

Алгоритм управления системой молочного скотоводства

О.В. Ужик, к.т.н., Белгородская ГСХА

Технологический процесс содержания различных половозрастных групп крупного рогатого скота можно представить в виде обитающей во внешней среде системы человек – машина – животное [ЧМЖ], которая будет успешно функционировать при условии работоспособности всех её элементов, характеризуемых следующими показателями [1, 2]:

$$\text{оператор } Q_o = \{q_{oi}(t)\}_1^n; \quad (1)$$

$$\text{машина } Q_m = \{q_{mi}(t)\}_1^n; \quad (2)$$

$$\text{животное } Q_{ж} = \{q_{жи}(t)\}_1^n; \quad (3)$$

$$\text{среда } Q_c = \{q_{ci}(t)\}_1^n; \quad (4)$$

где $Q_o, Q_m, Q_{ж}, Q_c$ – показатели, характеризующие состояние элементов системы;

$q_{oi}, q_{mi}, q_{жи}, q_{ci}$ – компоненты, характеризующие состояние в момент времени t соответственно оператора, машины, животного, среды;

$q_{oi}, q_{mi}, q_{жи}, q_{ci}$ – компоненты, характеризующие состояние в момент времени t соответственно оператора (квалификация, психологическое и физиологическое состояние и др.), машины (производительность, энергоёмкость и др.), животного (возраст, продуктивность и др.), среды (условия содержания, параметры микроклимата и др.);

i – число компонентов каждого показателя.

В случае отказа одного из элементов система переходит в неработоспособное состояние.

Алгоритм управления системой функционирования молочного скотоводства представлен на рисунке. Его действие основано на сборе, анализе информации о животном, его физиологическом состоянии, продуктивности, среде его обитания и выработке оптимальных управлений, реализующих технологический процесс выращивания и продуктивного использования животных на различных этапах жизни.

На основании алгоритма управления системой функционирования молочного скотоводства нами разработаны организационно-технологические нормативы производства молока, включающие технологические карты [3].

В инженерной части технологических карт мы предусматривали возможность использования как существующих отечественных и зарубежных машин и оборудования, так и вновь создаваемых технических средств, в максимальной степени отвечающих агро- и зоотребованиям, так как повышение эффективности молочного животноводства базируется на росте продуктивности коров и качестве молока, зависящих от применяемых технологий и технических средств, реализующих эти технологии [3].

Как правило, эффективное агропромышленное предприятие характеризуется бесстрессовым содержанием животных, основывающимся на использовании комплекса современного инженерного оборудования и перенесении методов адаптивных автоматизированных производств на технологический процесс [1, 2, 4]. Влияние на продуктивные параметры животных соответствия технических средств их физиологии можно представить в виде:

$$\Delta m, Q = f[\Phi_{мм}(t), \Phi_{см}(t), \Phi_{нет}(t), \Phi_{но}(t), \Phi_{род}(t), \Phi_{рк}(t), \Phi_{дос}(t)], \quad (5)$$

где Δm – прирост массы;

Q – удой;

$\Phi_{мм}(t), \Phi_{см}(t), \Phi_{нет}(t), \Phi_{но}(t), \Phi_{род}(t), \Phi_{рк}(t), \Phi_{дос}(t)$ – функции, определяющие степень соответствия средств механизации физиологии молодняка в молочный период; в период выращивания до случного возраста; физиологии нетелей; процессу отёла коров и нетелей; родовспоможения коровам и первотёлкам; раздоя коров и первотёлок.

Для оценки эффективности использования технических средств при механизации производственных процессов на всех стадиях развития и функционирования животных можно воспользоваться математической моделью, предложенной доктором технических наук В.П. Ожиговым [5]:

$$Q_{\delta}(t) = \kappa_{ж} Q_{\tau} e^{-\kappa_{ж} \lambda t}, \quad (6)$$

где Q_{δ} – эффективность животного;

Q_{τ} – базовая эффективность животного;

$\kappa_{ж}$ – коэффициент физиологичности технических средств;

κ – коэффициент последствия потока;

λ – параметр потока отказов эргатической системы;

t – время.

Коэффициент физиологичности технических средств подсистемы выращивания тёлочек характеризуется интенсивностью их роста, т.е. приростом биомассы. Причём рассматриваются два периода роста: период внутриутробного (пренатального) развития плода, от эмбрионального состояния до зрелости, и послеродовое (постнатальное) развитие живого организма. Внутриутробный период характеризуется эффективностью накопления энергии в матке в течение беременности у коров, её максимумом [6]:

$$\kappa_1 = \frac{E_{мелм}(t)}{E_{зоом}(t)}, \quad (7)$$

где κ_1 – коэффициент физиологичности технических средств подсистемы выращивания тёлочек в пренатальный период;

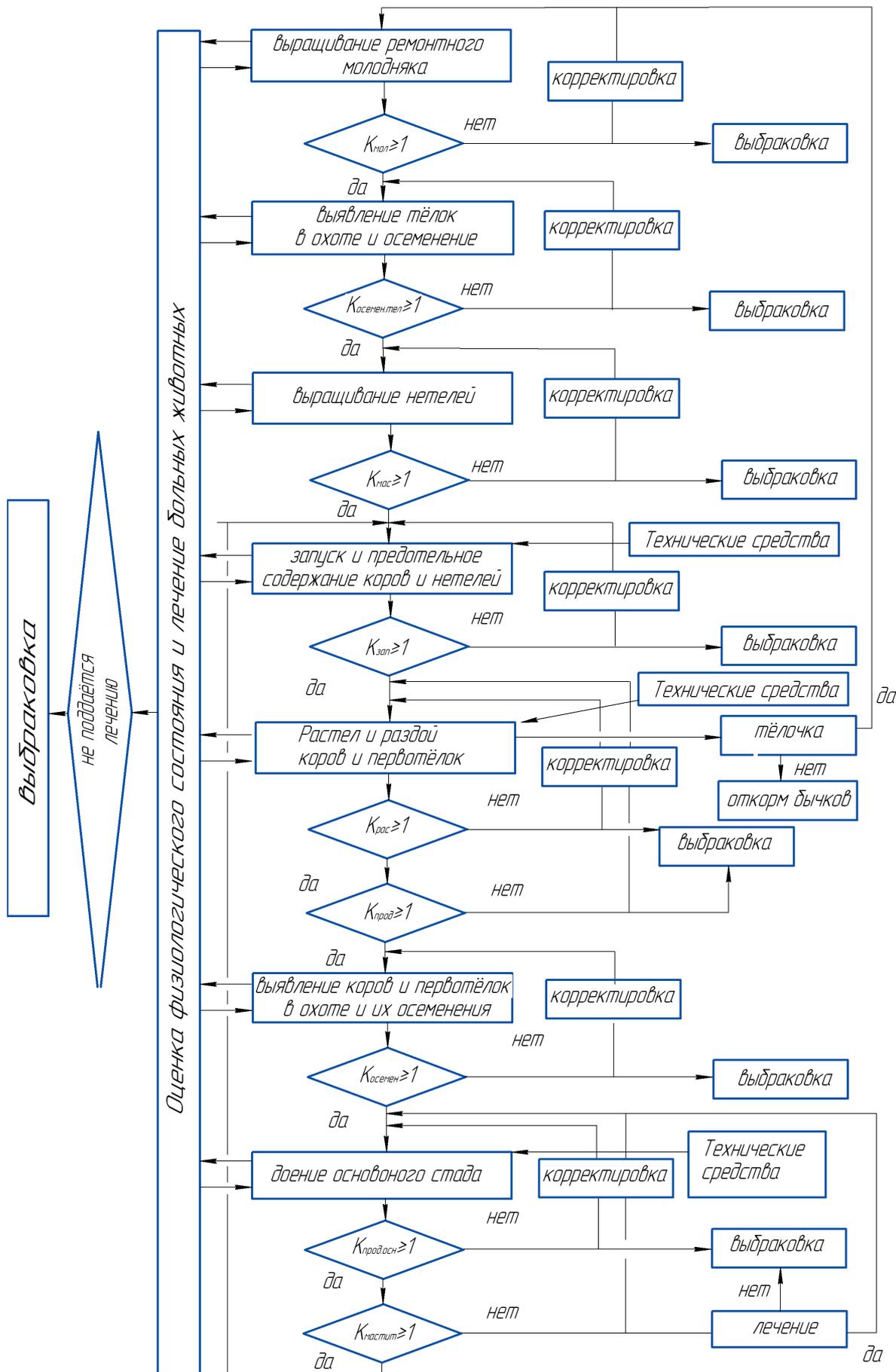


Рис. – Алгоритм управления системой функционирования молочного скотоводства

$E_{\text{телм}}(t)$ – фактически накопленная энергия в матке коровы к моменту времени t , МДж;

$E_{\text{зоом}}(t)$ – энергия, накопленная в матке к моменту времени t по зоотехническим нормам, МДж.

Послеродовое развитие характеризуется интенсивностью роста телёнка в молочный период. В таком случае коэффициент физиологичности технических средств подсистемы выращивания телочек в постнатальный период κ_2 характеризуется следующим выражением:

$$\kappa_2 = \frac{Q_{\text{телм}}(t)}{Q_{\text{зоом}}(t)}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{телм}}(t)$ – фактическая масса телёнка в период времени t , кг;

$Q_{\text{зоом}}(t)$ – масса телёнка по зоотехническим нормам в период времени t , кг;

а в период до случного возраста:

$$\kappa_3 = \frac{Q_{\text{телд}}(t)}{Q_{\text{зоод}}(t)}, \quad (9)$$

где $Q_{\text{телд}}(t)$ – фактическая масса телёнка в период времени t , кг;

$Q_{\text{зоод}}(t)$ – масса телёнка по зоотехническим нормам в период времени t , кг.

Коэффициент физиологичности технических средств подсистемы выращивания нетелей κ_4 характеризует интенсивность наращивания биомассы молочной железы в результате её массажа посредством технических средств:

$$\kappa_4 = \frac{M_{\text{вымм}}(t)}{M_{\text{зоом}}(t)}, \quad (10)$$

где $M_{\text{вымм}}(t)$ – фактическая масса вымени нетели в период времени t , кг;

$M_{\text{зоом}}(t)$ – масса вымени нетели по зоотехническим нормам в период времени t , кг.

Коэффициент физиологичности технических средств подсистемы растёла и раздоя коров оценивает эффективность устройства для родовспоможения и доильного оборудования. При этом коэффициентом κ_5 оценивается влияние устройства на сохранность приплода:

$$\kappa_5 = \frac{K_{\text{телм}}(t)}{K_{\text{зоом}}(t)}, \quad (11)$$

где $K_{\text{телм}}(t)$ – фактическое число телят за период времени t , гол;

$K_{\text{зоом}}(t)$ – число телят по зоотехническим нормам за период времени t , гол.;

а коэффициент κ_6 – влияние технологического оборудования на молочную продуктивность коров:

$$\kappa_6 = \frac{Y_{\text{фактм}}(t)}{Y_{\text{ферм}}(t)}, \quad (12)$$

где $Y_{\text{фактм}}$ – фактический удой после раздоя за период времени t , кг/гол;

$Y_{\text{ферм}}$ – средний удой по ферме на период оценки, кг/гол.

Коэффициент физиологичности технических средств подсистемы доения основного стада κ_7 оценивает его влияние на молочную продуктивность коров:

$$\kappa_7 = \frac{Y_{\text{ст.фактм}}(t)}{Y_{\text{предм}}(t)}, \quad (13)$$

где $Y_{\text{ст.фактм}}$ – средний фактический надой за лактацию на голову, кг/гол;

$Y_{\text{предм}}$ – надой за предыдущую лактацию на голову, кг/гол.

А коэффициент κ_8 на уровень заболеваемости маститом:

$$\kappa_8 = \frac{L_{\text{больм}}(t)}{L_{\text{фактм}}(t)}, \quad (14)$$

где $L_{\text{фактм}}$ – процент заболевших коров маститом за период времени t , %;

$L_{\text{больм}}$ – процент больных коров за этот период предыдущего года, %.

В целом в первом приближении физиологичность технических средств молочного скотоводства может быть оценена суммарным коэффициентом $K_{\text{физ}}$, значение которого должно быть не менее числа слагаемых:

$$K_{\text{физ}} \geq [k_1] + [k_2] + [k_3] + [k_4] + [k_5] + [k_6] + [k_7] + [k_8] \geq 8, \quad (15)$$

или

$$K_{\text{физ}} \geq \sum_{i=1}^n k_i > n, \quad (16)$$

где $[k_i]$ – коэффициент физиологичности технических средств i -той подсистемы;

n – число оцениваемых подсистем системы функционирования молочного скотоводства.

В противном случае требуется применение более эффективных технических средств в подсистеме, значение коэффициента эффективности которой меньше единицы.

Очевидно, что технические средства каждой подсистемы оказывают влияние на результат производства конечного продукта молочного производства, выражаемый в натуральном или денежном исчислении. Степень влияния можно выразить весовым коэффициентом $K_{\text{физм}}$ с учётом полученных нами коэффициентов оценки эффективности технических средств подсистем, описываемых уравнениями (см. (7)–(14)):

$$K_{\text{физм}} = f(k_i). \quad (17)$$

$$i = 1, 2, 3 \dots n.$$

$$i \in n.$$

где k_i – коэффициент оценки эффективности технических средств i -той подсистемы на производство конечного продукта.

А так как система функционирования молочного скотоводства носит иерархический характер

и всякая последующая подсистема является в той или иной степени преемником предыдущей, мы можем представить весовой коэффициент $K_{\text{физм}}$ системы молочного скотоводства уравнением вида:

$$K_{\text{физм}} = [(k_1) \times (k_2) \times (k_3) \times \dots \times (k_n)] = \prod_{i=1}^n (k_i). \quad (18)$$

Отсюда эффективность $Q_{\text{эфмех}}(t)$ использования технических средств для механизации производственных процессов на всех стадиях развития и функционирования животных с учётом уравнения (см. 1.6) можно представить в виде:

$$Q_{\text{эфмех}}(t) = Q_{\text{тбаз}} e^{-\kappa \lambda t} \times \prod_{i=1}^n (k_i), \quad (19)$$

где $Q_{\text{тбаз}}$ – базовая эффективность функционирования животного при отсутствии отказов.

Рассмотренные выше требования были положены нами в основу разработки средств механизации для обслуживания животных.

Как следует из вышеизложенного, выращивание и использование высокопродуктивных коров представляет собой сложную многоуровневую систему с весьма значимыми взаимосвязанными звеньями на каждом этапе. Поэтому важным является комплексное решение проблемы повышения эффективности молочного скотоводства путём технико-технологического сопровождения, обеспечивающего повышение сохранности поголовья, рост молочной продуктивности коров, производительности труда обслуживающего персонала.

Анализ функционирования и технического оснащения высокоэффективных производств показывает, что бесстрессовые технологии содержания животных, а также применение комплекса технических средств нового поколения с регулируемыми параметрами для инженерного оборудования возможны в случае перенесения методов адаптивных автоматизированных производств на технологический процесс. Для реализации указанного направления на основе синтеза имеющейся информации об известных технических решениях в этой области механизации сельского хозяйства нами разработаны пневмомеханическое колебательное массажное устройство для вымени нетелей [7], доильный аппарат с почетвертным управляемым режимом доения в зависимости от интенсивности потока молока [8], адаптивный манипулятор для запуска коров [9] и устройство для родовспоможения для оказания помощи корове

при патологических отёлах [10]. Производственные испытания подтвердили работоспособность предлагаемых конструкций и высокую их эффективность. Математическое моделирование рабочих процессов указанных механизмов, экспериментальное подтверждение правильности теоретических положений, полученные их оптимальные конструктивно-режимные параметры могут быть положены в основу разработки аналогичных устройств. Технические средства каждой подсистемы оказывают влияние на результат производства конечного продукта молочного производства, выражаемый в натуральном или денежном исчислении. Степень влияния можно выразить весовым коэффициентом $K_{\text{физм}}$ с учётом полученных нами коэффициентов оценки эффективности технических средств подсистем. Внедрение разработанного комплекса машин в ГУП ОПХ «Белгородское», ООО «Грайворонская молочная компания», ОАО «Центральное», ОАО «Агро-Стрелецкое» и др. хозяйствах позволило получить дополнительную прибыль более 1,0 млн рублей.

Литература

1. Корнейко А.А., Ужик В.Ф., Скларов А.И. и др. Функционирование животного в гибком производственном процессе // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: матер. VIII междунар. науч.-произв. конф. Белгород: Механизация, 2004. С. 116.
2. Ужик В.Ф., Ужик О.В., Ужик Я.В. Теория технологий и технических средств в животноводстве: монография. Белгород: Изд-во БелГСХА, 2009. 198 с.
3. Организационно-технологические нормативы производства молока, говядины, свинины и мяса птицы // Турьянский А.В., Яковчик Н.С., Ужик О.В. и др. Сборник отраслевых регламентов. Белгород, 2008. 246 с.
4. Рафикова Н., Садриева Р. Организационно-экономические факторы эффективности производства и реализации молока // АПК: Экономика, управление. 2005. № 10. С. 41–46.
5. Ожигов В.П. Совершенствование биотехнических систем в животноводстве: дисс. в виде науч. доклада докт. техн. наук. Новосибирск, 1997. 42 с.
6. Франс Дж., Торнли Дж. Х.М. Математические модели в сельском хозяйстве /Пер. с англ. А.С. Каменского; под. ред. Ф.И. Ерешко. Предисл. Ф.И. Ерешко, А.С. Каменского. М.: Агропромиздат, 1987. 400 с.
7. Патент №2368133 RU, С1 МПК А 01 J 7/00 Устройство для массажа вымени нетелей /Ужик О.В. (RU). №2008140357/12. Заявлено 10.10.2008. Оpubл. 27.09.2009. Бюл. № 27.
8. Патент №2367147 RU, С1 МПК А 01 J 5/04 Адаптивный доильный аппарат / Ужик О.В., Ужик Я.В. (RU). №2008128329/12. Заявлено 11.07.2008. Оpubл. 20.09.2009. Бюл. № 26.
9. Патент №2388216 RU, С1 МПК А 01 J 5/04 Переносной манипулятор для подготовки коров к запуску в процессе доения / Ужик О.В., Ужик Я.В. (RU). № 2009107469/12. Заявлено 04.03.2009. Оpubл.10.05.2010. Бюл. № 13.
10. Патент №23702400 RU, С1 МПК А 61 D 1/00 Устройство для родовспоможения коровам / Ужик О.В. (RU). №2008128331/12. Заявлено 11.07.2008. Оpubл. 20.09.2009. Бюл. № 29.