

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДОЙНЫХ КОРОВ****Н. М. Матвейчук, А.Г. Сеньков, А.Б. Грищенко (Минск)****Введение**

Животноводство имеет ключевое значение в экономике аграрной отрасли Республики Беларусь. В этом секторе производится более 50% продукции сельского хозяйства. Он же формирует и основу экспортного потенциала агропромышленного комплекса страны.

В молочном скотоводстве активно внедряется технология беспривязного содержания с доением в зале на современных компьютеризированных доильных установках или с использованием доильных роботов, в состав которых входит система идентификации животных [1]. Применение роботов позволяет адаптировать технические решения автоматизированных систем доения с физиологическими потребностями коров к молоковыведению, что выражается в возможности животных с различными индивидуальными характеристиками самостоятельно определять частоту посещений доильной установки. В результате как показали исследования, обеспечивается повышение продуктивности животных до 15%, практически полностью устраняется ручной труд на выполнение технологических операций доения.

Основными производственными показателями работы фермы являются: поголовье коров, среднегодовой удой на корову, валовое производство молока, средняя численность работающих. И если первый и последний показатели вычисляются достаточно просто, то с вычислением среднегодового удоя на корову возникают трудности, связанные с верной идентификацией коровы при дойке и, соответственно, верным соотношением удоя с конкретной коровой.

В связи с этим на первый план выходит проблема идентификации коровы, что становится особенно актуальным при беспривязном содержании стада.

Традиционно в системах управления стада беспривязного содержания используется метод инфракрасной идентификации коров индивидуальными антеннами на доильных местах. Если распознавание коровы не произошло, дойка классифицируется как нераспознанная (т.е., не отнесенная ни к какой корове), при этом все остальные параметры фиксируются. Так, в измерительном сосуде определяется количество молока и его проводимость. Эти данные могут быть использованы для дальнейшей идентификации (т.е. соотношения нераспознанной дойки с одной из неучтенных коров), и, таким образом, повышения процента удачных идентификаций.

В работе описывается разработанный авторами алгоритм идентификации коров по совокупности трех показателей: инфракрасной идентификации индивидуальными антеннами; по значениям надоя и по электропроводности молока с разработкой методики идентификации, а также с использованием методов имитационного моделирования. Выполнена оценка эффективности разработанного алгоритма на реальных данных с молочно-товарной фермы о животных дойного стада, включающих в себя сведения о ходе процессов доения, характеристиках полученного молока, состоянии здоровья животных.

Экспериментальные данные, послужившие основой для данной работы, были получены в результате обследования двух хозяйств: СПК Винец (Брестская обл.,

Березовский р-н, д. Ревятичи), и ОАО «Тихиничи» (Гомельская обл., Рогачевский р-н, а/г. Тихиничи).

### Идентификация коров по совокупности трех показателей

При идентификации коровы сначала выполняется ее идентификация с помощью индивидуальной антенны (полагаем, что вероятность успешной идентификации коровы с помощью индивидуальной антенны при данном конкретном доении не зависит от успешности или неуспешности ее идентификации в предыдущие доения). В соответствии с полученными данными, процент верного распознавания при использовании индивидуальных антенн составляет около 94-96% (в среднем количество нераспознанных коров при помощи индивидуальных антенн составляет 3.27% со стандартным отклонением 2.56% для СПК «Винец», и 5.49% со стандартным отклонением 2.36% для ОАО «Тихиничи»). Пусть в процессе однократного доения всей группы коров некоторое число коров  $N^*$  осталось нераспознанными с помощью индивидуальных антенн. Для них известны номера:  $\Omega^* = \{n_1^*, \dots, n_{N^*}^*\}$ , а также значения надоя:  $Y^* = \{y_1^*, \dots, y_{N^*}^*\}$ .

Для этих нераспознанных коров используется идентификация по 2-му признаку – по значению надоя. В результате после 2-го этапа идентификации нераспознанными останется некоторое число  $N^{**}$  коров. Для этих коров используется 3-й этап идентификации – идентификация по электропроводности молока.

Значение надоя коровы в отдельно взятое доение  $y$  является случайной величиной и определяется множеством факторов: питанием, параметрами микроклимата, биологическими особенностями данного животного и т.д. Вследствие этого можно предполагать, что случайная величина  $Y$  – надой коровы с номером  $i$  – имеет нормальное распределение, причем значения математического ожидания  $m_i$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma_i$  зависят от идентификационного номера коровы, то есть для каждой коровы – свои, и поэтому также являются случайными величинами. Как показывает статистический анализ экспериментальных данных, полученных в ОАО «Тихиничи» и СПК «Винец», распределения значений математического ожидания  $m_i$  и прогнозных значений среднего квадратического отклонения надоя коров  $\sigma_i$  близки к нормальному.

Подход к идентификации нераспознанных коров по значениям надоя включает в себя следующие шаги:

1. На основании статистических данных по надоям в соответствующее время суток (утреннее, дневное либо вечернее доение) за предыдущие  $M$  дней вычислить прогнозные значения удоя при текущем доении для нераспознанных коров:

$$\hat{Y} = \{\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_{N^*}\}.$$

Прогнозные значения надоя для каждой нераспознанной коровы предлагается определять на основании регрессионного анализа надоев за последние  $M$  дней (в работе  $M = 7$ ) в соответствующее время суток (утреннее, дневное либо вечернее доение) по формуле:

$$\hat{y}_i = k_i \cdot \hat{x} + b_i,$$

где  $\hat{y}_i$  – теоретические значения надоя за последние  $M$  дней;

$$i \in \Omega^*;$$

$\hat{x}$  – текущая дата;  
 $k_i, b_i$  – коэффициенты линейной регрессии.

2. Путем сопоставления теоретически рассчитанных прогнозных значений надоя  $\hat{Y} = \{\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_{N^*}\}$  и реальных значений  $Y^* = \{y_1^*, \dots, y_{N^*}^*\}$  на основании некоторого правила выбора установить однозначное соответствие между номерами нераспознанных коров  $\Omega^* = \{n_1^*, \dots, n_{N^*}^*\}$  и реальными значениями надоя  $Y^* = \{y_1^*, \dots, y_{N^*}^*\}$ .

Правило сопоставления значений надоя номерам нераспознанных коров включает следующие шаги:

1. Сортировка множества прогнозных значений надоя  $\hat{Y} = \{\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_{N^*}\}$  по возрастанию.

2. Сортировка множества реальных значений  $Y^* = \{y_1^*, \dots, y_{N^*}^*\}$  по возрастанию.

3. Условие: если значение  $i$ -го элемента отсортированного множества реального удоя  $Y^* = \{y_1^*, \dots, y_{N^*}^*\}$  попадает в прогнозный доверительный интервал  $(\hat{y}_i - v_i; \hat{y}_i + v_i)$ , значит, значение  $i$ -го реального удоя  $y_i^*$  сопоставляется в соответствие  $i$ -му нераспознанному номеру коровы  $n_i^*$ . Здесь  $v_i$  – ширина доверительного интервала для прогнозных значений надоя.

Аналогичным образом проводится идентификация коров по значениям электропроводности молока.

Таким образом, вероятность идентификации коров по совокупности трех показателей – индивидуальных антенн, надоя и электропроводности молока определяется по формуле:

$$P_{\Sigma} = P_{1\text{э\grave{a}}} + (1 - P_{1\text{э\grave{a}}}) \cdot P_{2i} + (1 - P_{1\text{э\grave{a}}} + (1 - P_{1\text{э\grave{a}}}) \cdot P_{2i}) \cdot P_{3\text{y}},$$

где  $P_{1\text{э\grave{a}}}$  – вероятность правильной идентификации коров после первого этапа – с помощью индивидуальных антенн;

$P_{2i}$  – вероятность правильной идентификации коров после второго этапа – по значению надоя;

$P_{3\text{y}}$  – вероятность правильной идентификации коров после третьего этапа – по значению электропроводности молока.

Следует учесть, что значения вероятностей  $P_{2i}$  и  $P_{3\text{y}}$  зависят от общего числа коров в группе.

### Оценка качества идентификации коров по совокупности трех показателей

Численная оценка значений суммарной вероятности идентификации коров по совокупности трех показателей проводилась в данной работе с помощью методов имитационного моделирования на основе экспериментальных данных по надоя и идентификации коров в ОАО «Тихиничи» за период времени с 31.10.2014 по 28.05.2015 г. Длительность эксперимента составила 7 месяцев. Число коров в экспериментальной группе было равно 131. Для выполнения расчетов использовалась компьютерная система «Matlab» [3].

В результате были получены следующие средние значения оцениваемых вероятностей.

Таблица 1. Результаты численной оценки значений вероятности идентификации коров по совокупности показателей

Вероятность успешной идентификации коров:		Среднее значение	Максимальное значения
с помощью индивидуальных антенн	$P_{1\text{на}}$	0.95	0.95
по значению надоя молока	$P_{2\text{н}}$	0.2325	0.75
по значению электропроводности молока	$P_{3\text{э}}$	0.0925	0.25
по трем показателям	$P_{\Sigma}$	0.9648	0.9906

Таким образом, предложенный способ идентификации коров при доении с учетом трех показателей позволяет повысить процент успешной идентификации в среднем с 95% до 96.48%, а в отдельных случаях – до 99%, что позволит повысить качество учета надоев молочных коров.

### Литература

1. Технологическое оборудование для производства молока / В. Г. Самосюк, В. О. Китиков, Э. П. Сорокин; Нац. акад. наук Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск : Беларус. навука, 2013. – 493 с.
2. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – С.Пб.: Питер, 2001. – 448 с.