

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье изложен концептуальный подход к разработке аналитических выражений, связанных с проектированием современного доильного оборудования для молочного животноводства.

Современное состояние и перспективы развития молочного скотоводства определяются уровнем научно-технического прогресса, обеспечивающего внедрение и использование в животноводстве нового оборудования и технологий, посредством которых возможно значительное увеличение валовой продукции при условии снижения ее себестоимости и повышения рентабельности производства молока [1].

Несмотря на интенсификацию молочного скотоводства, проблема производства молочной продукции на сегодняшний день остается актуальной. Ее решение тесно взаимосвязано с вопросами усовершенствования организации и технологии производства, формирования материальных и трудовых ресурсов, перевода селекционной работы на наукоемкую базу. Немаловажным является использование прогрессивных технологий содержания и кормления животных, а также создание условий для повышения и полной реализации их генетического потенциала. Однако стимулирование роста производительности труда и эффективность капитальных вложений обеспечиваются главным образом за счет реконструкции и технического перевооружения существующих животноводческих ферм.

В настоящее время около 90% дойного поголовья содержится на фермах с привязным содержанием коров, где доение выполняется в основном на устаревших малопродуктивных доильных установках и затраты труда составляют более 40% от общего объема затрат на производство молока. Поэтому основным фактором повышения производительности труда и увеличения валовой продукции является переход на усовершенствованные доильные установки автоматического типа с обоснованными с физиологической точки зрения обоснованными конструктивно-режимными параметрами, совмещающими в себе исполнительные и контрольно-предохранительные функции [2].

В соответствии с действующей системой машин для животноводства промышленность выпускает доильные установки и аппараты, в определенной степени соответствующие правилам машинного доения и зоотехническим требованиям к устройствам для доения коров. На сегодняшний день уже разработано оборудование для автоматизации таких заключительных операций при машинном доении на установках с индивидуальными и групповыми станками, как машинное додаивание, полное отключение вакуума или переключение доильного аппарата на «сдающий» вакуумный режим, а также снятие доильного аппарата с вымени. Комплексная реализация системы машин фактически является фактором, определяющим уровень роста производительности труда и степень загруженности одного отраслевого работника. То есть проблема механизации сельскохозяйственного производства является многогранной, поскольку затрагивает вопросы занятости и перераспределения кадров в животноводстве вообще и в производстве молока в частности. Учитывая масштабы агропромышленного комплекса Российской Федерации, можно рассматривать указанную проблему в демографическом аспекте.

В настоящее время накоплен достаточно большой теоретический и экспериментальный материал по физиологии доения и конструированию доильных машин, однако опыт использования доильных установок в различных регионах России и за рубежом свидетельствует о том, что машинное доение нередко оказывается неэффективным и приводит к снижению продуктивности животных, ухудшению качества молока, увеличению себестоимости продукции [3].

Как показывает анализ, одной из основных причин низкой эффективности процесса являются недостатки технического плана, то есть несовершенство конструкции доильных

машин, используемых для выдаивания коров. Для устранения этих недостатков необходима либо модернизация отдельных конструктивных элементов, что обычно в незначительной степени корректирует функциональный режим доильной машины, либо кардинальная модернизация, предполагающая проектно-исследовательские мероприятия, ориентированные по таким направлениям как, дизайн и эргономика. В этом случае обеспечивается технологический переход на качественно новый более совершенный технический уровень. Однако в данном случае принципиально важно учитывать то обстоятельство, что процесс производства молока реализуется в системе «человек – машина – животное». Следовательно, вопросы, связанные с проектированием или модернизацией доильного оборудования, должны рассматриваться не только в организационно-технологическом или техническом, но и в физиологическом аспекте. Создание полной адекватности действия исполнительской системы доильной машины и ее технических параметров с физиологическими особенностями молокоотдачи животного является основополагающим условием стимуляции лактогенеза и представляет собой интеграционный процесс специальных воздействий на животное, осуществляется в порядке, определенном технологией машинного доения. Абсолютная непрерывность и стабильность стимуляционного процесса является гарантией реализации генетического потенциала молочности дойных коров. В противном случае у животных образуется состояние пессимума, что неизбежно вызывает торможение лактации.

Экспериментально подтверждено, что наиболее целесообразно проводить возбуждение рефлекса молокоотдачи в то время, когда выдаивается цистернальное молоко, то есть практически на протяжении всего процесса доения. Следовательно, создание конструкции доильного аппарата, обеспечивающего полную адекватность физиологическим особенностям молокоотдачи животного, приведет к наиболее эффективному способу стимуляции молокоотдачи, отличающемуся технологической простотой.

Разрабатывая новый доильный аппарат или выбирая его из ряда существующих моде-

лей для определенной группы коров, необходимо получить ответ на вопрос о том, какое влияние он может оказать на животное в результате его применения. В некоторых случаях необходимо знать анатомические и физиологические характеристики коров, доение которых данным доильным аппаратом принесет оптимальные результаты. При этом желательно избегать негативного влияния на рефлекс молокоотдачи или свести его до минимума.

Одним из направлений решения этой проблемы является построение математической модели процесса доения, отвечающей требованиям адекватности и универсальности, и оперирование ею с использованием вычислительной базы современных ЭВМ.

Построение математической модели можно начать с описания процесса молокоотдачи. Имея необходимыми данными кривую этого процесса и аппроксимируя ее отрезками прямых, получаем математическое выражение:

$$m_M = \frac{M}{t_1} \cdot t \cdot \delta_1(t) - \frac{M}{t_1} \cdot t \cdot \delta_1(t-t_1) - \frac{M}{t_4-t_2} \cdot t \cdot \delta_1(t-t_2), \quad (1)$$

где t_1, t_2, t_4 – верхние границы интервалов времени соответственно роста, стабилизации и спада процесса молокоотдачи;

M – величина молокоотдачи в период ее интенсивности;

$\delta_1(t)$ – единично-ступенчатая функция.

Для построения модели достаточно рассмотреть процесс молокоотдачи на интервале времени от 0 до t_3 , где t_3 – время начала вторичного припуска при машинном доении. Вообще говоря, адекватность модели будет зависеть от способа описания, в данном случае предложен вариант линейной аппроксимации.

За геометрическую модель доли вымени примем полусферу радиуса R , сосок представлен в виде цилиндра диаметром d_c с каналом вывода молока в виде цилиндрического отверстия диаметром d_b .

При этом уровень жидкости H в молочной цистерне изменяется на определенном интервале, в зависимости от поступающего из альвеолярного отдела вымени молока.

Однако данная величина не является значением вакуума внутри доильного стакана, а лишь его частью, так как воздействие, ока-

зывается им; дифференцируется на силы вывода молока из вымени и продвижения доильного стакана по соску.

Первый из процессов, описанных выше, опирается на условно-рефлективный процесс молокоотдачи и не дает никакой информации о влиянии на процесс доения анатомии вымени. Для учета указанных факторов опишем некоторые стороны процесса движения доильного стакана по соску вымени. Будем полагать, что стакан движется только в момент такта сосания, и промежутками времени между этими тактами пренебрежем.

Учитывая, что молокоотдача на 97% определяется условно-рефлекторной деятельностью, можно утверждать, что на интервале времени от 0 до t_1 стакан движется с определенным ускорением a_1 , вектор которого направлен в сторону, противоположную движению, под действием силы:

$$F = pS_{CT} - mg - F_{MB} - F_{TP}, \quad (2)$$

где p – разряжение в стакане;

S_{CT} – площадь поперечного сечения по внутреннему диаметру стакана;

mg – сила тяжести;

F_{MB} – сила молоковыделения;

F_{TP} – сила трения соска о сосковую резину.

Сила трения находится из выражения:

$$F_{TP}(t) = 2\mu \cdot \frac{l(t) \cdot \pi \cdot E}{d_{CT}} \cdot (d_c(t) - d_{CT}), \quad (3)$$

где μ – коэффициент трения;

$l(t)$ – длина соска вымени, захватываемая стаканом;

E – модуль Юнга сосковой резины;

d_{CT} – диаметр внутренней части стакана;

$d_c(t)$ – диаметр соска.

Величина $d_c(t)$ – определяет набухание и «худение» соска в процессе доения и может быть определена экспериментально.

На интервале $[t_1; t_2]$ – можно считать, что стакан движется равномерно, поэтому выражение (2) примет вид:

$$pS_{CT} - mg - F_{MB} - F_{TP} = 0. \quad (4)$$

Здесь можно считать, что сила трения постоянна (хотя в реальности согласно (3) из-за увеличения длины захватываемой части соска она будет незначительно расти). На этом участке можно за силу трения принять

ее статическое значение и определиться со значением разряжения в стакане p .

Интервал $[t_2; t_3]$ характеризуется движением стакана с ускорением a_2 (вектор ускорения направлен в сторону движения) под действием силы, описываемой (3).

В выражении (3) присутствует величина $l(t)$, которая описывается следующим образом:

$$l(t) = \begin{cases} V_{нач} \cdot t + \frac{a_1 t^2}{2}, & 0 \leq t \leq t_1 \\ V_{нач} \cdot t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2} + (a_1 t_1 + V_{нач}) \cdot (t - t_1), & t_1 < t < t_2 \\ V_{нач} \cdot t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2} + (a_1 t_1 + V_{нач}) \cdot (t_2 - t_1) + \\ + (a_1 t_1 + V_{нач}) \cdot (t - t_2) + \frac{a_2 (t - t_2)^2}{2}, & t_2 \leq t \leq t_3 \end{cases} \quad (5)$$

Здесь $V_{нач}$ – начальная скорость движения стакана по соску после его надевания:

$$V_{нач} = \frac{(pS_{CT} - mg) \cdot t_{оп}}{m}, \quad (6)$$

где $t_{оп}$ – время, прошедшее с момента выпуска стакана из рук оператора до начала действия силы трения, возникающей при движении доильного стакана по соску вымени.

Используя выражения 2 – 6, можно определить, оперируя математической моделью на ЭВМ в интерактивном режиме, величину вакуума в доильном стакане, ускорения движения стаканов, а следовательно, ответить на вопрос о времени движения стакана по соску, соотнести свойства сосковой резины и массу подвесной части аппарата с оптимальными режимами доения коров.

Внедрение электронно-вычислительных машин в проектно-исследовательскую сферу сельскохозяйственной индустрии, как следствие, влечет за собой значительные изменения в организации технического обеспечения производства молока. Возможность оптимизации конструктивно-режимных параметров доильного оборудования с учетом полного комплекса факторов, влияющих на процесс доения, предполагает качественно новое высокоэффективное направление совершенствования доильной техники. Таким образом, для увеличения производства молочной продукции, при условии снижения себестоимости, необходимо обеспечить рациональное использование функциональных возможностей и имеющегося на сегодняшний день

программного продукта. Только компьютерная оптимизация взаимосвязей моментов системы «доильная машина – испытательное оборудование – животное» является тем фактором, без учета которого практически невозможно решить проблему индустриализации молочного скотоводства при максимальной реализации потенциала продуктивности животных и сохранения генофонда крупного рогатого скота России.

Принимая во внимание уникальность процесса машинного доения, можно констатировать тот факт, что проведение исследовательских работ, направленных на совершенствование, является проблемой многогранной, требующей комплексного подхода и системного анализа. Практика создания «щадящего» и стимулирующего доильного оборудования показала, что существует реальная возможность оснащения молокопроизводящей отрасли доильными машинами автоматического типа, отвечающего всем необходимым требованиям, обусловленным

спецификой процесса молоковыделения. Оснащение молочного животноводства высокопроизводительным, удобным в эксплуатации и недорогим доильным оборудованием является только одним из путей решения актуальной проблемы экономического становления агропромышленного комплекса. Однако можно утверждать, что на сегодняшний день, в условиях производственного кризиса, вопрос технического оснащения сельского хозяйства выходит на первый план, поскольку практически все сферы деятельности работников и ученых АПК – ветеринарная, биологическая, зоотехническая и др. в основе своей опираются на материально-техническую базу. Таким образом, исследовательскую работу, направленную на изучение развития доильного оборудования, можно отнести к ряду перспективных, а ее целесообразность и актуальность обусловлены практической необходимостью, вызванной современным состоянием дел в молокопроизводящей отрасли АПК России.

Список использованной литературы:

1. Карташов Л.П., Соловьев С.А. Повышение надежности системы человек– машина– животное. Екатеринбург: УрО РАН, 2000.
2. Карташов Л.П., Соловьев С.А. Тренажеры, стенды и муляжи для биотехнической системы. Екатеринбург: УрО РАН, 2005.
3. Городецкая Т. К. О причинах нарушения рефлекса выведения молока и самозапуска коров // Современные достижения физиологии и биохимии лактации. – Л.: Наука, 1981. – С. 74 – 75.