

УДК 636.2.034:591.1

УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ ВЫМЕНИ КОРОВЫ ПЕРЕД НАЧАЛОМ ДОЕНИЯ

В. П. МЕЩЕРЯКОВ

(Калужский филиал ТСХА)

Приводятся данные 2 серий экспериментов, целью которых было определение условнорефлекторного увеличения объемной скорости кровотока в вымени и среднего артериального давления в системе большого круга кровообращения в ответ на звук работающего доильного аппарата. Установлено, что повышение кровоснабжения вымени вызвано возрастанием системного артериального давления и расширением кровеносных сосудов вымени. Высказано предположение, что расширение сосудистого русла вымени перед началом доения является следствием воздействия на сосуды гормона окситоцина, освобождающегося в ответ на звук работающего доильного аппарата. Отмечено, что включение доильного аппарата за 3 мин до начала доения создает более благоприятные условия для кровоснабжения вымени, чем включение аппарата за 6 мин до начала доения.

Полноценное доение коров, как известно, возможно лишь при осуществлении рефлекса молокоотдачи, важным звеном которого является выделение нейрогипофизом окситоцина в ответ на раздражение рецепторов кожи сосков и вымени в процессе преддоильной подготовки и доения. Установлено, что в период доения кровоснабжение вымени увеличивается на 30,5 — 300% [9, 13, 14].

Известно также, что у жвачных рефлекс молокоотдачи проявляется

в ответ на стимулы, не связанные с раздражением рецепторов вымени [4, 7]. Проведены исследования температуры кожи вымени до начала доения, косвенно характеризующей кровоснабжение вымени. В частности, у коз был выработан условный рефлекс на увеличение кожной температуры вымени [3]. Установлены повышенные температуры кожи вымени у коров перед началом доения в ответ на шум доильной машины, а также условнорефлекторное

проявление сосудистой реакции при приближении часа доения и появлении доярки [6, 5]. Подмечено, что температура кожи вымени начинает повышаться уже за несколько часов до доения, а перед его началом она превышает отмеченную задолго до доения величину на 1—2° С [2].

Установлено, что одним из механизмов, обуславливающих увеличение кровоснабжения вымени, является местное сосудорасширяющее действие гормона окситоцина [1, 11]. Известны работы, в которых указывается на повышение концентрации окситоцина в крови коров до начала доения в ответ на звуковой и визуальный стимулы, связанные с доением [10, 12]. Авторы не нашли различий в количествах окситоцина, выделенного в ответ на условный и безусловный стимулы. В [15] также отмечается, что в крови голштинских коров за минуту до доения присутствовал окситоцин, но концентрация его была низкой.

Результаты указанных исследований свидетельствуют о возможности условнорефлекторного усиления кровоснабжения вымени перед началом доения. Однако они не позволяют сделать заключения о количественных изменениях в гемодинамике вымени. К тому же в данных работах недостаточно изучены механизмы, регулирующие кровоснабжение вымени коровы.

Целью наших исследований было изучение изменений кровоснабжения вымени коровы перед началом доения в ответ на условный стимул.

Эксперименты проведены в лаборатории лактации и физиологических основ машинного доения ВНИИФБиП сельскохозяйственных животных на 13 коровах 2—5-го отелов чернопестрой и холмогорской пород. В период опыта животные находились на 2—6-м месяце лактации. Суточный удой составлял в среднем 11,7 кг. В качестве условного стимула использовали звук работающего доильного аппарата.

Количественную оценку кровоснабжения вымени проводили с помощью электромагнитных датчиков объемной скорости кровотока хронического типа, которые накладывали оперативным путем под ингаляционным фторотановым наркозом на одну из наружных срамных артерий вымени. В ходе операции производили разрез в паховой области. Из окружающих тканей выделяли участок наружной срамной артерии длиной 3—4 см. После измерения диаметра на сосуд накладывали датчик, диаметр которого был на 5—10% меньше диаметра сосуда. Кабель датчика с разъемом на конце выводили через подкожный канал в область молочного зеркала, где его закрепляли.

Для прямой регистрации системного артериального давления в общий плече-головной ствол через одну из боковых ветвей сонной артерии вводили катетер из тромборезистентного материала длиной 40 см и внутренним диаметром 1,7 мм.

Объемную скорость кровотока (ОСК) регистрировали с помощью электромагнитного флоуметра MF-27, а артериальное давление — при помощи трансдьюсера давления. Усредненные показатели ОСК и системного артериального давления записывали на бумажной ленте полиграфа RM-86 фирмы Nihon-Kohden (Япония). Кроме того, через каждые 15 с с цифрового индикатора флоуметра считывали одномоментные значения ОСК.

Исследования проводили в экспериментальной камере. К камере был подведен вакуум-провод, к которому подключался доильный аппарат АДУ-1. Опыты проводили дважды в сутки с интервалом в 12 ч.

Проведено 2 серии экспериментов: первая — на 10 коровах, вторая — на 3. В каждой серии ОСК и артериальное давление регистрировали в течение 6 мин, предшествующих началу преддоильной подготовки вымени. В указанное время никаких манипуляций на вымени не проводилось.

В первой серии доильный аппарат включали в середине 6-минутного интервала регистрации. Опыты состояли из двух периодов: *A* — 3-минутный до включения доильного аппарата, *B* — 3-минутный период со звуком работающего доильного аппарата.

При проведении второй серии экспериментов доильный аппарат включали в начале 6-минутного периода регистрации. В целях исследования механизма изменения ОСК в вымени сопоставляли дан-

ные обеих серий. Для этого 6-минутный интервал второй серии был также разделен на два 3-минутных периода: *C* — первые 3 мин со звуком работающего доильного аппарата, *D* — вторые 3 мин со звуком работающего доильного аппарата.

В ходе каждого эксперимента рассчитывали сосудистое сопротивление вымени по формуле $R = \frac{P}{Q}$, где *R* — сосудистое сопротивление вымени, *P* — системное артериальное давление, *Q* — объемная скорость кровотока через вымя.

При статистической обработке данных применяли метод попарных сравнений сопряженных вариантов [8]. Достоверность различий между сравниваемыми величинами оценивали по Фишеру-Стьюденту.

Было проведено 853 измерения объемной скорости кровотока и 647 наблюдений артериального давления.

Результаты и их обсуждение

В первой серии экспериментов у 8 коров из 10 отмечено достоверное увеличение ОСК в вымени на 0,9—4,6% в 3-минутный период со звуком работающего доильного аппарата (период *B*) в сравнении с уровнем периода до его включения (*A*, табл. 1). У 2 коров (№ 7 и № 10) отмечена тенденция к увеличению ОСК в период *B*. График изменения ОСК в вымени в течение 6 мин также свидетельствует о ее увеличении в период *B* (рис. 1).

Таблица 1

Влияние 3-минутного периода со звуком работающего доильного аппарата на объемную скорость кровотока в вымени (первая серия экспериментов)

Порядковый № коровы	Средние показатели ОСК за 3-минутные периоды. л/мин		Разность $B - A (\pm)$		Ошибка средней разности
	<i>A</i>	<i>B</i>	л/мин	%	
1	2,66	2,71	+0,05***	1,9	0,01
2	2,73	2,79	+0,06***	2,2	0,01
3	1,75	1,83	+0,08***	4,6	0,01
4	2,51	2,57	+0,06*	2,4	0,03
5	2,67	2,71	+0,04***	1,5	0,01
6	4,33	4,37	+0,04*	0,9	0,02
7	2,94	2,96	+0,02	0,7	0,02
8	2,73	2,82	+0,09***	3,3	0,01
9	1,75	1,78	+0,03**	1,7	0,01
10	3,07	3,08	+0,01	0,3	0,01

Примечания. В данной и остальных таблицах: 1. * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$. 2. В данной и в табл. 2: *A* — период до включения доильного аппарата, *B* — период со звуком работающего аппарата.

Учитывая полученные данные, можно предположить, что увеличение ОСК в вымени в течение периода *B* произошло условнорефлекторно. Условным стимулом явился звук работающего доильного аппарата.

Установлено, что объемная скорость кровотока в органе прямо пропорциональна артериальному давлению и обратно пропорциональна сосудистому сопротивлению данного органа. Причем изменение сосудистого сопротивления значительно сильнее влияет на кровоток, чем изменение артериального давления. О возможных причинах изменения кровоснабжения вымени можно судить по данным табл. 2. Достоверное увеличение среднего артериального давления в системе большого круга кровообращения на 0,6—

2,3% в период со звуком работающего доильного аппарата наблюдалось у 7 коров. У 2 коров отмечена тенденция к увеличению системного артериального давления в период *B*. Среднее артериальное давление в течение 3 мин до включения доильного аппарата не изменялось (см. рис. 1). После включения доильного аппарата артериальное давление стало возрастать и достигло максимальных значений в течение последней минуты, предшествующей началу преддоильной подготовки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что среднее артериальное давление в большом круге кровообращения повышается в ответ на звук работающего доильного аппарата. Таким образом, в ответную реакцию на условный стимул вовлекается

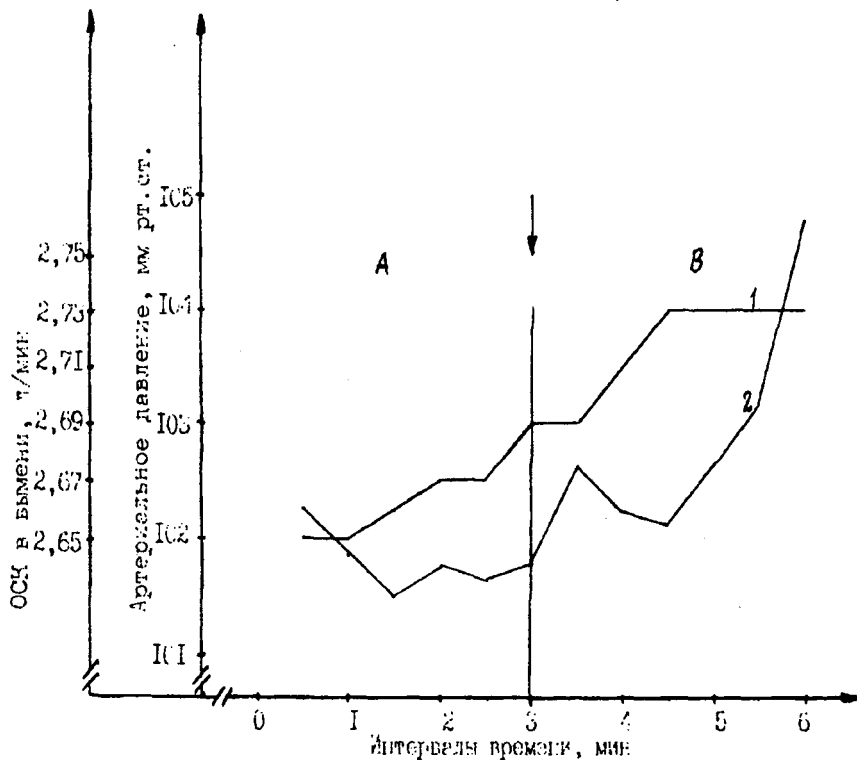


Рис. 1. Изменение ОСК в вымени и системного артериального давления под влиянием 3-минутного периода звука донльного аппарата (первая серия опытов).

A — 3-минутный период до включения донльного аппарата, *B* — 3-минутный период со звуком аппарата.

1 — средняя ОСК в вымени, 2 — среднее системное артериальное давление.

Стрелка — отметка включения донльного аппарата.

не только вымя как отдельный орган, но и вся система большого круга кровообращения.

Данные о сосудистом сопротивлении вымени перед началом доения представлены в табл. 2. Только у 2 коров отмечена тенденция к увеличению этого показателя в период воздействия звука работающего донльного аппарата. У остальных 7 коров наблю-

далось его достоверное снижение в период *B* (коровы № 1 и № 8) или отмечалась тенденция к снижению, т. е. расширению кровеносных сосудов вымени. Анализ данных о сосудистом сопротивлении вымени первой серии опытов указывает на возможное участие механизма расширения кровеносных сосудов вымени в регуляции кровоснабжения этого органа.

Таблица 2

Влияние 3-минутного периода звука доильного аппарата на системное артериальное давление крови и сосудистое сопротивление вымени (первая серия опытов, периоды *A* и *B*)

Порядковый № коровы	Артериальное давление крови, мм рт. ст.				Сосудистое сопротивление вымени, мм рт. ст./л/мин			
	средние показатели		разность $B - A (\pm)$	ошибка средней разности	средние показатели		разность $B - A (\pm)$	ошибка средней разности
	<i>A</i>	<i>B</i>			<i>A</i>	<i>B</i>		
1	99,86	99,88	+0,02	0,41	38,53	37,84	-0,69*	0,27
2	87,07	89,09	+2,02***	0,38	39,40	39,26	-0,14	0,28
3	117,39	118,56	+1,17*	0,56	60,68	60,60	-0,08	0,58
4	99,20	99,83	+0,63	0,48	40,04	39,34	-0,70	0,46
5	113,18	113,88	+0,70**	0,23	45,42	45,08	-0,34	0,22
6	95,69	97,49	+1,80***	0,26	22,41	22,59	+0,18	0,13
7	111,94	112,88	+0,94*	0,33	35,82	35,69	-0,13	0,33
8	103,85	105,50	+1,65***	0,31	41,38	40,67	-0,71***	0,21
10	104,70	105,70	+1,0**	0,38	34,67	35,00	+0,33	0,23

Ранее было отмечено, что температура кожи вымени повышается по мере приближения времени доения [2, 5]. Указанный факт свидетельствует о возможном влиянии фактора времени на повышение кровоснабжения вымени. Методика проведения первой серии опытов была такова, что период *B* (со звуком доильного аппарата) по времени следовал за периодом *A* (до включения аппарата), поэтому можно было предположить, что увеличение ОСК в вымени в период *B* вызвано только временем приближающегося доения. Следовательно, на основании результатов первой серии опытов нельзя с полной уверенностью делать вывод о том, что возрастание ОСК в вымени в период *B* есть результат только условнорефлекторного влияния звука работающего доильного аппарата. К тому же методика первой серии экспериментов не

позволяла подробнее исследовать механизм увеличения ОСК в вымени.

Для ответа на данные вопросы была проведена на 3 коровах вторая серия экспериментов, в которой доильный аппарат включали не за 3 мин до начала преддоильной подготовки, как в первой серии опытов, а за 6 мин до ее начала. Полученные результаты свидетельствуют о том, что ОСК в вымени в период первых 3 мин (период *C*) после включения доильного аппарата у 2 коров была достоверно выше на 1,6 и 1,8%, чем в последующие 3 мин со звуком работающего аппарата (период *D*, табл. 3). У коровы № 11 различий в значениях ОСК в периоды *C* и *D* не наблюдалось. Если бы на кровоснабжение вымени оказывал влияние только фактор времени, то в период *D*, как в период, предшествующий доению, ОСК в вымени была бы

Влияние 6-минутного периода звука донльного аппарата на показатели кровообращения
(вторая серия опытов)

Порядко- вый № хорovy	Объемная скорость кровотока в вымени, л/мин				Артериальное давление крови, мм рт. ст.				Сосудистое сопротивление вымени, мм рт. ст./мин			
	средние показатели		разность $D-C(\pm)$	ошибка средней разности	средние показатели		разность $D-C(\pm)$	ошибка средней разности	средние показатели		разность $D-C(\pm)$	ошибка средней разности
	C	D			C	D			C	D		
11	3,98	3,98	0	0	147,31	149,34	+2,03***	0,51	37,60	37,90	+0,30	0,22
12	2,55	2,51	-0,04**	0,01	108,05	109,63	+1,58***	0,47	43,21	44,52	+1,31***	0,35
13	2,75	2,70	-0,05**	0,02	108,87	111,52	+2,65***	0,45	41,57	43,41	+1,84***	0,36

П р и м е ч а н и е. C — период первых 3 мин со звуком донльного аппарата, D — период вторых 3 мин со звуком донльного аппарата.

выше, чем в период *C*. Результаты второй серии опытов свидетельствуют, что повышения ОСК в вымени за 3-минутный интервал, предшествующий началу преддоильной подготовки, не наблюдалось, а было отмечено даже ее снижение. Поэтому можно с уверенностью заключить, что увеличение ОСК в вымени в период *B* (первая серия опытов) явилось не следствием приближающегося времени доения, а было результатом условнорефлекторного влияния звука работающего доильного аппарата.

Следует отметить, что максимальные значения ОСК в вымени во второй серии опытов наблюдались в интервалы времени 1 и 1,5 мин (рис. 2). Через 2 мин от начала регистрации значения ОСК снизились, что свидетельствует о кратковременном характере увеличения кровотока в вымени в период *C*. Изменения ОСК в вымени во второй серии подтверждают сделанный ранее вывод о том, что повышение ОСК в вымени наступает условнорефлекторно в ответ на звук доильного аппарата.

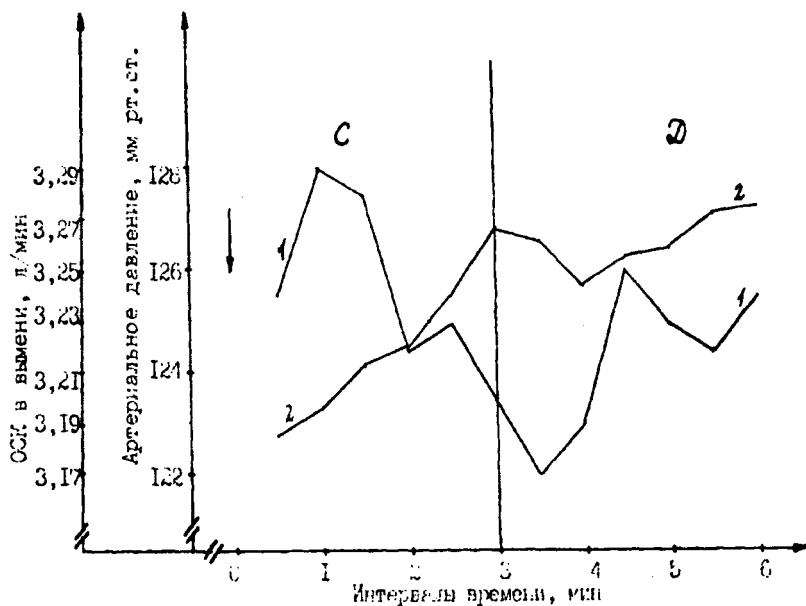


Рис. 2. Изменение ОСК в вымени и системного артериального давления под влиянием 6-минутного периода звука доильного аппарата (вторая серия опытов).

C — период первых 3 мин со звуком работающего аппарата, *D* — период вторых 3 мин со звуком работающего аппарата.

1 — средняя ОСК в вымени, 2 — среднее системное артериальное давление.

Стрелка — отметка включения доильного аппарата.

Среднее артериальное давление в период *D* (вторые 3 мин со звуком аппарата) было достоверно выше на 1,4—2,4%, чем в период *C* (первые 3 мин со звуком доильного аппарата, табл. 3). Увеличение артериального давления произошло в первые 3 мин после включения доильного аппарата (рис. 2). В течение последующих 3 мин работы доильного аппарата (период *D*) артериальное давление оставалось на достигнутом уровне.

Результаты второй серии опытов подтверждают ранее сделанный вывод о возрастании артериального давления в ответ на звук доильного аппарата.

Данные о сосудистом сопротивлении вымени, полученные во второй серии экспериментов, указывают на его достоверное увеличение у 2 коров на 3,0—4,4% в период *D*. Это убедительно свидетельствует о расширении сосудов вымени в период первых 3 мин со звуком работающего доильного аппарата и сужении их в последующие 3 мин. Артериальное давление в период *C*, когда значения ОСК в вымени были максимальными, было ниже, чем в период *D*. Таким образом, во второй серии опытов усиленное кровоснабжение вымени за первый 3-минутный период работы доильного аппарата вызвано в большей степени расширением кровеносных сосудов вымени, чем увеличением системного артериального давления.

В обеих сериях опытов установлено, что в усилении кровоснабжения вымени в ответ на условный стимул участвуют оба изучаемых механизма: увеличение

системного артериального давления и расширение сосудов вымени. Какова взаимосвязь между ними и как объяснить полученные результаты при сопоставлении обеих серий опытов? Если в первой серии усиление кровоснабжения вымени в ответ на условный стимул вызвано одновременным возрастанием системного артериального давления и расширением сосудов вымени, то во второй увеличение ОСК в вымени в первые 3 мин работы доильного аппарата обусловлено в основном расширением сосудов вымени. В последующие 3 мин, когда, казалось бы, возрастание артериального давления должно привести к еще большему увеличению ОСК в вымени, отмечено ее снижение.

Указанные факты можно объяснить, изучив механизм сосудорасширения. Ранее полученные данные [1, 10—12, 15] позволяют предположить, что расширение сосудов вымени, отмеченное в наших опытах, вызвано воздействием на них гормона окситоцина, выделяющегося из нейрогипофиза в ответ на звук доильного аппарата. Данное предположение позволяет объяснить результаты, полученные во второй серии опытов. Звук доильного аппарата, включенного за 6 мин до начала доения, вызывал в течение первых 3 мин увеличение артериального давления и кратковременное расширение сосудов вымени, вызванное влиянием окситоцина. Вероятно, в ответ на звук доильного аппарата окситоцина выделялось значительно меньше, чем его освобождается из нейрогипофиза в период доения. Об этом свиде-

тельствуем установленный нами факт незначительного (0,9—4,6%) и кратковременного увеличения ОСК в вымени перед началом доения. В последующие 3 мин работы доильного аппарата концентрация окситоцина в связи с его инактивацией снижается, действие его на сосуды прекращается, что приводит к сужению сосудов и, как следствие, уменьшению ОСК в вымени. Поэтому в период *D* при более высоких значениях системного артериального давления показатели ОСК в вымени были ниже, чем в период *C*.

Увеличение кровоснабжения вымени, несомненно, создает более благоприятные условия для реализации рефлекса молокоотдачи. Поэтому важно, чтобы показатели ОСК в вымени к моменту начала доения были как можно выше. В первой серии опытов доение начиналось в тот момент, когда показатели ОСК в регистрируемый период были максимальными. Во второй показатели ОСК в вымени за 3 мин до начала доения были меньше, чем в предшествующие 3 мин. Указанные различия обусловлены разным периодом воздействия звука доильного аппарата. В первой серии экспериментов в течение 3 мин перед началом доения на ОСК в вымени одновременно воздействовали оба рассматриваемых механизма регуляции: увеличение артериального давления и расширение сосудов вымени. Во второй доение начиналось в момент, когда отсутствовал один из механизмов, усиливающих кровоснабжение вымени, а именно механизм расширения сосудов

вымени, вызванного воздействием окситоцина.

Представленные факты свидетельствуют, что включение доильного аппарата за 3 мин до начала преддоильной подготовки приводит к более усиленному кровоснабжению вымени, чем включение аппарата за 6 мин до ее начала.

Выводы

1. Звук работающего доильного аппарата вызывает у коровы перед началом доения условно-рефлекторное увеличение объемной скорости кровотока в вымени.

2. Среднее артериальное давление в системе большого круга кровообращения увеличивается в ответ на звук доильного аппарата, что свидетельствует о вовлечении в ответную реакцию не только вымени, но и всей системы большого круга кровообращения.

3. Увеличение кровоснабжения вымени до начала доения вызвано возрастанием системного артериального давления и расширением сосудов вымени, которое, вероятно, обусловлено воздействием на них гормона молокоотдачи окситоцина.

4. Включение доильного аппарата за 3 мин до начала доения создает более благоприятные условия для кровоснабжения вымени, чем включение аппарата за 6 мин до его начала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боков Е. В., Меццяков В. П., Тверской Г. Б. Влияние окситоцина на кровообращение в вымени коровы. — Бюлл. ВНИИФБиП

с.-х. животных, 1988, вып. 2 (90), с. 36—39. — 2. *Бреслав И. С., Павлов Г. Н.* Влияние некоторых раздражителей на кожно-сосудистую реакцию вымени. — Тр. ЛСХИ, 1958, вып. 14, с. 7—14. — 3. *Владимирова А. Д.* О рефлекторной регуляции кровоснабжения молочной железы. — Журн. общей биологии, 1955, вып. 16, с. 141—147. — 4. *Грачев И. И., Галацнев В. П.* Физиология лактации, общая и сравнительная. — В сер. «Руководство по физиологии», Л.: 1973, с. 181. — 5. *Деев Н. Г.* Характеристика сосудистой реакции молочных желез у животных разных видов в зависимости от функционального состояния вымени и действия различных факторов. — В сб. науч. работ Алтайской науч.-исслед. вет. станции, Барнаул: 1972, вып. 3, с. 314—317. — 6. *Евсеев П. Е.* Условно-рефлекторная деятельность крупного рогатого скота. — Сов. зоотехния, 1952, № 2, с. 88—92. — 7. *Кокорина Э. П.* Особенности рефлекса молокоотдачи у коров с различной подвижностью и уравнове-

шенностью корковых нервных процессов. ДАН СССР, сер. биол., 1956, т. 108, № 4, с. 746—749. — 8. *Лакин Г. Ф.* Биометрия, М.: 1980. 9. *Тверской Г. Б., Жестоканов О. П., Мещеряков В. П.* Влияние машинного доения на кровообращение в вымени коровы. — Бюл. ВНИИФБиП с.-х. животных, 1988, вып. 2 (90), с. 32—36. — 10. *Cleverly J. D. and Folley S. J.* Life in the circulation. J. of Endocrinology, 1970, vol. 46, p. 347—361. — 11. *Dhondt G., Houvenaghel A., Peeters G., Verschooten F.* — Arch. Internat. de Pharmacodynamie et de Therapie, 1973, vol. 204, N 1, p. 89—104. — 12. *Folley S. J., and Knaggs G. S.* — J. of Endocrinology, 1966, vol. 34, N 2, p. 197—214. — 13. *Gorewit R. C. and Scott N. R.* — J. of Dairy Science, 1986, vol. 69, p. 1122—1127. — 14. *Houvenaghel A., Peeters G., Verschooten F.* — Arch. Internat. de Pharmacodynamie et de Therapie, 1973, vol. 205, N 1, p. 124—133. — 15. *Sibaja R. A. and Schmidt G. H.* — J. of Dairy Science, 1975, vol. 58, N 4, p. 569—570.

Статья поступила 24 июня 1999 г.

SUMMARY

It has been found that there is provisory reflex increase in volume speed of blood flow in udder and in average arterial pressure in the system of large circle of blood flow in udder and in average arterial pressure in the system of large circle of blood circulation in response to the sound of operating milking apparatus. Higher blood supply of the udder is caused by increased systemic arterial pressure and by expansion of blood vessels of the udder. In is supposed that expansion of vessel channel of the udder before beginning of milking results from the effect on the vessels of hormone oxytocin released in response to the sound of operating milking apparatus. It has been found that switching on the milking apparatus 3 minutes before the beginning of milking produces more favourable conditions for blood supply of the udder than switching it on 6 min. before the beginning of milking.