

УДК 637.112.5:007.52(476).

ВЛИЯНИЕ РОБОТИЗАЦИИ ДОЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА НА ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Лоретц О.Г., доктор биологических наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, РФ;

Горелик О.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, РФ;

Харлап С.Ю., кандидат биологических наук, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, РФ;

Неверова О.П., кандидат биологических наук, доцент, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, РФ;

Павлова Я.С., ассистент Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, РФ.

Аннотация. Доильное оборудование является основным звеном в технологии производства молока на молочной ферме. Использование современного доильного оборудования при разных условиях содержания, на базе одного предприятия, своевременно и актуально. Доказана высокая эффективность влияния технологии машинного доения коров роботизированным оборудованием, как на увеличение молочной продуктивности, так и на рентабельность производства молока в среднем на 1 корову. Прибыль от продажи молока в зачетном весе выше в опытной группе коров, где доение проводилось доильным роботом компании DeLaval, и составила 62231,4 руб. в среднем от каждой коровы.

Ключевые слова: коровы, технология доения, доильное оборудование, молокопровод, доильный робот, продуктивность, производительность, рентабельность.

Annotation. Milking equipment is the main link in the technology of milk production on a dairy farm. The use of modern milking equipment under different conditions, on the basis of one enterprise, is timely and relevant. High efficiency of influence of technology of machine milking of cows by the robotic equipment, both on increase in dairy productivity, and on profitability of production of milk on the average on 1 cow is proved. The profit from the sale of milk in the test weight is higher in the experimental group of cows, where milking was carried out by the milking robot of DeLaval, and amounted to 62231,4 rubles. on average from each cow.

Keywords: cows, milking technology, milking equipment, dairy, milking robot, productivity, productivity, profitability.

Доильное оборудование является основным звеном в технологии производства молока на молочной ферме, так как, во-первых, доение самый трудоемкий процесс молочного производства; во-вторых, именно на доильной установке работает система человек – животное – молоко, причем доильное оборудование влияет на все факторы этой системы, начиная от правильной работы персонала, здоровья животных и заканчивая качеством получаемой продукции; в-третьих, именно здесь собирается, обновляется и зафиксирована информация о продуктивных качествах молока, воспроизводстве, физиологическом состоянии животных [1-3, 12].

Поэтому выбор технологии машинного доения есть задача первоочередной важности при работе любого молочного комплекса, а изучение продуктивности коров, при использовании современного доильного оборудования, на базе одного предприятия, в настоящее время своевременно и актуально.

Экспериментальная часть работы была проведена в 2017 году. Предметом исследования явились доильные установки при привязном и

беспривязном содержании, а объектом исследований коровы черно-пестрой породы.

Для проведения исследований было подобрано 2 группы животных методом сбалансированных групп.

1 группа – контрольная – коровы содержались на привязи, доение коров на линейной установке с использованием доильного агрегата АДМ-8;

2 группа – опытная – коровы находились на беспривязном содержании, доение доильным роботом компании DeLaval.

Агрегаты доильные с молокопроводом АДМ-8А-2 компании ООО «Профимилк» (рис. 1), предназначены для доения коров при привязном содержании в стойлах. В процессе доения осуществляется: транспортировка молока в молочное отделение по трубопроводу из нержавеющей стали, расположенному над головами коров; групповой учет надоя (в расчете один групповой счетчик молока на 50 коров); фильтрация, охлаждение молока и подача его к месту сбора и хранения. Аппарат укомплектован устройством для автоматической промывки всего доильного оборудования, контактирующего с молоком [4-6].

Технологическая схема работы АДМ-8А-2 при доении коров показана на рисунке 1.

В состав агрегата входят: магистральный вакуум-провод, вакуумная установка УВУ-60/45А с вакуумметром и вакуум-регулятором, молокопровод, переключатели, молокоприемник, центробежный молочный насос, фильтр молока, пластинчатый охладитель молока, счетчики группового надоя, доильные аппараты, автомат промывки молочной линии со стендом промывки доильных аппаратов, электронагреватель, танк-охладитель молока [4-5].

Отвод молока от коровы осуществляется за счет отсоса молока доильным аппаратом из цистерны вымени животного под действием вакуума. Вакуум создается вакуумным насосом, его величина поддерживается вакуум-регулятором, а визуально контролируется с помощью вакуумметра и для предохранения вакуумных насосов от перегрузок. Ветви вакуум-провода

размещены над стойлами. Их собирают из металлических труб диаметром один дюйм с постоянным уклоном (0,005-0,01) в сторону молочной. По вакуумпроводу сверху монтируется молокопровод, состоящий из нержавеющей труб с внутренним диаметром 38 мм, соединенных между собой молочно-вакуумными кранами и соединительными муфтами [13].

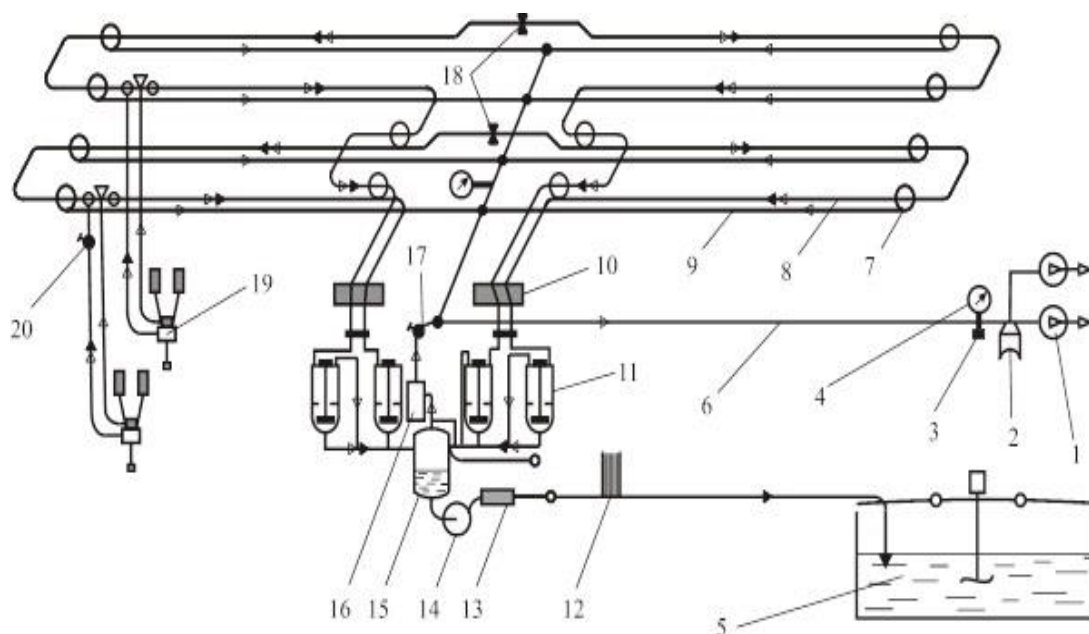


Рисунок 1 – Схема работы доильного агрегата с молокопроводом АДМ-8А-2

1 – вакуумный насос; 2 – вакуум-баллон; 3 – вакуум-регулятор; 4 – вакуумметр; 5 – резервуар-охладитель молока; 6 – магистральный вакуумпровод; 7 – устройство подъема молокопровода; 8 – стойловый вакуумпровод; 9 – молокопровод; 10 – переключатель с доения на промывку; 11 – дозатор молока; 12 – пластинчатый охладитель молока; 13 – фильтр молочный; 14 – молочный насос; 15 – молокосорник; 16 – предохранительная камера; 17 – кран вакуумный; 18 – разделитель молокопровода; 19 – доильный аппарат; 20 – кран молочный

На каждой петле молокопровода на 100 голов над центральным проходом в коровнике установлен разделитель, который делит молокопровод на две ветви, каждая из которых собирает молоко от коров, закрепленных за одним оператором. Это создает лучший вакуумный режим доения за счет быстрой направленной эвакуации молока из молокопровода и учет надоя от группы коров. Молоко из доильного аппарата поступает (при контрольных дойках проходя через УЗМ-1А) с помощью молочного крана в молокопровод (рис. 2). По нему транспортируется в молочное отделение, где, проходя через

переключатель режимов, учитывается надой от групп коров дозаторами. Из дозаторов молоко поступает в молокоприемник. Под собственным весом молоко, отделяясь от воздуха, опускается в нижнюю часть сборника и молочным насосом перекачивается через фильтр и пластинчатый охладитель в танк-охладитель для хранения, где поддерживается температура молока 10-12°C [7-9].

Сбор молока от отдельных групп животных для его первичного хранения производится в молокоприемнике. Перед промывкой вынимается тканевый фильтр, вынимается переключатель и устанавливается в положение «промывка», разделительный кран открывается, заливается моющее средство, открывается кран водопровода, доильные аппараты установлены на стенде, в стаканы вставляются промывочные разбрызгиватели, включается аппарат промывки и пульт управления молочным насосом. При промывке в момент циркуляции во всей системе АДМ-8А-2 циркулирует от 120 до 130 л воды температурой 70-75°C. Применяется жидкий концентрат моющего средства, который отмеряется дозатором в количестве 3 л на весь объем воды и подается в чашу бака. Концентрация моющего раствора равна 0,3 %.

Технология машинного доения коров доильным роботом компании DeLaval

Пропускная способность одного бокса робота предназначена для обслуживания 50-70 коров. Для обслуживания 120 голов крупного стада установлено 2 роботизированных бокса компании DeLaval. При входе коровы в роботизированный доильный бокс происходит ее идентификация, и компьютер по показателю продолжительности от последнего доения, определяет нужно ли доить ее, или выпустить из бокса. Если решение о необходимости доения принято в кормушку подается порция концентрированных кормов, а корова запирается сзади специальным манипулятором (рис. 2) [10-15].

Манипулятор системы DeLaval изготовлен из усиленной нержавеющей стали, поэтому он устойчив к жестким внешним условиям (рис. 2). Он выполняет работы: подготовку сосков перед доением, предварительную промывку, сушку, стимуляцию сосков, подсоединяет доильные стаканы, при

необходимости прикрепляет их повторно, выравнивает молочные шланги и обрабатывает соски после доения.



Рисунок 2 – Доильный робот компании DeLaval

Принцип работы робота заключается в позиционировании коровы, затем примерно через 10 секунд рука-робот захватывает устройство для обмыва и подводит его под вымя. Индивидуально очищается каждый сосок теплой водой и воздухом, затем стимулируется и сушится, одновременно при этом выдаются первые струйки молока. На санитарную обработку сосков затрачивается всего несколько секунд, но на 15-30% улучшает сортность молока и сокращает время молокоотдачи [13-14].

Промывочный стакан имеет отдельную линию, поэтому первые струйки молока из каждой четверти вымени тестируются на наличие заболевания вымени и не попадают в основную молочную линию, а отводятся в специальную емкость. После очистки вымени рука робота отводит устройство в специальную выемку, где промывается водой и обрабатывается дезинфицирующими средствами [10-11].

Система визуализации сосков снабжена оптической камерой, объединенной с двумя лазерами, что приводит к повышению скорости и

точности нахождения сосков для быстрого и надежного подсоединения доильных стаканов.

Рука робота снова подводится под корову, но уже с доильным аппаратом, и с помощью лазера начинается его позиционирование, причем в качестве точки отсчета служат передние соски. По окончании позиционирования робот начинает последовательно надевать доильные стаканы на соски, начиная с задних четвертей вымени. Если надеть доильные стаканы сразу не удалось, то робот может сделать еще две дополнительные попытки. После третьей неудачной попытки он выпускает корову и выдает сообщение об этом на дисплей компьютера, а также подает звуковой сигнал. Но в принципе робот справляется с надеванием стаканов и начинается доение [10-11].

Каждая четверть выдаивается индивидуально. Система оснащена отдельными счетчиками молока для каждой четверти для регистрации времени, надоя, интенсивности, электропроводности и наличия крови. Система предоставляет доступ к информации о состоянии каждой коровы, что позволяет своевременно принимать правильные решения.

Все коровы имеют индивидуальные отличия, робот-дойяр учитывает это и работает с ними индивидуально не просто с каждой коровой, а и с каждым соском. Одной из наиболее распространенных причин заболевания маститом является «холостое» доение, которое происходит в конце процесса, когда в одном соске молоко еще есть, в другом – уже нет, но вакуум продолжает работать и тянуть. В фирме была создана «система добровольного доения», когда каждая четверть вымени выдаивается отдельно и с соска, в котором уже молоковыделение закончилось, доильный стакан автоматически снимается. Четыре оптических счетчика молока по одному на каждую четверть отслеживают отклонения в интенсивности потока, надое, электропроводности и уровне крови [13-15].

После каждой коровы все стаканы тщательно промываются изнутри, переворачиваются, чтобы во время высыхания в них не проникла грязь. Робот-

дояр мгновенно обнаруживает падение стаканов их втягивание, но перед повторным прикреплением промывает их.

Причем, такая многофункциональная рука-робот может работать в диапазоне движений человеческой руки и легко справляется с узким, широким, высоким, низким выменем и любыми вариациями его формы, и с любой формой и прикреплением сосков к вымени. Что существенно сокращает отбраковку коров по пригодности к доению и влияет, в конечном счете, на повышение продуктивности и рентабельности [10-15].

Входящий в состав системы DeLaval роботизированный манипулятор с гидравлическим приводом, предъявляет меньше требований к техническому обслуживанию и обладает более высокой надежностью. Прочная и плавная рука робота работает быстро и тихо и последовательно выполняет все операции как нравится коровам.

Чтобы экономить время, все функции полностью автоматизированы и обеспечивают круглосуточную работу системы. Программируемая автоматическая чистка пола позволяет коровам всегда стоять на чистой поверхности и даже автоматическое дезинфицирование сосков после доения. Стойло, робот - рука, ворота и рама робота электрополированы, что придает станции уникальный вид и облегчает ее чистку. Остальные компоненты станции робота выполнены из окрашенной в синий цвет нержавеющей стали. Стойло с встроенным полом из нержавеющей стали. Во время доения между задними конечностями находится решетка, для фиксации конечностей по ширине вымени, а корова стоит на нескользком резиновом мате [11-13].

Интерфейс с сенсорным экраном предоставляет вам быстрый и понятный контроль над всей системой. Чтобы обучить новую корову, станцию можно переключить в ручной режим. Также можно задавать координаты сосков новой коровы вручную если есть необходимость. Программное обеспечение для управления системой позволяет не только доение коров, но и системы охлаждения, кормления и многое другое.

Основной панелью управления является средство мониторинга коров. Оно легко и быстро выявляет коров, которым необходимо внимание, по отклонениям в интервалах между доениями, электропроводности, крови и надоям. Программное обеспечение помогает управлять передвижением коров за счет селективных дверей. Кроме того, у оператора есть доступ к системе с компьютера.

Сравнивая данные производительности доильных установок при разных способах содержания (табл. 1) видно, что все показатели ниже у контрольной группы, где доение коров в молокопровод АДМ-8 при привязном содержании, причем достоверно ниже показатели по продуктивности коров и по производительности доильных установок.

Таблица 1 – Производительность доильных установок

Показатели	Группы	
	1	2
Прошло доений, шт.	406	292
Выдоено, гол.	203	107
Суточный удой, кг	23,72	31.1
Количество доений в сутки, раз	2,0	2,7
Средний удой на 1 доение, кг	11,86	11,4
Технологические операции на 1 гол., мин. в том числе собственно доение, мин.	9'30"* 7'00"	7'30" 6'02"
Интенсивность за 1 доение, кг/мин.	1,28	1,56
Скорость молокоотдачи, кг/мин.	1,69	1,89
Сброшено в ведро, кг	5	25*
Неудачно, гол.	-	5
Коров в запуске, гол.	17	3

Примечание: P ≤ 0,05* P ≤ 0,01** P ≤ 0,001***

Достоверная разница в пользу опытных групп и по показателю – сброшено в ведро на 54 кг, по сравнению с контрольной группой, что наглядно показывает, как компьютер по электропроводности отбраковывает молоко больных коров, а человеком такая работа не проводится.

Существенная разница в основном показателе – прошло доений. Коровы при доении роботом подходят на доение почти на 71,5 % больше, причем размах от 2 до 6 раз, соответственно накопление молока меньше, чем при двухразовом доении, и показатель средний удой на 1 доение при привязном содержании на 0,76 кг больше. У коров, которых доили с помощью роботизированной установки, был выше удой за лактацию (табл. 2).

Таблица 2 – Молочная продуктивность коров

Показатели	Группы	
	1	2
Удой на фуражную корову за год, кг	7638±0,45	7967±0,2
Продуктивность за 305 дней лактации, кг	7234±0,2	7952±0,3
Суточный удой, кг	23,72±0,96	26,07±0,2*
МДЖ, %	3,76±0,2	3,92±0,2
МДБ, %	3,06±0,2	3,11±0,2
Молочный жир, кг	271,99±0,2	311,7±0,2*
Молочный белок, кг	221,36±0,2	247,3±0,3*
Количество жира и белка, кг	493,35±0,2	559,0±0,2*
Молоко базисной жирности, кг	8212,4±0,2	9168±0,4*
Количество соматических клеток в сборном молоке, тыс./мл	822±0,12	192±0,2*

Примечание: $P \leq 0,05$ * $P \leq 0,01$ ** $P \leq 0,001$ ***

Сравнивая показатели таблицы 2 видно, что по показателям удоя молока на 1 корову между контрольной и опытной группами сохраняется тенденция по

повышению продуктивности коров, что подтверждают и достоверные различия по среднесуточному удою и содержанию жира в молоке. Это существенно повлияло на выход молочного жира и белка и на получение молока базисной жирности.

В таблице 3 представлен расчет экономической эффективности влияния технологии машинного доения коров на производство молока в среднем на 1 корову, при использовании разного доильного оборудования.

Таблица 3 – Экономическая эффективность производства молока

Показатели	Группы	
	1	2
Продуктивность за 305 дней лактации, кг	7234	7952
Себестоимость 1 кг молока, руб.	20,07	22,51
Валовая себестоимость молока, руб.	134551,6	152837,4
Сдано молока в зачетном весе, ц	7999,9	9074,6
Цена реализации 1 кг молока, руб.	23,7	23,7
Стоимость реализованного молока базисной жирности, тыс. руб.	189597,6	215068,8
Прибыль от молока базисной жирности, тыс. руб.	55046,0	62231,4
Рентабельность, %	40,9	40,7

Из приведенных расчетов таблицы 3 следует, что производство молока рентабельно как по контрольной группе, так и в опытной группе, при привязном и беспривязном содержании. В связи с тем, что затраты на производство 1 кг молока (при одинаковой цене реализации) в контрольной группе ниже на 2, 44 руб., чем в опытной группе, соответственно и валовая себестоимость полученного молока ниже так же в контрольной группе

примерно на 18 тыс. руб. на каждую голову. При перерасчете на молоко базисной жирности эти показатели уравниваются.

Прибыль от продажи молока в зачетном весе выше в опытной группе коров, где доение проводилось доильным роботом компании DeLaval, и составила 62231,4 руб. в среднем от каждой коровы, за счет высокого качества молока и высокой молочной продуктивности. В контрольной группе прибыль на 1 голову составила более 55 тыс. рублей.

Поэтому рентабельность производства молока у контрольной и опытной групп отличается незначительно.

Таким образом, доказана высокая эффективность влияния технологии машинного доения коров роботизированным оборудованием, как на увеличение молочной продуктивности, так и на рентабельность производства молока в среднем на 1 корову.

Список литературы

1. Лоретц О.Г. [Влияние технологии содержания и кратности доения на продуктивность коров и качество молока](#)// [Аграрный вестник Урала](#). 2013. [№ 8 \(114\)](#). С. 72-74.
2. Донник И.М., Шкуратова И.А., Исаева А.Г., Верещак Н.А., Кривоногова А.С., Бейкин Я.Б., Портнов В.С., Барашкин М.И., Лоретц О.Г. [Физиологические особенности животных в районах техногенного загрязнения](#)// [Аграрный вестник Урала](#). 2012. [№ 1 \(93\)](#). С. 26-28.
3. Лоретц О.Г. [Влияние генетических и экологических факторов на продуктивное долголетие](#)// [Аграрный вестник Урала](#). 2014. [№ 9 \(127\)](#). С. 34-37.
4. Донник И.М., Шкуратова И.А., Бурлакова Л.В., Мымрин В.С., Портнов В.С., Исаева А.Г., Лоретц О.Г., Барашкин М.И., Кошелев С.Н., Абилева Г.У. [Адаптация импортного скота в уральском регионе](#) // [Аграрный вестник Урала](#). 2012. [№ 1 \(93\)](#). С. 24-26.

5. Самойлов В.Н., Малькова Ю.В. [Оценка эффективности производства и сбыта продукции животноводства в интегрированных формированиях](#) // [Аграрный вестник Урала](#). 2012. [№ 7 \(99\)](#). С. 103-105.

6. Кижлай Г.М., Рогалева Н.С. [Комплексная оценка эффективности производства молока и ее необходимость в условиях импортозамещения](#)// [Аграрный вестник Урала](#). 2015. [№ 5 \(135\)](#). С. 87-91.

7. [Тихомирова, Н.А. Технология и организация производства молока и молочных продуктов. – Москва: Дели принт, 2010 – 562 с.](#)

8. [Дзалаева К.Э. Влияние возраста коровы на молочную продуктивность и зоотехническое обоснование оптимальной возрастной структуры дойного стада \[Текст\]/ К.Э. Дзалаева, Е.Г. Емельянов, А.К. Лацоева, Г.С. Тукфатулин, А.А. Хетагурова// Проблемы развития АПК региона. - 2016. - №25. - 1с.](#)

9. [Заяц О.В. Производство молока при привязном и беспривязном способах содержания дойного стада \[Текст\]: Учебник для вузов / О.В. Заяц, Т.А. Ковалевская, В.Н. Куртина, Л.М. Линник, Н.Л. Фурс // Ученые записки учреждения образования "Витебская ордена "Знак почета" государственная академия ветеринарной медицины. - 2014. - №2. - 1с.](#)

10. [Абрампальская О.В. Анализ факторов, влияющих на молочную продуктивность коров в условиях племенного завода \[Текст\] / О.В. Абрампальская, Д. Абылкасымов, М.Е. Журавлева и др. // Вестник АПК Верхневолжья. - 2018. - №1. – с.34-37](#)

11. [Козловский В. Продуктивность черно-пестрых коров \[Текст\] / В. Козловский // Молочное и мясное скотоводство. – 2016.- №2 – с.30](#)

12. [Крючкова Е.П. Продолжительность хозяйственного использования \[Текст\] / Е.П. Крючкова // Зоотехния. – 2015. - №2. – с. 16](#)

13. [Norheim G. Chronic copper poisoning in sheep. The distribution of soluble copper molybdenum and zinc binding proteins from liver and kidney. / G. Norheim, N.E. Soli // ActaPharmacol, 2017. – 40. – P. 178-187.](#)

14. Soremark R., Hunt V.R. Autoradiographic studies of the distribution of polonium-210 in mice after a single intravenous injection // Int. J. Radiat. Biol. 2016. 11. P. 43-50.

15. Underwood E. G. Trace elements in human and animal nutrition. // 4rd Ed. -New York: Acad. Press, 2017. 402 p.

List of references

1. Loretz, O. G. Influence of technology content and frequency of milking on cow performance and milk quality//Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 8 (114). P. 72-74.

2. Donnik I. M., Shkuratova I. A., Isaeva A. G., Vereshchak N. A. Krivonogova A. S., Beykin Y. B., Portnov V. S., Barashkin M. I., Loretts O. G. Physiological characteristics of animals in the areas of technogenic pollution// Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. No. 1 (93). P. 26-28.

3. Loretz, O. G. Influence of genetic and environmental factors on productive longevity// Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. № 9 (127). P. 34-37.

4. Donnik I. M., Shkuratova I. A., Burlakova, L. V., Mymrin V. S., Portnov V. S., Isaeva A. G., Loretts O. G., Barashkin M. I., Koshelev S. N., Abileva G. W. Adaptation of imported cattle in the Urals region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. No. 1 (93). P. 24-26.

5. Samoilov V. N., Malkova Yu. V. Evaluation of the efficiency of production and marketing of livestock products in integrated formations // agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 7 (99). P. 103-105.

6. Kiely G. M., Rogaleva N. With. Complex assessment of efficiency of milk production and its necessity in terms of import substitution// journal of Agricultural Urals. 2015. № 5 (135). P. 87-91.

7. Tikhomirova, N. Ah. Technology and organization of milk and dairy products production. – Moscow: deli print, 2010 – 562 c.

8. Dzalaeva K. E. the Influence of age of cows on milk production and zootechnical study the optimal age structure of dairy cattle [Text]/ K. E. Dzalaev, E.

G. Emel'yanov, A. K. Lacueva, G. S. Tukhfatullin, A. A. Khetagurov // problems of development of agribusiness in the region. - 2016. - №25. - 1C.

9. Zayats O. V. Production of milk with tethering and loose housing methods of upkeep of a milch herd [Text]: Textbook for high schools / O. V. Hare, T. A. Kovalevskaya, V. N. Curtin, L. M. Linnik, N. L. Furs // the Scientists notes of the educational institution "Vitebsk order "badge of honor" state Academy of veterinary medicine. - 2014. - №2. - 1C.

10. Abrapalabra O. V. Analysis of factors influencing dairy cow performance in terms of plant breeding [Text] / O. V. Abrapalabra, D. Abylkasymov, M. E. Zhuravlev et al. // Bulletin of agrarian and industrial complex of the upper Volga region. - 2018. - №1. – S. 34-37

11. Kozlovsky V. Productivity of black-and-white cows [Text] / V. Kozlovsky // Dairy and beef cattle. - 2016.- №2-p. 30

12. Kryuchkova E. p. Duration of economic use [Text] / E. p. Kryuchkova // animal Husbandry. - 2015. - №2. - p. 16.

13. Norheim G. Chronic copper poisoning in sheep. The distribution of soluble copper molybdenum and zinc binding proteins from liver and kidney. / G. Norheim, N.E. Soli // ActaPharmacol, 2017. – 40. – P. 178-187.

14. Soremark R., Hunt V.R. Autoradiographic studies of the distribution of polonium-210 in mice after a single intravenous injection // Int. J. Radiat. Biol. 2016. 11. P. 43-50.

15. Underwood E. G. Trace elements in human and animal nutrition. // 4rd Ed. -New York: Acad. Press, 2017. 402 p.