием каскадной обработки продук­та, например, ступенчатый подогрев молока в нескольких секциях пастеризационно-охладительной установки.

Каждая из перечисленных выше конструктивных реализации теплообменного аппарата исследуется по своей структурной схеме и имеет свою номенклатуру контролируемых параметров.

В качестве примера анализа теплообменного аппа­рата рассмотрим проточный теплообменник, реализу­ющий операцию пастеризации продукта.

В алгоритме управления процессом пастеризации (см. рис. 1 в первой практической и рис. 1 во второй) отмечено, что при реализации операции пастеризации необходимо установить и под­держивать в течение времени обработки данной партии сырья значения температуры пастеризации *tp3=y1* и времени выдержки продукта при такой тем­пературе *τр=у2.* При анализе теплообменного аппарата эти параметры рассматриваются как показатели ка­чества, формируемые в аппарате. В число показателей качества, формируемых в аппарате, может быть включена также температура энергоносителя на вы­ходе теплообменника *te2,* которая характеризует эф­фективность использования энергетического потен­циала теплоносителя. Задача управления режимами в таком аппарате при реализации операции пастериза­ции продукта состоит в том, чтобы установить и под­держивать с заданной точностью оптимальные для данной партии сырья значения показателей качества *tp30 ± Δtp3* и τ*р***0** ± Δτ*р.*

Система автоматического управления аппаратом в этом случае может использовать принцип регулирова­ния отклонений, Регулируемый параметр — темпера­тура пастеризации продукта *tp3* измеряется непосред­ственно в потоке, второй регулируемый параметр — время выдержки при температуре пастеризации *τр* оце­нивается косвенно по величине расхода (скорости пе­ремещения) продукта через калиброванный проточ­ный канал выдерживателя. Управляющие воздействия на объект — изменения расходов энергоносителя *gey* и сырья (продукта) *gpy.* Допустимый диапазон измене­ния этих параметров необходимо определить при ана­лизе объекта.

Для технической реализации системы управления аппаратом необходимо выявить все возмущающие воздействия на объект, отклонения которых за время обработки данной партии сырья могут вызвать изме­нения показателей качества *tp30 ± Δtp3* и τ*р***0** ± *Δtp* за пределы допуска. При этом изменяются также и дру­гие параметры, формируемые в аппарате, *te2* и *tp2.*

На рисунке 1 представлена технологическая схема теплообменного аппарата, реализующего операцию пастеризации пищевого продукта, где обозначено:

*te1± dte1-* температура энергоносителя на входе в ТО;

*tр1± dtр1*- температура продукта на входе в ТО;

*tр2 -* температура продукта на выходе из ТО;

*tр3 -* температура продукта на выходе из выдерживателя;

*te2 -* температура энергоносителя на выходе из ТО;

*ge ± dge -* расход энергоносителя максимальный;

*gр±dgр -* расход продукта максимальный;

*ye±dye -* команда на закрытие клапана подачи энергоносителя.

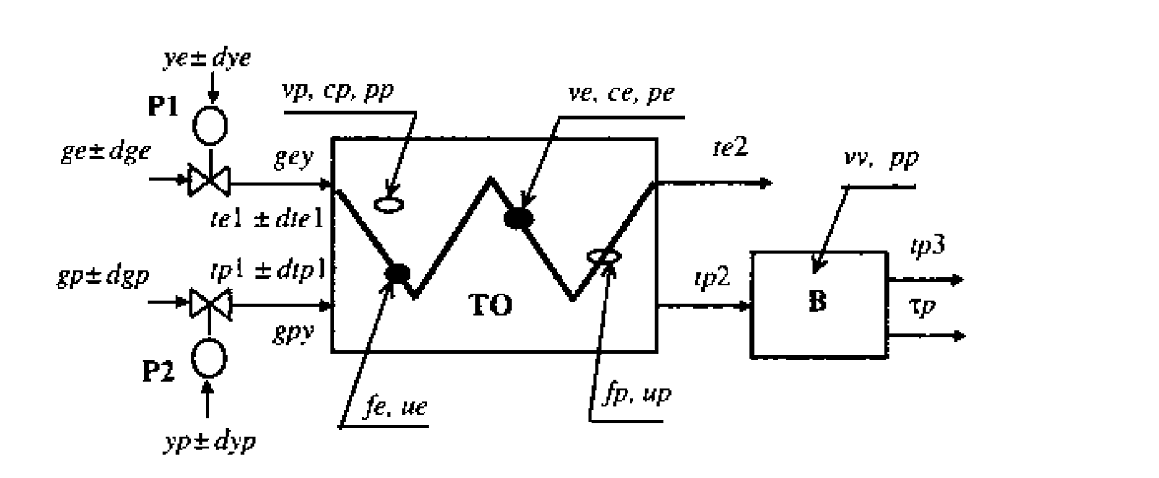


Рисунок 1. Технологическая схема теплообменного аппарата реализующего операцию пастеризации пищевого продукта:

ТО – теплообменник; В- выдерживатель; Р1 – канал регулирования подачи энергоносителя; Р2 - канал регулирования подачи продукта.

*yр±dyр-* команда на закрытие клапана подачи продукта;

*gey -* расход энергоносителя через ТО;

*gрy –* расход продукта через ТО;

*vp -* объем продукта находящегося в ТО;

*ср* - удельная теплоемкость продукта;

*рр -* плотность продукта;

*ve -* объем энергоносителя находящегося в ТО;

*се -*  удельная теплоемкость энергоносителя;

*ρе -*  плотность энергоносителя;

*fе -*  площадь поверхности теплообмена энергоносителя;

*ие -*  коэффициент теплоотдачи от энергоносителя;

*fp -*  площадь поверхности теплообмена от продукта;

*up -*  коэффициент теплоотдачи от продукта;

*wp -*  объем выдерживателя продукта;

*τр -* продолжительность выдержки продукта при *tp2.*

На рисунке 1 обозначены основные характеристики потоков, а также конструктивные характеристики ап­парата, участвующие в теплообменном процессе меж­ду продуктом и энергоносителем. Те характеристики (возмущения), которые могут изменяться за период обработки однородной партии сырья, обозначены с приращениями *(te1 ±dte1* и т. д.). Для управления объектом используются каналы управления расхода­ми *ye ± dye* и *ур ± dyp.* Остальные параметры, обозна­ченные на схеме без приращений, рассматриваются как константы для данной конструкции аппарата и данного вида продукта.

Техническая реализация системы автоматического управления аппаратом с использованием принципа ре­гулирования отклонений потребует определения сте­пени влияния на показатели качества *tp3* и *τp*всех воз­мущающих воздействий ***(****te1**± dte1* и т. д.), а также оценки возможности и способа компенсации этого влияния за счет изменения управляющих воздействий *ye* ± *dye*и *ур± dyp.*

Анализируя объект необходимо:

* установить номинальное значение и диапазон варьирования каждого возмущающего и управ­ляющего воздействия ***(tel0± dtel*** и т. д.) во всех возможных для данного аппарата производ­ственных ситуациях (оценка изменяемости па­раметров), а также оценить вероятность одно­временного возникновения нескольких возму­щений (максимального суммарного возмущаю­щего воздействия на объект);
* аналитически или экспериментально опреде­лить статические характеристики вида

*tр3=f1(te1),τр= f2(te1), tр3=f3(tр1),τр= f4(tр1),*

*tр3=f5(ge),τр= f6(ge), tр3=f7(gp),τр= f8(gp),*

*tр3=fs1(te1, tр1,ge,gp),τр= fs2(te1, tр1,ge,gp),*

*tр3=fy1(ye),τр= fy2(yp);*

♦ аналитически или экспериментально опреде­лить динамические характеристики как реакцию объекта на все обозначенные выше возмущения *tp3**= F****1****(te1,τ)t τр = F****2(****tel,τ)* и т. д.

Все исследования характеристик проводят в ожида­емом диапазоне варьирования возмущающих и управ­ляющих воздействий на объект: *±dtel, ± dtp1, ± dge, ± dgp, ± dye, ± dyp.*

Полученные при анализе объекта характеристики позволяют:

* оценить диапазон управляемости аппарата (ка­кие отклонения возмущающих воздействий мо­гут быть компенсированы изменением управля­ющих воздействий);
* обосновать необходимость дополнительной стабилизации тех возмущающих воздействий, отклонения которых невозможно скомпенсиро­вать управляющими воздействиями на аппарат;
* выбрать способ стабилизации (закон регулиро­вания) показателей качества *tp3* и *τр;*
* выбрать оптимальные параметры настройки контуров регулирования с учетом всех произ­водственных ситуаций на объекте;
* разработать алгоритм, информационное, мате­матическое и техническое обеспечение системы автоматического управления аппаратом.

Все исследования характеристик аппарата могут быть выполнены экспериментально или аналитичес­кими методами.

**Литература 1, с 45-82; 2; 3**

**Вопросы для самоконтроля:**

1 Через какие операции происходит реализация технологических операций?

2 Что такое аппаратурная реализация теплообменных технологических процессов?

**Тема 5 Анализ структуры технологического комплекса**

**Цель:** Разработка алгоритма управления технологическим комплексом

**Вопросы, выносимые на рассмотрение:**

1 Этапы анализа технологического процесса

Автоматизированное управление сложными, мно­гофакторными технологическими процессами осуще­ствляется как комплексная задача. При этом операции контроля различных параметров, обработки инфор­мации, формирования команд управления по разным каналам реализуются в определенных комбинациях и в определенной зависимости от текущего времени. Формализованное описание задач, выполняемых автоматизированной системой при управлении конкрет­ным объектом, может быть оформлено в виде алго­ритма управления. ***Разработка алгоритма управления технологическим комплексом является основной зада­чей аппаратурно-технологического анализа объекта управления.***

*На первом этапе* анализа технологический процесс рассматривают как *«черный ящик»* - некоторый комп­лекс технологического оборудования и технологичес­ких потоков. В комплексе происходит преобразование исходного сырья с характеристиками *x(g)* в готовый продукт с показателями качества *z(i).* Преобразование происходит под воздействием совокупности управляе­мых параметров *у(j)*

Параметрический анализ на этом этапе начинается с определения номенклатуры и численных значений показателей качества готового продукта *z(i).*

В номенклатуру показателей качества продукта должны войти не только потребительские характерис­тики, которые указываются в сопроводительной доку­ментации на продукт (например, содержание жира, сахара, белка в сгущенном молоке, количество молока в единице фасовки и т.п.), но и технологические харак­теристики, которые формируются в процессе преобра­зования сырья в продукт (например, бактериальная обсемененность молока, дисперсионный состав, гер­метичность тары и т.п.).

В номенклатуру показателей качества необходимо включить также отдельные характеристики побочных продуктов, отходов, и отработавших энергоносите­лей. Эти показатели могут определять:

♦ потери ценных компонентов сырья, например, показатель содержания жира в пахте при изго­товлении масла;

* степень экологического воздействия на окружа­ющую среду, например, показатель содержания белка в промывочной воде сбрасываемой после санитарной обработки оборудования;
* степень использования энергетического потен­циала энергоносителей, например, по темпера­туре энергоносителя уходящего из теплообмен­ника.

Основным методом исследования на этапе анализа показателей качества технологического процесса яв­ляется изучение технологической и технической доку­ментации на продукт и технологический процесс с последующим дополнением и уточнением накопленной информации путем проведения эксперимента на объекте или проведением экспертизы (анкетирования).

При анализе численных значений показателей ка­чества необходимо определить:

- номинальное (нормативное) значение данного показателя - *znom(i)*;

- максимальное и минимальное предельно допус­тимые значения — *zmax(i) и zmin (i);*

- либо предельные отклонения от номинального значения

*znom(i) ± Δz(i)тах*

Предельно допустимые отклонения для некоторых показателей качества могут задаваться в форме стати­ческого отклонения *±Δz(i)stat* либо в форме динамичес­кого заброса *±Δz(i)din.* В первом случае отклонение показателя от номинала znom(i) на величину ±Δz(/i)stat мо­жет сохраняться сколь угодно долго, во втором случае продолжительность выхода параметра за допустимые пределы *±Δz(i)din* ограничивается промежутком време­ни, как правило, меньшим, чем продолжительность технологического цикла.

Выбирают предельно допустимые значения пока­зателей качества таким образом, чтобы продукт с по­казателями *zmax(i)* или*zmin (i)* был пригоден для исполь**­**зования по прямому назначению (не браковался).

*Второй этап анализа* технологического процесса направлен на выявление структуры технологического комплекса и определение структуры и характеристик технологических потоков. На этом этапе анализирует­ся документация на технологический процесс и техно­логическое оборудование, осуществляется декомпози­ция (разделение) технологического процесса на от­дельные технологические операции (звенья).

В качестве отдельных звеньев структуры техноло­гического процесса могут рассматриваться:

♦ отдельные законченные операции преобразова­ния сырья в продукт, реализуемые в одном ап**­**парате;

* этапы одной и той же операции, реализуемые в различных машинах и аппаратах;
* разнородные технологические операции, кото­рые реализуются параллельно в одном аппара­те, например, теплообменный процесс и массообменный процесс;
* разнородные технологические операции (напри­мер, разогрев до температуры стерилизации, стерилизация, охлаждение консервов в автокла­ве), реализуемые последовательно во времени в одном аппарате;
* подготовительные, вспомогательные техноло­гические операции (например, мойка возврат­ной тары, подготовка колбасной оболочки), ре­жимы, реализации которых необходимо согла­совывать с работой основного технологическо­го комплекса.

При определении структуры материальных пото­ков технологического процесса выделяются:

* каналы поступления в технологический цикл всех видов сырья, добавок и комплектующих изделий;
* каналы подвода в технологический цикл всех видов энергоносителей и моющих сред, пара, го­рячей воды, хладоносителей всех номинаций, воздуха, кислотных, щелочных, ополаскиваю­щих растворов;
* каналы вывода из технологического цикла ос­новной продукции, побочных продуктов, ути­лизируемых и неутилизируемых отходов производства;
* каналы передачи с одной технологической опе­рации на другую полуфабрикатов (промежуточ­ных продуктов).

На структурной схеме технологического комплек­са отображаются все технологические потоки и на­правления этих потоков по отношению к звеньям структурной схемы. Результаты анализа структуры технологического комплекса и технологических пото­ков оформляются в виде структурной схемы или в виде алгоритма технологического процесса.

**Литература 1, с 86-100; 2; 3**

**Вопросы для самоконтроля:**

1Что является основной задачей структурно-параметрического анализа?

2 Что рассматривают на первом этапе анализа технологического процесса?

3 Из чего состоит второй этап анализа технологического процесса?

**Тема 6 Параметрический анализ технологического процесса**

**Цель:** Проанализировать сложный комплекс технологического процесса на первом этапе

**Вопросы, выносимые на рассмотрение:**

1Рассмотреть первый этап алгоритма параметрического анализа технологического процесса

**Краткая характеристика:**

Управление технологическим комплексом возмож­но только при получении по ходу технологического процесса оперативной информации об изменении или отклонении от номинала параметров x(g), *y(j), z(i).* **Технологические процессы пищевых производств яв­ляются многофакторными объектами управления.** При управлении таким объектом невозможно опера­тивно осуществлять *контроль всех параметров выяв­ленных* на стадии предварительного анализа структур­но-параметрической схемы. Необходим более глубо­кий параметрический анализ технологического про­цесса, отдельных операций, реализуемых в процессе, а также оборудования, образующего технологический комплекс, с целью оптимизации информационного обеспечения системы управления. Под оптимизацией следует понимать выбор *необходимой**и достаточной* для управления данным процессом номенклатуры кон­тролируемых параметров *x(g), y(j), z(i).* По результа­там такого анализа оформляется *таблица информаци­онного обеспечения* системы комплексного управления объектом. Основой для проведения анализа на этом этапе является структурная схема процесса, где опре­делены все технологические потоки, по которым осуществляется взаимодействие технологического комп­лекса с производством в целом.

Алгоритм параметрического анализа можно пред­ставить в виде ниже перечисленной последовательнос­ти действий.

**Первый этап.** Составление структурной схемы и анализ материальных потоков для технологического процесса в целом. Выделяются каналы поступления в технологический цикл всех видов сырья, добавок, комплектующих изделий, каналы подвода в техноло­гический цикл и вывода из технологического цикла всех видов энергоносителей, каналы вывода из тех­нологического цикла основной продукции, побочных продуктов, утилизируемых и неутилизируемых отхо­дов производства.

Анализируя потоки продукта, полуфабрикатов, от­ходов, необходимо установить объем и периодичность выхода из технологического цикла однородных партий продукта, побочного продукта, полуфабрика­та, а также контролируемых отходов.

Под однородной партией продукта понимают та­кой контролируемый объем (массу), во всех точках ко­торого численные значения показателей качества *z(i)* отличаются не более чем на величину допустимого размаха *Rmах(i),*при этом контролируемый объем партии продукта должен быть получен при перера­ботке однородной партии сырья.

При анализе потока продукта исследованию под­лежат: номенклатура и объемы партий продукции, вы­пускаемой на данном технологическом комплексе, перспективы изменения потребности рынка по номен­клатуре и объемам выпуска, взаимосвязь номенклату­ры и объема партий продукта с характеристиками по­токов сырья и энергоносителей.

Результаты исследований по данному разделу по­зволяют привязать к реальному и календарному вре­мени технологические циклы переработки потоков сы­рья в партии продукта, составить циклограмму реализации операции контроля и управления и оптимально организовать эксплуатацию и контроль технологичес­кого комплекса.

Другим аспектом анализа характеристик потоков продукта при исследовании производственных ситуа­ций является статистическая оценка стабильности по­казателей качества продукта, полуфабрикатов, отхо­дов во времени. В данном случае речь идет о постепен­ном, растянутом во времени смещении численного значения показателя качества *δz(τ)* от номинального (нормативного) значения *znom* (дрейф параметра), а также о постепенном увеличении от партии к партии величины разброса *δR(τ)* численных значений показа­теля качества в объеме однородной партии (увеличе­ние неоднородности партии). Эти отклонения от пер­воначальных настроечных значений параметров про­исходят главным образом из-за изменения характери­стик (разладки, износа или старения) технологическо­го оборудования, поэтому при анализе производства необходимо воспользоваться данными о характерис­тиках надежности, стабильности во времени парамет­ров оборудования, в котором формируется данный показатель качества. Такой характеристикой может быть период безотказной работы, гарантированный в технической документации на анализируемый аппа­рат, либо указанный в инструкции по обслуживанию аппарата, период между операциями наладки, сани­тарной обработки, например, периодичность безраз­борной мойки пастеризационно-охладительной уста­новки, периодичность заточки режущих элементов из­мельчителя мясопродуктов и т.п.

Результаты исследования по этому разделу позво­ляют рассчитать и организовать оптимальную периодичность статистического контроля качественных параметров продукта, что в свою очередь позволяет оптимизировать циклы эксплуатации, переналадки и профилактического ремонта технологического комп­лекса.

Статистические **методы** применяют также при ана­лизе потоков сырья и комплектующих изделий. Иссле**­**дованиепроизводственных ситуацийна данном конк­ретном объекте является основным методом определе­ния характеристик технологических потоков сырья. Наиболее эффективен статистический анализ, включа­ющий элементы входного контроля качественныхи количественных характеристиксырья, а также изуче**­**ние предыстории партии сырья.

Анализируя производственные ситуации на дан­ном производстве необходимоопределить объем и пе­риодичность поступления однородных партий сырья,комплектующих изделий или добавок по данному ка­налу,а также качественныехарактеристики сырья,которые могут варьироваться в различных партиях по­тока при эксплуатации комплекса.

Для оценкиоднородности партии сырья необходи­мо установить предельно допустимые расхождения (разброс) *Rmax(γ)*численных значений для каждого из контролируемых в данной партии сырья качественных показателей *х(γ).* Затем определитьколичество **(**объем,массу) однородной партии сырья вида*lMnom(l)* и диа­пазон варьирования этой характеристики в различных производственныхситуациях *Мmix(l) … Мmax(l).* В любой  точке однородной партии сырья массой *М(l),* посту**­**пившего на переработку, измеренные значения каче**­**ственныхпоказателей должны отличаться не более чем на *Rmax(γ).*

Определяется также периодичность поступления таких партий на переработку. Периодичность поступ­ления однородных партий сырья устанавливают пу­тем сбора статистических данных и анализа производственной документации.

Результаты исследования по данному разделу по­зволяют привязать к реальному времени периоды пе­рехода на обработку партии сырья с новыми характе­ристиками и привязать к реальному времени техноло­гического процесса периоды проведения сеансов конт­роля параметров и моменты внесения управляющих воздействий.

Для технологических процессов пищевых произ­водств в группу анализируемых неуправляемых воз­мущающих воздействий *х(γ)* могут входить характе­ристики сырья, поступающего на переработку, характеристики комплектующих изделий, например, тер­мостойкость оболочки колбасных батонов, а также качественные характеристики потоков энергоносителей, оборудования, транспортных систем используе­мых при переработке сырья в продукт. В эту группу могут входить также «нетехнологические» показате­ли, такие как код или рейтинг поставщика, оценка в баллах экологической ситуации в зоне производства партии сырья и т.п.

Анализ потоков энергоносителей проводится на конкретном источнике, формирующем данный энер­гопоток, с целью оценки возможных изменений коли­чественных и качественных характеристик энергоно­сителя. Исследуется также изменение нагрузки, под­ключаемой к данному энергопотоку, в различные пе­риоды эксплуатации комплекса.

Изменения качественных и количественных харак­теристик энергоносителей может происходить в лю­бой момент времени:

* в виде высокочастотных пульсаций с малой ам­плитудой отклонения, такое варьирование ха­рактеристики следует рассматривать как помеху при контроле численных значений параметра;
* скачкообразно за короткий промежуток време­ни, такое отклонение характеристики может иметь существенную величину и относится к ди­намическим возмущениям на технологический комплекс;
* в виде медленного изменения, дрейфа номиналь­ного численного значения характеристики во времени, изменения этого типа чаще всего сви­детельствуют о «разладке» технологического комплекса.

Для оценки стабильности во времени качествен­ных характеристик энергоносителей необходимо в первую очередь исследовать режимы работы источ­ника, производящего данный энергоноситель (пункт теплоснабжения предприятия, холодильная установ­ка и т.п.).

При анализе количественных характеристик по­токов энергоносителей необходимо установить диа­пазон возможных изменений расхода энергоносителя из данного потока в различных производственных ситуациях.

Анализируются также потоки отработавших энер­гоносителей, уходящие из технологического комплек­са. Данные об изменении качественных и количествен­ных характеристик отработавших энергоносителей в различных производственных ситуациях позволяют организовать статистический контроль изменения удельных энергозатрат на производство продукции, что, в свою очередь, обеспечивает возможность реали­зовать оптимальное управление технологическим ком­плексом по критерию минимума энергозатрат, а также проводить мониторинг изменения состояния оборудования комплекса по величине потерь энергии.

На этом этапе исследуют схему и характеристики магистральных трубопроводов технологического комплекса, варианты одновременного подключения технологического оборудования к данной магистра­ли и энергопотребление при работе каждого вида оборудования.

Варьирование качественных показателей энерго­носителей на входе в данный технологический комп­лекс и на выходе из него могут наблюдаться при из­менении объема потребления энергии в самом комп­лексе, либо в других технологических комплексах, подключенных к той же магистрали. Отмеченные выше особенности требуют оценки производствен­ных ситуаций, возникающих при различных вариан­тах использования оборудования технологических комплексов данного производства, а также исследо­вания изменения режимов работы источников энер­гоносителей в зависимости от сезона, времени суток, интенсивности работы потребителей.

**Литература 1, с 102-138; 2; 3**

**Вопросы для самоконтроля:**

1 Из каких этапов состоит параметрический анализ технологического процесса?

2 Какие операции входят в каждый этап анализа?

**Тема 7 Оценка степени влияния возмущающих воздействий на показатели качества, формируемые в объекте**

**Цель:** Проанализировать степень влияния возмущающих воздействий на показатели качества пищевых продуктов

**Вопросы, выносимые на рассмотрение:**

1Уравнения статистики

2 Методика экспертных оценок

Оценку степени влияния следует начинать с иссле­дования характеристик элементарных звеньев, образу­ющих структурную схему технологического комплек­са. Влияние возмущений *х(γ), y(j)*,поступающих на вход данного звена, на показатели качества *zl(i),* фор­мируемые в звене, определяется парными статически­ми характеристиками вида:

*zl(i)=fiγ(x(γ))*,

*zl(i)=fij(y(j))*.

Для элементарных звеньев функциональные зави­симости такого вида могут быть получены аналити­чески, например, из уравнений энергетического или материального баланса либо в результате активного эксперимента. Характеристики оформляются в виде алгебраических уравнений или в виде графиков.

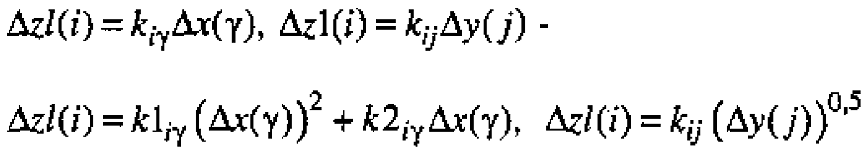
По известным статическим характеристикам эле­ментарных звеньев методом свертки структурных схем, определяют статические зависимости, связываю­щие входные и выходные параметры многозвенного технологического комплекса:

*z (i)=fiγ(x(γ))*,

*z (i)=fij(y(j))*,

где *z(i)* — показатели качества, формируемые на выхо­де комплекса.

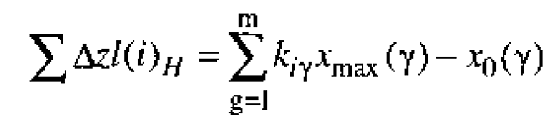
Для численной оценки степени влияния возмуще­ний на отклики удобно использовать уравнения стати­ки, записанные в приращениях (отклонениях) для ли­нейной и нелинейной формы:



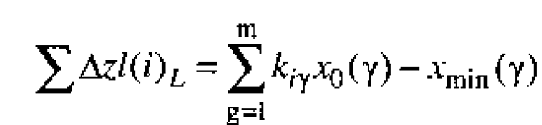
Коэффициенты усиления звеньев ***kiγ* ,*kij*** являются размерными числами и определяют величину прира­щения формируемого в звене показателя качества, на­пример, температуры продукта на выходе теплообмен­ника *Δz(l)* = *Δtp* (°С), при изменении возмущения, на­пример, расхода энергоносителя через теплообменник на величину единицы размерности ***Δу(l) =* Δge *= 1 кг/с****.* Таким образом, численное значение коэффициента усиления определяет степень влияния возмущения по каналу *Dge* на показатель качества *Δtp.*

Подставляя в уравнение статики максимальные от­клонения возмущений от номинала *Δх(γ)H* = *xmax*(γ) –*x0*(γ) - в положительную сторону и *Δx(γ)L = х0(γ)-xmin* (γ) - в отрицательную сторону, можно оценить возможный максимальный диапазон изменения дан­ного показателя качества *±Δzl(i)* под воздействием воз­мущения *х(γ)* в любых производственных ситуациях на производстве.

Если анализ ситуаций на объекте выявил вероят­ность одновременного отклонения от номинала груп­пы возмущений, то определяется реакция каждого показателя качества на *максимальное суммарное возму­щающее воздействие:*



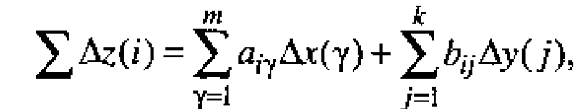
- в положительную сторону и



- в отрицательную сторону.

Специфика технологических процессов пищевых производств во многих случаях не позволяет исполь­зовать аналитические методы описания характерис­тик даже отдельных звеньев технологического комп­лекса, необходимо проводить экспериментальное об­следование объекта в сочетании с анализом техноло­гической документации и статистической обработ­кой результатов.

Воздействие группы возмущений *x(γ), y(j)* на по­казатель качества *z(i)* можно оценить по результатам пассивного эксперимента, проведенного на объекте. В этом случае отклонения от статического состо­яния многофакторного звена определяет уравнение регрессии вида:



где *aiγ*, *bij -* коэффициенты регрессии, численные зна­чения которых определяют по статистическому мате­риалу, накопленному при проведении пассивного экс­перимента.

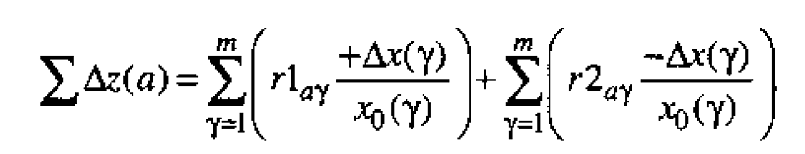
Размерные коэффициенты *aiγ*, *bij* определяют вели­чину приращения отклика *Δz(i)* при изменении каждо­го из возмущений *х(γ),* *y(j)* на величину единицы раз­мерности и тем самым численно определяют долю уча­стия данного возмущения в отклонении отклика от равновесного состояния.

При использовании этого метода необходимо учитывать, что линейная форма уравнений регрессии накладывает ограничения на диапазон варьирования переменных *±Δx(γ), ±Δy(j), ±Δz(i).* Если при анализе  
объекта выявлена возможность широкого диапазона  
варьирования какой-либо переменной *xmin(γ)* < *х0(γ)* < *xmax(γ)* при существенной нелинейности парных характеристик *z(i) =fiγ(x(γ)),* то следует использовать метод кусочно-линейной аппроксимации статических характеристик. Коэффициенты *aiγ*, *bij* уравнения регрессии при этом определяют для отдельных более узких  
диапазонов варьирования переменной, например, коэффициенты уравнения регрессии для расчета режимных параметров при дефростации мясных туш определяют раздельно для мелких, средних и крупных туш.

**2. Влияние возмущений на те показатели качества, численные оценки которых получают органолептическими методами**, можно определить, используя ме­тодику экспертных оценок. В этом случае с целью сбора и обобщения коллективного опыта про­водится опрос группы экспертов-специалистов, каж­дый из которых определяет в баллах (рангах) степень влияния на показатель качества *z(a)*, например, на вкус мороженого, положительного +*Δx(γ)* и отрицательного − *Δx(γ)* фиксированных отклонений от номинала *x0(γ)* каждого из возмущающих воздействий, например, закладываемых в смесь мороженого компонентов (молока, масла, сахара и др.). Обработка результатов опроса по методике обработки экспертных оценок позволяет получить численные значения степени влияния каждого отклонения *±Δx(γ)*на показатель качества *z(a)* в виде рейтинговых оценок:

* *r1aγ* - при положительном отклонении + *Δx(γ),*
* *r2aγ* – при отрицательном отклонении − *Δx(γ).*

Совокупное отклонение показателя качества *z(a)* от номинала под воздействием возмущений на объект определяет уравнение (рейтинговая модель), аналогичное уравнение регрессии:



**Литература 1, с 140-159; 2; 3**

**Вопросы для самоконтроля:**

1Как можно выразить оценку степени влияния возмущающих воздействий через уравнения статистики?

2Как можно выразить оценку степени влияния возмущающих воздействий через ме­тодику экспертных оценок?