

модели. Причиной могут быть недостаточная разработанность даже общей теории объекта или большие вариации параметров различных экземпляров объекта.

В таком случае целесообразно получить несколько моделей. Провести синтез системы с одной из моделей, полученных при максимальных для рассматриваемого объекта воздействиях. На последнем этапе проводится анализ системы с целью выявления влияния вариации моделей на качество системы. При синтезе замкнутых систем точность моделей может быть невелика и результат, как правило, оказывается положительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователей: Пер. с англ./ Под ред. Я.З. Ципкина. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1991 – 432 с.

2. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления: Пер. с англ./ Под ред. Н.С. Ройбмана. – М.: Издательство «Мир», 1975. – 683 с.

3. Балакирев В.С. и др. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. – М.: Энергия, 1967. – 232 с.

4. РДМУ 109-77. Методические указания. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 64 с.

5. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Мн.: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.

6. Сидоренко Ю.А. Повышение производительности самоходного кормоуборочного комбайна КСК-100 путем автоматизации управления загрузкой его двигателя: дис. канд. техн. наук: 05.12.83/ Ю.А. Сидоренко. – Минск, 1983. – 146 л.

УДК 631.363.7

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18.05.2006

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОЧНОСТИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ КОРМОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОЙ СМЕСИ

А.В. Китун, канд. техн. наук (УО БГАТУ); В.И. Передня, докт. техн. наук, профессор, (РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»); Е.А. Мороз, студентка (УО БГАТУ)

АННОТАЦИЯ

Предложен вариант организации технологического процесса подготовки и раздачи кормов животным, обеспечивающий ритмичную работу всех производственных подразделений при минимальных издержках. Приведено обоснование того, что вероятность безотказной работы технологических линий, обеспечивающих приготовление кормовой смеси, будет возрастать с уменьшением числа входящих в них машин, а выдвинутый критерий выбора машин любой технологической линии позволяет определить преимущества и недостатки любого комплекта для подготовки кормов к скармливанию.

Комплексная механизация и автоматизация производственного процесса подготовки и раздачи кормов крупному рогатому скоту предполагает поточное выполнение ряда технологических операций, взаимосвязанных системой машин. При поточной организации производственного процесса продукт в результате работы предыдущей машины является исходным материалом для последующей. В этом случае операции выполняются на рабочих местах в промежутки времени, равный или кратный ритму потока. Нарушение потока в одном из звеньев может привести к значительным задержкам в последующих звеньях и, как следствие, к увеличению затрат во всем производственном процессе.

Для получения высокой стабильности всего про-

изводственного процесса подготовки и раздачи кормов животным необходимо рассмотреть его математическую модель. С точки зрения кибернетического моделирования технологический процесс можно представить в виде схемы (рис. 1), где выделены основные группы параметров, определяющих его протекание и характеризующих состояние в любой момент времени.

Из схемы, представленной на рис. 1, видно, что технологический процесс зависит от трех основных параметров – входных, возмущающих и управляющих, которые обуславливают его протекание и характеризуют состояние системы в реальных условиях, то есть определяют выходные параметры.

К входным параметрам системы относятся об-

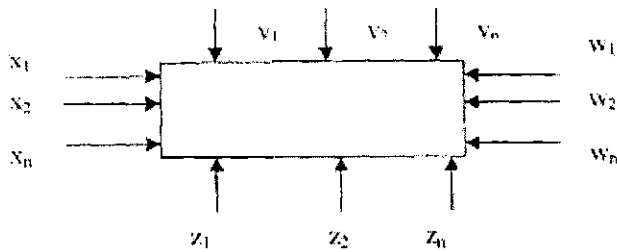


Рис. 1. Параметрическая схема технологического процесса подготовки и раздачи кормов животным: X_1, X_2, \dots, X_n – входные параметры; V_1, V_2, \dots, V_n – управляющие параметры; Z_1, Z_2, \dots, Z_n – возмущающие параметры; W_1, W_2, \dots, W_n – выходные параметры

служиваемое поголовье животных, количественные и качественные показатели компонентов готовой продукции, зависящие от технологии обработки кормовых компонентов [1], [2].

$$X = f(m_i, \Delta K_o, K_{mi}), \quad (1)$$

где m_i – поголовье животных;

ΔK_o – показатель качества кормовых компонентов, зависящий от технологии их обработки и подготовки;

K_{mi} – массовая доля кормовых компонентов в кормосмеси, зависящая от рациона животных.

Производительность машин и оборудования определяется обслуживаемым поголовьем животных и долей кормового компонента в смеси. Эти факторы определяют формирование технологических линий и выбор машин.

Управляющие параметры включают в себя структуру технологической линии и систем, технико-экономические показатели используемых машин, организацию технического обслуживания, ремонта и эксплуатации.

$$V = f(K_{zp}, N_{zp}, Y), \quad (2)$$

где K_{zp} – расчетный коэффициент готовности системы, зависящий от структуры технологических линий;

N_{zp} – технико-экономические показатели используемых машин;

Y – убытки от простоя машин и оборудования.

К возмущающим параметрам относятся фактические технико-экономические показатели машин, качество изготовления машин, их надежность, организация технического обслуживания и ремонта

$$Z = f(t_c, N_i, K_{pa}), \quad (3)$$

где t_c – трудоемкость фактически выполненного технического обслуживания;

N_i – число операторов;

K_{pa} – фактическая надежность системы.

К выходным параметрам относятся фактическая (эксплуатационная) производительность и параметры ее распределения, показатели надежности (коэффициент готовности системы, наработка на отказ, среднее время устранения отказов, вероятность устранения отказов, вероятность безотказной работы и др.), эксплуатационные и приведенные затраты, годовой экономический эффект, качество готовой продукции.

Показатель эффективности функционирования системы можно представить в следующем виде:

$$\Theta = f(X, V, Z). \quad (4)$$

Таким образом, технологический процесс приготовления и раздачи кормов животным является сложным многостадийным механизмом. Он включает в себя выполнение следующих операций: выемку, погрузку, транспортировку, приготовление и раздачу кормов. Для выполнения перечисленных операций привлекают машины и оборудование, которые можно объединить в три группы:

а) машины для погрузки, транспортировки и выгрузки кормовых компонентов;

б) машины и оборудование для подготовки кормовых компонентов к скармливанию и приготовления кормосмеси;

в) комбинированные машины для самозагрузки кормов, не требующих подготовки, приема многокомпонентной добавки, транспортировки и раздачи их животным.

В зависимости от группы машин образуют производственные подразделения, целью которых является решение единой задачи – обеспечение оговоренного зоотехническими требованиями режима кормления животных при минимальных затратах энергоресурсов. Соблюсти данное условие можно при ритмичной организации работы выделенных производственных подразделений. Ритм же работы производственных подразделений зависит от их производительности, которая в целом определяет рациональность технологического процесса.

Чтобы определить производительность, необходимо на основании данных о рационе и поголовье животных рассчитать массу скармливаемых кормов:

$$q = \sum_{i=1}^f K_{mi} m_i, \quad (5)$$

где K_{mi} – масса корма i -го вида в рационе животных, кг

m_i – число животных;

f_i – число групп животных.

Зная объем работы и время, отводимое на выполнение технологического процесса, определим требуемую производительность каждого производственного подразделения:

$$Q_n = \frac{q}{T_p d K_v}, \quad (6)$$

где P – вероятность безотказной работы технологических линий;

T_p – время, отводимое на выполнение технологического процесса кормления, ч. При его определении необходимо соблюдение условия $T_p \leq T_3$;

T_3 – время, ограниченное зоотехническими требованиями, ч;

d – кратность кормления животных.

Эффективность скармливания кормов значительно

увеличивается при раздаче их животным в виде кормовой смеси. Качество и затраты на ее производство зависят от эффективности работы технических систем, входящих в состав поточных технологических линий, обеспечивающих подготовку каждого кормового компонента. Эти линии представляют собой группу машин, согласованных по производительности и синхронности выполнения технологического процесса, и подразделяются на два типа:

- технологические линии приема, первоначальной обработки корма и подачи подготовленных компонентов на последующую обработку;

- технологические линии приготовления и выдачи кормосмеси.

Количество линий первого типа может быть различным и зависит от числа включенных в рацион кормовых компонентов. Технологических же линий второго типа может быть не больше одной.

Между машинами любой технологической линии может быть установлено несколько типов связей [3]:

- жесткая (или заблокированная), при которой все машины работают с одинаковой производительностью или производительностью, кратной производительности основной машины. При такой связи отказ одной машины приводит к отказу всей линии. Технологическая линия с жесткой связью характеризуется последовательным соединением элементов.

Надежность работы такой линии или комплекта машин определяется как вероятность P_i безотказной работы i -ой машины, которую в общем виде можно определить по формуле

$$P_c = \prod_{i=1}^k P_n, \quad (7)$$

где k_j - число машин, входящих в состав технологической линии;

P_n - вероятность безотказной работы n -ой машины;

- гибкая (или многосекционная) связь представляет собой технологическую линию, в которой после каждой машины установлены накопительные емкости. Они позволяют компенсировать разницу в производительности предыдущей и последующей машин. В такой технологической линии все машины, расположенные до первой накопительной емкости, составляют первую секцию, за ней - вторую и т.д. При таком расположении машин отказ предыдущей секции вызывает отказ последующей только тогда, если за время его устранения исчерпывается запас кормов, находящихся в промежуточной емкости.

Вероятность безотказной работы линии с данной связью машин можно определить по формуле

$$P_c = 1 - \prod_{i=1}^{k_j} (1 - P_n). \quad (8)$$

При параллельном соединении машин полный отказ наступит в случае остановки всех участков линии. Надежность работы линий с гибкой связью выше, чем в первом случае. Однако такие линии громоздки и ме-

таллоемки. Наличие накопительных емкостей после каждой машины является причиной возникновения отказов линий. Технологические линии с гибкой связью ввиду указанных причин не нашли применения в кормоприготовлении;

- смешанная связь представляет собой несколько линий, в каждой из которых группы машин заблокированы (соединены жесткой связью). В свою очередь, линии соединены между собой гибкой связью в виде накопителей - дозаторов. При неисправности одной из машин останавливаются не все линии, а лишь жестко с ней связанные. Остальные машины продолжают работать, пока корма поступают с накопителя - дозатора.

Безотказность работы комплектов машин со смешанным соединением можно определить по формуле

$$P_c = 1 - \prod_{j=1}^{m_j} \left[1 - \prod_{i=1}^{k_j} (1 - P_n) \right], \quad (9)$$

где m_j - число последовательных групп, соединенных параллельно.

Из выражений (7), (8), (9) видно, что надежность комплекта машин со смешанной связью выше, чем двух предыдущих. При остановке одной нарушается ритм работы жестко связанных с ней машин. Остальное оборудование продолжает выполнять рабочий процесс. Если неисправность незначительна, то комплект машин может работать практически без остановок.

Вместе с тем для комплекта машин со смешанной связью, предназначенного для производства кормовой смеси, необходимо большее количество машин. Это может привести к их непроизводительным простоям и увеличению металлоемкости оборудования. Поэтому возникает задача формирования технологических линий машинами, обеспечивающими стабильность процесса при минимуме денежных затрат.

Машины должны выполнять рабочий процесс в заданном интервале времени. В этом случае вероятность безотказной работы машин и оборудования в интервале времени $t, t+dt$ можно определить по формуле

$$P(\tau) = (1 - \omega_1 dt)(1 - \omega_2 dt)(1 - \omega_3 dt) \dots (1 - \omega_n dt) = 1 - \omega_1 dt - \omega_2 dt - \omega_3 dt - \dots - \omega_n dt, \quad (10)$$

где $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n$ - параметры отказов машин и оборудования.

Находясь в исправном состоянии в момент времени t , технологический процесс может перейти в неисправное при отказе одной из входящих в его состав машин в интервале времени $t, (t+dt)$. Вероятность перехода в неисправное состояние всей системы зависит от вероятности отказа каждой машины и определяется по выражениям

$$P_{11}(\tau) = \omega_1 dt; P_{12}(\tau) = \omega_2 dt; P_{13}(\tau) = \omega_3 dt; \\ P_{1n}(\tau) = \omega_n dt. \quad (11)$$

Работоспособность можно возобновить в интервале времени $t, (t+dt)$, если за этот промежуток времени будет восстановлена первая или последующие машины. Вероятность восстановления определяется по формулам

$$P_{11}=\mu_1 dt; P_{12}=\mu_2 dt; P_{13}=\mu_3 dt; P_{1n}=\mu_n dt, \quad (12)$$

где $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_n$ – параметры потоков восстановления машин.

Для нахождения вероятности безотказной работы машин и оборудования составим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} dP(\tau)/d\tau &= -aP(\tau) + \mu_1 P_1(\tau) + \mu_2 P_2(\tau) + \mu_3 P_3(\tau) + \dots + \mu_n P_n(\tau); \\ dP_1(\tau)/d\tau &= \omega_1 P(\tau) - (\mu_1 + a_1) P_1(\tau); \quad dP_2(\tau)/d\tau = \omega_2 P(\tau) - (\mu_2 + a_2) P_2(\tau); \\ dP_3(\tau)/d\tau &= \omega_3 P(\tau) - (\mu_3 + a_3) P_3(\tau); \quad dP_n(\tau)/d\tau = \omega_n P(\tau) - (\mu_n + a_n) P_n(\tau); \end{aligned} \quad (13)$$

где $a, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – коэффициенты:
 $a = (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n) dt$; $a_1 = (\omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n) dt$;
 $a_2 = (\omega_1 + \omega_3 + \dots + \omega_n) dt$; $a_3 = (\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n) dt$.

После преобразования систем дифференциальных уравнений определим вероятность работы линий и входящих в их состав машин:

$$\begin{aligned} P(\tau) &= [\mu_1 P_1(\tau) + \mu_2 P_2(\tau) + \mu_3 P_3(\tau) + \dots + \mu_n P_n(\tau)] / a; \quad (14) \\ P_1(\tau) &= \omega_1 P(\tau) / (\mu_1 + a_1); \quad P_2(\tau) = \omega_2 P(\tau) / (\mu_2 + a_2); \\ P_3(\tau) &= \omega_3 P(\tau) / (\mu_3 + a_3); \quad P_n(\tau) = \omega_n P(\tau) / (\mu_n + a_n). \end{aligned}$$

Решив полученное уравнение относительно нормированного условия $\sum P_i = 1$, получим расчетные формулы вероятности безотказной работы комплекта машин и отдельных ее составляющих:

$$P = (1 + \omega_1 / (\mu_1 + a_1) + \omega_2 / (\mu_2 + a_2) + \omega_3 / (\mu_3 + a_3) + \dots + \omega_n / (\mu_n + a_n))^{-1};$$

$$P_1 = P \omega_1 / (\mu_1 + a_1); \quad P_2 = P \omega_2 / (\mu_2 + a_2); \quad (15)$$

$$P_3 = P \omega_3 / (\mu_3 + a_3); \quad P_n = P \omega_n / (\mu_n + a_n).$$

Из полученных формул (15) видно, что вероятность безотказной работы технологических линий будет возрастать с уменьшением числа входящих в них машин, а следовательно увеличивается надежность технологического процесса приготовления кормовой смеси. В работе [1] приведены графические зависимости распределения времени между отказами от коэффициента $\rho^1 = \frac{\omega}{\mu}$, из которых видно, что время между отказами возрастает в связи с увеличением вероятности безотказной работы каждой машины.

Таким образом, выдвинутый критерий выбора машин любой технологической линии позволяет определить преимущества и недостатки любого комплекта для подготовки кормов к скармливанию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев П.И. и др. Технологическое оборудование кормоцехов / – П.И. Леонтьев, В.И. Земсков, В.Н. Потемкин. – М.: Колос, 1984. – С. 112-114.
2. Земсков В.И. Оптимальная надежность комплектов машин и оборудования кормоцехов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. – №2. – 18 с.
3. Передня В.И. Механизация приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота. – Мн.: Ураджай, 1990. – 150 с.

УДК 631.115.7 / 8

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 06.05. 2006

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМОВ И СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА В СЫРЬЕВЫХ ЗОНАХ КРАХМАЛЬНЫХ ЗАВОДОВ БЕЛАРУСИ

В.М. Синельников, аспирант (УО БГАТУ)

АННОТАЦИЯ

Объемы и структура производства в сырьевой зоне по производству и переработке картофеля. Выделены производственные типы предприятий, входящих в кооперативно-интеграционное формирование. Расчеты выполнены путем постановки и решения экономико-математической задачи с использованием компьютерной техники.

В Государственной программе возрождения и развития села на 2005-2010 гг. подчеркивается, что самым верным и надежным путем повышения концентрации и углубления специализации сельскохозяйственного производства, перевода его на индустриальную основу

является всемерное развитие различных форм кооперации и всестороннее организационно-экономическое сотрудничество, т.е. создание кооперативно-интеграционных структур. В научных исследованиях вопросы организации кооперативно – интеграционных структур