

Тема: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

1. Общие сведения о сельскохозяйственных технологических процессах.
2. Физические процессы как объекты управления.
3. Биологические процессы как объекты управления.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

К технологическим относятся процессы и объекты в структуре материального производства, которые имеют непосредственное отношение к образованию (формированию), хранению или перемещению производимой продукции.

Технологический процесс представляет собой совокупность организованных воздействий на предмет производства с целью придания ему каких-то новых, обусловленных потребительскими требованиями свойств и качеств.

Технологический объект автоматизации — это сочетание технологического оборудования (машин, механизмов) и реализуемых на нем технологических процессов и операций, функционирование которых характеризуются некоторыми показателями качества (технологическими параметрами), являющимися выходными координатами, а также искусственно создаваемыми входными воздействиями, прямо или косвенно влияющими на состояние параметров.

Технологической операцией называется единичное воздействие, приводящее к изменению формы, структуры, состава или состояния предмета производства.

Транспортной операцией называется воздействие, вызывающее изменение пространственного положения предмета производства.

Технологические процессы и операции иногда называют также технологическим движением, а операции по перемещению вещества – транспортным движением.

В современном сельскохозяйственном производстве этому общему определению полностью соответствует технологическое движение, относящееся к вспомогательному и подсобному производству. Это процессы кормоприготовления, первичной обработки или переработки продукции, уборки и утилизации экскрементов, добычи и обработки воды, производства и распределения тепловой и других видов энергии и т.п.

Отличительная особенность основного сельскохозяйственного производства заключается в том, что в образовании продукции (прироста, приплода) обязательно участвуют различные виды сельскохозяйственных растений, продуктивных животных, птицы.

Сельскохозяйственные технологические объекты включают, как правило, в свою структуру продуктивные растения или стада животных вместе с производственными помещениями. Технология производства объединяет набор процессов и операций, необходимых для получения законченного, готового к реализации продукта, а также определяет общие принципы, способы и режимы осуществления воздействий.

Например, технология производства молока определяет способы содержания коров (привязной или беспривязной) и кормления (гранулированными полноценными кормами или влажными мешанками), а также режимы кормления (двух- или трехразовое).

Технология производства постоянно совершенствуется. Новейшая технология наиболее полно использует имеющийся на данный момент научно-технический потенциал и передовой опыт, обеспечивает высокую экономическую эффективность, количественные и качественные показатели производства. Основой для постоянного развития и совершенствования технологии является углубление индустриализации, концентрация и специализация сельскохозяйственного производства, перевод некоторых видов производства на промышленную основу, развитие комплексной механизации, электрификации и автоматизации технологических процессов.

При создании автоматических систем управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства одним из наиболее ответственных этапов является разработка оптимального и самого эффективного варианта технологического процесса, подлежащего автоматизации. Поэтому весьма актуальной, особенно в условиях перевода

сельского хозяйства на промышленную основу, оказывается проблема типизации, универсализации и даже стандартизации сельскохозяйственных технологических процессов и техники. Развитие унифицированных процессов сельскохозяйственного производства способствует успеху разработки оптимальных, пригодных для автоматизации технологических процессов.

Сельское хозяйство характеризуется многообразием отраслей производства и разнообразием технологических процессов, поэтому разработка оптимального технологического процесса в каждом конкретном случае представляет собой весьма сложную задачу.

Весьма актуальной, особенно в условиях перевода сельского хозяйства на промышленную основу, оказывается проблема типизации, универсализации и даже стандартизации сельскохозяйственных технологических процессов.

Перевод сельского хозяйства на промышленную основу тесно связан с процессами концентрации и интенсификации производства. В этих условиях, когда наряду с большими потоками сырья, энергии, труда идет обширный поток взаимозависимой информации, точное и правильное осмысливание этой информации, принятие соответствующих оптимальных решений и вообще полноценное управление производством возможны только при использовании методов и средств автоматизации.

Таким образом, применение достижений автоматизации требует определенной технологической подготовки производственных процессов. Опыт перевооружения ведущих отраслей народного хозяйства показывает, что эффективность автоматизации зависит от взаимосвязанного решения трех основных задач:

- 1) разработки новых технологических процессов и их типизации;
- 2) создания технологического оборудования, обеспечивающего качественное выполнение типизированного технологического процесса;
- 3) выработки алгоритмов эффективного управления технологическими процессами, операциями и оборудованием при помощи технических средств автоматики.

Решение первой задачи требует специальных знаний и необходимого опыта по определению заданных параметров точности, производительности, способов обработки, транспортировки, хранения, по созданию методов типизации технологических процессов и т. п., то есть здесь нужны знания и опыт специалистов-технологов сельскохозяйственного производства, в полной мере владеющих основами технологической науки.

Типизацию технологического процесса в сельскохозяйственном производстве целесообразно начинать с составления так называемой *технологической цепочки*.

Технологическая цепочка отражает взаимосвязь технологических процессов, отдельных операций и режимов машин, участвующих в их выполнении.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ

2.1. Характеристика физических процессов с/х производства

Каждый технологический процесс как объект управления имеет обобщенные входную координату (воздействие) и выходную координату (параметр), между которыми во времени существует функциональная связь. В свою очередь, каждая из координат может быть заменена другой, связанной с ней непрерывной взаимоднозначной функциональной зависимостью.

Функциональная зависимость между указанными координатами объектов управления во времени для идеализированных физических процессов выражается следующими однотипными дифференциальными уравнениями:

- 1) для поступательного движения:

$$\frac{m \cdot dv}{dt} = F \quad (1)$$

где m – масса движущегося тела;

v – линейная скорость;

F – результирующая действующая сила;

2) для вращательного движения:

$$\frac{J \cdot d\omega}{dt} = M \quad (2)$$

где J – момент инерции вращающегося тела;

ω – угловая скорость вращения;

M – результирующий приложенный момент;

3) для жидкостей в сосудах:

$$\frac{S \cdot dh}{dt} = Q \quad (3)$$

где S – площадь основания сосуда;

h – уровень жидкости в сосуде;

Q – объемный поток жидкости;

4) для газовых сосудов:

$$\frac{V}{R \cdot \Theta} \cdot \frac{dP}{dt} = Q \cdot \rho = M \quad (4)$$

где V – объем рассматриваемого сосуда;

R и Θ – газовая постоянная и абсолютная температура газа;

P и ρ – давление и плотность газа;

M и Q – массовый и объемный расход газа;

5) для нагревания (охлаждения) тел:

$$\frac{m \cdot c \cdot d\Theta}{dt} = Q \quad (5)$$

где m – масса нагреваемого тела;

c – удельная теплоемкость;

Θ – температура тела;

Q – тепловой поток;

б) для увлажнения (и сушки) тел:

$$\frac{m_c \cdot d\varphi}{dt} = W \quad (6)$$

где m_c – масса сухого вещества в теле;

φ – относительная влажность вещества;

W – поток влаги;

7) для образования растворов и суспензий:

$$\frac{V \cdot d\eta}{dt} = G \quad (7)$$

где V – объем растворителя;

η – концентрация растворяемого вещества;

G – поток растворяемого вещества;

8) для выпаривания:

$$\frac{m_N \cdot d\varepsilon}{dt} = W_{\mathcal{E}} = Q \cdot a \quad (8)$$

где m_c – масса растворенного абсолютно сухого вещества;

ε – жидкостный коэффициент вещества;

$W_{\mathcal{J}}$ – количество испаряемой жидкости в единицу времени;

Q и a – подводимая теплота и коэффициент пропорциональности.

Аналогичные уравнения можно написать для многих других физических процессов.

2.2. Математические модели технологических процессов

Практически все встречающиеся в технологических объектах процессы можно описать однотипными математическими уравнениями динамики, обобщенный аналог которых может быть представлен в виде:

$$\frac{L \cdot dy}{dt} = x \quad (9)$$

где L – емкостный коэффициент объекта;

y – выходная координата объекта (параметр);

x – обобщенная входная координата (результатирующее входное воздействие).

Рассмотрим модель простого одноемкостного гидравлического объекта, изображенного на рис. 1.

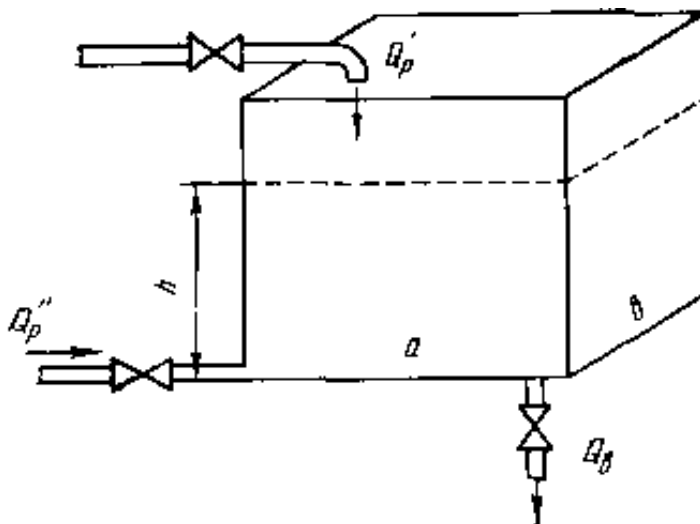


Рис. 1. Модель простого одноемкостного гидравлического объекта управления:
 h – уровень жидкости в сосуде; Q_p , Q_p'' – регулирующие воздействия; Q_B – обобщенное возмущение.

Для представленной модели $a \cdot b = s = L$ – емкостный коэффициент, представляющий собой площадь основания сосуда.

Здесь выходная координата – это уровень жидкости в сосуде $y = h$.

Регулирующее воздействие – это расход приточной жидкости $x = Q_p$.

Такой моделью-аналогом может быть представлен любой простейший одноемкостный объект, связь между координатами которого выражается обобщенной формулой (9).

Выходная координата y представляет собой абстрактный аналог ряда физических величин: линейной скорости v , угловой скорости ω , температуры Θ , влажности ϕ , концентрации вещества η и т.п. Практически это есть либо потенциал энергии, либо показатель запаса вещества в объекте.

В технологических объектах этими величинами характеризуется показатель качества процесса, его параметр.

Емкостный коэффициент L – это величина, численно равная емкости объекта, приходящейся на единицу его выходной координаты.

Преобразуем уравнение (9) к следующему виду:

$$dy = \frac{1}{L} x dt \quad (10)$$

Проинтегрируем уравнение (10) и получим:

$$y = \frac{1}{L} \int x dt \quad (11)$$

Отсюда можно увидеть, что величина, обратная емкостному коэффициенту $1/L$, есть коэффициент пропорциональности между элементарными изменениями выходной координаты y и импульсом входного воздействия $x dt$.

Таким воздействием может быть импульс силы $F dt$, импульс момента $M dt$, импульс подачи какого-либо вещества или тепловой энергии Θdt и т.п.

В итоге можно заключить, что емкостный коэффициент L есть мера инерционности объекта, а его обратная величина $1/L$ – мера чувствительности объекта.

Каждому значению выходной величины y соответствует определенный запас вещества или энергии G , накопленных в объекте:

$$G = \int_0^t x dt = \int_{y_1}^{y_2} L dy \quad (12)$$

Очевидно, что при постоянном емкостном коэффициенте $L = const$ уравнение (12) примет вид:

$$G = L \cdot \Delta y \quad (13)$$

где $\Delta y = y_2 - y_1$ - показатель избытка вещества или энергии по сравнению с некоторым исходным состоянием y_1 .

В частном случае, когда входное воздействие x постоянно во времени ($x = const$), уравнение (12) примет вид:

$$G = x \cdot t \quad (14)$$

Отсюда определим время разгона (наполнения) объекта t_p :

$$t_p = \frac{G}{x} = \frac{L \cdot \Delta y}{x} \quad (15)$$

Обобщенная входная координата x в данном случае выражает разницу между суммарным притоком x_{II} и суммарным расходом x_p :

$$x = x_{II} - x_p \quad (16)$$

Необходимо иметь в виду, что все рассматриваемые входные величины должны быть одной и той же физической природы, например:

- сила F – для линейной скорости v ;
- момент M – для окружной скорости ω ;
- поток теплоты Q – для температуры Θ и т.п.

Входные воздействия Q_p' и Q_p'' (рис. 1) могут существенным образом отличаться местом приложения, что обязательно следует учитывать в расчетах динамики процессов.

Емкостный коэффициент — не всегда постоянная величина. В некоторых реальных объектах он может изменяться в зависимости от значения других величин, входящих в уравнение динамики (x, y, t). Такие объекты называют нестационарными, а при математическом описании их в уравнения вносят соответствующие уточнения.

Например, емкостный коэффициент L может изменяться с изменением выходной координаты объекта y , как это происходит в конусных емкостях (рис. 2) с регулируемым уровнем.

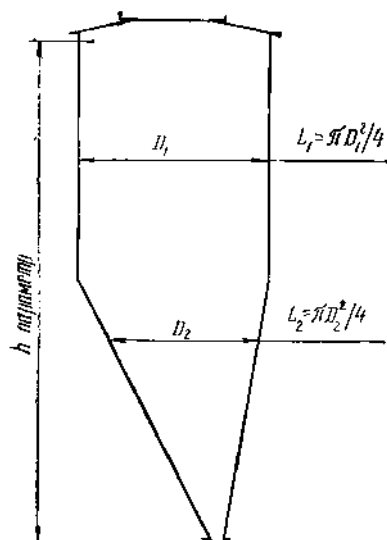


Рис. 2. Бункер Б-6 как пример нестационарности объекта

Очевидно, что площадь основания в них на каждом уровне будет различной, то есть будет выполняться зависимость $s=f(h)$ или для общего уравнения $L = f_L(y)$. Тогда уравнение (9) примет вид:

$$f_L(y) \frac{dy}{dt} = x \quad (17)$$

2.3. Рассредоточенность параметров в технологических объектах управления

В реальных технологических объектах вещество или энергия может распространяться в пределах емкостей либо свободно и практически мгновенно, либо преодолевая сопротивления и задерживаясь на них.

В первом случае рассматриваемые параметры имеют одно и то же значение по всей рассматриваемой емкости и в любой момент времени. Такие объекты называют *с сосредоточенными параметрами*.

Во втором случае потенциалы энергии или показатели вещества y на различных участках емкости могут существенно отличаться, тогда объект называют *с рассредоточенными параметрами*.

В сельскохозяйственном производстве можно встретить множество объектов с сосредоточенными и рассредоточенными параметрами. Так, при регулировании уровня наполнения резервуаров возможны оба варианта объектов. Если мы имеем дело с жидкостью типа воды, то ее уровень по поверхности практически одинаков, а объект имеет сосредоточенный параметр. Когда емкость наполняют сыпучими материалами типа концорма или комбикорма, то поверхность его бугристая, значение уровня в разных ее точках весьма существенно отличается, и, следовательно, объект имеет рассредоточенные параметры.

Аналогичную картину можно встретить и в объемных объектах. Так, давление в ресиверах, независимо от того, где приложена подача или расход, всегда одинаково в любой точке поверхности и объема. В то же время температура, влажность или концентрация веществ в объемах могут существенно отличаться в различных точках вследствие того, что конвективному, диффузионному или абсорбционному переносу энергии или вещества оказывает сопротивление среда. В этом случае параметр носит рассредоточенный характер.

Рассредоточенность параметров почти всегда является отрицательным фактором как для самой технологии производства, так и для решения задач автоматизации.

Если по технологическим соображениям нежелательно иметь рассредоточенность параметров, то при экономической целесообразности их искусственно выравнивают. Для этой цели прибегают к уменьшению пространственных координат объекта, например путем деления помещения холодильника на камеры, либо принудительно перемешивают среду, как это делается в установках охлаждения молока и в овощехранилищах, а иногда применяют то и другое, вместе взятое. Тогда

при математическом описании объектов искусственно выровненные их параметры уже рассматриваются как сосредоточенные.

В тех случаях, когда по техническим условиям неравномерность параметра допустима или не имеет существенного значения, объект может считаться с сосредоточенным параметром условно. При этом за фактическое принимается либо средневзвешенное значение параметра, либо его значение в определенной технологией точке или зоне, например в зоне содержания сельскохозяйственной птицы или животных.

И наконец, если объект с рассредоточенными параметрами является предметом контроля и управления, то для математического описания такого состояния вводят дополнительную координату пространства и дифференциальные уравнения решаются в частных производных. Но поскольку аналитическое описание и решение таких уравнений затруднительно, то на практике прибегают либо к экспериментальному определению характеристик этих объектов, либо пользуются более простыми методами приближенных вычислений. При этом для упрощения расчетов пренебрегают малоемкостными участками и наличием сопротивлений взаимоперетоков между ними.

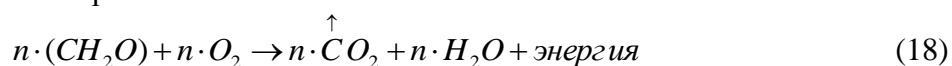
В отдельную группу следует выделить так называемые многоемкостные объекты, в которых вещество или энергия концентрируется в нескольких (двух и более) имеющих свои параметры емкостях, между которыми существует определенная взаимосвязь. В реальных технологических объектах таких емкостей может быть много (до десяти и более), но в их числе обычно до 80...90% общей емкости приходится на несколько (от двух до четырех) крупных емкостей. Остальными мелкими емкостями без существенного ущерба для результатов анализа обычно пренебрегают.

Для математического описания динамики многоемкостных физических процессов можно применять различные известные математические методы.

3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ

К биологическим относятся все известные процессы, которые протекают в живых клетках и организмах в порядке их жизнедеятельности. Эти процессы весьма сложны и многообразны. Мы рассмотрим те процессы, которые непосредственно связаны с продуктивностью (урожайностью) и поддаются контролю или управлению извне.

Из биохимических процессов, прежде всего, следует обратить внимание на присущее всему живому миру разложение углеводов, сопровождаемое образованием углекислого газа, воды и выделением некоторого количества энергии:



Эта реакция идет при потреблении извне кислорода и выделении в окружающую среду углекислого газа, по потоку которых можно судить об интенсивности процессов жизнедеятельности. Поток углекислого газа $G_{(CO_2)V}$ будет воздействовать на показатель концентрации углекислого газа $C_{(CO_2)V}$ в рассматриваемом ограниченном пространстве. Динамика этого процесса при наличии контролируемого притока CO_2 из внешней среды $G_{(CO_2)BH}$ будет выражаться известным уравнением:

$$\frac{V \cdot dc_{(CO_2)V}}{dt} = G_{(CO_2)V} - G_{(CO_2)BH} \quad (19)$$

Поток кислорода по сравнению с потоком углекислого газа имеет противоположное направление. Динамику этого процесса можно выразить уравнением:

$$\frac{V \cdot dc_{(O_2)V}}{dt} = G_{(O_2)BH} - G_{(O_2)V} \quad (20)$$

Выделяемая при разложении углеводов энергия называется общей теплопродукцией организмов. Однако энергия эта расходуется в жизненных процессах организмов не полностью. Определенная часть ее рассеивается в окружающую среду в виде так называемой свободной теплоты.

Поскольку процесс разложения углеводов для всего живого является непрерывным, то и потоки теплоты из организмов в окружающую среду при стабильности температурных градиентов

также непрерывны. Они могут менять свое направление только в переходных режимах, и то кратковременно.

По потоку свободной теплоты можно судить об интенсивности движений в живых организмах. Так, если общий поток теплоты от всех организмов выразить через Q_{CB} , а суммарное рассеяние через Q_P , то динамика температурного градиента $d\Theta_{CP}$ ограниченного пространства, где обитают живые организмы, выразится дифференциальным уравнением:

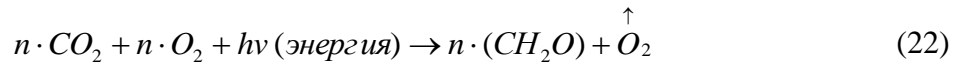
$$\frac{m_{\bar{ND}} \cdot c_{CD} \cdot d\Theta_{\bar{ND}}}{dt} = Q_{CA} - Q_P \quad (21)$$

где m_{CP} , c_{CP} – масса и удельная теплоемкость ограниченной среды обитания.

Очевидно, что при постоянстве других величин, входящих в уравнение (21), изменение температуры среды $\frac{d\Theta_{CP}}{dt}$ во времени будет пропорционально потоку свободной теплоты.

Трудности получения достоверности информации по этому показателю связаны с наличием ряда других мощных потоков теплоты, вызывающих помехи в реальных объектах, а также нестабильностью теплопродукции и коэффициента ее использования в организмах. Но в определенных условиях, как, например, в овощехранилищах, по показателю температуры можно точно установить момент начала массовой вегетации (прорастание корнеклубнеплодов) или определить опасную активность патогенной микрофлоры.

Факторы взаимосвязи клеток и организмов с окружающей их средой могут быть использованы также для получения информации и решения задач оптимального управления продуктивностью (урожайностью). Так, в процессе активного фотосинтеза растения ассимилируют углекислый газ из окружающей среды значительно интенсивнее, чем выделяют ее клетки в процессе разложения углеводов. Тогда идет биохимическая реакция образования углеводов по формуле:



Если усвоение углекислого газа в живых организмах по формуле (22) происходит быстрее, чем выделение ее по формуле (18), то ее результирующий поток направлен из окружающей среды в сторону живых клеток организмов, и уравнение динамики (19) принимает вид:

$$\frac{V \cdot dc_{(CO_2)V}}{dt} = G_{(CO_2)BH} - G_{(CO_2)V} \quad (23)37$$

В качестве критерия интенсивности биологических процессов, протекающих в живых организмах, могут быть также использованы многие другие проявления взаимосвязи организмов с окружающей средой. Например, по выделению азотсодержащих веществ можно судить о ходе разложения протеинов и образования белковых веществ в клетках организма животного.

Комплекс регулирующих воздействий, обеспечивающих высокую урожайность сельскохозяйственных растений, включает средства создания оптимальных климатических и водных режимов, а также оптимальную структуру и полноценный состав почвы.