

Молокоотдача и взаимосвязь ее показателей у высокопродуктивных коров при роботизированном доении

В. Н. Мазуров¹, З. С. Санова¹✉

¹Калужский НИИСХ – филиал ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, Калужская опытная сельскохозяйственная станция, Россия

✉E-mail: sanova.zoya@yandex.ru

Аннотация. Целью исследований явилось изучение показателей молокоотдачи высокопродуктивных коров, корреляционной зависимости параметров доения от междуильных промежутков времени доения и их физиологических взаимосвязей при роботизированном доении животных. **Методы.** Исследования проведены на коровах колхоза имени Ленина Московской области, сформирована база данных по 5416 индивидуальным доениям коров из программы «СЕЛЭКС» с учетом признаков доения (молокоотдачи, разового удоя, длительности доения, разных возрастных периодов и др.). **Результаты и практическая значимость.** Представлены результаты оценки молокоотдачи у высокопродуктивных коров при роботизированном доении, отмечено значение важнейших параметров и факторов, влияющих на скорость молокоотдачи. Пик молочной продуктивности у первотелок пришелся на третий месяц после отела, а у половозрелых коров – на второй месяц. Разница в удоях между возрастными группами в первый месяц лактации ставила 37 %, а во второй – 20 %. Длительность доения находится в тесной связи с количеством молока в удое, более проявляется у первотелок: в отдельные месяцы лактации величина удоя определяла более 66 % вариаций продолжительности доения. При роботизированном доении средняя скорость молокоотдачи была в пределах 2,4–2,7 кг/мин, в первые два месяца лактации скорость молокоотдачи была существенно ниже, а после третьего месяца – даже выше средней по лактации. Величина разовых удоев в первую треть лактации слабо коррелировала с длительностью интервалов времени между доениями, но тесно – со скоростью секреции молока. При разовых удоях 9–10 кг оптимальный промежуток времени между началом обработки сосков и подключением аппарата составляет 131–152 секунды. **Научная новизна.** Впервые были изучены особенности важнейших показателей молокоотдачи по месяцам лактации высокопродуктивных молочных коров, их взаимосвязи, влияния на них возраста коров и длительности подготовки к доению.

Ключевые слова: роботизированное доение, скорость молокоотдачи, длительность доения, разовые удои, стадии лактации, междуильные интервалы.

Для цитирования: Мазуров В. Н., Санова З. С. Молокоотдача и взаимосвязь ее показателей у высокопродуктивных коров при роботизированном доении // Аграрный вестник Урала. 2023. № 01 (230). С. 43–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-43-54.

Дата поступления статьи: 23.09.2022, **дата рецензирования:** 25.10.2022, **дата принятия:** 03.11.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Извлечение молока из вымени (доение) является конечным звеном в сложной цепи технологических операций производства молока. Само доение проводится с использованием сложного доильного оборудования и требует высокой квалификации обслуживающих его сотрудников. Большинство технологических приемов, применяемых при доении, являются теоретически обоснованными. Роботизированное (автоматическое, добровольное) доение довольно быстро внедряется в России: только в Калужской области за последние 10–15 лет установлено более 100 доильных роботов. Технологии,

используемые при автоматизированном доении, имеют ряд преимуществ перед традиционными: доение с оптимальной частотой (кратностью в течение суток), кормление полнорационными смесями, препятствующее развитию ацидоза рубца, тщательная обработка вымени перед доением, дозированное скормливание концентратов во время доения (что само по себе способствует росту молочной продуктивности и сохранению здоровья коров), раздельное отключение стаканов доильного аппарата, контроль доения по многим параметрам с одновременной оценкой качества молока и др. При этом контроль процесса доения и постоянная реги-

страция его результатов имеют большое практическое значение, а также дают возможность изучения факторов, влияющих на здоровье коров, эффективность использования доильного оборудования и качество молока [1; 2]. Молокоотдача – важнейший процесс. Процесс доения коровы характеризуется скоростью, полнотой и побочными показателями: длительностью доения [3; 4], влиянием на состояние вымени и сосков, электрической проводимостью молока, численностью в нем соматических клеток [5], количеством остаточного молока, в том числе на показатели, оказывающие долговременное влияние на продуктивность коров и продолжительность их продуктивного использования.

В последние годы проведены многочисленные исследования относительно влияния на процесс извлечения молока из вымени окружающей обстановки [6], приучения нетелей и первотелок к доению, подготовки коровы к доению (качество и продолжительность обработки вымени и сосков [7; 8], возраста животных, породной принадлежности коров [9], кратности доения в течение суток, а следовательно, интервалов между последовательными доениями [10; 11]. Установлена ключевая роль времени наступления и продолжительности припуска (сокращения гладкой мускулатуры альвеол и молочных протоков), в результате которого происходит повышение внутривыменного давления и часть молока, содержащегося в альвеолах и молочных протоках, переходит в сосковые и железистые цистерны (т. е. присоединяется к цистернальной порции еще до начала доения). Тем не менее многие результаты исследований по перечню параметров довольно разноречивы: не выяснено, как при добровольном доении длительность междудоильных интервалов влияет на скорость молокоотдачи, нет данных о том, какими основными факторами определяется длительность интервалов между доениями, от чего зависит количество молока в разовом удое. Недостаточно исследований проведено на высокопродуктивных коровах в течение всего периода лактации с учетом особенностей физиологии по стадиям лактации при сравнении первотелок и полновозрастных коров [12–14]. Особенности физиологии лактации таковы, что по мере удаления во времени от момента отела в вымени изменяются численность секреторных клеток, возраст самих клеток, степень их дифференциации, синтетическая активность [15; 16]. По мере увеличения сроков стельности изменяется характер распределения субстратов в организме коров в пользу репродуктивных тканей, изменяется гормональный профиль организма коровы [17–19]. Учет этих процессов в практике и по возможности управление ими немислимы без детального предварительного изучения.

До настоящего времени довольно много исследований проведено с целью оценки влияния обра-

ботки вымени (сосков) на характеристики молокоотдачи: времени наступления и продолжительности припуска, скорости и продолжительности молокоотдачи, частоты появления бимодальных кривых молокоотдачи, количества остаточного молока, состояния тканей сосков.

Предпосылкой для наших исследований послужил тот факт, что промежуток времени (при подготовке к доению) от первого прикосновения к соску до начала молокоотдачи был гораздо длиннее при автоматизированном доении, чем при традиционном доении в доильном зале. Между тем известно, что при отсутствии доения через 2–3 минуты после окончания массажа концентрация окситоцина в крови снижается, начинается обратный ток молока из цистерн в альвеолы, и для достижения нового припуска требуется около 3 минут стимуляции. Более того, по некоторым данным, внутривыменное давление после стимуляции (массажа) держится стабильно до 10 минут. Однако в других опытах с инъекциями окситоцина эти данные не были подтверждены: максимальное давление наблюдалось через 3 минуты после введения окситоцина, после чего оно медленно снижалось [8]. В таком случае следует оптимизировать как продолжительность стимуляции (массажа, обработки) вымени, так и время подключения аппарата (путем оптимизации промежутка времени до начала молокоотдачи), с тем чтобы не допустить снижения концентрации окситоцина в крови во время доения. Длительность также является важной характеристикой процесса доения. От нее зависят эффективность использования доильной аппаратуры и степень воздействия доильного стакана на сосок.

Целью исследований явилось изучение показателей молокоотдачи высокопродуктивных коров, корреляционной зависимости параметров доения от междудоильных промежутков времени доения и их физиологических взаимосвязей при роботизированном доении животных.

В связи с вышеизложенным в нашей работе ставились задачи:

- оценить динамику показателей продуктивности и параметров доения ежемесячно в течение полной лактации у высокопродуктивных коров-первотелок и животных более старшего возраста, исследовать их взаимосвязь внутри возрастных групп;
- идентифицировать факторы, влияющие на продолжительность интервалов между доениями, их взаимосвязь с продуктивностью и стадиями лактации, влияние на эти показатели скорости секреции молока и возраста коров;
- уточнить факторы, влияющие на длительность промежутка времени между началом обработки вымени и сосков, с одной стороны, и подключением доильного аппарата, с другой стороны. Разработать способ определения оптимальной длительности этого промежутка.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены на стаде коров колхоза имени Ленина Московской области Россия. В хозяйстве используют животных черно-пестрой породы. Поголовье коров составило 463 головы, продуктивность за 305 дней лактации – 9510 кг. В хозяйстве эксплуатируют 8 роботов Lely Astronaut A4 фирмы Lely. Данные получены в 2018 г. в течение 12 месяцев: использовали данные за сутки 1-го, 11-го и 21-го числа каждого месяца. Источниками информации служили данные зоотехнического и племенного учета, на основе которых создавали базу данных в программе MS Excel. При этом распределение коров по стадиям лактации во все сезоны года было более или менее равномерным, что давало возможность исключить (или при необходимости оценить) степень влияния на изучаемые процессы сезонных ритмов. Всего нами были использованы данные по 5416 индивидуальным доениям. Животных в зависимости от возраста делили на первотелок и полновозрастных коров. Для оценки продуктивности использовали данные о разовых удоях и кратности доений в течение суток, что позволяло рассчитывать суточную продуктивность. Для изучения динамики показателей были отобраны коровы без нарушений воспроизводительной функции; образцы молока отбирали с 1-го по 305-й день лактации, исключая животных с клиническими и субклиническими формами мастита. Всего в этой части опытов были использованы данные, полученные на коровах-первотелках (901 доение) и 4483 – на полновозрастных коровах. Во второй серии опытов исследовали взаимосвязи продолжительности интервалов между доениями с другими параметрами, связанными с доением. При этом использовали данные, полученные в первые две трети лактации коров: от 1-го до 200-го дня после отела включительно (493 индивидуальных доения по первотелкам и 2722 – по полновозрастным коровам). Данные по первым двум третям лактации были использованы с целью минимизировать влияние естественного сокращения (посредством апоптоза) численности секреторных клеток вымени на изучаемые показатели.

Для исследования зависимости параметров доения от длительности промежутков времени между началом обработки сосков до начала молокоотдачи была использована схема, аналогичная схеме латинского квадрата (особенность нашей схемы в том, что она разрабатывалась после проведения исследований, а не до них). В наших опытах средняя скорость молокоотдачи (ССМ) у полновозрастных коров мало изменялась в первые четыре месяца лактации, достигала пика на пятый месяц, затем снижалась по мере снижения удоев до конца лактации. На ССМ влияют такие факторы, как дружелюбная обстановка доения (особенно для первотелок), возраст коров, морфологические особенности

вымени (в частности, длина и диаметр соскового канала), величина удоя, продолжительность междоильного интервала, породная принадлежность. ССМ у первотелок самой низкой была в первый месяц лактации, затем повышалась по мере удаления от момента отела и была наивысшей в последний месяц лактации (таблица 1). Эти особенности ССМ у первотелок объясняются в основном стрессом, вызванным у животных автоматическим доением, и последующим привыканием их к автоматическому доению: по мере привыкания первотелок к доению ССМ возрастала, что согласуется с литературными данными [19]. Для выяснения факторов, влияющих на взаимосвязи между разовыми удоями и интервалами между доениями, мы использовали данные, полученные в первые две трети лактации (с 1-го по 200-й день лактации включительно) с целью минимизировать влияние на удои естественного снижения численности секреторных клеток из-за апоптоза. Данные были сгруппированы по продолжительности интервалов между доениями: к первой группе были отнесены доения с минимальными показателями продолжительности междоильного интервала (250–300 минут), следующая группа – на 50 минут больше и т. д. – до 850 минут на интервал. Таким образом, были обработаны данные по более чем 95 % всех индивидуальных доений. Скорость секреции молока рассчитывали делением каждой индивидуальной величины разового удоя на соответствующую ему длительность интервала между предыдущим доением и доением, откуда взята величина удоя (масса молока в килограммах, деленная на длительность интервала в минутах, после чего величины кг/мин переводили в г/мин).

Время обработки сосков – это интегральный показатель по времени, включающий время собственно обработку (так называемое время обработки до доения), время сканирования вымени, время соединения, время отсутствия молока, время обработки после доения. Для выяснения наличия и степени влияния длительности промежутка времени от начала обработки сосков до подключения аппарата к вымени на характеристики доения и удои были отобраны 736 доений от коров в середине лактации возрастом со второй по третью лактации. Удои от каждой коровы и соответствующие данные о показателях, характеризующих процесс доения, разделили на две части по признаку продолжительности промежутка от начала обработки сосков до начала молокоотдачи (одна группа с коротким промежутком, другая – с длинным) таким образом, чтобы данные по одной и той же корове попали в обе группы. После этого каждую из групп, в свою очередь, разделили на две подгруппы по принципу длительности названного промежутка. При этом данные подбирали таким образом, чтобы животные в сравниваемых группах были аналогами по дли-

тельности интервалов между доениями, возрасту в лактациях, стадии лактации (дней после отела).

Статистическую обработку данных, а именно расчет средних величин, ошибки средних, коэффициентов, корреляции проводили с использованием программы Excel.

Результаты (Results)

Оценку результатов логично начать с рассмотрения динамики удоев и их различий между первотелками и полновозрастными коровами. Пик молочной продуктивности у первотелок пришелся на третий месяц после отела, а у полновозрастных (к которым отнесли животных после второго отела и старших) коров – на второй месяц (таблица 1).

В первый месяц лактации разница в разовых удоях между возрастными группами составила 37 %, во второй – 20 %, в дальнейшем до самого конца лактации снижение как суточных, так и разовых удоев было намного более выраженным для более старых коров, а в последний месяц лактации первотелки проявили более высокую молочную продуктивность (таблица 1).

Кратность доений в сутки по мере течения лактации повышалась у первотелок и снижалась у полновозрастных коров. Однако в течение всей лактации полновозрастных коров доили чаще, чем первотелок. И наоборот, интервал времени между доениями был короче у полновозрастных коров.

Таблица 1

Показатели, характеризующие особенности процесса доения по стадиям лактации у коров различного возраста

Дни лактации	Первотелки				Полновозрастные коровы			
	F	J	AK	K	F	J	AK	K
1–30	8,7 ± 0,5	2,4 ± 0,1	4,0 ± 0,3	2,2 ± 0,1	10,7 ± 0,2	3,1 ± 0,0	4,1 ± 0,1	2,6 ± 0,0
31–60	11,4 ± 0,4	2,4 ± 0,1	5,1 ± 0,3	2,2 ± 0,1	13,0 ± 0,2	3,2 ± 0,0	5,2 ± 0,1	2,5 ± 0,0
61–90	11,4 ± 0,4	2,6 ± 0,1	4,7 ± 0,2	2,4 ± 0,1	12,8 ± 0,2	3,1 ± 0,0	5,0 ± 0,1	2,6 ± 0,1
91–120	10,0 ± 0,2	2,4 ± 0,0	4,0 ± 0,2	2,8 ± 0,1	11,6 ± 0,2	3,1 ± 0,0	4,4 ± 0,1	2,6 ± 0,1
121–150	11,1 ± 0,4	2,6 ± 0,1	3,8 ± 0,2	2,9 ± 0,1	10,8 ± 0,2	3,0 ± 0,0	3,8 ± 0,1	2,8 ± 0,2
151–180	9,7 ± 0,4	2,5 ± 0,1	3,4 ± 0,2	2,9 ± 0,1	10,4 ± 0,2	2,9 ± 0,0	4,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1
181–210	9,4 ± 0,3	2,6 ± 0,1	3,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1	9,58 ± 0,2	2,8 ± 0,0	3,9 ± 0,1	2,6 ± 0,1
211–240	9,2 ± 0,5	2,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1	2,7 ± 0,1	9,2 ± 0,2	2,8 ± 0,0	3,8 ± 0,1	2,4 ± 0,1
241–270	9,3 ± 0,4	2,6 ± 0,1	3,5 ± 0,2	2,7 ± 0,1	8,8 ± 0,2	2,6 ± 0,0	3,70 ± 0,1	2,4 ± 0,1
271–305	8,5 ± 0,3	2,8 ± 0,1	2,8 ± 0,1	3,0 ± 0,1	7,9 ± 0,20	2,5 ± 0,0	3,5 ± 0,1	2,2 ± 0,1
Средняя*	10,0	2,6	3,8	2,6	10,5	2,9	4,2	2,5

Примечание. * Среднее арифметическое из средних за каждый месяц.

AMFR F – количество молока в разовом удое, кг; J – кратность доений в сутки, AK – длительность доения, мин.

K – средняя скорость молокоотдачи (ССМ), кг/мин.

Table 1

Indicators characterizing the features of the milking process by stages of lactation in cows of different ages

Lactation days	First heifers				Full-aged cows			
	F	J	AK	K	F	J	AK	K
1–30	8.7 ± 0.5	2.4 ± 0.1	4.0 ± 0.3	2.2 ± 0.1	10.7 ± 0.2	3.1 ± 0.0	4.1 ± 0.1	2.6 ± 0.0
31–60	11.4 ± 0.4	2.4 ± 0.1	5.1 ± 0.3	2.2 ± 0.1	13.0 ± 0.2	3.2 ± 0.0	5.2 ± 0.1	2.5 ± 0.0
61–90	11.4 ± 0.4	2.6 ± 0.1	4.7 ± 0.2	2.4 ± 0.1	12.8 ± 0.2	3.1 ± 0.0	5.0 ± 0.1	2.6 ± 0.1
91–120	10.0 ± 0.2	2.4 ± 0.0	4.0 ± 0.2	2.8 ± 0.1	11.6 ± 0.2	3.1 ± 0.0	4.4 ± 0.1	2.6 ± 0.1
121–150	11.1 ± 0.4	2.6 ± 0.1	3.8 ± 0.2	2.9 ± 0.1	10.8 ± 0.2	3.0 ± 0.0	3.8 ± 0.1	2.8 ± 0.2
151–180	9.7 ± 0.4	2.5 ± 0.1	3.4 ± 0.2	2.9 ± 0.1	10.4 ± 0.2	2.9 ± 0.0	4.1 ± 0.1	2.6 ± 0.1
181–210	9.4 ± 0.3	2.6 ± 0.1	3.5 ± 0.1	2.6 ± 0.1	9.58 ± 0.2	2.8 ± 0.0	3.9 ± 0.1	2.6 ± 0.1
211–240	9.2 ± 0.5	2.6 ± 0.1	3.4 ± 0.1	2.7 ± 0.1	9.2 ± 0.2	2.8 ± 0.0	3.8 ± 0.1	2.4 ± 0.1
241–270	9.3 ± 0.4	2.6 ± 0.1	3.5 ± 0.2	2.7 ± 0.1	8.8 ± 0.2	2.6 ± 0.0	3.70 ± 0.1	2.4 ± 0.1
271–305	8.5 ± 0.3	2.8 ± 0.1	2.8 ± 0.1	3.0 ± 0.1	7.9 ± 0.20	2.5 ± 0.0	3.5 ± 0.1	2.2 ± 0.1
Average*	10.0	2.6	3.8	2.6	10.5	2.9	4.2	2.5

Note. * The arithmetic average of the averages for each month.

F – the amount of milk in a single milk yield, kg; J – the multiplicity of milking per day, AK – the duration of milking, min.

K – average milk flow rate (AMFR), kg/min.

Коэффициенты корреляции между показателями, характеризующими процесс доения по стадиям лактации у коров различного возраста

Дни лактации	Первотелки				Полновозрастные коровы			
	<i>F:AK</i>	<i>AK:K</i>	<i>F:AH</i>	<i>F:K</i>	<i>F:AK</i>	<i>AK:K</i>	<i>F:AH</i>	<i>F:K</i>
1–30	0,58	-0,50	-0,26	0,28	0,52	-0,54	-0,01	0,29
31–60	0,32	-0,58	-0,29	0,50	0,31	-0,65	-0,07	0,36
61–90	0,25	-0,68	-0,03	0,44	0,44	-0,62	-0,09	0,16
91–120	0,42	-0,58	-0,20	0,42	0,54	-0,32	-0,11	0,00
121–150	0,64	-0,47	-0,11	0,31	0,47	-0,26	-0,18	-0,08
151–180	0,81	-0,52	-0,00	-0,04	0,57	-0,44	-0,21	0,12
181–210	0,67	-0,44	0,28	0,29	0,50	-0,48	-0,12	0,37
211–240	0,73	-0,50	0,02	0,17	0,52	-0,40	-0,16	0,44
241–270	0,65	-0,49	-0,18	0,30	0,43	-0,38	-0,13	0,54
271–305	0,77	-0,67	-0,17	0,13	0,56	-0,33	-0,27	0,51
Средняя**	0,59	-0,54	-0,01	0,25	0,48	-0,44	-0,14	0,27

Примечание. * Жирным шрифтом выделены достоверные коэффициенты корреляции.

** Среднее арифметическое из средних за каждый месяц.

F – количество молока в разовом удое, кг; *AK* – длительность доения (продолжительность отдачи молока), мин. *K* – средняя скорость молокоотдачи (СМ), кг/мин; *AH* – промежуток времени между началом обработки вымени и началом молокоотдачи, с.

Table 2
Correlation coefficients between indicators characterizing the milking process by stages of lactation in cows of different ages

Lactation days	First heifers				Full-aged cows			
	<i>F:AK</i>	<i>AK:K</i>	<i>F:AH</i>	<i>F:K</i>	<i>F:AK</i>	<i>AK:K</i>	<i>F:AH</i>	<i>F:K</i>
1–30	0.58	-0.50	-0.26	0.28	0.52	-0.54	-0.01	0.29
31–60	0.32	-0.58	-0.29	0.50	0.31	-0.65	-0.07	0.36
61–90	0.25	-0.68	-0.03	0.44	0.44	-0.62	-0.09	0.16
91–120	0.42	-0.58	-0.20	0.42	0.54	-0.32	-0.11	0.00
121–150	0.64	-0.47	-0.11	0.31	0.47	-0.26	-0.18	-0.08
151–180	0.81	-0.52	-0.00	-0.04	0.57	-0.44	-0.21	0.12
181–210	0.67	-0.44	0.28	0.29	0.50	-0.48	-0.12	0.37
211–240	0.73	-0.50	0.02	0.17	0.52	-0.40	-0.16	0.44
241–270	0.65	-0.49	-0.18	0.30	0.43	-0.38	-0.13	0.54
271–305	0.77	-0.67	-0.17	0.13	0.56	-0.33	-0.27	0.51
Average**	0.59	-0.54	-0.01	0.25	0.48	-0.44	-0.14	0.27

Note.* Reliable correlation coefficients are highlighted in bold.

** The arithmetic average of the averages for each month.

F – the amount of milk in a single milk yield, kg; *AK* – the duration of milking (duration of milk return), min. *K* – average milk flow rate (AMFR), kg/min; *AH* – the time interval between the beginning of udder processing and the beginning of milk delivery, s.

Длительность доения была больше у полновозрастных коров, чем у первотелок, причем сокращалась по мере течения лактации и была самой длинной во второй месяц лактации, а самой короткой – в последний месяц. Средняя скорость молокоотдачи, рассчитываемая как частное от деления разового удоя на продолжительность доения, наивысшего уровня достигала у полновозрастных коров во время пятого месяца лактации, после чего снижалась до минимальных величин у полновозрастных коров в десятый месяц лактации, а у первотелок – изменения скорости молокоотдачи были обратного по-

рядка, достигая наивысшего значения в последний месяц лактации. В целом за всю лактацию средняя скорость молокоотдачи между группами различалась несущественно.

По нашим данным, средняя продолжительность доения была больше у полновозрастных коров на протяжении всей лактации. Длительность доения находится в тесной связи с количеством молока в удое, причем эта связь проявляется более тесно у первотелок: в отдельные месяцы лактации величина удоя определяла более 66 % вариаций продолжительности доения.

Кратность доения в сутки, или интервалы между доениями, функцией от которых является количество накапливаемого в емкостной системе вымени молока, отрицательно связана с величиной разового удоя.

Значения коэффициентов корреляции между отдельными параметрами приведены в таблице 2. У первотелок отмечены высокие коэффициенты корреляции между количеством молока в разовом удое и длительностью доения: самый высокий ($r = 0,64; 0,81; 0,73$ и $0,77$) выявлен с 121-го до 305-й дни лактации. Отмечены высокие отрицательные коэффициенты корреляции ($r = -0,44 \dots -0,68$) между длительностью доения и средней скоростью молокоотдачи по всем дням лактации, слабо коррелирует количество молока в разовом удое и промежуток времени между началом обработки вымени и началом молокоотдачи.

Скорость секреции молока, рассчитанная как частное от деления величины разового удоя на продолжительность интервала между доениями, очень тесно коррелирует с величиной разовых удоев, но слабо – с длительностью интервалов между доениями (от $-0,401$ до $-0,281$). Различия между группами в интервалах между доениями и величине разовых удоев заключались в следующем. Во-первых, разовые удои при различной длине интервалов практически были одинаковы, и лишь у первотелок имели место значительные отклонения. Интервалы различной длины у первотелок были почти равномерно распределены по всем частям выбранного 200-дневной лактации (за исключением самых коротких и самых длинных интервалов), тогда как у полновозрастных коров короткие интервалы доминировали по численности в первую треть лактации. Примечательно, что между скоростью секреции

молока и удоями наблюдалась очень тесная, функциональная взаимосвязь (таблица 3).

В третьей части наших исследований была предпринята попытка оценить влияние «откладывания» начала доения после подготовки вымени на показатели доения и удои. Как видно из данных, приведенных в таблице 4, группы аналогов практически по всем важнейшим показателям различались минимально, за исключением промежутка времени от начала стимуляции до начала молокоотдачи (как и планировалось по схеме опыта).

Каждая корова была представлена по всем показателям четыре раза. Минимальное время (промежуток времени от начала обработки вымени до начала молокоотдачи) составило 113 с, а максимальное – 218 с, что намного дольше, чем традиционно наблюдаемая продолжительность промежутка времени от начала массажа до наступления припуска [3; 17]. В нашем опыте учитывали не время наступления припуска, а время начала молокоотдачи. Была исследована зависимость между продолжительностью промежутка времени от начала обработки сосков до начала молокоотдачи, с одной стороны, и скоростью молокоотдачи и количеством молока в удое – с другой стороны. Скорость молокоотдачи также влияла на различия между возрастными группами по показателю продолжительности доения. В первый месяц лактации в связи с упомянутыми воздействиями стрессов у первотелок скорость молокоотдачи была существенно ниже, чем у полновозрастных коров. В дальнейшем, по мере привыкания первотелок к доению, эти различия сглаживались, и, начиная с 5–6-го месяца лактации первотелки превосходили полновозрастных коров по скорости молокоотдачи и уступали полновозрастным коровам по длительности доения.

Таблица 3

Распределение числа доений при различных междоильных интервалах*

Пределы интервалов, мин.	Первотелки			Полновозрастные коровы		
	ДПО	В %	КК	ДПО	В %	КК
250–300	116	1,6	0,98	7	6,2	0,98
301–350	137	7,0	0,98	22	11,8	0,98
351–400	116	7,2	0,99	38	16,0	0,98
401–450	120	11,3	0,99	77	14,6	0,99
451–500	115	10,1	1,00	106	15,0	0,99
501–550	108	18,1	0,99	133	12,6	1,00
551–600	91	17,1	1,00	158	10,2	1,00
601–650	102	10,7	1,00	176	6,3	1,00
651–700	75	9,5	1,00	186	3,2	1,00
701–750	85	4,3	1,00	191	1,9	1,00
751–800	91	1,6	1,00	194	1,0	1,00
801–850	98	1,4	1,00	196	0,7	1,00

Примечание. * От 1-го до 200-го дня лактации включительно.

ДПО – дней после отела; В % – в процентах к сумме наблюдений; КК – коэффициент корреляции между величиной разовых удоев и скоростью секреции молока; данные округлены до второго знака после запятой.

Table 3

Distribution of the number of milking at different inter-milking intervals*

Interval limits, min	First heifers			Full-aged cows		
	DAC	In %	CR	DAC	In %	CR
250–300	116	1,6	0,98	7	6,2	0,98
301–350	137	7,0	0,98	22	11,8	0,98
351–400	116	7,2	0,99	38	16,0	0,98
401–450	120	11,3	0,99	77	14,6	0,99
451–500	115	10,1	1,00	106	15,0	0,99
501–550	108	18,1	0,99	133	12,6	1,00
551–600	91	17,1	1,00	158	10,2	1,00
601–650	102	10,7	1,00	176	6,3	1,00
651–700	75	9,5	1,00	186	3,2	1,00
701–750	85	4,3	1,00	191	1,9	1,00
751–800	91	1,6	1,00	194	1,0	1,00
801–850	98	1,4	1,00	196	0,7	1,00

Note. * From the first to 200 days of lactation inclusive.

DAC – days after calving; In % – in per cents to the sum of observations; CR – correlation coefficient between the value of single milk yields and the rate of milk secretion; data rounded to the second decimal place.

Таблица 4

Характеристика животных и взаимосвязь между продолжительностью обработки сосков и основными показателями доения ($M \pm m$)

Показатели	Периоды опыта			
	1.1	1.2	2.1	2.2
Число доений	368	368	368	368
Разовый удой, кг	9,58 ± 0,22	10,20 ± 0,20	10,47 ± 0,20	9,07 ± 0,22
Дни после отела	157 ± 5	157 ± 5	156 ± 5	150 ± 5
Лактация по счету	2,90 ± 0,05	2,74 ± 0,06	2,83 ± 0,05	2,81 ± 0,06
ССМ, кг/мин	2,51 ± 0,05	2,52 ± 0,05	2,51 ± 0,05	2,66 ± 0,08
МСМ, кг/мин	3,38 ± 0,08	3,50 ± 0,070	3,50 ± 0,07	3,29 ± 0,07
ИПД, мин.	515	497	497	500
НОНМ, с.	113	131	152	218
Корреляция (РУ:НОНМ)	0,455	-0,071	0,022	-0,143
Корреляция (НОНМ:ССМ)	0,148	-0,012	-0,075	0,031

Примечание. РУ – разовый удой; ССМ – средняя скорость молокоотдачи; МСМ – максимальная скорость молокоотдачи; ИПД – интервал между двумя предыдущими доениями; НОНМ – промежуток времени от начала обработки сосков до начала молокоотдачи, с.

Table 4

Characteristics of animals and the relationship between the duration of nipple treatment and the main indicators of milking ($M \pm m$)

Indicators	Periods of experience			
	1.1	1.2	2.1	2.2
Number of milkings	368	368	368	368
Single milk yield, kg	9.58 ± 0.22	10.20 ± 0.20	10.47 ± 0.20	9.07 ± 0.22
Days after calving calving	157 ± 5	157 ± 5	156 ± 5	150 ± 5
Lactation by account	2.90 ± 0.05	2.74 ± 0.06	2.83 ± 0.05	2.81 ± 0.06
AMFR, kg/min	2.51 ± 0.05	2.52 ± 0.05	2.51 ± 0.05	2.66 ± 0.08
MMFR, kg/min	3.38 ± 0.08	3.50 ± 0.070	3.50 ± 0.07	3.29 ± 0.07
PMI, minutes	515	497	497	500
IFDMY, s	113	131	152	218
Correlation (SMY: IFDMY)	0.455	-0.071	0.022	-0.143
Correlation (IFDMY:AMFY)	0.148	-0.012	-0.075	0.031

Note. AMFR – average milk flow rate; MMFR – maximum milk flow rate; PMI – previous milking interval; IFDMY – interval from dipping to milk yield, s.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Широко известен феномен повышения суточных и снижения разовых удоев при переводе коров с двукратного (в сутки) на трехкратное доение. Можно сказать, что увеличение кратности доения приводит к снижению разовых удоев и повышению суточных. При этом указывают, что кратность доения коров в течение суток сильнее влияет на продуктивность при высоких удоях, чем при низких. По нашим данным, максимальные удои наблюдаются при 3–4-разовом доении. Однако многие авторы указывают и на отрицательные стороны слишком частого доения. При коротких интервалах между доениями повышается вероятность инфицирования соскового канала патогенной микрофлорой. Главная же причина в том, что во время доения ткани соска отекают и приходят в норму только примерно в течение 8 часов. Сосковый канал бывает открытым в течение нескольких часов.

Не отмечено какой-либо заметной связи между величиной удоя и продолжительностью предшествующего междуоильного интервала, что, на первый взгляд, противоречит литературным данным. Дальнейшее выяснение причин такой аномальной связи между длительностью интервалов между доениями и последующими удоями привело к оценке взаимосвязей между предшествующими интервалами и скоростью секреции молока.

Очень слабые различия между количеством молока в разовых удоях, полученных при различных интервалах между доениями, могут свидетельствовать о том, что побудительной причиной для посещения коровой доильной камеры робота явилась степень наполнения емкостной системы вымени, а не стремление потребить концентраты из кормушки в работе во время доения. Средний интервал между доениями от самых коротких до самых длинных различался примерно в три раза, так же как и средняя скорость секреции, тогда как разовые удои у полновозрастных коров различались лишь на 13 %.

Поэтому, подводя итог обсуждению роли длительности интервалов, можно утверждать, что длительность интервалов при добровольном доении сама по себе носит подчиненный характер и выражается очень низкими коэффициентами корреляции как с разовыми удоями, так и со скоростью секреции молока (удоями в единицу времени) длительность интервалов зависит, по меньшей мере для данного стада и для определенных условий (одно из которых – добровольное доение) от скорости молокообразования (биосинтеза молока), причем зависимость эта функциональна. Удой был практически одинаковым при разных интервалах, он был как бы фиксированным и зависел от скорости синтеза молока, точнее от скорости заполнения емкостной системы вымени, с одной стороны, и длительности интервала между доениями, с другой.

Но момент, когда центральная нервная система получает сигнал о необходимости доения, зависит от скорости биосинтеза молока, т. е. от количества накопленного в вымени молока. Поэтому при высокой скорости заполнения емкостной системы вымени (ранняя лактация) междуоильные интервалы были короче и удлинялись по мере снижения синтетической активности секреторного эпителия. К сожалению, при наших расчетах скорости секреции трудно избежать артефактов. Например, если перед рассматриваемым доением корова была выдоена не полностью (допустим, не выдоено 50 % молока от нормального объема), а в последующем доение было нормальным, то возможен следующий исход. Если корова в последний раз отдала молоко полностью и удои оказались более высокими, чем ожидалось (за счет не выдоенного перед этим молока), то расчетная скорость секреции окажется завышенной.

Проведенные исследования обеспечат рост валового производства молока, повышение количественных и качественных показателей продуктивности, характерных для высокопродуктивных коров, таких как адаптивность, высокая воспроизводительная способность, устойчивость к заболеваниям, увеличение продолжительности использования животных, повышение рентабельности производства молока. Исследования весьма актуальны как с производственной точки зрения, так и с научной. Использование автоматизированных систем позволяет не только снизить трудоемкость процесса, повысить надои и качество молока, но и сохранить здоровье и долговую продуктивность коров. Однако исходя из полученных данных необходимо заниматься отбором коров для доения на роботизированной установке; проводить отбор по скорости молокоотдачи, полноты выдаивания коров за первые 3 минуты, равномерности распределения молока по долям; вести отбор коров по форме вымени, равномерности развития долей, глубине вымени и форме. Использование доильных роботов для дойки коров физиологически обосновано и практически исключает затраты труда оператора.

Проведенные научные исследования по использованию роботов при доении коров в одном из хозяйств Московской области свидетельствуют о новом этапе технологической модернизации отрасли молочного скотоводства. Проведенный анализ животных по комплексу признаков при помощи показателей программ заложенных в роботизированных установках способствует дальнейшему совершенствованию коров по пригодности к роботизированному доению и модернизации самих роботизированных установок.

Отмечены следующие показатели влияния на процесс извлечения молока из вымени у высокопродуктивных коров при роботизированном доении:

1. Характеристики доения зависят от величины разового удоя, стадии лактации, возраста коров в лактациях.

2. Величина средней скорости молокоотдачи тесно связана с количеством молока в удое, на нее влияют стадии лактации, причем это влияние имеет свои особенности в зависимости от возраста коров.

3. Продолжительность доения коров зависит от средней скорости молокоотдачи и количества молока в удое, причем взаимодействие этих параметров оказалось более тесным у первотелок, чем у полно-возрастных коров.

4. Связь длительности интервалов между доениями с изучаемыми параметрами доения была довольно слабой.

5. Хотя величины разовых удоев при добровольном доении очень слабо коррелируют с длительностью интервалов между доениями и величиной разового удоя, скорость биосинтеза молока, рас-

считанная как частное от деления величины разового удоя на продолжительность интервала между доениями, очень тесно коррелирует с величиной разового удоя; это свидетельствует о том, что главной побудительной причиной для захода коровы в доильную камеру робота являлась степень заполнения емкостной системы вымени молоком. Подтверждением этого также является удивительное постоянство средних удоев у коров при очень различных средних интервалах между доениями.

6. По нашим данным, при разовом удое 9–10 кг, оптимальная продолжительность промежутка времени от начала обработки сосков до начала молокоотдачи, составляет 131–152 с.

Основная причина потери молока при роботизированном способе – доение коров, у которых не возбужден полноценный рефлекс молокоотдачи или произошло торможение рефлекса в начале доения молока с задержкой надевания доильного рукава на соски вымени.

Библиографический список

1. Баркова А. С., Шурманова Е. И. Оценка влияния роботизированной системы доения на состояние молочной железы высокопродуктивных коров // Ученые записки УО ВГАВМ. 2017. Т. 53. Вып. 2. С. 166–169.
2. Донник И.М., Лоретц О. Г. Влияние технологии доения на молочную продуктивность и качество молока коров // Аграрный вестник Урала. 2014. № 12 (130). С. 13–16.
3. Тяпугин Е. А., Тяпугин С. Е., Углин В. К. [и др.] Особенности роботизированной технологии доения высокопродуктивных коров на современных комплексах // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 2. С. 57–58.
4. Тараторкин В. М., Самарханов Т. Г., Абрашкин П. А. Роботизация молочного скотоводства – устойчивый тренд // Эффективное животноводство. 2017. № 1. С. 9–13.
5. Трофимов А. Ф., Тимошенко В. Н., Музыка А. А. [и др.] Использование роботизированных доильных установок – преимущества и проблемы // Вестник Сумского национального аграрного университета. 2014. № 2–2. С. 208–212.
6. Санова З. С., Мазуров В. Н., Джумаева Н. Е. Влияние разных технологий доения коров на молочную продуктивность и качество молока в условиях Калужской области // Таврический научный обозреватель. 2016. № 5 (10). С. 64–69.
7. Горелик О. В., Федосеева Н. А., Киселев Л. Ю., Соина О. Л., Санова З. С. Частота доения коров – путь к увеличению молочной продуктивности в условиях роботизированных ферм // Аграрный вестник Урала. 2018. № 11 (178). 2018. С. 27–33.
8. Киселев Л. Ю., Камалов Р. А., Борисов М. Ю., Федосеева Н. А., Санова З. С. Современные технологии роботизированного доения коров // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 54–58.
9. Санова З. С., Мазуров В. Н. Генетический прогресс по признакам экстерьера вымени коров разных пород // Владимирский земледелец. 2017. № 3 (81). С. 33–34.
10. Суслов Д. Ю., Воеводин А. В., Холев С. А., Тяпугин С. Е. Современная оценка племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 1. С. 9–12.
11. Мазуров В. Н., Санова З. С. Использование высокотехнологичного оборудования для доения коров в Калужской области // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник статей национальной научно-практической конференции с международным участием. Брянск, 2017. № 1 (16). С. 10–15.
12. Donnik I. M., Lorets O. G., Shkuratova I. A., Isaeva A. G., Krivonogova A. S. Genetic formation factors of dairy efficiency and quality of cattle milk // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2017. Vol. 4. No. 11. Pp. 4163–4169.
13. Donnik I. M., Bykova O., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Lorets O. G., Baranova A., Musikhina H., Romanova A. Biological safety of cows' milk under the conditions of technogenic agricultural ecosphere when using

biologically active substances // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2019. Vol. 10. No. 2. Pp. 203–209.

14. Gargiulo J. I., Lyons N. A., Kempton K. et al. Physical and economic comparison of pasture-based automatic and conventional milking systems // Journal of Dairy Science. 2020. No. 103 (9). Pp. 8231–8240.

15. Guarin J. F., Paixão M. G., Ruegg P. L. Association of anatomical characteristics of teats with quarter-level somatic cell count // Journal of Dairy Science. 2017. No. 100 (1). Pp. 643–652.

16. Ferneborg S., Kovac L., Shingfield K., Agenäs S. Effect of increased milking frequency and residual milk removal on milk production and milk fatty acids composition in lactating cows // Journal of Dairy Research. 2017. No. 84 (4). Pp. 453–463.

17. Juhlin L. Cleaning and stimulation of teats in an automated milking rotary. Degree project. Uppsala, 2017. 46 p.

18. Kuhar V. S., Donnik I. M., Kot E. M., Zyryanova T. V., Maslakov V. V., Krivonogov P. S. Mechanisms of production competitiveness increase // Astra Salvensis. 2017. Vol. 2017. Pp. 343–350.

19. Wieland M., Nydam D. V., Heuwieser W. et al. A randomized trial to study the effect of automatic cluster remover setting on milking performance, teat condition, and udder health // Journal of Dairy Science. 2020. No. 103 (4). Pp. 3668–3682.

Об авторах:

Владимир Николаевич Мазуров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, ORCID 0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413

Зоя Сергеевна Санова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник по направлению исследований «Животноводство», ORCID-0000-0003-1080-4398, AuthorID 821728; sanova.zoya@yandex.ru

¹ Калужский НИИСХ – филиал ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, Калужская опытная сельскохозяйственная станция, Россия

Milk yield and its relationship in highly productive cows during robotic milking

V. N. Mazurov¹, Z. S. Sanova¹✉

¹ Kaluga Research Agriculture Institute – branch of the A. G. Lorkh Federal Potato Research Center, Kaluga Experimental Agricultural Station, Russia

✉ E-mail: sanova.zoya@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research was to study the indicators of milk yield of highly productive cows, the correlation dependence of milking parameters on the inter-milking time intervals, and their physiological relationships during robotic milking of animals. **Methods.** The research was conducted on cows of the Lenin collective farm of the Moscow region, a database was formed on 5416 individual milking cows from the SELEX program, taking into account the signs of milking (milk yield, single milk yield, milking duration, different age periods, etc.). **Results and practical significance.** The results of the evaluation of milk yield in highly productive cows during robotic milking are presented, the importance of the most important parameters and factors affecting the rate of milk yield is noted. The peak of milk productivity in the first heifers occurred in the third month after calving, and in the middle-aged cows – in the second month. The difference in milk yields between age groups in the first month of lactation was 37 %, and in the second – 20 %. The duration of milking is closely related to the amount of milk in milk yield, this relationship is more closely manifested in the first heifers: in some months of lactation, the value of milk yield determined more than 66 % of the variations in the duration of milking. With robotic milking, the average milk yield rate was in the range of 2.4–2.7 kg/min, in the first two months of lactation, the milk yield rate was significantly lower, and after the third month – even higher than the average for lactation. The value of single milk yields in the first third of lactation was weakly correlated with the duration of the time intervals between milking, but closely correlated with the rate of milk secretion. With single milk yields of 9–10 kg, the optimal time interval between the start of nipple treatment and the connection of the device is 131–152 seconds. **Scientific novelty.** For the first time, the features of the most important indicators of milk yield by months of lactation of highly productive dairy cows, their interrelation, the influence of the age of cows on them and the duration of preparation for milking were studied.

Keywords: robotic milking, milk yield rate, milking duration, single milk yields, lactation stages, inter-milking intervals.

For citation: Mazurov V. N., Sanova Z. S. Molokootdacha i vzaimosvyaz' ee pokazateley u vysokoproduktivnykh korov pri robotizirovannom doenii [Milk yield and its relationship in highly productive cows during robotic milking] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 01 (230). Pp. 43–54. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-230-01-43-54. (In Russian.)

Date of paper submission: 23.09.2022, **date of review:** 25.10.2022, **date of acceptance:** 03.11.2022.

References

1. Barkova A. S., Shurmanova E. I. Otsenka vliyaniya robotizirovannoy sistemy doeniya na sostoyaniye molochnoy zhelezy vysokoproduktivnykh korov [Evaluation of the influence of a robotic milking system on the state of the mammary gland of highly productive cows] // Scientific notes of the UO VGAVM. 2017. Vol. 53. Iss. 2. Pp. 166–169. (In Russian.)
2. Donnik I. M., Loretts O. G. Vliyaniye tekhnologii doeniya na molochnyuyu produktivnost' i kachestvo moloka korov [The influence of milking technology on dairy productivity and quality of cow milk] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. No. 12 (130). Pp. 13–16. (In Russian.)
3. Tyapugin E. A., Tyapugin S. E., Uglin V. K. et al. Osobennosti robotizirovannoy tekhnologii doeniya vysokoproduktivnykh korov na sovremennykh kompleksakh [Features of the robotic technology of milking highly productive cows on modern complexes] // Achievements of science and technology of AIC. 2015. No. 2. Pp. 57–58. (In Russian.)
4. Taratorkin V. M., Samarkhanov T. G., Abrashkin P. A. Robotizatsiya molochnogo skotovodstva – ustoychivyy trend [Robotization of dairy cattle breeding – a steady trend] // Efficient animal husbandry. 2017. No. 1. Pp. 9–13. (In Russian.)
5. Trofimov A. F., Timoshenko V. N., Muzyka A. A. et al. Ispol'zovaniye robotizirovannykh doil'nykh ustanovok – preimushchestva i problemy [The use of robotic milking machines – advantages and problems] // Bulletin of Sumy National Agrarian University. 2014. No. 2–2. Pp. 208–212. (In Russian.)
6. Sanova Z. S., Mazurov V. N., Dzhumaeva N. E. Vliyanniye raznykh tekhnologiy doeniya korov na molochnyuyu produktivnost' i kachestvo moloka v usloviyakh Kaluzhskoy oblasti [The influence of different technologies of milking cows on milk productivity and milk quality in the Kaluga region] // Tavrichesky scientific observer. 2016. No. 5 (10). Pp. 64–69. (In Russian.)
7. Gorelik O. V., Fedoseeva N. A., Kiselev L. Yu., Soynova O. L., Sanova Z. S. Chastota doeniya korov – put' k uvelicheniyu molochnoy produktivnosti v usloviyakh robotizirovannykh ferm [Frequency of milking cows – a way to increase milk productivity in conditions of robotic farms] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 11 (178). Pp. 27–33. (In Russian.)
8. Kiselev L. Yu., Kamalov R. A., Borisov M. Yu., Fedoseeva N. A., Sanova Z. S. Sovremennyye tekhnologii robotizirovannogo doeniya korov [Modern technologies of robotic milking of cows] // Russian agricultural science. 2019. No. 3. Pp. 54–58. (In Russian.)
9. Sanova Z. S., Mazurov V. N. Geneticheskiy progress po priznakam ekster'yera vymeni korov raznykh porod [Genetic progress on the signs of the udder exterior of cows of different breeds] // Vladimir agriculturalist. 2017. No. 3 (81). Pp. 33–34. (In Russian.)
10. Suslov D. Yu., Voevodin A. V., Kholev S. A., Tyapugin S. E. Sovremennaya otsenka plemennoy tsennosti krupnogo rogatogo skota molochnogo napravleniya produktivnosti [Modern assessment of the breeding value of dairy cattle in the direction of productivity] // Dairy and meat cattle breeding. 2018. No. 1. Pp. 9–12. (In Russian.)
11. Mazurov V. N., Sanova Z. S. Ispol'zovaniye vysokotekhnologichnogo oborudovaniya dlya doeniya korov v Kaluzhskoy oblasti [The use of high-tech equipment for milking cows in the Kaluga region] // Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: sbornik statey natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Bryansk, 2017. No. 1 (16). Pp. 10–15. (In Russian.)
12. Donnik I. M., Loretts O. G., Shkuratova I. A., Isaeva A. G., Krivonogova A. S. Genetic formation factors of dairy efficiency and quality of cattle milk // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2017. Vol. 4. No. 11. Pp. 4163–4169.
13. Donnik I. M., Bykova O., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Loretts O. G., Baranova A., Musikhina H., Romanova A. Biological safety of cows' milk under the conditions of technogenic agricultural ecosphere when using biologically active substances // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2019. Vol. 10. No. 2. Pp. 203–209.
14. Gargiulo J. I., Lyons N. A., Kempton K. et al. Physical and economic comparison of pasture-based automatic and conventional milking systems // Journal of Dairy Science. 2020. No. 103 (9). Pp. 8231–8240.
15. Guarin J. F., Paixão M. G., Ruegg P. L. Association of anatomical characteristics of teats with quarter-level somatic cell count // Journal of Dairy Science. 2017. No. 100 (1). Pp. 643–652.

16. Ferneborg S., Kovac L., Shingfield K., Agenäs S. Effect of increased milking frequency and residual milk removal on milk production and milk fatty acids composition in lactating cows // *Journal of Dairy Research*. 2017. No. 84 (4). Pp. 453–463.
17. Juhlin L. Cleaning and stimulation of teats in an automated milking rotary. Degree project. Uppsala, 2017. 46 p.
18. Kuhar V. S., Donnik I. M., Kot E. M., Zyryanova T. V., Maslakov V. V., Krivonogov P. S. Mechanisms of production competitiveness increase // *Astra Salvensis*. 2017. Vol. 2017. Pp. 343–350.
19. Wieland M., Nydam D. V., Heuwieser W. et al. A randomized trial to study the effect of automatic cluster remover setting on milking performance, teat condition, and udder health // *Journal of Dairy Science*. 2020. No. 103 (4). Pp. 3668–3682.

Authors' information:

Vladimir N. Mazurov¹, candidate of agricultural sciences, director, ORCID 0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413

Zoya S. Sanova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher in the direction of animal husbandry research, ORCID-0000-0003-1080-4398, AuthorID 821728; *sanova.zoya@yandex.ru*

¹ Kaluga Research Agriculture Institute – branch of the A. G. Lorkh Federal Potato Research Center, Kaluga Experimental Agricultural Station, Russia