

УДК 636.271.081

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПЛОТНЕНИЯ ОТЕЛОВ КОРОВ В СВЯЗИ С ИХ ОЦЕНКОЙ ПО ПРОДУКТИВНЫМ И РЕПРОДУКТИВНЫМ КАЧЕСТВАМ

Г. П. АНТИПОВ

(Кафедра генетики и разведения с.-х. животных)

На основе сравнения лактационных кривых 1215 укороченных (240 сут) и стандартных (305 сут) первых лактаций у коров ярославской, черно-пестрой, холмогорской и красной степной пород, степени изменения корреляционных связей между среднегодовым удоем и продолжительностью межотельного периода в зависимости от сроков хозяйственного использования коров, а также анализа теоретических моделей определена стратегия уплотнения отелов для коров с разными уровнем раздоя и степенью устойчивости лактационной кривой, предложены поправки для приведения укороченной лактации к стандартной и индексы для одновременной оценки коров по продуктивным и репродуктивным качествам.

В условиях перевода молочного скотоводства на промышленную технологию особую актуальность приобретают вопросы интенсивного использования животных маточного стада и отбора животных по репродуктивным качествам. Среди факторов интенсификации определенный интерес представляет срок оплодотворения коров после отела, который объективно оценивается продолжительностью межотельного периода (МОП). Оптимизация продолжительности МОП может оказать существенное влияние не только на уровень воспроизводства стада, но и на молочную про-

дуктивность животных как непосредственно — через степень фенотипической реализации признака в процессе онтогенеза каждой отдельной особи, так и опосредованно — через воздействие на здоровье, воспроизводительную функцию, долголетие животных, на качество получаемого от них потомства, а также на скорость генетического прогресса стада.

Большинство исследователей, изучавших данную проблему, приходят к единому мнению о нецелесообразности увеличения МОП свыше 365 сут, поскольку это отрицательно сказывается на уров-

не воспроизводства стада и, следовательно, на экономической эффективности отрасли [4—7, 9, 12, 13]. Однако относительно оптимальной продолжительности МОП делаются противоречивые выводы и рекомендации. Это связано, во-первых, с тем, что интервал, в котором может находиться оптимум МОП, достаточно широк: его нижнее значение ограничено биологически и не может быть в норме менее 290—310 сут, а верхнее, как уже указывалось, не должно превышать 365 сут; во-вторых, с тем, что принятый за оптимум с хозяйственной точки зрения предел МОП может быть достигнут разными способами: или путем обеспечения примерно одинаковой продолжительности МОП в 365 сут для каждого животного, или оптимизацией его у каждого отдельного животного, или поддержанием среднего по стаду МОП в 365 сут при значительных различиях в его продолжительности у отдельных животных.

Противоречивость выводов обусловлена не только разными критериями оптимальности, но и различными методическими подходами исследователей к решению задачи.

Так, в фундаментальном коллективном труде «Скотоводство» [13] в качестве одного из основных выводов по рассматриваемому вопросу указывается, что удой за лактацию получается выше при удлиненном МОП, в то время как среднегодовой удой (или среднесуточный за год) — выше при укороченном МОП. Этот на первый взгляд довольно очевидный вывод подтверждался данными лишь за один год использования коров, причем не учитывались возраст животных, сроки их хозяйственного использования, уровень продуктивности, а также возможное влияние продолжительности МОП на

параметры текущей и последующих лактаций.

Имеются расчеты «потерь» молока за счет влияния беременности при уменьшении МОП и укорочении лактации [6]. Однако они выполнены на базе данных о животных с относительно низкой продуктивностью (около 3 тыс. кг за лактацию) и недостаточно корректно: путем сравнения разных лактаций у одной и той же коровы с одинаковым относительно низким уровнем раздоя и без заметных возрастных изменений молочной продуктивности, т. е. у животных с заведомо низкой гормональной активностью и недостаточно выраженной доминантой лактации.

На обширном материале было показано, что долголетние и высокопродуктивные коровы, как правило, имеют удлиненный сервис-период (а следовательно, и удлиненный МОП) [1, 2]. На этом основании исследователи рекомендуют в товарных стадах средние и низкопродуктивных животных использовать более интенсивно (т. е. сокращать МОП), а для высокопродуктивных животных в племенных хозяйствах считают оптимальным удлиненный МОП.

В то же время другие авторы [10—12] приводят значительное число конкретных примеров интенсивного использования коров в течение длительного срока — 7 и более лактаций — при укороченном МОП, характеризующихся высокой молочной продуктивностью как по лактациям, так и пожизненной. Но при этом они не учитывают тот существенный момент, что уровень молочной продуктивности зависит от двух величин — уровня максимального суточного (или месячного) удоя и степени устойчивости лактации. Как известно, простое увеличение примеров того или иного рода без теоретического их

осмысления не решает вопрос по существу, а лишь отражает известное явление биологической изменчивости животных и особенности их хозяйственной эксплуатации в конкретных условиях.

Необходимо отметить, что селекция по репродуктивным качествам в породах скота молочного и комбинированного направления продуктивности до сих пор затруднена вследствие большой изменчивости, низкой повторяемости и наследуемости МОП и специфического характера противоречия между продолжительностью МОП и показателями молочной продуктивности.

Согласно действующей ныне инструкции коров оценивают по молочной продуктивности за 305 дней лактации или укороченную лактацию (не менее 240 сут) без поправок. Это приводит к тому, что наиболее приспособленные к конкретным условиям среды животные, обладающие хорошими воспроизводительными качествами, т. е. плодотворно осемененные в первую охоту (на 30—50 сут после отела), имея укороченную лактацию, значительно уступают по удою животным с продолжительностью лактации 305 сут и разность может составлять 800—1000 и более килограмм. Следует подчеркнуть также, что, не учитывая удоя за дни лактации свыше 305 сут при ее продолжении, селекционер, по существу, усугубляет ситуацию, поскольку коровы с пониженной репродуктивной функцией (или пониженной жизнеспособностью) получают некоторое преимущество при отборе по молочной продуктивности за счет того, что 9-й и 10-й месяцы лактации у них характеризуются более высокими удоями при продолжении лактации, чем при ее завершении на 10-м месяце. Отсюда следует, что для обеспечения более

точной оценки животных необходимо внесение поправок для животных с укороченной лактацией.

Цель нашего исследования — на основе анализа особенностей лактационных кривых у животных с разной длительностью лактации разработать метод одновременной оценки коров по продуктивности и репродуктивным качествам с использованием единого индекса, а также стратегии определения оптимального количества уплотненных отелов, т. е. управления продолжительностью межотельного периода у коров в зависимости от степени раздоя, устойчивости лактации и сроков хозяйственного использования для максимизации пожизненной молочной продуктивности животных.

Методика

Работа проводилась на материалах первичного зоотехнического учета и племенных записей в стадах ярославской, холмогорской, красной и степной и черно-пестрой пород, разводимых соответственно в племях «Горшиха» Ярославской области, на экспериментальной ферме Тимирязевской академии, в госплемзаводе «Широкое» Крымской области, госхозе «Винни» Эстонской республики и в ряде хозяйств Московской области.

В обработку вошли данные о помесячных удоях у коров за 1215 лактаций.

Для выявления особенностей лактационных кривых у животных с укороченным (300 сут) и «нормальным» (365 сут) межотельным периодом, т. е. соответственно с укороченной (S — 240 сут) и нормальной (N — 305 сут) лактацией, в целях исключения возможного влияния таких факторов, как особенности предыдущей лактации,

продолжительности сухостойного периода и др., сравнивали коров только по первой лактации и с одинаковой степенью раздоя, т. е. с одинаковым уровнем удоев на 1—2-м месяцах лактации.

Для оценки влияния на пожизненную продуктивность интенсивности использования репродуктивной функции сравнивали коров с высокой и низкой степенью устойчивости лактации и эксплуатированных более (с укороченными МОП) и менее интенсивно (с удлиненными МОП) в течение 5 лет. Эффективность оценивали по количеству надоенного молока от каждого типа животных за соответствующий срок их использования — за 1, 2, 3, 4 и 5 лет, считая от даты I отела. О степени устойчивости лактации судили по отношению удоя за каждый месяц

к максимальному месячному удою (на 2-м месяце лактации).

Материалы обработаны биометрически, а в необходимых случаях применен метод теоретического анализа моделей рассматриваемых процессов.

Результаты

Из табл. 1 следует, что сравниваемые пары животных различались по уровню продуктивности (удой коров ярославской породы за лактацию был почти на 1000 кг молока выше, чем у коров черно-пестрой породы), но характер различий внутри каждой пары был одинаковым. В обоих случаях удон за первые 6 мес и укороченной, и нормальной лактации, а также удои в сумме за последние месяцы лактации (соответственно за

Таблица 1

Изменение удоев по месяцам лактации у коров с одинаковым уровнем раздоя при укороченной (S) и нормальной (N) лактациях

Показатель	Ярославская порода		Черно-пестрая порода	
	S, 247 сут	N, 305 сут	S, 247 сут	N, 301 сут
Удои по месяцам лактации:				
1	536	545	597	570
2	656	625	540	540
3	587	566	555	420
4	551	519	486	522
5	470	489	306	393
6	433	446	255	360
7	381	423	188	360
8	300	407	112	379
9	—	387	—	167
10	—	296	—	109
Удои:				
за 6 мес	3233	3183	2739	2815
за лактацию (У)	3914	4696	3039	3819
Разность удоев за лактации ($d = \bar{y}^S - \bar{y}^N$)		782		780
Надоено за месяцы лактации:				
7-й и 8-й ($\Sigma x_{7,8}$)	681	830	300	728
9-й и 10-й ($\Sigma x_{9,10}$)	—	683	—	276
$\Delta_1 = \Sigma x_{7,8} - d$		48		-52
$\Delta_2 = \Sigma x_{9,10} - d$		-101		-504

Значения помесячных коэффициентов устойчивости лактации (k_i) у коров с разным уровнем продуктивности и разной продолжительностью лактации

Показатель	Ярославская порода		Черно-пестрая порода		Высокопродуктивные коровы	Низкопродуктивные коровы	Теоретическая лактационная кривая	
	S	N	S	N			S	N
k_1	0,82	0,87	0,90	0,95	0,97	0,69	0,94	0,94
k_2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00	1,00
k_3	0,90	0,97	0,93	0,74	0,97	0,86	0,97	0,97
k_4	0,84	0,83	0,81	0,92	0,96	1,00	0,86	0,86
k_5	0,72	0,78	0,51	0,69	0,86	0,86	0,75	0,76
k_6	0,66	0,71	0,43	0,63	0,78	0,65	0,65	0,67
k_7	0,56	0,66	0,31	0,63	0,72	0,40	0,56	0,63
k_8	0,46	0,65	0,19	0,66	0,68	0,22	0,39	0,54
k_9	—	0,62	—	0,29	0,54	0,10	—	0,46
k_{10}	—	0,47	—	0,19	0,37	0,04	—	0,34
Σk_i^*	5,96	6,25	5,08	5,41	6,45	4,90	6,00	6,00
$\Sigma k_i + k_8$	—	1,31	—	1,29	1,40	0,62	—	1,17
Σk_i	5,96	7,56	5,08	6,70	7,85	5,52	6,00	7,17
Удой за лактацию, кг	3914	4696	3039	3819	5488	2381		
Среднесуточный удой (максимальный), кг	21,9	20,8	19,9	19,0	23,2	14,2		

* Для S лактации $\Sigma k_i = \sum_{i=1}^8 k_i^S$.

Для N — $\Sigma k_i = \sum_{i=1}^6 k_i^N + k_9 + k_{10}$.

7-й и 8-й и 9-й и 10-й) также были практически одинаковыми (681 и 683 кг для первой пары и 300 и 276 кг для второй). Разность же в удоях за укороченную и нормальную лактации со значительно большей и, главное, с достаточной точностью описывается суммой удоев за 7-й и 8-й месяцы нормальной лактации, чем суммой удоев за 9-й и 10-й месяцы.

Статистический анализ этих различий у 17 подобных пар, проведенный Е. В. Ронис в дипломной работе, выполненной под нашим руководством, показал, что отклонения в первом случае составили около 70 кг и были недостовер-

ными, а во втором — свыше 150 кг и были достоверными. Таким образом, дополнительными — «лишними» — месяцами нормальной (305 сут) лактации по сравнению с укороченной (240 сут) гораздо естественнее считать не 9-й и 10-й месяцы, как принято в настоящее время, а 7-й и 8-й. Такой вывод обосновывается не только статистически, но и логически. Ведь 9-й и 10-й месяцы являются последними нормальной лактации и удои в эти месяцы естественнее сравнивать с удоями в последние месяцы (т. е. в 7-й и 8-й) укороченной лактации. Небольшая разница в удоях в пользу укороченной лактации компенсируется не-

большим снижением удоя при укороченной лактации на 5-й и 6-й месяцы вследствие влияния беременности.

Для более строгой формулировки этого вывода в обобщенном виде выразим изменения лактационной кривой коэффициентами устойчивости лактации k_i через отношение среднесуточных удоев x_i за каждый месяц к максимальному среднесуточному удою на 2-м месяце лактации x_2 .

В табл. 2 представлены результаты обработки данных (собственных и других авторов) по лактациям, характеризовавшимся высокими, средними или относительно низкими коэффициентами устойчивости. Из них следует, что удои за лактацию выражаются формулой $Y = x_2 \cdot 30 \cdot \Sigma k_i$. (1)

Например, для коровы с фактическим удоем 3914 кг расчетный удои составит $21,9 \cdot 30 \cdot 5,96 = 3916$ (неточность за счет округлений коэффициентов k_i до двух значащих цифр).

Разность между удоями за укороченную и нормальную лактации для животных с одинаковым уровнем раздоя, т. е. одинаковым среднесуточным удоем на 2-м месяце лактации и одинаковой устойчивостью лактации, в общем виде можно выразить исходя из теоретических лактационных кривых:

$$d = Y^N - Y^S = x_2 \cdot 30 \cdot \sum_1^{10} k_i - x_2 \cdot 30 \cdot \sum_1^8 k_i = x_2 \cdot 30 \left[\sum_1^{10} k_i - \sum_1^8 k_i \right]$$

Поскольку $\sum_1^6 k_i + k_9 + k_{10}$ для нор-

мальной лактации равна $\sum_1^8 k_i$ укороченной, то окончательно разность представляется следующим образом:

$$d = x_2 \cdot 30 (k_7^N + k_8^N). \quad (2)$$

В сравниваемых случаях значения x_2 одинаковы. Их можно интерпретировать как одно значение для лактации, которая лишь после 6-го месяца может продолжаться по-разному: в случае раннего осеменения после отела лактация становится укороченной и значения k быстро снижаются в течение 7-го и 8-го месяцев.

При более позднем наступлении беременности корова продолжает лактировать, но в этом случае коэффициенты устойчивости более высокие и начинают снижаться лишь в последние месяцы лактации. Поэтому разность в удоях одной и той же коровы за укороченную и удлиненную лактации фактически определяется изменениями коэффициентов k в течение дополнительных дней сверх 240 дней лактации, т. е. k_7 и k_8 .

Указанные изменения можно оценить, используя данные табл. 2. Отметим, что изменения линейны и оцениваются коэффициентом регрессии величины k на каждые дополнительные сутки лактации сверх 240 дней. Для этого надо вычислить разность между k_6^N и k_9^N и разделить ее на 60 сут:

$$b = \frac{k_6 - k_9}{60}. \quad (3)$$

На основании полученных данных рассчитывается удои за любое число дней лактации и определяются поправочные коэффициенты

для удою за укороченную лактацию.

Удой за лактацию продолжительностью на i суток больше 240 составит

$$Y^{(240+i)} = x_2 \left[30\Sigma k + k_6 i - \frac{b}{2} i^2 \right]. \quad (4)$$

Удой за 305 дней лактации —

$$Y^{(305)} = Y^{240+65} = x_2 \left[30\Sigma k + 65k_6 - 65^2 \frac{b}{2} \right]. \quad (5)$$

Поправочный коэффициент —

$$K = \frac{Y^{(305)}}{Y^{(240+i)}} = \frac{x_2 \left[30\Sigma k + 65k_6 - 65^2 \frac{b}{2} \right]}{x_2 \left[30\Sigma k + ik_6 - 0,5i^2 b \right]}$$

или после сокращения и преобразований

$$K = \frac{30\Sigma k + 65k_6 - 21}{30\Sigma k + ik_6 - 0,5i^2 b}. \quad (6)$$

Формулу (6) можно значительно упростить для практических целей, если учесть незначительные значения коэффициента регрессии b , которые обычно находятся в пределах 0,004—0,002. Вместо сложного учета изменений коэффициента k в течение 7-го и 8-го месяцев лактации почти без ущерба в точности достаточно рассчитать среднее значение k для этих месяцев:

$$k_{7,8} = \frac{k_7 + k_8}{2}, \text{ которое принимается}$$

равным 0,6. Тогда формула поправочного коэффициента будет выглядеть так:

$$K = \frac{30\Sigma k + 0,6 \cdot 65}{30\Sigma k + 0,6i}.$$

Обратим внимание на то, что в среднем Σk равна 6 (табл. 2 для теоретической лактационной кривой). Тогда $30\Sigma k = 180$, т. е.

$$K = \frac{180 + 0,6 \cdot 65}{180 + 0,6i}.$$

Разделив числитель и знаменатель на 0,6, получим окончательно:

$$K = \frac{365}{300+i}. \quad (7)$$

Следовательно, удои за укороченную лактацию могут быть приведены к удою за нормальную (305 сут) лактацию по формуле

$$Y = \frac{Y_{\text{факт}} \cdot 365}{300+i}, \quad (8)$$

где $i = n_{\text{факт}} - 240$; $n_{\text{факт}}$ — фактическое число дней лактации. Формула позволяет составить таблицу поправочных коэффициентов (табл. 3).

Однако предложенный коэффициент имеет другое, более важное селекционное значение. Обратим внимание, что 365 — это оптимальная продолжительность межте-

Таблица 3
Поправочные коэффициенты K для приведения удоев за укороченную лактацию к удою за 305 сут ($Y^{305} = Y_{\text{факт}} \cdot K$)

Число дней лактации свыше 240	K	Число дней лактации свыше 240	K
0	1,217	15—19	1,159
1	1,213	20—24	1,141
2	1,207	25—29	1,123
3	1,205	30—34	1,106
4	1,201	35—39	1,090
5	1,197	40—44	1,074
6	1,193	45—49	1,058
7	1,189	50—54	1,043
8	1,185	55—59	1,028
9	1,181	60—64	1,014
10	1,177		

ного периода, а 300 — его биологически обусловленный минимальный предел. Поэтому формула приведения удоев к 305-суточному стандарту может быть интерпретирована как селекционный индекс, органично решающий задачу соединения в одном признаке двух — удоя и репродуктивных качеств:

$$Y = \frac{Y_{\text{факт}} \cdot 365}{\text{МОП}_{\text{факт}}} \quad (9)$$

Другими словами, приведение к стандарту всех удоев не только за укороченную лактацию, но и за удлиненную (более 305 сут) через указанный поправочный коэффициент вместо простого отбрасывания удоев за лишние дни позволяет оценивать и сравнивать животных по одной стандартной методике — по индексу, отбор по которому органично вовлекает в селекционный процесс и такой важный признак, каким являются репродуктивные качества коров и по которому до настоящего времени не найдено эффективных селекционных решений.

Предлагаемый индекс в значительной степени решает эту проблему.

В современных селекционных программах используют в качестве основного признака выход молочного жира. Однако простая замена признака удоя на выход жира в формуле (7) существенно исказит информацию за счет внесения новой компоненты изменчивости молочного жира через изменчивость содержания жира, не элиминируемой предложенной поправкой. Указанная замена была бы возможной при использовании вместо показателя жирномолочности, коррелирующего отрицательно с удоем, иного показателя, с меньшей вариабельностью и некоррелирующего с удоем. Нам удалось по-

казать, что таким показателем может служить коэффициент регрессии молочного жира на удою ($b_{\text{жир/удой}}$), рассчитываемый для животного по специальной методике, предложенной нами для элиминации модификационных и «шумовых» эффектов. Использование данного коэффициента позволит повысить точность прогноза эффекта отбора на 30—50%. Тогда индекс может быть представлен в следующем виде:

$$Y_A = \frac{Y_{\text{факт}} \cdot b_{\text{жир/удой}} \cdot 365}{\text{МОП}_{\text{факт}}} \quad (10)$$

Эффективность применения этих индексов обеспечивается в первую очередь благодаря значительной элиминации ряда средовых модификаций. Причем межотдельный период может быть использован как фоновый признак, поскольку он отвечает основным теоретическим требованиям к фоновым признакам [6]: имеет весьма малую генотипическую обусловленность, его фенотипические значения в основном определяются средовыми модификациями, а показатель наследственности близок к нулю. Одновременно имеется значимая корреляция между модификационными изменениями фонового и селекционируемого признаков: с увеличением продолжительности МОП увеличивается удою за лактацию, с уменьшением — уменьшается. Одновременно наблюдается значительная отрицательная фенотипическая корреляция между длительностью МОП и удоем за год использования животных.

Наиболее простая форма поправочной функции при использовании метода фоновых поправок

$$x_0 = x - b_{x/y}(y - \bar{y}),$$

где \bar{y} — среднее значение фонового признака в популяции; $b_{x/y}$ — коэф-

коэффициент регрессии фенотипических значений селекционного признака на фонный; x — значение селекционного признака у отдельного животного; x_0 — исправленное фенотипическое значение селекционируемого признака, используемое в качестве оценок генотипических значений последнего для распознавания особей, имеющих разные генотипические значения признака — в нашем случае продуктивности.

Оценим поправочную функцию, используя данные анализа одного из стад, в котором $\bar{y} = 365$ сут, $\sigma_y = 30$ сут, $\sigma_x = 750$ кг $r_{x/y} = 0,40$. В этом случае

$$b_{x/y} = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{750 \cdot 0,4}{30} = 10$$

и поправочная функция имеет вид $x_0 = x - 10(y - 365)$.

Сравним две коровы. У первой удой 3000 кг, межотельный период $y = 300$ сут, у второй — соответственно 4000 кг и 405 сут. Исправленное значение признаков для первой: $x_0^{(1)} = 3000 - 10(300 - 365) = 3650$ кг, для второй — $x_0^{(2)} = 4000 - 10(405 - 365) = 3600$ кг. Но такие же значения можно получить, используя предложенную поправку: для первого случая $Y^{(1)} =$

$$= \frac{3000 \cdot 365}{300} = 3650;$$

$$\text{для второго — } Y^{(2)} = \frac{4000 \cdot 365}{405} = 3600.$$

Этим, собственно, и определяется практическая значимость предлагаемых нами индексов.

При оценке по удою без поправки вторая корова получила бы несомненное преимущество и попала бы в племенную группу. При оценке по исправленному признаку их ранги существенно изменились: первая корова оказалась в селекционном отношении более значимой.

Полученные материалы позволяют непосредственно перейти к решению вопроса об эффективности уплотнения отелов (сокращения межотельных периодов) при разных сроках использования животных. С этой целью рассмотрим схемы использования животных с разной интенсивностью (табл. 4—7).

Сравнение табл. 4 и табл. 5 позволяет показать, что при однократном укорочении межотельного периода и использовании животного в течение года удоям за 7-й и 8-й месяцы I лактации нормальной длительности противопоставляются удои за 1-й и 2-й

Таблица 4
Схема использования коровы с удлиненными МОП (365 сут) и лактацией (305 сут)

Срок использования, годы	Месяц						
	1	2	...	9	10	11	12
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{19}	x_{110}	С	С
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{29}	x_{210}	С	С
...							
6	x_{61}		...		x_{610}	С	С

Примечание. Здесь и в табл. 5—7 x_{ij} — удой за j -й месяц i -й лактации (например, x_{210} означает удой за 10-й месяц II лактации), С — сухостой.

Схема использования коровы с одним укороченным МОП (305 сут) (между первым и вторым отелом) и одной укороченной (первой) лактацией (240 сут)

Срок использования, годы	Месяц							
	1	...	7	8	9	10	11	12
1	x ₁₁	...	x ₁₇	x ₁₈	С	С	x ₂₁	x ₂₂
2	x ₂₃	...	x ₂₉	x ₂₁₀	С	С	x ₃₁	x ₃₂
3	x ₃₃	...	x ₃₉	x ₃₁₀	С	С	x ₄₁	x ₄₂
...								
6	x ₆₃	...	x ₆₉	x ₆₁₀	С	С	x ₇₁	x ₇₂

месяцы II лактации. Если животные используются далее, то при расчете эффекта за 2 года удою за 7-й и 8-й месяцы I лактации противопоставляются удои за 1-й и 2-й месяцы III лактации, за 3 года — тем же удою за 7-й и 8-й месяцы I лактации — удои за 1-й и 2-й месяцы IV лактации и т. д.

Выразим это в виде формулы, обозначив через x_{ij} удои по месяцам лактации. Тогда удои за I лактацию (нормальную) составит

$$\sum_{j=1}^{10} x_{1j}^N, \text{ а за укороченную — } \sum_{j=1}^8 x_{1j}^S$$

Удои за год — соответ-

ственно $\sum_{j=1}^{10} x_{1j} + \sum_{j=1}^8 x_{1j} + (x_{21} + x_{22})$, где x_{21} и x_{22} — удои за 1-й и 2-й месяцы II лактации.

Рассчитаем разность между удоями за год при разных сроках использования животных. Она составит за 1-й год:

$$D_{11} = \sum_1^8 x_1^{(S)} + x_{21}^{(N)} + x_{22}^{(N)} - \sum_1^{10} x_{1j}^{(N)}$$

Поскольку, как известно [6, 7], сумма удоев за 6 мес удлиненной (нормальной) лактации равна сумме удоев за 6 мес укороченной, а удои за 7-й и 8-й месяцы укороченной лактации равны удою за 9-й и 10-й месяцы удлиненной (нормальной), то разность выразится в виде

$$D_{11} = (x_{21}^{(N)} + x_{22}^{(N)}) - x_{17}^{(N)} + x_{18}^{(N)}$$

Для дальнейшего обобщения формулы необходимо учесть воз-

Таблица 6

Схема использования коровы с двумя укороченными МОП (по 305 сут) между первым-вторым и вторым-третьим отелами

Срок использования, годы	Месяц									
	1	...	5	6	7	8	9	10	11	12
1	x ₁₁	...			x ₁₇	x ₁₈	С	С	x ₂₁	x ₂₂
2	x ₂₃	...	x ₂₇	x ₂₈	С	С	x ₃₁	x ₃₂	x ₃₃	x ₃₄
3	x ₃₅	...	x ₃₉	x ₃₁₀	С	С	x ₄₁	x ₄₂	x ₄₃	x ₄₄
...										
6	x ₆₅	...	x ₆₉	x ₆₁₀	С	С	x ₇₁	x ₇₂	x ₇₃	x ₇₄

Схема использования коровы с шестью укороченными МОП (по 305 сут)

Срок использования, годы	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	x ₁₁		...				x ₁₇	x ₁₈	С	С	x ₂₁	x ₂₂
2	x ₂₃		...		x ₂₇	x ₂₈	С	С	x ₃₁	x ₃₂	x ₃₃	x ₃₄
3	x ₃₅	x ₃₆	x ₃₇	x ₃₈	С	С	x ₄₁	x ₄₂		...		x ₄₆
4	x ₄₇	x ₄₈	С	С	x ₅₁	x ₅₂				...		x ₅₈
5	С	С	x ₆₁	x ₆₂		...			x ₆₇	x ₆₈	С	С
6	x ₇₁	x ₇₂							x ₇₉	x ₇₁₀	С	С
...												

растные изменения удоев (табл. 8) и степень устойчивости лактационной кривой. Это позволяет выразить удои за любые месяцы любой лактации через удои по I лактации: $x_{21} = a_2 \cdot k_1 \cdot x_{12}$; $x_{22} = a_2 \cdot k_2 \times x_{12}$; $x_{17} = a_1 \cdot k_7 \cdot x_{12}$ и т. д.

Тогда разность между удоями животных с укороченным и удлиненным МОП составит:

за один год использования $D_{11} = x_{12} [a_2(k_1 + k_2) - (k_7 + k_8)a_1]$;
за 2 года $D_{12} = x_{12} [a_3(k_1 + k_2) - (k_7 + k_8)a_1]$;

за m лет $D_{1m} = x_{12} [a_{m+1}(k_1 + k_2) - (k_7 + k_8)a_1]$, (11)

где m — количество лет использования животных.

Обратим внимание на то, что при сокращении межотельного периода не между 1-м и 2-м отелами, как в рассматриваемом случае, а между любыми другими отелами в формуле следует вместо коэффициента a_1 использовать значение a соответствующей по счету

укороченной лактации. Например, если укороченный МОП был между 3-м и 4-м отелами, то вместо a_1 следует взять a_3 . В связи с этим отметим, что наибольший эффект получается при укорочении МОП между 1-м и 2-м, а не между любыми другими соседними отелами.

Используя табл. 4 и 6, рассчитаем эффект 2-кратного уплотнения отелов, т. е. получения двух укороченных лактаций. Разумеется, что эффект за один год использования животных равен эффекту от однократного уплотнения отелов, $D_{21} = D_{11}$. Эффект за 2 года использования составит:

$$D_{22} = x_{12} [a_3(k_1 + k_2 + k_3 + k_4) - (k_7 + k_8) \cdot (a_1 + a_2)]$$

$$\text{или } D_{22} = x_{12} \left[a_3 \sum_{j=1}^4 k_j - (k_7 + k_8) \cdot (a_1 + a_2) \right]$$

Таблица 8

Поправки на возраст к удою за лактации по отношению к первой

Показатель	Лактация											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	1,0	1,20	1,33	1,45	1,51	1,56	1,56	1,53	1,49	1,45	1,37	1,25

Таблица 9

Коэффициенты устойчивости лактационной кривой для животных со средней и с повышенной устойчивостью лактации

Степень устойчивости лактации	Месяц лактации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя	0,85	1,00	0,88	0,80	0,78	0,70	0,67	0,64	0,52	0,47
Повышенная	0,89	1,00	0,92	0,87	0,85	0,82	0,80	0,76	0,70	0,55

$$+ k_8) \sum_{i=1}^2 a_i],$$

а за m лет —

$$D_{2m} = x_{12} \left[a_{m+1} \sum_{j=1}^4 k_j - (k_7 + k_8) \sum_{i=1}^2 a_i \right]. \quad (12)$$

Таким же путем по табл. 4 и 7 можно рассчитать эффекты для 3-кратного уплотнения отелов и более при разных сроках использования животных.

Эффект уплотнения отелов существенным образом зависит от степени устойчивости лактации. Чем она выше, тем выше значения k_7 и k_8 и тем меньше будет эффект уплотнения отелов. Поскольку высокопродуктивные коровы характеризуются не только высокими удоями в первые месяцы лактации, но и высокой устойчивостью лактации, то, очевидно, для таких животных эффект уплотнения отелов окажется более низким, чем для животных с невысокой устойчивостью лактации.

Для решения вопроса о выборе оптимальной стратегии в использовании фактора уплотнения отелов (укорочения межотельного периода или сокращения сервис-периода) для животных с разной степенью устойчивости лактации мы рассчитали эффекты разного числа уплот-

нений отелов при разных сроках эксплуатации животных, используя коэффициенты устойчивости лактационной кривой, представленные в табл. 9.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 10, показывают, что оптимальное число уплотнений отелов равняется всего 2. Практически это означает, что оптимальной стратегией зоотехника должно быть получение двух (2-го и 3-го) уплотненных отелов у каждого отдельно взятого животного независимо от уровня продуктивности. Кроме того, из табл. 10 следует, что при длительном использовании животных, особенно высокопродуктивных, получение 5 и более уплотненных отелов приведет в конечном итоге к отрицательному эффекту, т. е. к уменьшению среднегодового удою по сравнению с удоем у животных с удлиненным (нормальным) межотельным периодом, причем отрицательные последствия наступают тем быстрее и выражены тем сильнее, чем выше устойчивость лактации. С этой точки зрения становятся понятными данные о том, что высокопродуктивные животные могут иметь (и чаще имеют) более высокие пожизненные удои как при долголетнем их использовании с удлиненным МОП [1, 2], так и при укороченном МОП в течение 5—6 лактаций (но значительно реже) [10, 11]. Таким образом, доказа-

Разность в удоях в зависимости от количества укороченных МОП и сроков использования животных со средней и повышенной устойчивостью лактации*

Кол-во укороченных МОП	Срок использования животных, годы										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Средняя устойчивость лактации</i>											
1	0,91	1,15	1,37	1,48	1,57	1,57	1,51	1,44	1,37	1,22	1,00
2		1,83	2,25	2,46	2,64	2,64	2,53	2,39	2,25	1,97	1,55
3			2,66	2,96	3,21	3,21	3,06	2,86	2,66	2,26	1,66
4				3,04	3,36	3,36	3,17	2,92	2,67	2,16	1,40
5				2,70	3,08	3,08	2,86	2,56	2,26	1,66	0,77
6					1,03	1,04	0,82	0,52	0,22	-0,38	-1,27
<i>Повышенная устойчивость лактации</i>											
1	0,67	0,92	1,15	1,26	1,36	1,36	1,30	1,22	1,14	0,99	0,76
2		1,37	1,81	2,03	2,21	2,21	2,10	1,95	1,80	1,50	1,06
3			2,10	2,43	2,70	2,70	2,54	2,33	2,12	1,69	1,05
4				2,52	2,87	2,87	2,66	2,38	2,10	1,54	0,71
5					2,49	2,49	2,24	1,91	1,58	0,92	-0,07
6							-0,01	-0,26	-0,59	-0,92	-1,58
										-1,58	-2,57

* Для расчета разности в натуральном выражении (кг молока за соответствующий срок использования животных) приведенные коэффициенты следует умножить на уровень удоя за 2-й месяц I лактации — x_{12} .

тельства возможности получать и сохранять высокий уровень продуктивности в течение ряда лактаций при укороченном межотельном периоде вовсе не являются доказательствами того, что для всех высокопродуктивных коров это будет оптимальным вариантом их эксплуатации. Вместе с тем то, что большая часть наиболее высокопродуктивных коров дает больше молочной продукции при удлиненном межотельном периоде вовсе не дает оснований для выводов об оптимальности удлинения МОП для всех высокопродуктивных животных. Эти данные говорят только о том, что в группу наиболее продуктивных входят прежде всего животные, у которых высокий уровень раздоя сочетается с высокой устойчивостью лактационной кривой. Именно они при длительном хозяйственном использовании (более 8—12 лет) с удлиненным МОП и бу-

дут иметь более высокие показатели пожизненной продуктивности.

В качестве примера высокопродуктивных животных с противоположными прогнозами в отношении эффективности укороченного (или удлиненного) МОП можно привести коров холмогорской породы на экспериментальной форме Тимирязевской академии. Так, корова Ромашка 20 по IV лактации за 299 дней дала 7267 кг, а по V лактации за 284 дня — 6673 кг молока и характеризовалась высокой устойчивостью лактации: k_7 и k_8 составили соответственно 0,77 и 0,70. В то же время коровы Сайга 439, давшая по VI лактации за 300 дней 6886 кг молока, и Марта 74 с удоем по II лактации за 293 дня 6544 кг имели значительно более низкие соответствующие коэффициенты устойчивости — всего лишь 0,62 и 0,61. Очевидно, корова Ромашка при интен-

сивной эксплуатации в течение длительного времени даст в расчете на год меньше молока, чем при использовании ее с удлинённым межотельным периодом. И, наоборот, коров Сайгу и Марту, характеризующихся столь же высоким уровнем продуктивности, целесообразно использовать более интенсивно, т. е. с укороченным МОП. Обоснованность таких прогнозов достаточно убедительно подтверждается анализом данных по коровам красной степной породы (табл. 11).

Из табл. 11, где приведены удои за 5 лет использования животных с примерно одинаковым уровнем раздоя, одинаковыми — высокими и низкими — коэффициентами устойчивости лактации, но с разными средними значениями МОП, видно, что корова Акварина с низким значением k (0,83) дала больше молока за указанный период при интенсивном ее использовании, т. е. при укороченном МОП (340 сут), в то же время среди животных с высокими значениями k значительно больше молока по-

лучено при удлинённом МОП (корова Межа).

При выборе той или иной стратегии в отношении продолжительности МОП следует учитывать ряд важных моментов. Надо иметь в виду, что для первотелок оценить степень устойчивости лактационной кривой можно только после первых 6 мес лактации, а вопрос об укорочении МОП решается в течение 1-го месяца лактации, т. е. при неизвестных параметрах ее устойчивости. Это, однако, не должно смущать зоотехника, поскольку в начальный период эксплуатации животного существенное значение имеет то, что при относительно коротких сроках использования животных (в течение 4—6 лет) несомненное преимущество по среднегодовой продуктивности будут иметь животные с 1—3 укороченными межотельными периодами (табл. 10). Следует принимать во внимание и тот факт, что абсолютное большинство коров в стаде — это животные I, II и III лактаций (55—60%). Поэтому единственно верной с зоотехниче-

Таблица 11

Удои коров за 5 лет их использования с разной интенсивностью в зависимости от степени устойчивости лактации

Показатель	Венетка КМН-3310	Акварина КМН-3396	Лазурь 3453	Межа КМН-3307
Дата рождения	66.04.18	66.03.01	66.06.02	66.06.03
Живая масса, кг	565	562	579	556
Средний удой на 2-м месяце лактации, кг	510	499	554	566
Коэффициент устойчивости лактации*	0,80	0,83	0,88	0,91
Средняя продолжительность МОП, сут	390	340	334	404
Удой за 5 лет использования, тыс. кг	16,7	19,1	19,7	23,0

* Коэффициент устойчивости лактации рассчитан как отношение суммы удоев за 4, 5 и 6-й месяцы лактации к сумме удоев за 1, 2 и 3-й месяцы.

ской точки зрения будет стратегия на уплотнение первых 2—3 отелов, т. е. возможно более раннее (в первую охоту) плодотворное осеменение всех первотелок и абсолютного большинства коров после второго и третьего отелов. Вопрос об уплотнении последующих отелов должен решаться конкретно для каждого отдельно взятого животного. В целом же по стаду он теряет свое значение вследствие снижения эффектов уплотнения отелов с увеличением возраста животных и относительно малой доли в стаде животных старших возрастов. Кроме того, необходимо учитывать, что в ряде стад устойчивость лактационной кривой может характеризоваться невысокой возрастной повторяемостью

[3]. Тем не менее в конкретных хозяйственных условиях вопрос об укорочении МОП может иметь значение и для животных старшего возраста, особенно тех, у которых предыдущие МОП и лактации были удлиненными. В зависимости от крепости конституции животных и условий кормления не все животные благополучно выдерживают длительную лактацию [11, 12]. В таких случаях получение после нескольких удлиненных лактаций даже одного укороченного МОП (и соответственно укороченной лактации) может сказаться благоприятным образом на продуктивности в последующие лактации.

Существенный интерес представляет проявление этих закономерностей в стадах на популяцион-

Таблица 12

Изменение связи между продолжительностью МОП и среднегодовыми удоями у коров разных пород в зависимости от сроков их использования

По стаду					Для животных с МОП 365 сут			
срок использования	n	МОП, сут	удой, кг	r — удой — МОП	n	МОП, сут	удой, кг	r — удой — МОП
<i>Красная степная</i>								
2	66	358	3435	—0,15	43	343	3439	—0,46
3	66	360	3576	—0,11	39	341	3600	—0,12
4	65	362	3718	—0,18	40	353	3675	—0,16
5	64	365	3756	0,05	40	353	3665	—0,08
6	58	362	3833	0,10	40	353	3808	0,14
<i>Холмогорская</i>								
2	180	383	4869	0,43	80	341	4753	—0,20
3	180	388	5056	0,44	63	345	4932	—0,06
4	111	386	5130	0,41	32	348	5043	0,06
5	37	380	5186	—0,04	14	355	5480	—0,02
<i>Ярославская</i>								
1	69	363	4519	—0,10	53	345	4526	—0,20
2	69	360	4587	—0,07	53	350	4607	—0,19
3	69	366	4767	—0,17	53	352	4635	—0,15
4	69	364	4911	—0,17	42	341	4950	0,16
5	69	369	5014	—0,14	33	351	4940	0,24
<i>Черно-пестрая</i>								
1	60	368	4030	—0,24	41	344	3960	—0,38
2	60	368	4220	—0,05	41	351	4175	—0,25
3	60	371	4460	—0,28	47	359	4466	—0,12

ном уровне, отражающееся в первую очередь на величине связей между продолжительностью МОП и среднегодовыми удоями и тенденциях изменения этих связей с увеличением сроков использования животных разных пород (табл. 12). В группах красной степной, ярославской и черно-пестрой пород связи характеризовались незначительной величиной (коэффициенты корреляции малы и недостоверны), но были отрицательными, т. е. с уменьшением продолжительности межотельного периода удои в среднем за год у животных увеличивались. В то же время у коров холмогорской породы наблюдалась положительная высокодостоверная связь между продолжительностью МОП и среднегодовым удоем ($r=0,43$, $P<0,001$).

Анализ показывает, что в хозяйственных условиях наиболее высокопродуктивные коровы при недостаточном удовлетворении их повышенных физиологических потребностей гораздо чаще страдают нарушениями воспроизводительной функции, чем животные со средней продуктивностью. Это приводит к существенному удлинению у них МОП, что в значительной мере мешает выявлению реальной связи между его продолжительностью и среднегодовым удоем в норме. Чтобы уменьшить хотя бы в некоторой степени неблагоприятное влияние указанного фактора, при изучении связи между МОП и удоем не учитывались коровы с продолжительностью МОП более 365 сут. Особенно много таких животных оказалось в группе холмогорских коров (совхоз «Память Ильича») — 100 из 180, т. е. около 60 %. В других группах на них приходилось всего 20—30 % животных.

Как следует из табл. 12, у жи-

вотных с оптимальной продолжительностью МОП (не более 365 сут) наблюдались заметные изменения связи между продолжительностью МОП и удоем, что особенно резко проявилось в группе холмогорских коров. Если в целом по этой группе связь была положительной и высокодостоверной ($r=0,43$, $P<0,001$), то у животных с МОП 365 сут она оказалась достоверно отрицательной ($r=-0,20$; $P<0,05$). Усиление степени отрицательной связи у животных с МОП не более 365 сут наблюдалось и в других группах: у красной степной — от незначительной и недостоверной ($r=-0,15$) до средней и высокодостоверной ($r=-0,46$; $P<0,01$), у ярославской — с $r=-0,10$ до $r=-0,20$; у черно-пестрой — от $-0,24$ до $-0,38$ ($P<0,05$) и от $-0,05$ до $-0,25$.

Здесь важно отметить еще одну особенность: несмотря на удаление из группы части наиболее продуктивных животных, средняя продуктивность оставшихся животных на фоне значительного снижения средней продолжительности МОП (на 15—24, а в группе холмогорских коров — даже на 40 сут), по существу, не изменилась. Так, у животных красной степной породы она составила 3439 кг против 3435 кг в целом по группе, у холмогорской — 4753 против 4869 кг, у ярославской — 4526 против 4519, у черно-пестрой — 3960 против 4030 кг. В этом также проявился эффект увеличения среднегодовой продуктивности у животных при сокращении МОП.

Вместе с тем очень существенной, на наш взгляд, является тенденция к ослаблению отрицательной зависимости между МОП и среднегодовым удоем с увеличением продолжительности сроков использования животных. Так, у коров красной степной породы эта

связь уменьшилась с $-0,46$ ($P < 0,01$ при использовании в течение 2 лет) до $-0,08$ (при 5-летнем сроке использования) и даже до $0,14$ (при 6-летнем сроке), у коров холмогорской породы — с $-0,20$ ($P < 0,05$ при 2-летнем сроке) до $-0,02...0,06$ (при 4—5-летнем), у животных черно-пестрой породы — с $-0,38$ ($P < 0,01$) до $-0,12$.

Хотя значения коэффициентов корреляции вследствие их малой величины недостоверны (при заданном ограниченном количестве животных), можно с высоким уровнем надежности выводов говорить о достоверном снижении степени связи между средней продолжительностью МОП и среднегодовым удоем при увеличении сроков использования животных. Это подтверждает теоретический вывод о снижении эффективности (прибавки молока в расчете на год) при длительных сроках использования животных с укороченными межотельными периодами.

Выводы

1. Межотельный период для большинства животных и особенно в среднем по стаду не должен превышать 365 сут.

2. Получение двух укороченных межотельных периодов по 300 сут каждый между первым и вторым и между вторым и третьим отелами эффективно при любых сроках использования коров. Это обеспечивает повышение удоев за весь период использования животных на 500—1500 кг или на 50—300 кг молока в расчете на год.

3. Для животных, характеризующихся относительно невысокой устойчивостью лактации, оптимальным может быть получение дополнительно еще 2—3 уплотненных отелов. Для высокопродуктивных животных с высокой устойчивостью

лактации нецелесообразно получать больше 2 уплотненных отелов, и оптимальным для них во все последующие годы использования будет удлинненный до 365 сут межотельный период.

4. Предложен индекс, учитывающий продуктивные и репродуктивные качества коров и позволяющий оптимизировать оценку племенных качеств животных по обоим признакам. Он рассчитывается как отношение произведения фактического удоя (или фактического удоя, умноженного на коэффициент регрессии жир/удой) на 365 сут к продолжительности фактического межотельного периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзуманян Е. А. Влияние продолжительности сервис-периода на продуктивность, плодovitость и долголетие коров.— Изв. ТСХА, 1965, вып. 3, с. 154—164.— 2. Арзуманян Е. А., Рябов Ю., Чумаков В. Изменение продуктивности и долголетия коров в связи с продолжительностью сухостойного и сервис-периодов.— Уральские нивы, 1970, № 7, с. 33—36.— 3. Болгов А. Е., Плещачева С. И. Показатели возрастной повторяемости хозяйственно полезных признаков у коров айрширской породы.— В кн.: Исследования по агрономии и зоотехнии.— Петрозаводск, 1973, с. 88—92.— 4. Борисенко Е. Я. Разведение с.-х. животных.— М.: Колос, 1967.— 5. Борисовец К. Ф. Интенсификация производства молока.— Минск: Ураджай, 1983.— 6. Гинзбург Э. Х., Драгайцев Л. А. Использование фоновых признаков в разграничении генетической и экологической изменчивости.— Генетика, 1970, т. 6, № 6, с. 154—164.— 7. Гринь М. П., Казакевич В. К., Алешин А. А. Продуктивность коров в зависимости от межотельного периода и возраста первого отела.— В кн.: Научн. основы разведения животноводства в БССР.— Минск: Ураджай, 1976, вып. 6, с. 9—12.— 8. Йогансен И., Рендель Я., Гразерт О. Генетика и разведение до-

- машинѣ животных.— М.: Колос, 1990.— 9. *Максимов Ю. Л.* Воспроизводство стада на молочных комплексах.— Минск: Ураджай, 1977.— 10. *Нусов Н. И., Игнатенко Г. Г.* Скотоводство.— М.: Колос, 1974.— 11. *Плохинский Н. А.* Руководство по биометрии для зоотехников.— М.: Колос, 1969.— 12. *Семаков В. Г.* Воспроизводство на крупных молочных фермах и комплексах (обзорная информация).— М.: ВНИИТЭИСХ, 1980.— 13. *Шипилов В. С.* Нормальные (уплотненные) отелы — важнейший резерв увеличения поголовья коров и повышения их продуктивности.— Изв. ТСХА, 1961, вып. 4, с. 127—140.— 14. *Шипилов В. С.* Физиологические и экономические основы гарантированного воспроизводства поголовья.— Сельск. хоз-во России, 1977, № 2, с. 14—16.— 15. *Эйснер Ф. Ф., Омельяненко А. А., Шаповалов Д. Д.* Воспроизводство стада на молочных фермах индустриального типа.— М.: Колос, 1978, с. 202.— 16. *Эрнст Л. К., Бегучев А. П. и др.* Скотоводство.— М.: Колос, 1984.

Статья поступила 14 февраля 1992 г.

SUMMARY

On the base of comparing lactation curves of 1215 shortened (240 days) and standard (305 days) first lactations in cows of Yaroslavsky, black- and-white, Holmogor and red-steppe breeds, the extent of variations in correlative connections between annual average milk production and the length of inter-calving period depending on duration of commercial utilization of cows, as well as of the analysis of compacting the calvings for cows with different lactation level and the extent of stability of lactation curve is determined, corrections for referring the shortened lactation to the standard one and indices for simultaneous assessing the cows by productive and reproductive qualities are suggested.