

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЕМ ЖИВОТНЫХ КАК СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОПТИМИЗАЦИИ ВОСПРОИЗВОДСТВА В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

И.М. МИХАЙЛЕНКО

Климатические изменения и аномальные природные явления резко обостряют ситуацию с продовольствием в современном мире. Проблема обеспечения расширенного производства в молочном животноводстве актуальна для многих стран с развитым сельским хозяйством. Увеличение количества белков и углеводов в рационах коровы нарушает кислотно-щелочной баланс и становится причиной болезней обмена веществ, среди которых наихудшие последствия вызывает лактатный ацидоз, обуславливающий потерю репродуктивной функции и преждевременную выбраковку поголовья. Нами предлагается решение этой проблемы на стыке биологических наук и современной кибернетики. Процессы кормления и ухода рассматриваются как факторы управления состоянием здоровья животных. Такое управление обеспечивает существенное увеличение периода хозяйственного использования лактирующих коров. Для реализации концепции предлагается теория управления, основой которой служат новые математические модели динамики и диагностики состояния здоровья животного. Они позволяют прогнозировать ранние стадии заболеваний и патологий, ведущих к последующей отбраковке. На базе этих моделей разработаны алгоритмы оптимального управления состоянием здоровья и продукционным процессом, где критерием оптимальности служит прибыль. Учитываются суточные, сезонные и возрастные изменения лактационных характеристик, физиологический статус (нормальная лактация, стельность, сухо-стойность), генетический потенциал продуктивности особи как базового объекта модели с целью локальной коррекции стратегии управления «в среднем по группе». Также во внимание принимаются факторы, влияющие на ущербы и убытки, связанные с возникновением всех отбраковочных потоков. Общий интервал планирования и управления соответствует длительности генетической программы для породы. Разработанная концепция и теория управления состоянием здоровья животных не имеет мировых аналогов.

Ключевые слова: молочное животноводство, кормовая база, концепция управления, состояние здоровья, пожизненный цикл, лактационный и суточные циклы, алгоритмы управления, математические модели.

Анализ ситуации в отрасли. Участившиеся в последние годы аномальные природные явления резко обострили ситуацию с обеспечением продовольствием населения в стране и в мире. Очень показательным оказался 2010 год, когда в Российской Федерации во многих зерно-сеющих регионах от засухи погибло более 30 % урожая. Это во многом подорвало и без того довольно слабую кормовую базу стратегически важной отрасли — молочного животноводства и в еще большей степени затормозило ее развитие. Как следствие, значительно ухудшилось обеспечение качественными и недорогими молочными продуктами отечественного производства, на которые давно сложился устойчивый спрос.

Сами проблемы в развитии молочного животноводства Российской Федерации, как и в большинстве других стран с высоким уровнем развития сельскохозяйственного производства, были заложены еще в середине 1980-х годов. Они особенно четко проявились Ленинградской области,

где годовая продуктивность коров за период реформ возросла с 4089 кг в 1990 году до 6400 в 2009 году. Однако за тот же период рентабельность производства молока снизилась с 31-35 до 3-5 %. Сложившаяся ситуация

преимущественно в животноводческом регионе не могла не вызывать серьезного беспокойства, так как столь низкая рентабельность указывала на

то, что в отрасли фактически прекратилось расширенное воспроизводство (1). Это иллюстрируется постоянным снижением поголовья крупного рога-

того скота (КРС) и объема инвестиций в отрасль, что в основном связано с преобладавшей тогда и сохранившейся до настоящего времени аграрной

политикой, которая базируется только на показателе продуктивности «любой ценой». Такая политика подразумевалась как «интенсификационная», но вызвала значительный рост доли концентрированных кормов (КК) в рационе дойных коров. В частности, при снижении общего расхода кормов на 1 ц молока с 1,11 ц кормовых единиц (к.е.) в 1990 году до 1,04 ц к.е. в 2003 году доля КК возросла соответственно с 0,34 до 0,43 ц к.е. Повысилось потребление белков и углеводов, что нарушило кислотно-щелочной баланс в организме животных и стало причиной для возникновения ряда болезней обмена веществ, среди которых наихудшие последствия вызывает лактатный ацидоз, приводящий к потере репродуктивной функции коровы и ее преждевременной выбраковке. В результате подобной «интенсификации» период хозяйственного использования коров сократился до 2,5-3,0 лактаций, когда ежегодный процент отбраковки составляет 33-37 %, что стало основной причиной сокращения поголовья, поскольку вся система воспроизводства способна вводить не более 30 % нетелей. Ситуация, аналогичная сложившейся в Российской Федерации, наблюдается и за рубежом. Многие ученые и специалисты уже смирились с таким положением, считая его неизбежным (2, 3).

В последние десятилетия в ряде областей РФ рост продуктивности коров из лучших хозяйств, обусловленный генетическим прогрессом, в целом не сопровождался соответствующим повышением по показателям продуктивного долголетия и качества получаемой продукции. По оценкам экспертов, до 70 % прибыли в молочном скотоводстве определяется длительностью хозяйственного использования коров. В Канаде она в целом по стране составляет 5,0 лактаций, в США — 4,0, на лучших отечественных племенных заводах — 3,8, во многих товарных хозяйствах — 2,5 лактации и менее, тогда как оцененный биологический потенциал составляет 9-11 лактаций, а экономический оптимум — 6-7 лактаций. Но если за рубежом отрасль дотационная и ускоренное выбытие коров, ложась на бюджеты стран, все же выгодно для самих производителей молока, племенных хозяйств и мясоперерабатывающей промышленности, то в Российской Федерации, где все сельское хозяйство мало дотируется и развивается в основном на рыночных принципах, подобное положение приводит по сути дела к сворачиванию стратегически важной отрасли.

В последние 10-12 лет в Российской Федерации при строительстве новых и реконструкции старых коровников повсеместно используются естественные системы вентиляции с вытяжными системами, расположенными на коньках кровли сооружений, что обусловлено необходимостью экономии электрической и тепловой энергии. Такие системы вентиляции способны обеспечить только 2-3-кратный воздухообмен, чего явно недостаточно для современных технологий содержания скота, где в одном помещении находятся не менее 200 гол. При этом происходит увеличение количества углекислого газа и аммиака до значений, в несколько раз превышающих ПДК, вследствие чего снижается интенсивность жвачки, ухудшается переваримость пищи, что приводит к нарушению кислотно-щелочного баланса и повышению риска заболевания лактатным ацидозом.

Все отклонения и ошибки в кормлении и содержании животных, особенно коров с высокой молочной продуктивностью, приводят к нарушению обмена веществ, расстройству функций систем и органов, снижению резистентности и иммунодефициту, многочисленным стрессам и, как следствие, к высокой заболеваемости и активации механизмов саморегуляции размножения, то есть к бесплодию. Потери от недополучения ремонтного молодняка в молочном животноводстве занимают одно из

первых мест среди всех экономических потерь. Помимо недополучения приплода, что следует приравнять к его гибели, от каждой бесплодной коровы хозяйство недополучает минимум 25 % удоя за лактацию. К этому нужно добавить расходы на лечение, на многочисленные безрезультатные осеменения и потери, связанные с преждевременной выбраковкой ценных (чаще всего молодых) коров.

Развитие концепции управления в молочном животноводстве. Для решения столь важной стратегической проблемы нами разработана концепция управления состоянием здоровья лактирующих коров, где основные факторы управления — рацион и условия содержания. Для реализации концепции разработана теория управления здоровьем животных. Основой теории служат новые математические модели динамики и диагностики показателей здоровья и прогнозирования ранних стадий заболеваний и патологий, ведущих к последующей отбраковке коров. Математические модели дополняются предложенными алгоритмами оптимального управления состоянием здоровья и продукционным процессом, где критерием оптимальности служит прибыль. Кроме кормления и условий содержания, как факторы управления рассматриваются лечебно-профилактические мероприятия, для проведения которых предполагается использование информации от системы зооветеринарного мониторинга стада. Разработанная концепция и теория управления состоянием здоровья животных не имеют мировых аналогов.



Рис. 1. Лактационные кривые коров: $\pi(t)$ — суточный удой (1), $\Pi(t)$ — общий надой за лактационный период (2).

могут быть объединены в группы. В этом случае мы имеем более сложную структуру ОУ, где в отношении климатических и санитарно-гигиенических условий ОУ служит отдельное животноводческое помещение — ферма, а по конечному результату (заданное количество молока) — определенным образом сформированные группы коров.

Базовый элемент этой группы, то есть корова как объект производства молока, обладает следующими важными свойствами: в течение лактационного периода ее суточная продуктивность изменяется (лактационная кривая, рис. 1); годовые лактационные кривые имеют тенденцию к подъему и постепенному снижению с возрастом и числом отелов, при этом общий пожизненный надой в целом постоянно растет с уменьшающейся с возрастом скоростью (рис. 2).

Обобщение основных технологических характеристик отдельных коров и их групп позволяет выделить важнейшие особенности задач управления этим ОУ. Во-первых, животное как элемент общего ОУ — группы может

В соответствии с предложенной концепцией, базовый элемент всего объекта управления (ОУ) в задаче — лактирующая корова. Именно для нее необходимо создать все необходимые условия, обеспечивающие сохранение здоровья, а также способность к отелу и последующим лактациям. Однако сложившаяся система ведения хозяйства чаще всего предусматривает содержание в одном помещении сразу многих животных, которые

находиться в нескольких существенно различающихся физиологических состояниях: нормальной лактации, стельности и сухостойности. Каждое из указанных состояний требует особого подхода к кормлению и содержанию

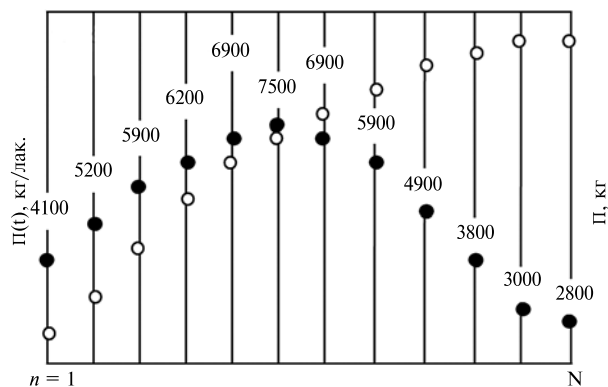


Рис. 2. График пожизненной лактации коровы: \circ — общий надой за n лактаций, Π ; \bullet — надой на n -х лактациях, $\Pi(t)$; $n = 1, \dots, N$ — индексы и общее число лактаций.

животных, то есть самостоятельной стратегии управления состоянием животного, влияющей на общий результат. Это приводит к необходимости разделения общего стада на группы по перечисленным состояниям. Во-вторых, каждое животное обладает естественной генетической программой продуктивности по молоку и приплоду, а общий процесс управления его кормлением и содержанием должен обеспечить максимальную реализацию такой программы.

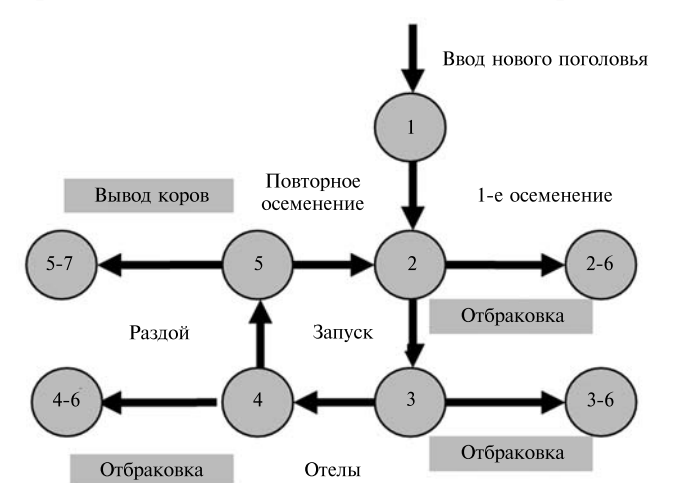


Рис. 3. Граф-схема объекта управления (ОУ, животноводческая ферма): 1 — телки, 2 — нетели, 3 — сухостойные коровы, 4 — новотелы, 5 — лактирующие коровы, 6 — отбракованные коровы, 7 — коровы, выведенные из оборота по критерию эффективности.

В-третьих, интенсификация производства молока и мяса приводит к необходимости группового содержания и обслуживания поголовья, что затрудняет применение индивидуального подхода к кормлению и содержанию животного и в значительной мере снижает степень воспроизводства его естественной генетической программы. В-четвертых, групповой способ кормления и содержания заставлял в качестве базового ОУ рассматривать среднее животное в группе и по его состоянию синтезировать основные стратегии наблюдения и управления. В-пятых, наличие основных стратегий управления «в среднем по группе» не исключает необходимости их локальных коррекций по индивидуальным состояниям животных,

причем глубина таких коррекций определяется только технической осуществимостью получения информации о состоянии отдельного животного и возможностью предоставить особи индивидуальные условия кормления и ухода. Наличие локального управления позволит повысить степень воспроизводства естественной генетической программы отдельных животных и тем самым существенно увеличить эффективность производства молока. Результат всего обобщения — структура ОУ (рис. 3), соответствующая одному лактационному циклу (циклы должны повторяться столько раз,

сколько лактаций осуществляется в среднем по конкретной ферме). После последнего цикла стадо на ферме полностью обновляется.

Невозможность результативного осеменения сразу для всех вводимых и повторно осеменяемых коров, а также неодновременность запуска, отелов, раздоев и случайность числа отбракованных коров по стадиям цикла приводят к возникновению случайных потоков животных на каждой стадии. Поэтому случайным будет и число коров в каждом из указанных состояний. Это обстоятельство существенно усложняет процедуры прогнозирования и принятия управленческих решений.

Для полного решения задачи в соответствии с разработанной теорией используются все основные факторы, влияющие как на получение прибыли, так и на ущербы и убытки, связанные с возникновением всех отбраковочных потоков. Эти факторы мы разделяем на параметры состояния, которые представляют собой управляемые переменные, и собственно управляющие переменные, за счет изменения которых возможны модификации параметров состояния, часть из которых относятся к целеобразующим, то есть определяющим критерий оптимальности.

Параметрами состояния служат следующие показатели: по продуктивности — суточная продуктивность, масса тела; по качеству молока — содержание жира, содержание белка; по состоянию здоровья — температура кожи, температура тела, частота пульса, частота дыхания, рН мочи, кала, крови и молока, упитанность, число кетоновых тел в моче, число кетоновых тел в молоке, промежуток времени между приемом корма и появлением жвачки, число жевательных движений, затрачиваемое на измельчение одного пищевого кома, продолжительность жвачного периода, число жвачных периодов в течение суток. Заболевания, ведущие к отбраковке, — болезни обмена веществ, пищеварительной системы, вымени, ног, половых органов, дыхательной системы, маститы, яловость, перикардит, эндометрит, трудные роды, кетоз печени, прочие незаразные заболевания.

Для удобства понимания смысла решаемой задачи введем вектор управления U , который разобьем на три отдельных подвектора, определяющих три главных направления в обеспечении благоприятных условий для животных:

$$U^T = [U_1^T, U_2^T, U_3^T],$$

где U_1^T , U_2^T и U_3^T — соответственно вектор компонентов рационов, учитывающий расходы всех питательных элементов, добавок и витаминов, вектор условий содержания, включающий параметры воздушной среды и питьевой воды, и вектор лечебно-профилактических мероприятий.

Цель управления (ЦУ) процессом производства молока в конкретной компании — за период планирования обеспечить заданную прибыль от реализации молока, полученного во всех структурных подразделениях. Исходя из общей стратегии развития компании, ее руководством обосновывается заданная прибыль. Она пропорционально распределяется по всем фермам и группам животных, которые принимаются в качестве ОУ. В связи с особенностями ОУ, указанными выше, при постановке задачи очень важно правильно определить период планирования и управления. Так, планирование только на один год, как принято в настоящее время, полностью противоречит естественной генетической программе животного и приводит к его преждевременной отбраковке, причем описанный процесс имеет повсеместный и неотвратимый характер. Поэтому общий интервал планирования и управления должен соответствовать длительности генетической программы для соответствующей породы. Формально ЦУ с учетом

приведенных соображений может быть представлена в следующем виде для стада в среднем:

$$\text{ЦУ: } \sum_{n=1}^{n^*} [M_n^* - (c_n \Pi_n(\mathbf{U}_n) - r(\mathbf{U}_n)) + \rho_n] \xrightarrow{\mathbf{U}_n \in \Omega} \min$$

$$\Pi_n(\mathbf{U}) \leq \Pi_n^*$$
[1]

где $n = 1, 2, \dots, n^*$ — номера лактаций в генетической программе для используемой породы коров; M_n^* — заданная программа получения прибыли от одной коровы в среднем по стаду; c_n — прогнозы цен на молоко; $\Pi_n(\mathbf{U})$ — годовые удои в среднем по стаду по всему жизненному циклу (функция вектора управления \mathbf{U}); Ω — область допустимых значений вектора управлений; $r(\mathbf{U}_n)$ — годовые затраты (функция вектора управления \mathbf{U}); ρ_n — потери, связанные с отбраковкой; Π_n^* — генетическая программа продуктивности по породе.

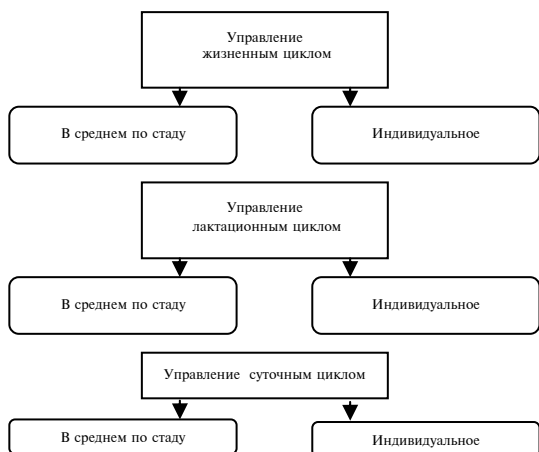


Рис. 4. Иерархия основных задач управления состоянием дойного стада.

В соответствии с разработанной концепцией и теорией достижение цели [1] (с учетом вышеуказанных особенностей) ОУ возможно за счет решения трех связанных между собой задач (рис. 4): обеспечения прохождения всего жизненного цикла от первой ($n = 1$) до последней генетически возможной и экономически целесообразной лактации ($n = n^*$); получения условного максимума прибыли по каждому лактационному периоду всего жизненного цикла; индивидуальной

коррекции условного максимума прибыли для коров и стада в среднем в реальном времени.

Реализация концепции управления. Поскольку основу предложенной концепции составляют задачи управления состоянием здоровья животных, то успешное их решение во многом связано с проблемой его контроля, диагностики заболеваний и уменьшения отбраковочного поголовья. Подобное возможно только при максимальном снижении роли человеческого фактора в управлении производством молока за счет использования современных технических и измерительных средств, информационных технологий и вычислительной техники. Все указанные компоненты интегрируются в системы физиолого-биохимического контроля полноценности питания и резервов жизнеспособности для последующей трансформации такой системы в технологию физиологического мониторинга в молочном скотоводстве. Для этого предлагается применять специальные дистанционные датчики-измерители, закрепляемые на животном. Указанные датчики позволят измерять основные физиологические параметры и выявлять у животных симптомы заболеваний, непосредственно связанные с используемыми рационами. Информация от установленных датчиков обрабатывается с применением математических моделей и алгоритмов диагностики и используется для оперативного управления кормлением и проведением профилактических мероприятий, исключаящих

отбраковку животных.

Важнейший результат при решении задачи управления состоянием здоровья животных заключается в существенном уменьшении расхода КК за счет их замещения высококачественными грубыми волокнистыми кормами собственного приготовления. Это становится возможным благодаря применению современных эффективных систем адаптивно-ландшафтного земледелия, включающих высокорентабельные кормовые севообороты. Первостепенное внимание должно уделяться разработке высокоурожайных и устойчивых к природно-климатическим условиям региона видовых составов травяных кормосмесей, технологий их возделывания, новых технических средств реализации технологий и развития собственного семеноводства. Основной подход при решении обозначенной проблемы заключается в создании принципиально новых приемов управления процессами формирования урожая кормовых культур на базе созданных способов управления, технических средств измерения и оценки состояния, а также реализации оптимальных технологических воздействий. Основой для реализации этих приемов служат современные информационные технологии с использованием карт аэроландшафтного и экологического районирования природных кормовых угодий, оценки качества земель и экологического состояния агроландшафтов. Подобные технологии и системы не имеют мировых аналогов (3-8).

В то же время существенное повышение качества грубых волокнистых кормов невозможно без разработки принципиально новых технологий, методов и технических средств управления процессами их приготовления. Задача таких технологий — исключить потери питательных веществ из травостоя с повышенной влажностью, возникающих при использовании тяжелой тракторной техники для трамбования силосной массы. Эти технологии основываются на применении предложенных нами автоматизированных линий для консервации кормов из исходной массы с любыми значениями произвольной влажности и содержания углеводов при двухстороннем управлении скоростью ферментации кормовой массы. В качестве основных факторов управления здесь используются специально разработанные химические и биологические препараты и добавки, влияющие на скорость обезвоживания и ферментативных реакций и содержание в готовом корме питательных веществ. Другим важным приемом существенно повышения качества и надежности хранения готового корма станет автоматическое управление плотностью кормовой массы с целью исключения возникновения очагов грибного поражения. Использование таких автоматизированных линий позволит с высокой надежностью получать волокнистые корма с заданными показателями качества. Указанные технологии и автоматизированные линии не имеют мировых аналогов (9, 10).

Реализация столь сложного комплекса технологий невозможна без создания автоматизированной системы управления производством молока, в которой интегрированы в единый комплекс все организационные, технологические, технические и информационные задачи, чем определяется получение конечного результата с заданной надежностью (рис. 5) (11). Такая система требует разработки инновационного программно-математического обеспечения, посредством которого и будет достигаться объединение всех задач. Кроме получения конечного результата, создание подобной системы позволит автоматизировать работу менеджеров ферм, специалистов-технологов, ветеринарных врачей и другого обслуживающего

персонала. Центральную задачу автоматизированной системы описывает блок оптимизации рационов, посредством которого осуществляется планирование и оперативное управление производством.



Рис. 5. Блок-схема автоматизированной системы производства молока.

Таким образом, проблема расширенного производства молока на современном этапе развития отрасли требует комплексного решения. Оно включает в себя разработку и апробацию автоматизированной системы управления производством молока, основным звено которой составляет подсистема управления здоровьем животных. Для создания такой системы потребуется принципиально новая измерительно-диагностическая база, с использованием которой формируется система, обеспечивающая мониторинг состояния здоровья молочного скота. Кроме того, необходимо существенно модернизировать кормовую базу, основу которой должны составлять высокопродуктивные травосмеси и новые технологические линии для приготовления кормов с заданными питательными свойствами. Все эти подходы объединяются в серьезный инновационный проект общегосударственного значения. Подобный проект был представлен и одобрен Министерством образования и науки РФ еще в 2008 году, однако в условиях экономического кризиса его финансирование оказалось невозможным. В настоящее время инновационной политике уделяется больше внимания, что дает надежду на реализацию предлагаемого проекта, способного оказаться мощным импульсом для развития всего продовольственного комплекса страны и сохранить за Россией многие приоритеты, в том числе в молочном скотоводстве.

COMPUTERIZED ANIMAL HEALTH CONTROL AS THE BASIC STRATEGY TO OPTIMIZE REPRODUCTION IN DAIRY LIVESTOCK

I.M. Mikhailenko

Agrophysical Research Institute, Russian Academy of Agricultural Sciences, 14, Grazhdanskii prosp., St. Petersburg, 195220 Russia, e-mail Ilya.mikhailenko@yandex.ru
Received September 9, 2013

doi: 10.15389/agrobiology.2014.2.50eng

Abstract

Because of climatic anomalies all over the world, the problems in food supply may arise. The challenge faced by many countries having the developed agriculture is how to increase the dairy cattle reproduction and productivity. Animal rations with high protein and hydrocarbon content result in violation of an acid-base balance and the metabolic diseases, of which lactic acidosis is the worst, as it causes the loss of animal reproductive function and early culling. We suggest a solution that combines biological knowledge with modern cybernetic facilities. Feeding and the proper housing conditions are considered as the factors to control animal health. It significantly provides more prolonged economic use of the lactating cows. To implement the concept, we propose a management theory, based on the new mathematical models for dynamics of the individual physiological parameters in animals and their indication. The models allow early prediction of the diseases and pathologies which will lead to animal culling. On the basis of these models the algorithms for optimal control of health and productivity were developed, in which the profit is the optimality criterion. Changes of lactation parameters due to circadian and seasonal rhythms, because of ageing and in the reproductive cycle (normal lactation, pregnancy or dry period), and the genetic potential of productivity of a cow as a basic element of the models are monitored to correct locally «an average management strategy». The factors affecting losses and damage from which the culling arises are also regarded. The total period for planning and management is determined in accordance with the genetic program and bred standards. The developed concept and theory of animal health control have no analogues in the world.

Keywords: dairy farming, food supply, the concept of management, health, life cycle, lactation and daily cycles, control algorithms, mathematical models.

REFERENCES

1. Mikhailenko I.M., Molodkin V.Yu. *Vestnik RASKHN*, 2005, 2: 80-82.
2. Mikhailenko I.M. *Torgpred*, 2005, October: 30.
3. Mikhailenko I.M. *Tochnoe sel'skoe khozyaistvo* [Precision agriculture]. Glava 12 «Sistemnye osnovy tochnogo zhitovnovodstva» [Chapter 12. System basics for precision animal husbandry]. St. Petersburg—Pushkin, 2010: 321-336.
4. Mikhailenko I.M. *Sposob avtomatizirovannogo upravleniya formirovaniem urozhaya. Patent RF № 2264703. Opubl. 27.11.2005. Byul. № 33* [Automated control for crop yield. Patent № 2264703 of the Russian Federation. Publ. November 11, 2005. Bul. № 33].
5. Mikhailenko I.M., Kurashvili A.E. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii «Informatsionnye tekhnologii, informatsionnye izmeritel'nye sistemy i pribory v issledovanii sel'skokhozyaistvennykh protsessov»* [Proc. Int. Conf. «Information technologies, systems and devices to research processes in agriculture»]. Novosibirsk, 2003: 106-115.
6. Mikhailenko I.M. *Materialy 3 nauchno-prakticheskoi konferentsii «Mashinnye tekhnologii proizvodstva produktii v sisteme tochnogo zemledeliya i zhitovnovodstva»* [Proc. 3d Conf. «Machinery in precise agriculture and animal husbandry»]. Moscow, 2005: 246-252.
7. Mikhailenko I.M., Kurashvili A.E. *Vestnik RASKHN*, 2008, 2: 10-13.
8. Mikhailenko I.M., Timoshin V.N., Danilova T.N. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*, 2009, 4: 61-64.
9. Mikhailenko I.M. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*, 2006, 3: 66-68.
10. Mikhailenko I.M. *Ustroistvo dlya prigotovleniya grubyykh kormov Patent RF № 2360436. Opubl. 10.07.2009. Byul. № 14* [Devices for roughage preparation. Patent № 2360436 of the Russian Federation. Publ. July 10, 2009. Bul. № 14].
11. Mikhailenko I.M., Timoshin V.N. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2007, 8(100): 41-43.