

**Denisova Maria Alekseevna**, Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 40002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru

**Borovoy Evgeny Pavlovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department "Land Reclamation and Integrated Use of Water Resources", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 40002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: borovoy.e.p@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-53

## CLEANING WATER CONSUMPTION IN MILKING PARLOURS CAROUSEL

**T. Yu. Mironova, V. V. Gordeev, S. V. Kovalev, T. I. Gordeeva**

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of FSAC VIM  
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: mironova-tat@mail.ru

Received 17.07.2023

Submitted 10.10.2023

### Summary

The article presents an analysis of the actual water consumption for cleaning each zone of various technological operations during the operation of a milking parlor of the "Carousel" type in the conditions of an operating farm. The data obtained can be used at the design stage to calculate the consumption of water resources and the amount of sewage contaminated with manure that requires further storage and disposal.

### Abstract

**Introduction.** The capacity of livestock complexes on an industrial basis is increasing, both in the whole country and in the Leningrad region. In agricultural organizations of the Leningrad region, the majority of cows are milked in milking parlors. On large dairy farms, it is recommended to use automated rotating milking parlors, the specific area of which, taking into account the holding area and galleries, is on average 8.8% of the animal placement area. These areas should always be kept clean and their washing is carried out, as a rule, after each milking. The purpose of the research is to analyze the actual water consumption for cleaning each zone of various technological operations during the operation of a milking parlor of the "Carousel" type in the conditions of an operating farm. **Object.** The object of research is the milking and dairy unit. **Materials and methods.** The research was carried out during the operation of a milking parlor with a Carousel-type installation for 50 seats in an operating farm with an average milking herd of 1200 heads and triple milking. Water consumption was recorded every hour in automatic mode in various areas of the milking parlor. The total area requiring cleaning was 925 m<sup>2</sup>. **Results and conclusions.** During the monitoring, the average daily water consumption in the milking parlor was 33.5 m<sup>3</sup>. The main amount of water (45.8%) is spent on cleaning the udders of animals and maintaining cleanliness in the milking parlor during and after milking, 29.3% – on cleaning the pre-milking area and the area of entry and exit of animals to the milking unit, 23.4% – on cleaning the sanitary zone and hoof treatment, 1.5% – on cleaning the maintenance area (inner circle) of the milking machine. The average daily water consumption per unit area when washing the floor and fences in different areas ranges from 5.6 to 49.3 l/(m<sup>2</sup>·day), depending on the washing zone and the degree of its contamination. The data obtained can be used at the design stage to calculate the consumption of water resources and the amount of sewage contaminated with manure that requires further storage and disposal.

**Key words:** manure-bearing wastewater, milking rooms, cleaning of milking rooms, water consumption, milking plants.

**Citation.** Mironova T. Yu, Gordeev V. V., Kovalev S. V., Gordeeva T. I. Cleaning water consumption in milking parlours Carousel. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 528-538 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-53.

**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.22

**РАСХОД ВОДЫ ДЛЯ УБОРКИ ДОИЛЬНОГО ЗАЛА ТИПА «КАРУСЕЛЬ»****Т. Ю. Миронова**, кандидат технических наук**В. В. Гордеев**, кандидат технических наук, доцент**С. В. Ковалёв**, младший научный сотрудник**Т. И. Гордеева**, кандидат технических наук, доцент

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

**Актуальность.** Мощность животноводческих комплексов на промышленной основе увеличивается как в целом по стране, так и в Ленинградской области. В сельскохозяйственных организациях Ленинградской области основная доля коров доится в доильных залах. На крупных молочных фермах рекомендуется использовать вращающиеся доильные залы автоматизированного типа, удельная площадь которых, с учётом преддоильной площадки и галерей, составляет в среднем 8,8% от площадей размещения животных. Эти площади всегда должны поддерживаться в чистоте, и их мытье проводят, как правило, после каждого доения. Цель исследований – анализ фактического расхода воды на уборку каждой зоны выполнения различных технологических операций при эксплуатации доильного зала типа «Карусель» в условиях действующего хозяйства. **Объект.** Объектом исследований является доильно-молочный блок. **Материалы и методы.** Исследования проведены при эксплуатации доильного зала с установкой типа «Карусель» на 50 мест в условиях действующего хозяйства со средним поголовьем дойного стада 1200 голов и трехкратным доением. Расход воды фиксировался каждый час в автоматическом режиме в различных зонах доильного зала. Общая площадь, требующая уборки, составляла 925 м<sup>2</sup>. **Результаты и выводы.** За время проведения мониторинга среднесуточный расход воды в доильном зале составил 33,5 м<sup>3</sup>. Основное количество воды (45,8%) расходуется на очистку вымени животных и поддержание чистоты в доильном зале во время и после доения, 29,3% – на уборку преддоильной площадки и зоны входа-выхода животных на доильную установку, 23,4% – на уборку санитарной зоны и обработку копыт, 1,5% – на уборку зоны технического обслуживания (внутреннего круга) доильной установки. Среднесуточный расход воды на единицу площади при мытье пола и ограждений на разных участках составляет от 5,6 до 49,3 л/(м<sup>2</sup>·сут.) в зависимости от зоны мытья и степени её загрязнения. Полученные данные могут быть использованы на стадии проектирования для расчета потребления водных ресурсов и количества, загрязненных навозом сточных вод, требующих дальнейшего хранения и утилизации.

**Ключевые слова:** навозосодержащие стоки, доильные залы, уборка доильных залов, расход воды, доильные установки.

**Цитирование.** Миронова Т. Ю., Гордеев В. В., Ковалёв С. В., Гордеева Т. И. Расход воды для уборки доильного зала типа «Карусель». *Известия НВ АУК*. 2023. 4(72). 528-538. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-53.

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** По данным Росстата за 2022 г. Ленинградская область произвела около 32% молока во всем СЗФО и является одним из двух его субъектов, где не сократилось поголовье коров за последний год. На эффективность производства молока в значительной степени влияют мощности фермы [1-3], технология содержания [2, 4, 5, 6], кормление [6, 7] и особенно доение [1, 5, 7, 8]. Тенденция увеличения мощности животноводческих комплексов на промышленной основе, как в целом по стране (рисунок 1), прослеживается и в Ленинградской области.

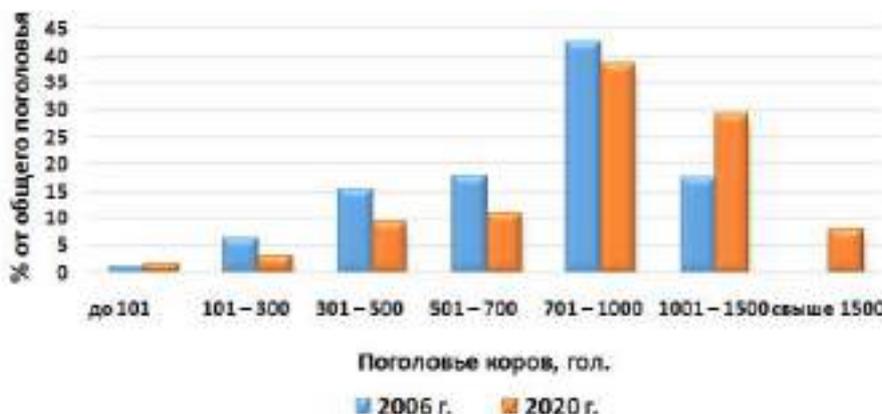


Рисунок 1 – Группировка сельскохозяйственных предприятий по поголовью коров в России  
Figure 1 – Grouping of agricultural enterprises by number of cows in Russia

В сельскохозяйственных организациях Ленинградской области основная доля коров доится в доильных залах различного типа [9, 10, 11]. Площадь доильного зала зависит от размера доильной установки, которая выбирается исходя из количества дойных коров и планируемой продолжительности их разового доения. В зависимости от типа доильной установки удельная технологическая площадь доильного зала, приходящаяся на один доильный пост, может составлять от 4,2 до 12,5 м<sup>2</sup> [12, 13].

На крупных молочных фермах рекомендуется использовать вращающиеся доильные залы автоматизированного типа [8, 14]. По нашим подсчётам, из анализа планировочных решений коровников и доильных залов для различных вариантов размещения коров для фермы на 1200 дойных голов с беспривязно-боксовым содержанием<sup>1</sup>, удельная площадь доильного зала типа «Карусель», с учётом преддоильной площадки и галерей, составляет от 0,72 м<sup>2</sup>/гол. до 0,96 м<sup>2</sup>/гол. и в среднем 8,8% от площадей коровников, где размещены животные. Эти площади всегда должны поддерживаться в чистоте. На их уборку и эксплуатацию может расходоваться до 14-19,4% всех водных ресурсов, используемых фермой [15, 16]. В зарубежных исследованиях имеются данные по расходу воды для мытья внешней поверхности доильного оборудования и пола в доильных залах «Параллель», «Елочка» и при роботизированном доении [15, 17, 18, 19]. Информации о детальных экспериментальных исследованиях расхода воды в доильных залах «Карусель» представлено недостаточно. Согласно нормам технологического проектирования<sup>2</sup> на уборку доильного зала расход воды в сутки составляет 5 л/м<sup>2</sup>. Весь доильный зал занимает довольно значительные площади, которые можно разделить на отдельные зоны, в каждой из которых выполняется своя технологическая операция. В доильных залах типа «Карусель» можно выделить зоны доильной платформы, входа-выхода животных, работы оператора, обслуживания установки, преддоильной площадки. Кроме того, в большинстве случаев в доильном зале расположена санитарная зона, где проводятся зооветеринарные мероприятия.

Цель исследований – анализ фактического расхода воды на уборку каждой зоны выполнения различных технологических операций при эксплуатации доильного зала типа «Карусель» в условиях действующего хозяйства.

<sup>1</sup> Гордеев В. В., Хазанов В. Е., Яковлева А. В. Анализ планировочных решений коровников для нового строительства. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. № 87. С. 185-195.

<sup>2</sup> Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. РД-АПК 1.10.01.01-18. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 166 с

Полученные данные могут быть использованы на стадии проектирования для расчета потребления водных ресурсов, например при использовании методики расчета технологических площадей доильных залов [12, 13] и количества загрязненных навозом сточных вод, требующих дальнейшего хранения и утилизации, в частности по методике [20].

**Материалы и методы.** Определение фактических значений расхода воды в доильном зале проводили в одном из хозяйств Северо-Западного региона с трехкратным доением на установке типа «Карусель» с внешним обслуживанием на 50 мест. Общее поголовье дойного стада составляет в среднем 1200 коров черно-пестрой породы. Годовой среднесуточный удой – 40 л/гол. Для очистки вымени у коров перед доением используют скруббер. Основная площадь доильного зала – 386 м<sup>2</sup>, из которой площадь зоны обслуживания составляет 85,6 м<sup>2</sup>. Площадь зоны входа-выхода животных на доильную установку – 34 м<sup>2</sup>, преддоильной площадки – 230 м<sup>2</sup>, санитарной зоны с проходами – 275 м<sup>2</sup> (рисунок 2).

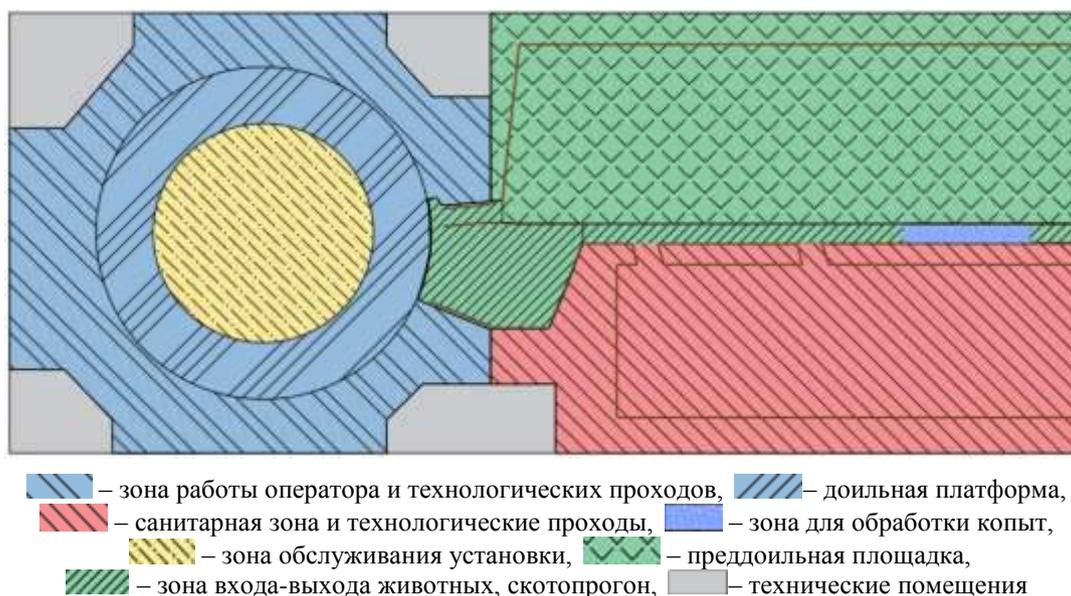


Рисунок 2 – Схема доильного зала  
Figure 2 – Diagram of the milking parlor

Общая площадь, требующая уборки, составляет 925 м<sup>2</sup>. Пол преддоильной площадки – сплошной, бетонный, покрыт резиновыми ковриками. Вокруг доильной установки лежит дорожка из резиновых ковриков. На преддоильной площадке работает подгонщик со скребком, скребок счищает экскременты с пола в навозный канал со второй половины доения. Пол санитарной зоны – щелевой. Уборка доильного зала и преддоильной площадки выполняется после каждого доения, санитарной зоны – 1 раз в сутки. Подача воды осуществляется из шлангов D 20 мм, для уборки зоны технического обслуживания доильной установки, преддоильной площадки, санитарной зоны дополнительно используются высоконапорные установки Karcher. В доильном зале 3 раза в неделю проводят обработку копыт. Для этого выход из доильного зала оборудован ванной объемом 200 л, смену раствора осуществляют 7 раз за одну обработку всего поголовья. Использованный раствор поступает в навозный канал. Перед обработкой копыта коров очищают, обмывая проточной водой из шланга.

Определение количества воды, используемой для мытья пола и загрязненных навозом поверхностей в доильном зале, осуществлялось при помощи электронных расходомеров Пульсар М ДУ-15 (Россия), установленных непосредственно перед узлами подключения ис-

пользуемого оборудования (таблица 1). Показания расходомеров фиксировались каждый час в автоматическом режиме с записью во внутреннюю память. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений 2 – 5%. Для получения статистических средних значений и построения диаграмм использован пакет Microsoft Office Excel 2007. В обработку вошли данные расхода воды за 18 дней июля – августа и 45 дней сентября-октября.

Таблица 1 – Точки подключения электронных расходомеров  
Table 1 – Connection points of electronic flowmeters

Номер точки подключения	Выполняемые операции	Периодичность	Используемое оборудование	Площадь мытья, м <sup>2</sup>	Условное обозначение на схеме
1	Уборка доильного зала	3 раза в сутки	Шланг D 20	300,4	
	Очистка вымени перед доением		Скруббер для обработки сосков вымени		
2	Уборка санитарной зоны	1 раз в сутки	Шланг D 20. Аппарат высокого давления Karcher Professional	275	
	Обмывание копыт проточной водой, наполнение ванн для обработки копыт	3 раза в неделю	Шланг D 20		
3	Уборка зоны технического обслуживания (внутреннего круга) доильной установки	3 раза в сутки	Шланг D 20. Минимойка высокого давления Karcher Compact	85,6	
4	Уборка преддоильной площадки	3 раза в сутки	Шланг. Аппарат высокого давления Karcher Professional	264	
	Уборка зоны входа-выхода на доильную установку				

**Результаты и обсуждение.** За время проведения мониторинга среднесуточный расход воды в доильном зале составил 33,5 м<sup>3</sup> (таблица 2). Основное количество воды (45,8%) расходуется на очистку вымени животных и поддержание чистоты в доильном зале во время и после доения, 29,3% – на уборку преддоильной площадки и зоны входа-выхода животных на доильную установку, 23,4% – на уборку санитарной зоны и обработку копыт, 1,5% – на уборку зоны технического обслуживания (внутреннего круга) доильной установки.

Таблица 2 – Среднесуточный расход воды  
Table 2 – Daily water consumption

Значение за период	В точках подключения расходомеров				Общий
	1	2	3	4	
Среднее ± станд. откл., м <sup>3</sup> /сут.	15,359 ± 2,547	7,818 ± 1,282	0,493 ± 0,293	9,799 ± 2,335	33,469 ± 3,208
Максимальное, м <sup>3</sup> /сут.	17,193	9,423	1,087	17,049	39,020
Минимальное, м <sup>3</sup> /сут.	8,712	4,672	0,061	6,955	26,791
Удельное на голову, м <sup>3</sup> /(гол.·сут.)	0,0128	0,0065	0,004	0,0082	0,0278

Средний расход рабочего раствора при обработке сосков вымени коров скруббером около 150 мл на одну корову<sup>3</sup>, тогда для поголовья 1200 коров среднесуточный расход воды на очистку вымени составит около 0,54 м<sup>3</sup>. С учетом исключения этого значения расход воды на уборку доильного зала в зонах работы операторов и технологических проходов, включая мытье доильной платформы после доения (точка подключения 1), составит 14,819 м<sup>3</sup>.

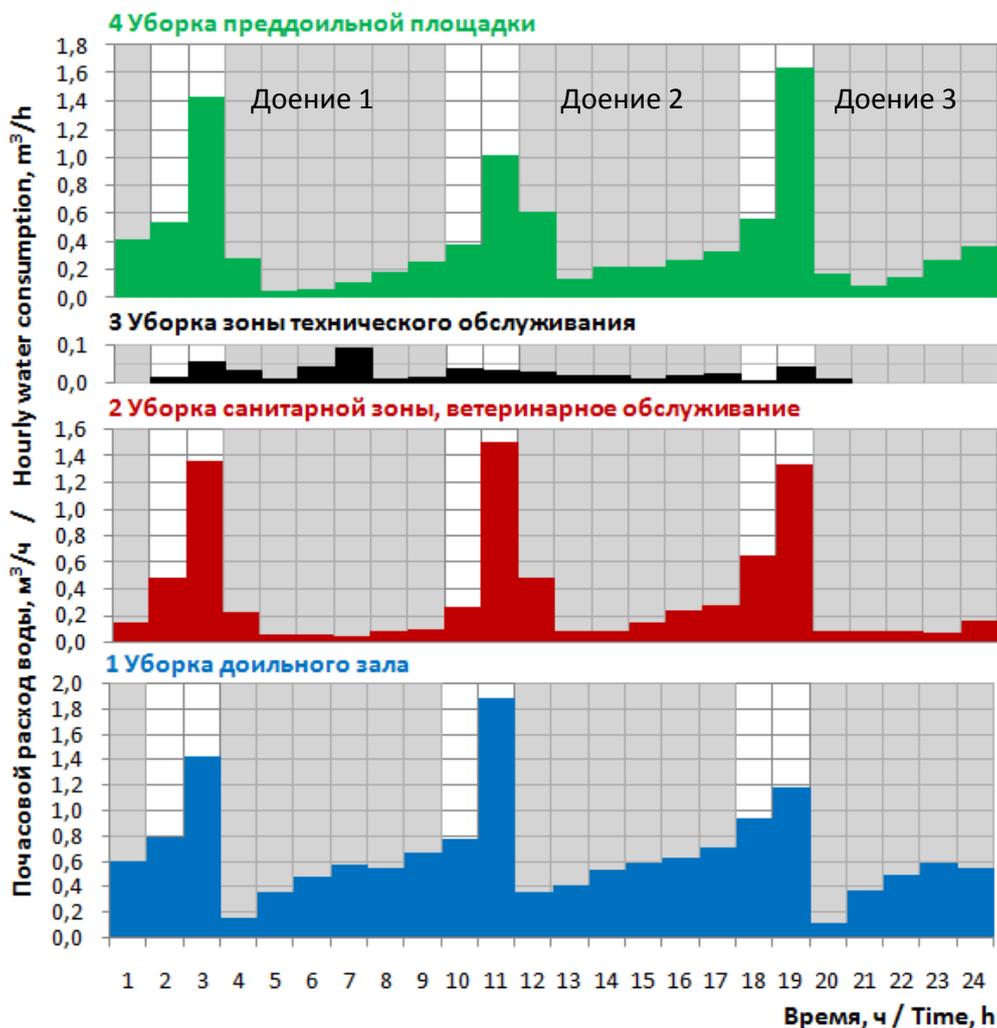


Рисунок 3 – Циклограмма расхода воды по часам суток  
Figure 3 – Cyclogram of water consumption per hour of the day

В течение суток вода в доильном зале используется неравномерно (рисунок 3) и зависит от выполняемых работ. Максимальное водопотребление на преддоильной площадке и в доильном зале наблюдается по окончании каждого доения, когда происходит уборка: в 11 часов – 13,2% от суточного расхода воды, в 19 часов – 12,5% и 3 часа – 12,7%. Расход воды за время каждого доения достаточно аналогичен, увеличиваясь к его окончанию в среднем в 2,7 раза, и за 5-6 часов составляет около 5 м<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Назарова К.П., Вдовина Н.И., Березкина Г.Ю. Влияние технологии подготовки коров к доению на молочную продуктивность и качество молока. Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 20–22 апреля 2021 года. Т. 2. Ч. 2. Красноярск: Красноярский ГАУ. 2021. С. 69-72.

Из циклограммы почасового расхода воды (рисунок 3) видно, что практически во всех операциях наибольший расход воды наблюдается в перерывах между доениями за исключением обмывания платформы и копыт, которые проходят во время доения. Операторы во время доения также используют воду для поддержания чистоты в зоне обслуживания животных. Мытьё пола, стен и ограждений доильного зала, преддоильной площадки и санитарной зоны стараются проводить в перерывах между доениями, чтобы не пугать животных, поэтому по окончании доения наблюдается резкое увеличение расхода воды по этим операциям.

Исходя из полученных нами данных среднее количество воды, затрачиваемое на корову за сутки, составляет 27,9 л, т.е. 9,3 л на голову за разовое доение. Эти значения почти на 40 % превышают действующие нормативные значения<sup>4</sup>, что указывает на необходимость более глубокого изучения причин несоответствия.

Результаты, представленные другими исследователями, и, например, проанализированными в [21] сильно варьируются. Отсутствие подробной информации о методах, используемых для измерения и оценки количества воды, расходуемой на уборку доильного зала, в некоторых случаях делает эти данные трудно-сопоставимыми. Результаты, полученные нами, наиболее близки к расходу воды для мытья доильного зала с использованием шлангов при трёхкратном доении, где объём воды составил 27,3 л/(гол.·сут.)<sup>5</sup> и 22,9 л/(гол.·сут.) [15]. При пересчете расхода воды на разовое доение результаты наших исследований меньше значений, полученных исследователями [17, 18], что может быть связано с использованием доильной установки другого типа и большим поголовьем дойного стада. При двухразовом доении расход воды на очистку вымени животных и доильного зала «Параллель» 2×12 в сутки составил в среднем 27,6 л/(гол.·сут.) [17], а для уборки помещения в доильном зале «Ёлочка» 2×7 – 21,7 л/(гол.·сут.) [18], что при пересчете на разовое доение больше на 48.3% и 16.6% соответственно полученного нами значения.

Среднесуточный расход воды на единицу площади при мытье пола и ограждений на разных участках составляет от 5,6 до 49,3 л/(м<sup>2</sup>·сут.) в зависимости от зоны мытья и степени её загрязнения. Наибольший расход – 49,3 л/(м<sup>2</sup>·сут.), зафиксирован при уборке доильной установки и зоны вокруг нее (включая мытье доильной платформы с ограждениями и технологические проходы после доения); 37,1 л/(м<sup>2</sup>·сут.) – при уборке преддоильной площадки и зоны входа-выхода животного; наименьший – 5,6 л/(м<sup>2</sup>·сут.) – при уборке зоны технического обслуживания, где уровень загрязнений значительно ниже.

Некоторые компании-производители доильного оборудования при расчёте планового потребления воды на смыв пола в доильном зале принимают 5 л/м<sup>2</sup> – в зоне, где работает человек, и 10 л/м<sup>2</sup> в местах, где стоят животные. Расход воды на смыв в санитарной зоне предусматривается 1 раз в сутки и составляет 10 л/м<sup>2</sup>. В проводимых нами исследованиях расход воды в зоне, где находятся животные (преддоильная площадка и зона входа-выхода животных), превышает эти значения на 23,6%, а для мытья доильной установки и зоны вокруг нее в 3,2 раза, санитарной зоны (за исключением расхода воды на наполнение ванн для обработки копыт) более чем в 2,4 раза.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что среднесуточный расход воды в доильном зале с установкой типа «Карусель» на 50 мест составил 33,5 м<sup>3</sup>. Основное количество воды (45,8%) расходуется на очистку вымени животных и поддержание чистоты в до-

<sup>4</sup> Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. РД-АПК 1.10.15.02-17\*. – М. ФГБНУ «Росинформагротех». – 2021. – 172 с.

<sup>5</sup> Manure Management: Dairy. [Электронный ресурс]. – URL: [https://ebrary.net/207585/environment/manure\\_management\\_dairy#1449464](https://ebrary.net/207585/environment/manure_management_dairy#1449464) (дата обращения 12.07.2023).

ильном зале во время и после доения, 29,3% – на уборку преддоильной площадки и зоны входа-выхода животных на доильную установку, 23,4% – на уборку санитарной зоны и обработку копыт, 1,5% – на уборку зоны технического обслуживания (внутреннего круга) доильной установки. Расход воды на единицу площади составил 49,3 л/(м<sup>2</sup>·сут.) – при уборке доильной установки и зоны вокруг нее (включая мытье доильной платформы с ограждениями и технологические проходы после доения); 37,1 л/(м<sup>2</sup>·сут.) – при уборке преддоильной площадки и зоны входа-выхода животного; 5,6 л/(м<sup>2</sup>·сут.) – при уборке зоны технического обслуживания, где уровень загрязнений значительно ниже. Полученные данные могут быть использованы на стадии проектирования для планирования расхода воды, с учётом мытья конкретных зон доильного зала, и определении требуемых объемов навозохранилищ, а также при расчётах количества получаемого навоза и его фракций после сепарации.

**Conclusions.** The conducted studies have shown that the average daily water consumption in the milking parlor with a Carousel-type installation for 50 seats was 33.5 m<sup>3</sup>. The main amount of water (45.8%) is spent on cleaning the udders of animals and maintaining cleanliness in the milking parlor during and after milking, 29.3% – on cleaning the pre-milking area and the area of entry and exit of animals to the milking unit, 23.4% – on cleaning the sanitary zone and hoof treatment, 1.5% – on cleaning the maintenance area (inner circle) of the milking machine. Water consumption per unit area was 49.3 l/ (m<sup>2</sup>·day) – when cleaning the milking unit and the area around it (including washing the milking platform with fences and technological passages after milking); 37.1 l/ (m<sup>2</sup>·day) – when cleaning the holding area and the entrance-exit zone of the animal; 5.6 l/ (m<sup>2</sup>·day) – when cleaning the maintenance area, where the level of contamination is much lower. The data obtained can be used at the design stage to plan water consumption, taking into account the washing of specific areas of the milking parlor, and determining the required volumes of manure storage facilities, as well as when calculating the amount of manure and its fractions after separation.

#### Библиографический список

1. Chiumenti A., da Borso F., Chiumenti R., Kic P. Applying a Mathematical Model to Compare, Choose, and Optimize the Management and Economics of Milking Parlors in Dairy Farms. Agriculture. 2020. Vol. 10. Pp. 1-9.
2. Ivanyos D., Monostori A., Németh C., Fodor I., Ózsvári L. Associations between milking technology, herd size, and milk production parameters. Mljekarstvo / Dairy. 2020. Vol. 70. Pp. 103-111.
3. Dağtekin M., Kic P., Demirel B., Gürdil G. Analyses of Operational and Economic Conditions in Selected Dairy Farms. Black Sea Journal of Agriculture. 2023. № 6 (1). Pp. 32-41.
4. Leso L., Pellegrini P., Barbari M. Effect of two housing systems on performance and longevity of dairy cows in Northern Italy. AgronRes. 2019. Vol. 17 (2). Pp. 574-581.
5. Цой Ю. А., Зеленцов А. И., Баишева Р. А., Танифа В. В., Алексеев А. А. Сравнительная оценка и обоснование технологической планировки коровников по критерию комфортности для содержания животных. Техника и технологии в животноводстве. 2017. № 2 (26). С. 103-107.
6. Груссмманн Л. Основные пути и методы работы с голштинской породой крупного рогатого скота. Практические рекомендации по оптимизации кормления, обеспечению правильного обмена веществ, созданию комфорта для высокопродуктивных пород крупного рогатого скота. Самара, 2015. С. 10-16.
7. Silva A. C., Laven R., Benites N. R. Risk factors associated with mastitis in smallholder dairy farms in Southeast Brazil. Animals. 2021. № 11 (7). P. 2089.
8. Mangalis M., Priekulis J., Mangale M. Possibilities to improve rotary parlour milking equipment efficiency. Proceeding in 18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. Jelgava, 2019. Pp. 39-43.
9. Суровцев В. Н., Никулина Ю. Н., Гордеев В. В., Хазанов В. Е. Эффективность технологической модернизации молочного скотоводства. Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 4. С. 5-10.
10. Шульгин И. К., Лужняк В. Д., Суровцев В. Н., Хазанов В. Е., Гордеев В. В. Цифровая трансформация производственных процессов в молочном скотоводстве ленинградской области. Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 4. С. 3-8.

11. Миронова Т. Ю., Гордеев В. В. Экономические аспекты применения системы внутр-рипочвенного внесения навозосодержащих стоков доильных залов в теплице. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 3 (100). С. 161-170.
12. Гордеев В. В., Хазанов В. Е., Собоная С. В. Методика расчета технологических площадей доильных залов с установкой типа «Карусель». Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 277-286.
13. Гордеев В. В., Хазанов В. Е., Собоная С. В. Методика расчета технологических площадей доильных залов с установками типа «Ёлочка» и «Параллель». Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 96. С. 186-193.
14. Федоренко В. Ф., Кирсанов В. В., Мишуров Н. П. Анализ различных вариантов применения доильных роботов в молочном животноводстве. Техника и оборудование для села. 2021. № 7 (289). С. 33-37.
15. Riche E. L., Vander Zaag A. C., Burt S., Lapen D. R., Gordon R. Etienne. Water Use and Conservation on a Free-Stall Dairy Farm. *Water*. 2017. № 9. P. 977.
16. Al-Bahouh M., Osborne V., Wright T., Dixon M., Gordon R. Blue and Grey Water Footprints of Dairy Farms in Kuwait. *Journal of Water Resource and Protection*. 2020. Vol. 12. Pp. 618-635.
17. Hodúr C., Nagypal V., Fazekas Á., Mikó E. Blue and gray water footprint of some Hungarian milking parlors. *Water Practice and Technology*. 2022. Vol. 17. № 7. P. 1378.
18. Krauß M., Drastig K., Prochnow A., Rose-Meierhöfer S., Kraatz S. Drinking and Cleaning Water Use in a Dairy Cow Barn. *Water*. 2016. Vol. 8 (7). P. 302.
19. Robinson A. D., Gordon R. J., Vanderzaag A. C., Rennie T. J., Osborne V. R. Usage and attitudes of water conservation on Ontario dairy farms. *The Professional Animal Scientist*. 2016. Vol. 32. Pp. 236-242.
20. Гордеев В. В., Миронова Т. Ю., Миронов В. Н. Методика определения количества навозосодержащих стоков доильных залов. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 97. С. 241-250.
21. Ковалев С. В., Гордеев В. В., Миронова Т. Ю. Анализ водопользования на фермах КРС. *АгроЭкоИнженерия*. 2023. № 2 (115). С. 108-123.

#### **References**

1. Chiumenti A., da Borso F., Chiumenti R., Kic P. Applying a Mathematical Model to Compare, Choose, and Optimize the Management and Economics of Milking Parlors in Dairy Farms. *Agriculture*. 2020. Vol. 10. Pp. 1-9.
2. Ivanyos D., Monostori A., Németh C., Fodor I., Ózsvári L. Associations between milking technology, herd size, and milk production parameters. *Mljekarstvo / Dairy*. 2020. Vol. 70. Pp. 103-111.
3. Dağtekin M., Kic P., Demirel B., Gürdil G. Analyses of Operational and Economic Conditions in Selected Dairy Farms. *Black Sea Journal of Agriculture*. 2023. № 6 (1). Pp. 32-41.
4. Leso L., Pellegrini P., Barbari M. Effect of two housing systems on performance and longevity of dairy cows in Northern Italy. *AgronRes*. 2019. Vol. 17 (2). Pp. 574-581.
5. Tsoi Yu. A., Zelentsov A. I., Baisheva R. A., Tanifa V. V., Alekseev A. A. Comparative assessment and justification of the technological layout of cowsheds according to the criterion of comfort for keeping animals. *Technology and technology in animal husbandry*. 2017. № 2 (26). Pp. 103-107.
6. Grussmann L. Main ways and methods of working with Holstein cattle breed. Practical recommendations for optimizing feeding, ensuring proper metabolism, creating comfort for highly productive cattle breeds. Samara, 2015. Pp. 10-16.
7. Silva A. C., Laven R., Benites N. R. Risk factors associated with mastitis in smallholder dairy farms in Southeast Brazil. *Animals*. 2021. № 11 (7). P. 2089.
8. Mangalis M., Priekulis J., Mangale M. Possibilities to improve rotary parlour milking equipment efficiency. *Proceeding in 18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*. Jelgava, 2019. Pp. 39-43.

9. Surovtsev V. N., Nikulina Yu. N., Gordeev V. V., Khazanov V. E. Efficiency of technological modernization of dairy cattle breeding. Dairy and meat cattle breeding. 2017. № 4. Pp. 5-10.
10. Shulgin I. K., Luzhnyak V. D., Surovtsev V. N., Khazanov V. E., Gordeev V. V. Digital transformation of production processes in dairy cattle breeding in the Leningrad region. Dairy and meat cattle breeding. 2022. № 4. Pp. 3-8.
11. Mironova T. Yu., Gordeev V. V. Economic aspects of the use of a system for the internal introduction of manure-containing effluents of milking halls in a greenhouse. Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry. 2019. № 3 (100). Pp. 161-170.
12. Gordeev V. V., Khazanov V. E., Sobovaya S. V. Methodology for calculating the technological areas of milking rooms with a Karusel type installation. Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry. 2019. № 2 (99). Pp. 277-286.
13. Gordeev V. V., Khazanov V. E., Sobovaya S. V. Methodology for calculating the technological areas of milking rooms with installations of the Yolochka and Parallel types. Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry. 2018. № 96. Pp. 186-193.
14. Fedorenko V. F., Kirsanov V. V., Mishurov N. P. Analysis of various options for the use of milking robots in dairy farming. Machinery and equipment for the village. 2021. № 7 (289). Pp. 33-37.
15. Riche E. L., Vander Zaag A. C., Burt S., Lapen D. R., Gordon R. Etienne. Water Use and Conservation on a Free-Stall Dairy Farm. Water. 2017. № 9. P. 977.
16. Al-Bahouh M., Osborne V., Wright T., Dixon M., Gordon R. Blue and Grey Water Footprints of Dairy Farms in Kuwait. Journal of Water Resource and Protection. 2020. Vol. 12. Pp. 618-635.
17. Hodúr C., Nagypal V., Fazekas Á., Mikó E. Blue and gray water footprint of some Hungarian milking parlors. Water Practice and Technology. 2022. Vol. 17. № 7. P. 1378.
18. Krauß M., Drastig K., Prochnow A., Rose-Meierhöfer S., Kraatz S. Drinking and Cleaning Water Use in a Dairy Cow Barn. Water. 2016. Vol. 8 (7). P. 302.
19. Robinson A. D., Gordon R. J., Vanderzaag A. C., Rennie T. J., Osborne V. R. Usage and attitudes of water conservation on Ontario dairy farms. The Professional Animal Scientist. 2016. Vol. 32. Pp. 236-242.
20. Gordeev V. V., Mironova T. Yu., Mironov V. N. Methodology for determining the amount of manure-containing effluents of milking rooms. Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry. 2018. № 97. Pp. 241-250.
21. Kovalev S. V., Gordeev V. V., Mironova T. Yu. Analysis of water use on cattle farms. AgroEcoEngineering. 2023. № 2 (115). Pp. 108-123.

#### Информация об авторах

**Миронова Татьяна Юрьевна**, научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, кандидат технических наук, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), e-mail: mironova-tat@mail.ru

**Гордеев Владислав Владимирович**, ведущий научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, кандидат технических наук, доцент, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3).

**Ковалёв Сергей Владимирович**, младший научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, аспирант, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3).

**Гордеева Татьяна Ивановна**, старший научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, кандидат технических наук, доцент, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3).

#### Author's Information

**Mironova Tatiana Yurievna**, research associate of the Department of Agroecology in Livestock Production, candidate of engineering science, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoye Sh., 3), e-mail: mironova-tat@mail.ru

**Gordeev Vladislav Vladimirovich**, leading researcher of the Department of Agroecology in Livestock Production, candidate of engineering science, Assistant Professor. Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of FSAC VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Sh., 3).

**Kovalev Sergey Vladimirovich**, junior researcher of the Department of Agroecology in Livestock Production, graduate student, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of FSAC VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Sh., 3).

**Gordeeva Tatiana Ivanovna**, senior researcher of the Department of Agroecology in Livestock Production, candidate of engineering science, Assistant Professor, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Sh., 3).

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-54

## CONCEPTUAL MODEL OF METHODOLOGY FOR PREDICTIVE MAINTENANCE OF AGRICULTURAL MACHINERY

**V. M. Pomogaev**

*Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin  
Omsk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: [vm.pomogaev@omgau.org](mailto:vm.pomogaev@omgau.org)

Received 30.10.2023

Submitted 21.11.2023

### Summary

The article presents the results of a study of the stages of development of maintenance and repair strategies and their promising forms, taking into account the development of digital technologies. Predictive MRO methodology seems to be an intermediate form on the path to the establishment of predictive and prescriptive MRO strategies. The goal of the methodology is to minimize operating costs and increase machine reliability. A six-level conceptual model for implementing predictive maintenance and repair methodology is proposed.

### Abstract

**Introduction.** Technical services, and in particular the maintenance and repair of agricultural machinery, ensure the reliability of one of the key business assets – agricultural machinery. The use of digital technologies in this area allows the use of advanced strategies based on big data processing and predictive analytics. Predictive maintenance of machines, taking into account trends in technical re-equipment and the specifics of agricultural production, can become a key methodology for maintenance and repair. The proposed conceptual model of predictive maintenance for agricultural machinery allows us to identify practical steps for the development and implementation of this methodology. **Object.** Maintenance and repair system. **Materials and methods.** The work used methods of system analysis and modeling, theories: management; decision making; operations research; design of large software and information systems; content – literature analysis. The study and design of the concept is based on the scientific works of domestic and foreign scientists, GOSTs, as well as reliability and quality methodologies RCM, Kaizen, TQC, etc. **Results and conclusions.** As a result of the study, it was found that the implementation of the software methodology leads to a reduction in machine downtime, an increase in their reliability, and a reduction in operating costs. Analysis of scientific research allows us to identify three tasks, the solution of which precedes the implementation of software: determining the system architecture; determining goals and objectives based on the owners' strategy; identifying approaches and techniques to achieve the best MRO results. A conceptual software model is proposed, which includes 6 layers and a set of actions, allowing for the detection and identification of previous and incipient faults of machine components and assemblies, monitoring and forecasting the development of degradation of parts and technical condition as a whole, as well as providing decision support in the MRO process or development automation maintenance schedules.

**Key words:** *predictive maintenance of agricultural machines, big data processing, IoT technologies, agricultural machines, digital technologies.*