

– С. 161–164 11. Использование зерна новых сортов крестоцветных и зернобобовых культур в рационах выращиваемых бычков / В. Ф. Радчиков [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Горки : БГСХА, 2014. – Вып. 17, ч. 1. – С. 104–113. 12. Зерно зернобобовых и крестоцветных культур в рационах ремонтных телок / В. Ф. Радчиков [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. по материалам XVII Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 16 мая 2014 г.). – Гродно : ГГАУ, 2014. – Ветеринария. Зоотехния. – С. 249–250. 13. Полноценное кормление - основа продуктивности животных / В. П. Цай, В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот // Экологические, генетические, биотехнологические проблемы и их решение при производстве и переработке продукции животноводства : материалы Международной научно-практической конференции (посвященная памяти академика РАН Сизенко Е.И.). Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; Волгоградский государственный технический университет. 2017. – С. 20–24. 14. Жмых и шрот из рапса сорта "Canole" в рационах бычков выращиваемых на мясо / В. Ф. Радчиков // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции в условиях ВТО : сборник материалов. В 2-х частях. Материалы международной научно-практической конференции. 2013. – С. 63–66.

УДК 636.2.034: 637.116

## **ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА ДОЙНЫМ СТАДОМ СЕЛЬХОЗОРГАНИЗАЦИИ**

**Соляник С.В. , Соляник В.В.**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь

*Разработана экспресс-методика создания цифрового двойника прогнозирования объемов валового надоя молока от коров конкретной сельскохозяйственной организации. Установлено, что для минимизации ошибки при использовании цифрового двойника необходимо контролировать исходную информацию. **Ключевые слова:** молочная продуктивность коров, моделирование оборота стада, цифровой двойник.*

## **EXPRESS METHODOLOGY FOR CREATING A DIGITAL TWIN FOR FORECASTING MILK PRODUCTION VOLUMES BY A MILK HERD OF AGRICULTURE**

**Solyanik S.V., Solyanik V.V.**

RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Livestock", Zhodino, Republic of Belarus

*An express method has been developed for creating a digital twin for predicting the volume of gross milk yield from cows of a particular agricultural organization. It was found that to minimize errors when using a digital twin, it is necessary to control the ini-*

*tial information. Keywords: milk production of cows, modeling of herd turnover, digital twin.*

**Введение.** Практикующим зоотехникам хорошо известно, что создание для коров оптимальных условий их использования нивелирует (устраняет) влияние условий содержания. Но, учитывая, что в разных административных районах кормовые и климатические условия по периодам года неодинаковые, приходится принимать во внимание и сезон отела коров. При этом утверждается, что желательны осенние и зимние отелы, при которых коровы имеют удои на 10–20% выше, чем отелившиеся в летний период. В таких случаях половина лактации протекает в зимний стойловый период, а вторая – в летний пастбищный. Лактационная кривая имеет двухвершинный характер. В летний период кормление осуществляется зелеными кормами и рационы более полноценны. При отелах в летние месяцы этого не бывает. Вторая половина лактации относится к осенним месяцам, когда кормление ухудшается, и удои из-за этого снижаются. В современных крупных, специализированных хозяйствах при равномерных, круглогодичных отелах при сравнительно постоянном в течение года уровне кормления влияние сезона года на молочную продуктивность коров будет менее выражено [1].

В условиях интенсификации молочного скотоводства одновременно с увеличением поголовья скота специализированных молочных пород, приспособленных к промышленной технологии, ведут целенаправленную селекционно-племенную работу по повышению продуктивности животных. Важнейшая ее характеристика – лактационная кривая за 10 мес. лактации, с помощью которой величину молочной продуктивности можно показать графически как для отдельной коровы, так и в среднем по стаду животных, сгруппированных по лактациям. Однако для ее анализа необходимо знание оптимальных параметров, в том числе по продуктивным классам, которые в свою очередь детерминированы генетически. Актуальность таких исследований определяется также, внедрением в практику молочного скотоводства автоматизированных систем управления стадом, в которых на основе контрольных показателей изменения удоев (констант) предусмотрено выявление особей, необоснованно снизивших удои [2].

Суточный удой на протяжении всего периода лактации, отсчет которого начинается с момента отела, определяется физиологическим состоянием коровы. Прогнозирование суточных удоев и годовой производительности коров необходимо для оптимизации процесса машинного доения, так как нецелесообразно предъявлять одинаковые требования к доению коровы на пике лактации и, например, в период спада синтеза молока непосредственно перед ее запуском. Кроме того, прогнозирование удоев позволяет выявлять заболевания животных, нарушение режимов кормления и содержания путем сравнения молочной продуктивности конкретной коровы с усредненными характеристиками группы коров; осуществлять селекционную выбраковку коров из-за непригодности их к процессу машинного доения, что также достигается путем сравнения характеристик молочной продуктивности конкретной коровы с усредненными характеристиками группы коров. Исходя из этого, раннее прогнозирование протекания лактационного периода дойных коров является необходимым мероприятием для повышения эффективности процессов производства молока [3].

Анализ лактационной кривой зоотехниками-практиками и зоотехниками-учеными проводится в различных странах, но на конкретной породе крупного ро-

гатового скота, как индивидуально, так и на большом поголовье, как в фермерских хозяйствах, так и в крупных сельхозорганизациях. Максимальный период лактации животных составляет примерно 307 дней и состоит из двух периодов: молозивного (7 дней после отела) и основного (300 дней). Молоко первого периода используется для выпойки телят. Основной период лактации состоит из периода роста удоев (до 50 дней) и периода спада удоев, продолжающийся до 250 дней. Заключительный этап годового цикла – сухостойный период, продолжительность которого составляет 60 дней, вплоть до очередного отела [4].

Лучшей на сегодняшний день лактационной моделью, описывающей влияние физиологического состояния коров на их молочную продуктивность, является модель Вуда (Wood):  $y(t) = a * t^b * e^{-ct}$ , где  $y(t)$  – суточный удой, кг/сут/гол;  $t$  – время, отсчет которого происходит с момента отела, сут;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – феноменологические константы лактационной модели, размерность которых кг/сут<sup>(1+b)</sup>/гол, 1, сут., соответственно [5]. Феноменологические константы  $a$ ,  $b$  и  $c$  уравнения рассчитывались с использованием данных характерных точек кривой лактации:  $y_{max}$  – максимальный удой;  $t_{max}$  – время достижения пика удоев; годовая продуктивность  $Y$ ; продолжительность лактационного периода  $t_k$  [6]. Модель Вуда с константами  $a$ ,  $b$  и  $c$ , рассчитанными таким способом, проверяются на адекватность путем сравнения расчетных значений удоев с экспериментальными, но только после завершения всего периода лактации [7].

Экспериментальная проверка модели Вуда на 859 коровах голштинно-фризской породы позволила ее автору сделать вывод о том, что его модель адекватно описывает лактационное поведение коров на протяжении всего лактационного периода. Однако модель Вуда, получаемая только по завершению лактационного периода, достаточно проблематично использовать для прогнозирования лактационного поведения других коров. Большой спектр индивидуальных особенностей коров в стаде, таких как возраст, число предшествующих лактаций, сезон активного доения, годовая продуктивность, пригодность к машинному доению, стойкость иммунной системы, в первую очередь к заболеванию маститом, приводит к непредсказуемой погрешности прогнозирования суточных удоев по результатам прошлогодней модели. На практике достаточно сложно выбрать даже двух коров, обладающих одинаковыми параметрами по продуктивности, возрасту, физиологическому состоянию и индивидуальными особенностями. Если к этому добавить различие в условиях преддоильного содержания и кормления (в первую очередь, температура и качество кормов), которые существенно влияют на продуктивность животных, становится очевидным, что все перечисленные аргументы позволяют сделать вывод о том, что прошлогодняя лактационная модель лишена самого главного свойства – способности прогнозировать величину суточных удоев коров, которые до этого не тестировались [3].

В современных условиях хозяйствования, когда в сельхозорганизации дойное стадо насчитывает сотни и тысячи коров, строить индивидуально лактационные кривые «по модели Вуда» проблематично. Дело в том, что нет информации о суточном удое по каждой корове стада на протяжении их лактации. В этом случае не спасает и использование компьютерной программы управления стадом и наличие в доильных залах счетчиков учета молока от каждой коровы. Если в распоряжении исследователя имеются все необходимые данные, то используя компьютерные программы CurveExpert или TableCurve, можно разработать аппроксимационную функцию от одной ( $y=f(x)$ ) или двух ( $y=f(x,z)$ ) переменных, имеющую минималь-

ную ошибку с исходными параметрами. Разработка адекватной криволинейной модели очень трудоемка и требует много времени, так как необходимо выявить парные закономерности имеющихся характеристик. В некоторых случаях, предпочтительнее провести группировку первичных данных и разбить их на несколько самостоятельных групп, чтобы впоследствии связать модели функцией ЕСЛИ MS Excel. Это дает возможность превратить криволинейные закономерности в нелинейные [8, 9, 10].

В то же время в условиях функционирующих предприятий целесообразно максимально использовать возможности электронных таблиц MS Excel, так как большинство зоотехников являются продвинутыми пользователями. Но нужно помнить, что регрессионные функции не являются математической формализацией выявленных закономерностей, так как основаны на подборе параметров прямолинейных зависимостей, то есть используется симплекс-метод прямолинейной оптимизации.

Цель работы разработать экспресс-методику создания цифрового двойника прогнозирования объемов производства молока дойным стадом сельхозорганизации.

**Материалы и методы исследований.** Материалами исследований стали первичные данные работы молочно-товарной фермы одного из белорусских предприятий. Была взята информация о суточном удое каждой из коров стада, порядковый день лактации, месяц отела и номер отела. Далее используя функцию «Регрессия» пакета «Анализ данных» табличного процессора MS Excel разработаны компьютерные программы: определение суточного пика продуктивности (СПП – расчетный показатель максимального суточного удоя коровы после пятого отела на 50 день лактации (генетический потенциал конкретного стада)) (таблица 1); расчет суточного удоя в зависимости от месяца отела, порядкового дня лактации и номера лактации (таблица 2); расчет среднегодового удоя от коровы в зависимости от номера отела и месяца лактации (таблица 3); расчет месяца отела в зоотехнически оптимальные сроки после предыдущего отела (таблица 4).

**Таблица 1 – Блок-программа расчета суточного пика продуктивности (СПП) коровы**

	<b>А</b>	<b>В</b>
1	Номер лактации (1...4)	1
2	Месяц отела (1...12)	12
3	День лактации после отела	147
4	Среднесуточный удой, л	29,62
5	Суточный пик продуктивности (СПП), л	$=8,775019-4,05526*B1+0,311796*B2+0,024362*B3+1,350132*B4$
6	Месяц лактации	$=B3/30,4$

**Таблица 2 – Блок-программа расчета суточного удоя коровы в зависимости от номера лактации, месяца отела и дня лактации**

	<b>А</b>	<b>В</b>
1	Суточный удой в среднем за лактацию по стаду, л	31
2	Номер лактации (1...4)	1

Продолжение таблицы 2

3	Месяц отела (1...12)	12
4	День лактации после отела	257
5	Среднесуточный удой, л	=B1/22,94*(31,4640432-0,59952499*B2-0,406732404*B3-0,027362475*B4)
6	Месяц лактации	=B4/30,4

**Таблица 3 – Блок-программа расчета среднегодового удоя от коровы в зависимости от номера отела и месяца лактации**

	А	В
1	Фактический среднегодовой удой на корову по стаду, л	11321
2	Номер отела	2
3	Месяц отела	1
4	Среднегодовой удой от коровы, л	=B1/7112*(8396,77-185,824*B2)+(ЕСЛИ(B2=1;-126,094*B3; ЕСЛИ(B2=2;-126,122*B3;ЕСЛИ(B2=3;-126,122*B3; ЕСЛИ(B2=4;226,112*B3))))))

**Таблица 4 – Блок-программа расчета месяца отела в зоотехнически оптимальные сроки после предыдущего отела (продолжительность лактации 310 дней)**

	А	В
1	Месяц 1 отела (1...12)	1
2	Месяц 2 отела	=ЕСЛИ(B1=1;12;B1+11-12)
3	Месяц 3 отела	=ЕСЛИ(B2=1;12;B2+11-12)
4	Месяц 4 отела	=ЕСЛИ(B3=1;12;B3+11-12)

**Результаты исследований.** Практическое использование разработанных блок-программ позволило установить существующую в дойном стаде тенденцию, которая на первый взгляд противоречит тезису, что с увеличением количества отелов повышается среднегодовой удой за лактацию, вплоть до пятого отела (таблица 5).

**Таблица 5 – Среднегодовой удой коров в зависимости от месяца и номера отела**

Месяц лактации	Номер лактации			
	№1	№2	№3	№4
1	8085	7899	7713	7527
2	7959	7773	7587	7401
3	7833	7647	7461	7275
4	7706	7521	7335	7149
5	7580	7395	7209	7023
6	7454	7268	7083	6897
7	7328	7142	6957	6771
8	7202	7016	6830	6645
9	7076	6890	6704	6518
10	6950	6764	6578	6392
11	6824	6638	6452	6266
12	6698	6512	6326	6140

Согласно данным, смоделированных регрессионной функцией при равном числе животных по месяцам лактации и количеству отелов, среднегодовой удой на корову в стаде составляет 7112 л. При этом в зависимости от месяца отела среднегодовой удой снижается с начала года до конца, то есть с января по декабрь разница в валовом надое в первую лактацию меньше на 17,2%, во вторую – 17,6, третью – 18, четвертую – 18,4%. Среднегодовой удой по номерам отелов также снижается, за первую лактацию – 7391 л, вторая – 7205, третья – 7020, четвертая – 6834 л. Получается, что более высокопродуктивные животные выбывают из стада гораздо быстрее, чем менее продуктивные. Это подтверждается зоотехнической наукой, особенно если со стадом ведется племенная работа исключительно на повышение среднегодовых удоев при проведении поглотительного скрещивания.

Структура отелов в хозяйстве: коров, имеющих: один отел – 53,8%; два отела – 25,8; три отела – 15,3; четыре и более отелов – 5,1%. Распределение отелов по месяцам года: январь – 10,7%, февраль – 11,0, март – 10,3, апрель – 10,5, май – 10,3, июнь – 8,9, июль – 11,6, август – 12,2, сентябрь – 0,1, октябрь – 0,9, ноябрь – 5,6, декабрь – 7,9. Среднее количество отелов на корову за ее продуктивную жизнь по анализируемому стаду – 1,7. С зоотехнической точки зрения это катастрофически низкий показатель, как для воспроизводства стада в конкретной сельхозорганизации, так и для решения технологических задач с целью прибыльности производства молока и говядины.

С учетом оборота стада и движения поголовья на анализируемом молочно-товарном комплексе с поголовьем 1186 коров дойного стада, установлено, что среднегодовой удой на корову составляет 7377 л. Таким образом, разработанный цифровой двойник дойного стада, который учитывает количество отелов по месяцам года повышает фактические результаты работы молочно-товарного комплекса на 3,7%, что на наш взгляд является приемлемой «погрешностью» использования спроектированных аппроксимационных функций при мониторинге работы молочной отрасли сельхозпредприятия.

**Заключение.** Разработана экспресс-методика создания цифрового двойника прогнозирования объемов производства молока дойным стадом сельхозорганизации. Установлено, что для минимизации ошибки при использовании цифрового двойника необходимо контролировать исходную информацию. В частности, целесообразно знать ответы на следующие вопросы: сколько было закуплено нетелей и фактический месяц их отела; структура молочного стада по количеству отелов на корову; структура дойного стада по количеству отелов по месяцам года; распределение среднегодового удоя на корову по месяцам после отела и номеру отела; прогнозируемый удой на 50 день 5 лактации.

**Литература.** 1. Скотоводство / П. И. Зеленков, А. И. Бараников, А. П. Зеленков. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 571 с. 2. Лактационная кривая коров как инструмент работы со стадом / Р. В. Некрасов и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №11. – с. 58–60. 3. Китиков, В. О. Экспресс-метод раннего прогнозирования показателей продуктивности дойных коров / В. О. Китиков // Агропанорама. – 2017. – № 2. – С. 16–19. 4. Китиков, В. О. Применение математических моделей лактационных кривых для эффективного планирования валового производства молока / В. О. Китиков, Е. В. Тернов // Вес. Нац. акад. наук Беларуси: сер. аграрн. наук. – 2011. – № 1. – С. 68–73. 5. Wood P.D.P. Algebraic model of the lactation curve. - Nature, London, 1967. – № 216. – P. 164–165. 6. Wood P.D.P. Factors affecting the shape of lactation curve in cattle. – Animal Production, 1969. – №

11. – P. 307–316. 7. Wood P.D.P. A simple model of lactation curve for milk yield, food requirement and body weight - *Animal Production*, 1979. – № 28. – P. 55– 63. 8. Соляник, А. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства: Монография / А.В. Соляник, В.В. Соляник, С.В. Соляник. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 324 с. 9. Соляник, А. В. Зоотехническая статистика в электронных таблицах: Монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, В. А. Соляник. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 434 с. 10. Соляник, А. В. Общетеоретические основы использования численных методов в принятии управленческих решениях в свиноводстве: Монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, А. А. Соляник. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – 412 с.

УДК 636.2

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ШВЕЙЦАРИИ И УКРАИНЫ**

**Стрижак Т.А., Берестовая Л.Е., Стрижак А.В., Кириченко Г.С., Момот В.А.**

Луганский национальный аграрный университет, факультет ветеринарной медицины, биологических и пищевых технологий г. Старобельск, Луганская область, Украина

*В результате проведенных исследований установлено, что рынок органической продукции в Украине только зарождается. Валовая часть чистого дохода от реализации органической продукции в 2020 году, увеличилась до 1,679 млн. грн. несмотря на уменьшение количества предприятий этой отрасли сельскохозяйственного назначения на 49 единиц. Уровень рентабельности производства вырос до 6,2% по сравнению с исходным 0,4%, что дает нам уверенность в развитии органического производства на перспективу. **Ключевые слова:** органическое земледелие, молоко, молочные продукты, рентабельность, фермерские хозяйства, молочная продуктивность, мониторинг, сельскохозяйственное производство.*

## **COMPARATIVE ASSESSMENT OF ORGANIC AGRICULTURAL PRODUCTION IN SWITZERLAND AND UKRAINE**

**Stryzhak T.A., Berestovaya L.E., Stryzhak A.V., Kirichenko G.S., Momot V.A.**

Lugansk National Agrarian University, Faculty of Veterinary Medicine, Biological and Food Technologies Starobelsk, Lugansk region, Ukraine

*As a result of the research, it was found that the market for organic products in Ukraine is just emerging. The gross part of net income from the sale of organic products in 2020 increased to UAH 1.679 million. despite the decrease in the number of enterprises in this agricultural sector by 49 units. The level of profitability of production increased to 6.2% compared to the initial 0.4%, which gives us confidence in the development of organic production for the future. **Keywords:** organic farming, milk, dairy products, profitability, farms, milk production, monitoring, agricultural production.*