

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА МОЛОКООТДАЧИ У КОРОВ ПРИ ДОЕНИИ АППАРАТОМ С ПОВЫШЕННЫМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ДАВЛЕНИЕМ

<sup>1</sup>Мещеряков В.П., <sup>2</sup>Макар З.Н., <sup>1</sup>Мещеряков Д.В.

<sup>1</sup>Калужский филиал РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Калуга; <sup>2</sup>ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФНЦ животноводства – ВИЖ им Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл. Российская Федерация

Цель работы – исследование параметров кровоснабжения вымени, сократительной реакции альвеолярного комплекса и процесса молоковыведения у коров при доении аппаратом с повышенным пульсирующим давлением. Измерения проводились у четырех коров методом периодов, в контроле доение проводили серийным доильным аппаратом, в опыте в течение первой минуты доения в межстенное пространство доильных стаканов подавалось повышенное давление (50 кПа), создаваемое компрессором. Регистрацию молоковыведения осуществляли с помощью ковшового счётчика-датчика. Объемную скорость кровотока (ОСК) в половине вымени оценивали методом электромагнитной флоуметрии. Установлено, что дополнительное раздражение механорецепторов сосков с помощью повышенного давления вызывает снижение интенсивности молоковыведения в течение первой минуты доения, обусловленное, вероятно, деформацией сосков, и оказывает слабое стимулирующее влияние на весь процесс молоковыведения. Доение аппаратом с повышенным пульсирующим давлением приводит к усилению кровоснабжения вымени, удлинению периода повышенного кровоснабжения вымени, увеличению средней и максимальной ОСК за период доения относительно исходного уровня, что рассматривается как результат повышенной сократительной реакции альвеолярного комплекса. Однако деформация сосков повышенным давлением приводит к снижению интенсивности выведения молока в первую минуту доения и не способствует достижению оптимальной величины средней интенсивности молоковыведения в течение всего процесса доения.

*Ключевые слова:* коровы, молоковыведение, показатели кровоснабжения вымени, стимуляция молокоотдачи, повышенное давление, сократительная активность альвеол.

*Проблемы биологии продуктивных животных, 4: 53-63*

### Введение

Известно, что стимулирующие воздействия, оказываемые на вымя доильным аппаратом, сами по себе не вызывают у коров полноценной молокоотдачи. Для осуществления полноценного рефлекса молокоотдачи необходимы проведение преддоильной подготовки вымени и дополнительное раздражение его рецепторов в процессе доения (Кокорина, 1979). Стимуляцию молокоотдачи у коров осуществляют путём повышения частоты пульсаций в начале доения (Козлов, 2015; Цой и др. 2009), воздействия инфракрасного (Ахрамович и др. 2016), лазерного излучения низкой интенсивности (Комарова др., 2015) или электромагнитного излучения ультравысокой частоты (Любимов, 2005). Для усиления молокоотдачи используют устройство для механизации подготовительно-заключительных операций машинного доения (Кирсанов, Архипцев, 2009) и усовершенствованные доильные аппараты (Амерханов и др. 2016; Курак и др. 2016).

С целью стимуляции молокоотдачи была разработана доильная система, в которой раздражение механорецепторов сосков производится за счет повышенного давления, подаваемого в пульсатор в течение первой минуты доения (Tröger, Lohr, 1967). В дальнейшем данный способ стимуляции молокоотдачи был усовершенствован путем периодической подачи повышенного

давления в течение всего процесса доения (Wehowsky et al., 1982). Показано, что стимуляции вымени с помощью повышенного давления вызывает повышение молочной продуктивности у коров (Schwidorski, Matthes, 1972; Whittlestone et al., 1980; Armstrong, Wegner, 1983).

Исследовалось влияние повышенного давления на состояние и температуру кончика соска (Namann, 1985), величину латентного периода молокоотдачи (Thalheim et al., 1973), концентрацию окситоцина в крови (Wehowsky et al., 1982; Thompson et al., 1983; Mayer et al., 1985; Pilz et al., 1988), параметры молоковыведения у коров (Schwidorski, Matthes, 1972; Sagi et al., 1980; Wehowsky et al., 1982; Thompson et al., 1983; Armstrong, Wegner, 1983; Mayer et al., 1985; Жестоканов, 1988). В ряде исследований (Armstrong, Wegner, 1983; Thompson et al., 1983; Жестоканов, 1988) установлено, что стимуляция вымени с помощью повышенного давления вызывает интенсификацию процесса молоковыведения. Однако, параметры молоковыведения, используемые для оценки интенсивности молокоотдачи (Кокорина, 1979), характеризуют интенсивность молокоотдачи на стадии выведения молока из соска и не позволяют характеризовать процессы, связанные с сократительной активностью альвеол.

Ранее нами установлена одновременность начала сокращения миоэпителиальных клеток и сжатия альвеол и момента повышения ОСК в вымени коровы и высказано предположение, что изменение кровоснабжения вымени в процессе доения является следствием процессов сжатия и расширения альвеол при молокоотдаче (Мещеряков, 2013). В этом случае параметры кровоснабжения вымени могут служить критерием оценки сократительной реакции альвеолярного комплекса. В наших исследованиях показатели кровоснабжения вымени были использованы для оценки влияния полноценной преддоильной подготовки вымени (Мещеряков, Мещеряков, 2014) и раздражения терморцепторов сосков (Мещеряков и др., 2014) на характер сокращения альвеол. Показано, что усиление кровоснабжения вымени у коров в ответ на вибростимуляцию сосков в процессе доения (Тверской и др. 1993; Макар, Mescheryakov, 2001) вызвано повышением сократительной реакции альвеолярного комплекса (Мещеряков, Макар, 2014).

Цель данной работы – исследование процессов кровоснабжения вымени и молоковыведения для оценки сдвигов в молокоотдаче у коров в ответ на стимуляцию вымени в течение первой минуты доения с помощью повышенного давления.

### **Материал и методы**

Исследования проведены на четырех коровах чёрно-пестрой породы 2-5-й лактации в первую половину лактации. Суточный удой в контроле составил 11,5-16,0 кг. Эксперимент проводили методом периодов. В контроле доение проводили двухтактным доильным аппаратом АДУ-1. В опыте в течение первой минуты доения в межстенное пространство доильных стаканов в такте сжатия подавалось повышенное давление (50 кПа), создаваемое компрессором. Для этого в камеру атмосферного давления пульсатора был вмонтирован патрубок, который соединялся с идущим от компрессора воздуховодом повышенного давления. В такте сжатия в камере давления пульсатора, а следовательно, и в межстенном пространстве доильных стаканов создавалось повышенное давление, которое оказывало более выраженное давление на сосковую резину и обеспечивало дополнительной механической воздействие на рецепторы сосков. Интервал между доениями составлял 12 часов. В каждом периоде проведено по 10 опытов. Параметры работы аппарата АДУ-1: уровень вакуума 48 кПа, частота пульсации  $67 \pm 5$  в минуту, соотношение тактов 68:32. Перед началом доения (в контроле и опыте) в течение десяти секунд проводили гигиеническую обработку сосков. Началом доения являлось надевание последнего доильного стакана. Машинное додаивание начинали при потоке молока 400 г/мин. Заканчивали доение, когда величина потока молока составляла 200 г/мин.

Запись процесса молоковыведения осуществляли с помощью ковшового счетчика-датчика. Для характеристики динамики молоковыведения определяли количество выдоенного молока за 30-сек. интервалы времени. Учитывали величину разового удоя, количество молока,

полученного за периоды машинного доения и додаивания. Рассчитывали величины максимальной и средней интенсивности молоковыведения, показатель выдоенности за первые две минуты доения, определяли продолжительность периодов молоковыведения.

Кровоснабжение вымени оценивали с помощью электромагнитного датчика (Nihon Kohden, Япония), имплантируемого на одну из наружных срамных артерий вымени. Значения объёмной скорости кровотока (ОСК) регистрировали в периоды до доения, в процессе доения и после его окончания. Определяли среднее значение ОСК за трёхминутный период, предшествующий преддоильной подготовке (исходный). За период доения определяли среднее и максимальное увеличение ОСК относительно исходного уровня. Определяли величины периодов изменения кровоснабжения вымени (табл. 1).

*Таблица 1. Характеристика периодов молоковыведения и кровоснабжения вымени.*

Периоды	Характеристика периодов
Молоковыведение	
БВ	Выведения первой порции цистернального молока
БЖ	Доения (общая)
БЕ	Машинного доения
ЕЖ	Машинного додаивания
БД	Достижения максимальной интенсивности молоковыведения
Кровоснабжение вымени	
АГ	От начала стимуляции вымени до момента резкого увеличения ОСК
ГИ	Повышенного кровоснабжения вымени
БЗ	От начала доения до достижения максимальной ОСК

Примечания: обозначение отсчётов на кривой молоковыведения: А – начало преддоильной подготовки вымени; Б – начало доения; В – выведение первых 100 г молока; Г – начало молокоотдачи; Д – достижение максимальной интенсивности молоко-выведения; Е – начало додаивания; Ж – окончание доения.

По величине показателей кровоснабжения вымени оценивали следующие параметры сократительной реакции альвеол: начало активного сжатия альвеол и окончание фазы их расширения, продолжительность сократительной активности альвеол, амплитуда сокращения альвеол. Началом молокоотдачи являлся момент резкого возрастания ОСК. Параметры сократительной реакции альвеолярного комплекса, оцениваемые с помощью показателей кровоснабжения вымени, представлены в табл. 2.

*Таблица 2. Параметры кровоснабжения вымени и сократительной реакции альвеолярного комплекса.*

Показатели кровоснабжения вымени	Параметры сократительной реакции альвеолярного комплекса
От начала стимуляции вымени до момента резкого увеличения ОСК	Латентный период молокоотдачи
Период повышенного кровоснабжения вымени	Суммарная продолжительность фаз сжатия и последующего расширения альвеол
Период от начала доения до достижения максимальной ОСК	Период от начала доения до достижения максимума сжатия альвеол
Среднее увеличение ОСК за период доения относительно исходной	Средняя амплитуда сжатия альвеол
Максимальное увеличение ОСК за период доения относительно исходной	Максимальная амплитуда сжатия альвеол
Прирост кровоснабжения вымени	Интенсивность сократительной реакции

Для характеристики динамики кровоснабжения половины вымени определяли увеличение ОСК за 30-сек. интервалы от начала доения в сравнении с исходным уровнем.

## Результаты и обсуждение

Раздражение сосков в течение первой минуты доения с помощью повышенного давления оказало слабое стимулирующее влияние на параметры молоковыведения. В опыте установлено увеличение максимальной интенсивности молоковыведения, снижение величин машинного дооя и продолжительности машинного додаивания (ЕЖ), а также отмечена тенденция к увеличению разового и машинного удоя, средней интенсивности молоковыведения, и к снижению общей продолжительности доения (БЖ). В то же время воздействие на соски повышенного давления приводит к торможению процесса выведения молока в начальный период доения. Об этом свидетельствует тенденция к увеличению периодов выведения первой порции цистернального молока и достижения максимальной интенсивности молоковыведения в опытном периоде (табл. 3), а также снижение интенсивности молоковыведения в течение первой минуты доения (рис. 1)

Таблица 3. Влияние стимуляции сосков с помощью повышенного давления на параметры молоковыведения ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Показатели	Контроль	Опыт
Разовый удой, кг	4,86±0,19	5,07±0,13
Машинный удой, кг	4,26±0,19	4,64±0,12
Машинный додой, кг	0,60±0,06	0,43±0,05*
Выдоенность за первые две минуты доения, %	65,9±2,6	64,5±4,0
Интенсивность молоковыведения, кг/мин	средняя	1,21±0,05
	максимальная	2,21±0,07
	БВ	11,5±1,0
Продолжительность периода, с	БЖ	272±11
	БЕ	184±9
	ЕЖ	88,0±4,5
	БД	108,5±6,6
		15,1±2,0
		258±9
		191±7
		67,2±3,2***
		117,5±4,7

Примечания: здесь и в табл. 4: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$  по  $t$ -критерию при сравнении с контролем; обозначение отсчётов на кривой молоковыведения: Б – начало доения; В – выведение первых 100 г молока; Д – достижение максимальной интенсивности молоковыведения; Е – начало додаивания; Ж – окончание доения.

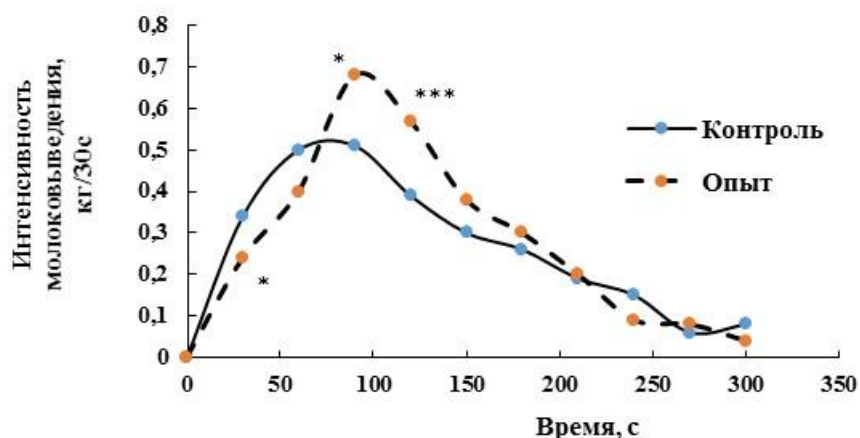


Рис. 1. Динамика молоковыведения в контроле и опыте. 0 – начало доения.

Снижение интенсивности молоковыведения в начальный период доения вызвано нарушением выведения молока через сосок и обусловлено его деформацией вследствие воздействия повышенного давления

Полученные нами данные о стимулирующем влиянии повышенного давления на некоторые параметры молоковыведения согласуются с результатами исследований других авторов, в которых установлено, что воздействие повышенного давления в начале доения приводит к увеличению максимальной интенсивности молоковыведения (Жестоканов, 1988), снижению продолжительности доения (Armstrong, Wegner, 1983) и величины машинного дооя (Schwidorski, Matthes, 1972; Жестоканов, 1988). Не установлено изменений продолжительности доения (Sagi et al., 1980; Thompson et al., 1983), средней и максимальной интенсивности молоковыведения у коров (Sagi et al., 1980; Armstrong, Wegner, 1983) в ответ на стимуляцию сосков повышенным давлением. Отрицательное влияние повышенного давления на параметры молоковыведения также отмечено в ряде работ. В частности, при доении коров аппаратом с повышенным пульсирующим давлением выявлено увеличение длительности периодов доения (Schwidorski, Matthes, 1972; Wehowsky et al., 1982; Mayer et al., 1985) и времени достижения максимальной интенсивности молоковыведения (Mayer et al., 1985), снижение максимальной интенсивности молоковыведения (Mayer et al., 1985), количества молока за первую минуту доения (Schwidorski, Matthes, 1972; Жестоканов, 1988) и показателя выдоенности за первые три минуты доения (Schwidorski, Matthes, 1972; Wehowsky et al., 1982).

Таким образом, анализ параметров молоковыведения свидетельствует о том, что дополнительная стимуляция механорецепторов сосков в течение первой минуты доения, хотя и вызывает снижение интенсивности выведения молока в начальный период доения, однако в целом за период доения способствует интенсификации процесса молоковыведения.

Не наблюдалось различий между значениями ОСК в вымени перед доением в контроле и опыте (табл. 4).

*Таблица 4. Влияние стимуляции сосков с помощью повышенного давления на показатели кровоснабжения вымени (M±m).*

Показатели	Контроль	Опыт
ОСК исходная, л/мин	3,17±0,15	3,18±0,18
Прирост кровоснабжения вымени, л	6,98±0,47	10,03±0,35***
Увеличение ОСК за период доения, л/мин	1,42±0,09	2,03±0,09***
	среднее	максимальное
	2,70±0,11	3,34±0,11***
Продолжительность периода, с	ГИ	276,2±9,9
	АГ	87,6±3,4
	БЗ	155,2±5,2
		311,0±9,7*
		92,4±2,1
		160,3±3,0

Обозначения отсчётов на кривой молоковыведения: А – начало преддоильной подготовки вымени; Б – начало доения; Г – начало молокоотдачи; И – момент возвращения ОСК к исходному уровню; З – достижение максимальной ОСК.

Дополнительная стимуляция механорецепторов сосков вызывала существенное усиление кровоснабжения вымени. В опытном периоде установлено увеличение прироста кровоснабжения вымени, продолжительности периода повышенного кровоснабжения, а также среднего и максимального увеличения ОСК за период доения относительно исходного уровня. Раздражение сосков с помощью повышенного давления в течение первой минуты доения не привело к изменению периодов от начала стимуляции вымени до момента резкого увеличения ОСК в вымени (АГ) и от начала доения до достижения максимальной ОСК (БЗ). Увеличение в опыте продолжительности периода повышенного кровоснабжения вымени и уровня его прироста обусловило изменение динамики кровоснабжения органа (рис. 2).

Амплитуда увеличения ОСК относительно исходного уровня за период от начала до 330-й с доения (за исключением интервала 30-60 с) в ответ на дополнительную стимуляцию сосков значительно превышала аналогичный показатель в контроле ( $P < 0,05$ ). Отмеченные в контроле значения ОСК в вымени до начала доения и сдвиги в значениях параметров кровоснабжения вымени в процессе машинного доения соответствуют данным, полученным нами ранее (Мещеряков, 2013; Мещеряков, Макара, 2014; Мещеряков, Мещеряков, 2014);

Мешеряков и др., 2014). Усиление кровоснабжения вымени в опыте вызвано не повышением системного артериального давления, а снижением сосудистого сопротивления вымени (Жестоканов, 1988).

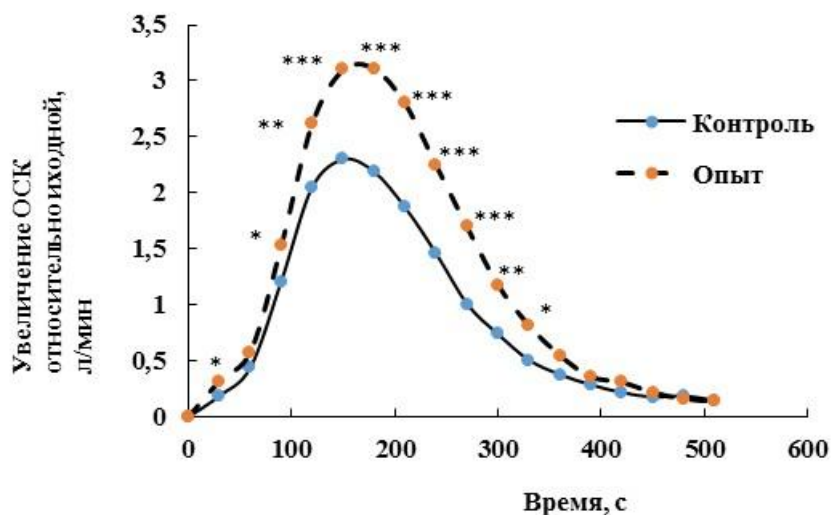


Рис. 2. Динамика кровоснабжения вымени в контроле и опыте. 0 - начало доения.

При использовании показателей кровоснабжения вымени для оценки интенсивности сократительной реакции альвеолярного комплекса (табл. 2) в контроле установлено, что сокращение миоэпителия и сжатие альвеол началось после латентного периода, величина которого составила  $87,6 \pm 3,4$  с. Длительность периода сократительной реакции альвеолярного комплекса составила  $276 \pm 10$  с. Амплитуда сжатия альвеол в период доения составила: средняя –  $1,42 \pm 0,09$  и максимальная –  $2,70 \pm 0,11$  условных единиц. Интенсивность сократительной реакции альвеолярного комплекса в контроле характеризуется величиной прироста кровоснабжения вымени, вызванного доением ( $6,98 \pm 0,47$  л, т.е. 100%). В опыте интенсивность сократительной реакции альвеолярного комплекса увеличилась на 43,7% ( $P < 0,001$ ) по сравнению с контролем. Усиление сократительной реакции альвеолярного комплекса в ответ на дополнительную стимуляцию механорецепторов сосков произошло за счет удлинения периода сократительной реакции ( $P < 0,05$ ), а также увеличения средней ( $P < 0,001$ ) и максимальной ( $P < 0,001$ ) амплитуды сжатия альвеол. Не выявлено влияния повышенного давления на длительность латентного периода молокоотдачи. Аналогичный результат описан ранее при исследовании латентного периода молокоотдачи у коров методом катетеризации (Thalheim et al., 1973).

Гормональная регуляция сократительной реакции альвеолярного комплекса осуществляется с помощью окситоцина. Поэтому одним из механизмов усиления сократительной активности альвеол может являться повышение концентрации окситоцина в крови в ответ на действие стимулирующего фактора. О такой возможности свидетельствует ряд исследований. Ранее показано, что стимуляция сосков коров повышенным давлением приводит к ускоренному повышению концентрации окситоцина в крови (Thompson et al., 1983), повышению концентрации окситоцина в крови в 1-ю и 3-ю минуты (Wehowsky et al., 1982) и в течение всего процесса доения (Pilz et al., 1988). Схожий профиль кривых концентрации окситоцина в крови показан у коров, стимулируемых повышенным давлением и путём одноминутной преддоильной подготовки вымени (Maeyer et al., 1985).

Ранее нами установлено, что стимуляция молокоотдачи у коров путём проведения полноценной преддоильной подготовки вымени и раздражения терморепторов сосков в процессе доения вызывает усиление сократительной реакции альвеолярного комплекса, обусловленное удлинением периода сократительной реакции и увеличением амплитуды

сжатия альвеол (Мещеряков, Мещеряков, 2014; Мещеряков и др., 2014). Усиление сократительной активности альвеол приводило к более интенсивному перемещению молока из альвеол в цистернальный отдел вымени, и как следствие, к интенсификации процесса молоковыведения, заключающейся в повышении интенсивности молоковыведения и сокращении времени достижения максимальной интенсивности молоковыведения.

Установленное нами усиление сократительной реакции альвеолярного комплекса в ответ на стимуляцию сосков повышенным давлением, как и в вышеуказанных работах, должно привести к более интенсивному перемещению альвеолярного молока в нижележащий отдел и повышению интенсивности выведения молока из вымени. Однако деформация сосков вследствие воздействия повышенного давления нарушает процесс выведения молока через соски и приводит к снижению интенсивности молоковыведения в течение первой минуты доения. Следствием пониженной интенсивности молоковыведения в начале доения явилось увеличение времени достижения максимальной интенсивности молоковыведения. Прекращение воздействия повышенного давления на соски привело к увеличению интенсивности молоковыведения во вторую минуту доения. В то же время указанное повышение интенсивности выведения молока не компенсировало нарушения процесса молоковыведения в начале доения и не привело к увеличению его интенсивности за весь период доения. Дополнительное механическое воздействие на сосок в первую минуту доения оказывает стимулирующий эффект на молокоотдачу, но не обеспечивает оптимальные условия для выведения молока в целом за период доения.

### **Заключение**

Полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что раздражение сосков в течение первой минуты доения с помощью повышенного давления приводит к слабой стимуляции процесса молоковыведения, вызывая лишь увеличение максимальной интенсивности молоковыведения, снижение величины машинного додая и продолжительности машинного додаивания. В то же время дополнительная стимуляция сосков вызывает снижение интенсивности молоковыведения в период воздействия повышенного давления, обусловленное, вероятно, деформацией сосков.

Доение аппаратом с повышенным пульсирующим давлением приводит к усилению кровоснабжения вымени, которое заключается в увеличении показателя его прироста, продолжительности периода повышенного кровоснабжения вымени, увеличении показателей превышения средней и максимальной ОСК за период доения относительно исходного уровня. Усиление кровоснабжения вымени при доении аппаратом с повышенным давлением является следствием более интенсивной сократительной реакции альвеолярного комплекса. Интенсификация процесса сокращения альвеол характеризуется удлинением периода сократительной активности, повышением средней и максимальной амплитуды сжатия альвеол.

Повышение сократительной активности альвеол в ответ на дополнительное раздражение механорецепторов сосков обеспечивает более интенсивное перемещение молока из альвеол в цистернальный отдел вымени, что само по себе должно способствовать интенсификации процесса молоковыведения. Однако нарушение процесса молоковыведения вследствие деформации сосков повышенным давлением приводит к снижению интенсивности выведения молока в первую минуту доения и не способствует достижению оптимальной величины средней интенсивности молоковыведения в течение всего процесса доения.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Амерханов Х.А., Ганеев А.А., Соловьева О.И., Зыков С.А. Новый способ машинного доения // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 4. – С. 51-53.
2. Ахрамович А.П., Герасимович Л.С., Дашков В.Н., Колос В.П., Китиков В.О. Использование инфракрасного излучения для стимуляции молокоотдачи при доении коров // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 4. – С. 75- 81.

3. Жестоканов О.П. Кровообращение в вымени коров и интенсивность молоковыведения при доении аппаратом с пульсирующим избыточным давлением // Бюллетень ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1988. – Вып. 2. – С. 27-31.
4. Кирсанов В.В., Архипцев А.В. Стимулирующе-додаивающее устройство к доильным аппаратам // Вестник МГАУ. – 2009. – № 1. – С. 38-39.
5. Козлов А.Н. Эффективность механической стимуляции коров в процессе молокоотдачи // АПК России. – 2015. – Т. 72. – № 2. – С. 57-62.
6. Кокорина Э.П. Проблема стимуляции молокоотдачи при машинном доении коров // Сельскохозяйственная биология. – 1979. – Т. 14. – № 3. – С. 372-380.
7. Комарова Н.К., Исайкина Е.Ю., Богданов С.А. Эффективность лазерного излучения низкой интенсивности для повышения молочной продуктивности коров с использованием стимулирующего устройства «Звездочка» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5. – С. 135-137.
8. Курак А.С., Барановский М.В., Кажико О.А., Яковчик Н.С. Повышение эффективности стимуляции молочной железы при машинном доении коров // Зоотехническая наука Беларуси. – 2016. – Т. 51. – № 2. – С. 193-200.
9. Любимов В.Е. Влияние электромагнитного поля ультравысокой частоты на молочную продуктивность коров при машинном доении: автореф. дисс. к.б.н. – Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина. – 2005. – 29 с.
10. Мещеряков В.П. Кровоснабжение вымени у медленно выдаиваемых коров при выведении цистернальной и альвеолярной фракций молока // Известия ТСХА. – 2013. – Вып. 3. – С. 89-101.
11. Мещеряков В.П., Макар З.Н. Влияние вибростимуляции сосков в процессе доения на молоковыведение и кровоснабжение вымени у коров // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2014. – № 2. – С. 41-49.
12. Мещеряков В.П., Мещеряков Д. В. Влияние полноценной преддоильной подготовки вымени коров на его кровоснабжение и показатели молоковыведения // Известия ТСХА. – 2014. – Вып. 6. – С. 90-100.
13. Мещеряков В.П., Шевелев Н.С., Мещеряков Д.В. Молоковыведение и кровоснабжение вымени коров при стимуляции терморцепторов сосков в процессе доения // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2014. – № 2. – С. 32-40.
14. Тверской Г.Б., Корнеева Р.И., Любин Н.А., Макар З.Н., Мещеряков В.П., Филь А.П., Келпис Э.А., Лаурс А.Р., Луисис М.Э. Физиологическая характеристика доильного аппарата АДС-1 // Сельскохозяйственная биология. – 1993. – № 6. – С. 127-133.
15. Цой Ю.А., Седов А.М., Зеленцов А.И., Гиллих А.К., Мамедова Р.А. Способ машинного доения коров: патент на изобретение RUS No. 2423046. 2009.
16. Armstrong D.V., Wegner T.N. Effects of positive-pressure pulsation on several characteristics of milk production // J. Dairy Sci. – 1983. – Vol. – 66. – No. 7. – P. 1515-1518.
17. Hamann J. Measurement of machine milking induced teat tissue reactions // Milchwissenschaft. – 1985. – Vol. 40. – No. 1. – P. 16-17.
18. Makar Z.N., Mescheryakov V.P. Effects of milking on the blood supply in the cow's udder using two different milking machines: a conventional one and one equipped with a vibropulsator // Livest. Prod. Sci. – 2001. – Vol. 70. – No. 1-2. – P. 180.
19. Mayer H., Worstorff H., Schams D., Klein M. Secretion of oxytocin and milking characteristics in cows as affected by several modes of tactile teat stimulation // Milchwissenschaft. – 1985. – Vol. 40. – No. 1. – P. 1-5.
20. Pilz Z., Paroulek F., Landgraf R., Wehowsky G., Lohr H. Konzentration von Oxytocin, Prolactin, Kortizol und Luteinsierungshormon im Blutplasma von Kühen während des Melkes mit zwei unterschiedlich stimulierenden Melkmaschinen // Monatshefte für Veterinarmedizin. – 1988. – Vol. 43. – No. 2. – S. 53-54.
21. Sagi R., Gorewit R.C., Zinn S.A. Milk ejection in cows mechanically stimulated during late lactation // J. Dairy Sci. – 1980. – Vol. 63. – No. 11. – P. 1957-1960.
22. Schwiderski H., Matthes H.-D. Untersuchungen zum Anrüstbedarf bei Milchkühen // Tierzucht. – 1972. – Vol. 26. – No. 7. – P. 254-257.
23. Thalheim C., Uhmann F., Lohr H., Wehowsky G. Auswirkungen unterschiedlicher Latenzzeiten beim Milchejektionsreflex zwischen Kühen einer Herde auf die automatische Stimulierung der Tiere // Monatshefte für Veterinarmedizin. – 1973. – Vol. 28. – No. 10. – P. 371-375.
24. Thompson P.D., Pearson R.E., Gorewit R.C. Milking cows with positive pressure stimulation in late lactation // J. Dairy Sci. – 1983. – Vol. 66. – No. 5. – P. 1167-1173.



25. Tröger F., Lohr H. Verfahren zur Mechanisierung des Anrüstens (Eutermassage) beim Melken der Kühe mit der Melkmashine // Tierzucht. – 1967. – Vol. 21. –No. 4. – P. 184-188.
26. Wehowsky G., Bothur D., Landgraf R., Moritz P., Schumann A. Intervall-Druckluftpulsation – Eine neue Stimulationsvariante insbesondere für Stallmelkanlagen // Monatsh. Veterinarmed. – 1982. – Vol. 37. – No. 14. – P. 543-548.
27. Whittlestone W.G., Wehowsky G., Tröger F., Kevey W., Frommhold, W. Neuseeländische Untersuchungen zur Wirkung der Druckluft-Pulsation auf Milchertrag und Eutergesundheit // Monatsh. Veterinarmed. – 1980. – Vol. 35. – P. 902- 907.

#### REFERENCES

1. Akhramovich A.P., Gerasimovich L.S., Dashkov V.N., Kolos V.P., Kitikov V.O. [Use of infrared radiation to stimulate milk production during milking cows]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy - Innovations in agribusiness: problems and prospects*. 2016, 4: 75-81. (In Russian)
2. Amerkhanov Kh.A., Ganeev A.A., Solov'eva O.I., Zykov S.A. [A new way of machine milking]. *Syrodellie i maslodellie - Cheesemaking and butter making*. 2016, 4: 51-53. (In Russian)
3. Armstrong D.V., Wegner T.N. Effects of positive-pressure pulsation on several characteristics of milk production. *J. Dairy Sci.* 1983, 66(7): 1515-1518.
4. Hamann J. Measurement of machine milking induced teat tissue reactions. *Milchwissenschaft*. 1985, 40(1): 16-17.
5. Kirsanov V.V., Arkhptsev A.V. [Stimulating-milking device for milking machines]. *Vestnik MGAU – Bull. Goryachkin Moscow State Agroengin. Univ.* 2009, 1: 38-39. (In Russian)
6. Kokorina E.P. [The problem of stimulation of milk flow during machine milking of cows]. *Sel'skokhosyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 1979, 14(3): 372-380. (In Russian)
7. Komarova N.K., Isaikina E.Yu., Bogdanov S.A. [Efficiency of low-intensity laser radiation to increase the milk production of cows using the Zvezdochka stimulating device]. *Izvestiya OGAU - Reports of Orenburg State Agrarian University*. 2015, 5: 135-137. (In Russian)
8. Kozlov A.N. [The effectiveness of mechanical stimulation of cows during milk production]. *APK Rossii – Russian Agro-industrial complex*. 2015, 72(2): 57-62. (In Russian)
9. Kurak A.S., Baranovskii M.V., Kazheko O.A., Yakovchik N.S. [Improving the effectiveness of breast stimulation during machine milking of cows]. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi - Zootechnical science of Belarus*. 2016, 51(2): 193-200. (In Russian)
10. Lyubimov V.E. *Vliyanie elektromagnitnogo polya ul'travysokoi chastoty na molochnyuyu produktivnost' korov pri mashinnom doenii*. Extended Abstract of Diss. Cand. Sci. Biol., Moscow: Scriabin State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 2005, 29 p. (In Russian)
11. Makar Z.N., Meshcheryakov V.P. Effects of milking on the blood supply in the cow's udder using two different milking machines: a conventional one and one equipped with a vibropulsator. *Livestok Prod. Sci.* 2001, 70(1-2): P. 180.
12. Mayer H., Worstorff H., Schams D., Klein M. Secretion of oxytocin and milking characteristics in cows as affected by several modes of tactile teat stimulation. *Milchwissenschaft*. 1985, 40(1): 1-5.
13. Meshcheryakov V.P. [Blood supply of the udder in slowly issued cows during the removal of the cisternal and alveolar fractions of milk]. *Izvestiya TSKHA – Bulletin of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013, 3: 89-101. (In Russian)
14. Meshcheryakov V.P., Makar Z.N. [The effect of nipple vibration stimulation during milking on milk production and blood supply to the udder in cows]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2014, 2: 41-49. (In Russian)
15. Meshcheryakov V.P., Meshcheryakov D.V. [The effect of full pre-milking preparation of the udder of cows on its blood supply and indicators of milk excretion]. *Izvestiya TSKHA – Bulletin of Timiryazev Agricultural Academy*. 2014, 6: 90-100. (In Russian)
16. Meshcheryakov V.P., Shevelev N.S., Meshcheryakov D.V. [Lactation and blood supply to the udder of cows during stimulation of thermoreceptors of nipples during milking]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2014, 2: 32-40. (In Russian)
17. Pilz Z., Paroulek F., Landgraf R., Wehowsky G., Lohr H. Konzentration von Oxytocin, Prolactin, Kortizol und Luteinsierungshormon im Blutplasma von Kühen während des Melkes mit zwei unterschiedlich stimulierenden Melkmaschinen. *Monatshefte für Veterinarmedizin*. 1988, 43(2): 53-54.
18. Sagi R., Gorewit R.C., Zinn S.A. Milk ejection in cows mechanically stimulated during late lactation. *J. Dairy Sci.* 1980, 63(1): 1957-1960.

19. Schwiderski H., Matthes H.-D. Untersuchungen zum Anrüstbedarf bei Milchkühen. *Tierzucht*. 1972, 26(7): 254-257.
20. Thalheim C., Uhmann F., Lohr H., Wehowsky G. Auswirkungen unterschiedlicher Latenzzeiten beim Milchejektionsreflex zwischen Kühen einer Herde auf die automatische Stimulierung der Tiere. *Monatshefte für Veterinärmedizin*. 1973, 28(10): 371-375.
21. Thompson P.D., Pearson R.E., Gorewit R.C. Milking cows with positive pressure stimulation in late lactation. *J. Dairy Sci.* 1983, 66(5): 1167-1173.
22. Tröger F., Lohr H. Verfahren zur Mechanisierung des Anrüstens (Eutermassage) beim Melken der Kühe mit der Melkmashine. *Tierzucht*. 1967, 21(4): 184-188.
23. Tsoi Yu.A., Sedov A.M., Zelentsov A.I., Gillikh A.K., Mamedova R.A. *Sposob mashinnogo doeniya korov* (Method for cows machine milking). Patent RUS 2423046. 11. 09. 2009. (In Russian)
24. Tverskoi G.B., Korneeva R.I., Lyubin N.A., Makar Z.N., Meshcheryakov V.P., Fil' A.P., Kelpis E.A., Laurs A.R., Lusic M.E. [Physiological characteristics of the ADS-1 milking machine]. *Sel'skokhosyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 1993, 6: 127-133. (In: Russian)
25. Wehowsky G., Bothur D., Landgraf R., Moritz P., Schumann A. Intervall-Druckluftpulsation – Eine neue Stimulationsvariante insbesondere für Stallmelkanlagen. *Monatshefte für Veterinärmedizin*. 1982, 37(14): 543-548.
26. Whittlestone W.G., Wehowsky G., Tröger F., Kevey W., Frommhold, W. Neuseeländische Untersuchungen zur Wirkung der Druckluft-Pulsation auf Milchertrag und Eutergesundheit. *Monatsh. Veterinarmed.* 1980, 35: 902-907.
27. Zhestokanov O.P. [Circulation in the udder of cows and the intensity of milk production during milking with a device with pulsating excess pressure]. *Byulleten' VNIIFBiP - Bull. Inst. Physiol. Biochem. Nutr. Farm Anim.* 1988, 2: 27-31. (In Russian)

**Study of the milk-removal mechanism in cows  
while milking with high pulse pressure unit**

<sup>1</sup>Meshcheryakov V.P., <sup>2</sup>Makar Z.N., <sup>1</sup>Meshcheryakov D.V.,

<sup>1</sup>*Kaluga branch of Timiryazev RGAU-MSHA, Kaluga;* <sup>2</sup>*Institute of Animal Physiology,  
Biochemistry and Nutrition - Branch of Ernst Federal Science Center for Animal  
Husbandry, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation*

**ABSTRACT.** The aim of the work is to study the contractile reaction of the alveolar complex, the processes of blood supply to the udder and milk removal in cows during milking by an apparatus with increased pulsating pressure. The measurements were carried out in four cows by the method of periods, in the control periods the milking was carried out with a serial milking machine, in the experiment during the first minute of milking the increased pressure (50 kPa) was applied to the interstitial space of the milking cups. Registration of milk removal was carried out using a bucket counter-sensor. The volume blood flow velocity (VBF) in half of the udder was recorded by electromagnetic flowmetry. It was established that additional irritation of the mechanoreceptors of the nipples by means of increased pressure causes a decrease in the intensity of milk removal during first minute of milking, which is probably caused by deformation of the nipples, and has a weak stimulating effect on the entire process of milk excretion. Milking by an apparatus with increased pulsating pressure leads to an increase in the blood supply to the udder, to an increase in the period of increased blood supply to the udder, an increase in the average and maximum VBF during the milking period relative to the initial level, which is considered as a result of an increased contractile reaction of the alveolar complex. Concluded that deformation of the nipples by increased pressure leads to a decrease in the intensity of milk removal in the first minute of milking and does not contribute to the achievement of the optimal average intensity of milk removal during the entire milking process.

*Key words: cows, milk removal, udder blood supply, milk flow stimulation, high blood pressure, alveoli contractile activity*

**Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2019, 4: 53-63**

Поступило в редакцию: 07.10.2019

Получено после доработки: 18.10.2019

**Мещеряков Виктор Петрович**, к.б.н., доцент; 8(919)036-07-59; vpmeshcheryakov@mail.ru;

**Макар Зиновий Николаевич**, д.б.н., с.н.с.; zinoviy.makar@mail.ru;

**Мещеряков Дмитрий Викторович**, соиск.; kfmsxa@kaluga.ru;