

Алгоритм расчета расхода воды на молочной ферме КРС с привязным и беспривязным содержанием при доении в доильных залах

© 2024. В. В. Гордеев , Т. И. Гордеева, Т. Ю. Миронова, С. В. Ковалёв

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Вода используется во всем цикле производства молока, начиная от поения и приготовления кормов, заканчивая промывкой доильного оборудования и молочных танков-охладителей. При этом в хозяйствах нет контроля и учёта количества расходуемой воды, в результате чего может происходить значительное превышение фактического расхода воды относительно нормативных данных. Одним из путей решения этой проблемы является внедрение системы мониторинга расхода воды, которая будет отслеживать фактический расход воды на ферме и сравнивать его с расчетным объемом, полученным на основании нормативных данных, технических характеристик оборудования и технологии содержания животных, принятой в хозяйстве. Цель исследования – разработка алгоритма расчета расхода воды при выполнении технологических операций на молочных фермах КРС. В результате исследований был разработан алгоритм расчета расхода воды на технологические операции, учитывающий различные варианты технических и технологических решений. На основе алгоритма разработана программа, с помощью которой была выполнена апробация последовательности расчета расхода воды. Расчет проводился для фермы на 800 голов дойного стада беспривязного содержания с продуктивностью 28 кг/гол. и 200 голов привязного содержания с продуктивностью 32 кг/гол. без учета молодняка. Расход воды для такой фермы составляет 113,09 м³/сут, из них 99,92 м³/сут используется на поение, приготовление кормов и является невозвратной, а 13,17 м³/сут приходится на технологические операции. Дальнейшим направлением исследований будет разработка системы мониторинга на основе созданной программы расчета расхода воды. Помимо системы мониторинга программа будет полезна при технологическом проектировании ферм КРС по производству молока.

Ключевые слова: животноводство, водосбережение, дойное стадо, технологический процесс, техническое решение

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № FGUN-2022-0010).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гордеев В. В., Гордеева Т. И., Миронова Т. Ю., Ковалёв С. В. Алгоритм расчета расхода воды на молочной ферме КРС с привязным и беспривязным содержанием при доении в доильных залах. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(6):1179–1190. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1179-1190>

Поступила: 16.09.2024

Принята к публикации: 10.12.2024

Опубликована онлайн: 25.12.2024

Algorithm of calculation of water consumption on dairy cattle farm with tied and loose housing at milking in milking parlors

© 2024. Vladislav V. Gordeev , Tatiana I. Gordeeva, Tatyana Y. Mironova, Sergey V. Kovalev

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, Saint Petersburg Russian Federation

Water is used in the whole cycle of milk production, from watering and fodder preparation to washing of milking equipment and milk cooling tanks. At the same time, farms do not control and record the amount of water consumed, which can result in a significant excess of actual water consumption over the normative data. One of the ways to solve this problem can be the introduction of a water consumption monitoring system, which will track the actual water consumption on the farm and compare it with the calculated volume obtained on the basis of normative data, technical characteristics of equipment and animal husbandry technology adopted in the farm. The purpose of the research is to develop an algorithm for calculating water consumption when performing technological operations on cattle dairy farms. As a result of the research, an algorithm for calculating water consumption for technological operations was developed, taking into account different variants of the technical and technological solutions. On the basis of the algorithm a program was developed, with the help of which the sequence of water consumption calculation was tested. The calculation was carried out for a farm for 800 heads of dairy herd of loose housing with productivity of 28 kg/head and 200 heads of loose housing with productivity of 32 kg/head excluding young stock. Water consumption for such a farm is 113.09 m³/day, of which 99.92 m³/day is used for watering, fodder prepa-

ration, and is non-returnable, and 13.17 m³/day is used for technological operations. The further direction of research will be the development of a monitoring system based on the developed program of water consumption calculation. In addition to the monitoring system, the program will be useful in technological design of cattle farms for milk production.

Keywords: livestock breeding, water saving, dairy herd technological process, technical solution

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (theme No. FGUN-2022-0010).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

For citations: Gordeev V. V., Gordeeva T. I., Mironova T. Yu. Kovalev S. V. Algorithm of calculation of water consumption on dairy cattle farm with tied and loose housing at milking in milking parlors. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(6):1179–1190. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1179-1190>

Received: 16.09.2024

Accepted for publication: 10.12.2024

Published online: 25.12.2024

Доктрина продовольственной безопасности РФ, утвержденная в 2020 г., предусматривает уровень самообеспечения страны не менее 90 % [1]. Сохранение высокой продуктивности, здоровья и репродуктивных показателей поголовья [2, 3, 4] является необходимым условием самообеспечения страны молоком, при производстве которого на дойную корову приходится до 200 л/сут [5].

В свою очередь вода – самый вовлекаемый в хозяйственную деятельность ресурс, ежегодный производственный и бытовой расход которой превышает 4000 км³. На современном этапе развития хозяйственной деятельности вода приобрела свойства ограниченного природного ресурса [6]. Обеспечение эффективного использования воды на фермах КРС поможет снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду. Исследователями во многих странах мира отмечается необходимость оценки использования воды и разработки эффективных методов управления водными ресурсами на молочных фермах [7, 8, 9], проводятся исследования расхода воды при производстве молока как в целом на сельскохозяйственных предприятиях [10, 11], так и на выполнение отдельных технологических операций [9, 12, 13, 14].

Вода используется во всем цикле производства молока, начиная от поения и приготовления кормов, и заканчивая промывкой доильного оборудования и молочных танков-охладителей. На большинство операций расход воды регламентируется методическими указаниями¹. При этом в хозяйствах нет контроля и учёта количества расходуемой воды, в результате чего может происходить значительное превышение фактического расхода воды относительно нормативных данных.

Например, в исследованиях [15, 16] представлено, что фактический расход воды (до 40 %) превышает действующие нормативные значения при уборке в доильном зале.

Одним из путей решения этой проблемы может быть внедрение системы мониторинга расхода воды, которая будет отслеживать фактический расход воды на ферме и сравнивать его с расчетным объемом, полученным на основании нормативных данных, технических характеристик оборудования и технологии содержания животных, принятой в хозяйстве. Но в настоящее время отсутствуют методики расчета расхода воды на все технологические нужды, однако есть разрозненные исследования, среди которых можно отметить алгоритм системы управления процессом поения КРС, позволяющий вести контроль и учет расхода воды, потребляемой животными [17]; алгоритм расчета и выбора поилок для коров [18], позволяющий определить размер и количество поилок, от которых зависит объем сливаемой воды при их мойке. Представлены математические модели определения расхода воды на поение в зависимости от физиологического потенциала коров [19, 20, 21] и температурно-влажностных показателей окружающей среды [22, 23]; объем стоков от обработки копыт [24], соответствующий объему расходуемой воды на эту операцию. Помимо поения разработаны регрессионные модели расхода воды в доильном зале [25] – средняя продуктивность животных и частота доения. Представлены модели [26, 27] для прогнозирования потребления воды на бразильских и ирландских молочных фермах, однако они могут применяться не во всех хозяйствах.

¹Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. РД-АПК 1.10.01.01-18. М.: Росинформагротех, 2018. 166 с.

Рассмотренные исследования затрагивают моделирование расхода воды частично, по некоторым операциям, что не дает возможности оценить объем используемой воды на ферме в целом. Кроме того, представленные зависимости не учитывают влияние технических средств и технологических подходов, применяемых в хозяйстве, что увеличивает погрешность расчетов и, как следствие, снижает объективность оценки расхода воды.

Цель исследований – разработка алгоритма расчета расхода воды при выполнении технологических операций на молочных фермах КРС.

Научная новизна – алгоритм расчета расхода воды на выполнение технологических операций при производстве молока, который может быть в дальнейшем использован в системе мониторинга расхода воды. Уникальность алгоритма заключается в том, что он охватывает все технологические операции, учитывает коэффициенты расхода воды для различных технических и технологических решений, что позволяет в режиме реального времени выявить чрезмерный расход воды, определить и устранить его причины. Другое направление алгоритма – применение его при технологическом проектировании для расчета расхода воды на фермах КРС по производству молока.

Материал и методы. Для создания алгоритма применяли методы математического моделирования² и графоаналитические на основании поисковых исследований^{3, 4}, предусматривающих анализ отечественной и зарубежной научно-технической литературы, нормативных документов⁵, а также материалы изучения технологий в сельском хозяйстве. Результаты исследований обрабатывали с помощью программных средств: MS Excel и MS Word.

Результаты их обсуждение. Система водоснабжения должна удовлетворять полную потребность фермы в воде на поение животных

и технологические нужды в соответствии с нормативными значениями и предъявляемыми требованиями по качеству выполняемых операций. На основании этого предполагается создание алгоритма, а результатом выполнения формирования отчета, в котором указывается суточный расход воды как на ферме в целом, так и на отдельные технологические операции в зависимости от выбранного варианта вывода данных. Для максимального приближения теоретических расчетов к реальности будут учитываться факторы, влияющие на расход воды. Алгоритм (рис. 1) представляет собой последовательность вычислительных и логических операций. Его можно разделить на 4 основных блока: исходных данных; расчета объема воды, необходимого на физиологические потребности животных; расчета расхода воды на выполнение технологических операций; выбора и вывода данных.

Блок исходных данных. В блоке исходных данных можно выделить несколько групп: нормативные данные и ввод данных, характеризующих применяемое оборудование и методы ведения хозяйствования на конкретной ферме.

Нормативные данные. При расчете расхода воды на поение ключевое значение имеет потребление воды на одну голову ($v_{гол}, л/гол. в сут$). Расход воды на поение дойных коров разной продуктивности, сухостойных коров, нетелей и молодняка всех возрастов указан в методических рекомендациях⁶.

При охлаждении молока в проточном охладителе также используется вода – 2 л на 1 кг молока. Для учета этой воды можно использовать коэффициент охлаждения молока ($k_{охл}$).

Очистка вымени перед доением может осуществляться различными способами. В качестве базового значения будет использоваться расход воды на очистку вымени водой из ведра ($V_{п.в.} = 6 л/гол.$), как указано в методических рекомендациях⁷, а способы очистки будут учитываться с помощью коэффициента.

²Стефанова Н. Л., Кочуренко Н. В., Снегурова В. И., Харитоновна О. В., Чурилова М. Ю., Лопачев В. А. Методы математической обработки данных: учебник и практикум для вузов. 2-е изд., пер. и доп. М.: Юрайт, 2023. 317 с.

³Валге А. М., Джабборов Н. И., Эвиев В. А. Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства с примерами на Statgraphics и Excel. СПб – Элиста: Изд-во Калмыцкого ГУ, 2015. 140 с.

⁴Валге А. М. Использование систем Excel и Mathcad при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства: методическое пособие. СПб: ГУ СЗНИИМЭСХ, 2013. 200 с.

⁵Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. РД-АПК 1.10.01.01-18. М.: Росинформагротех, 2018. 166 с.

⁶Там же.

⁷Там же.

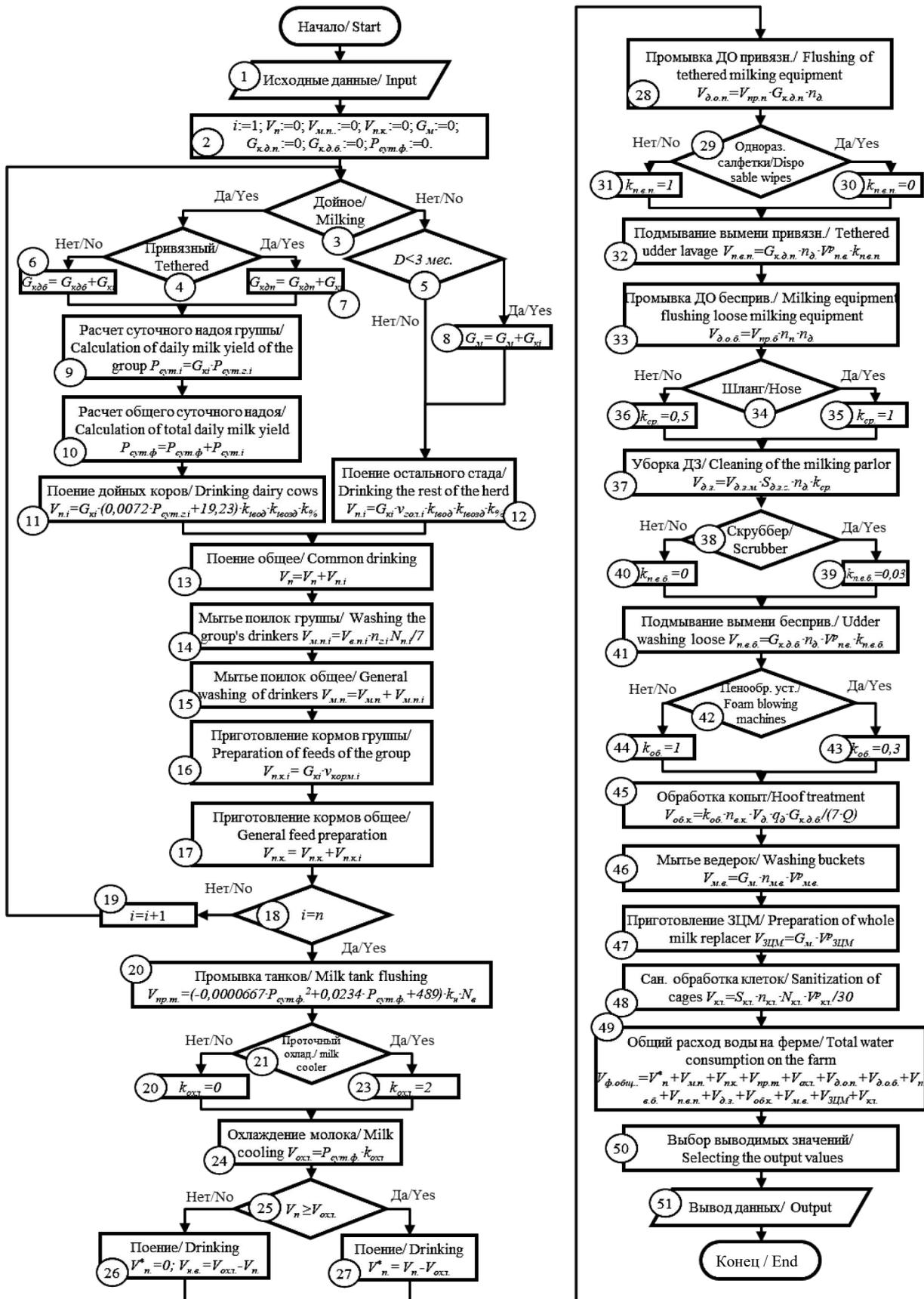


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета расхода воды на молочной ферме КРС: i – порядковый номер группы животных; n – количество групп животных; $G_{ки}$ – поголовье i -ой группы животных, гол.; D – характеристика группы: дойное или остальное поголовье; $P_{с.т.и.}$ – надой молока на голову в i -ой группы животных, кг/гол. в сут; $v_{ни}$ – расход воды на поение i -ой группы животных, л/сут; $k_{теод}$ – коэффициент температуры воды в поилке; $k_{теоб}$ – коэффициент тем-

пературы в помещении; $k\%$ – коэффициент влажности в помещении; $v_{гол.i}$ – потребление воды на одну голову остального стада, л/сут; $V_{в.n.i}$ – объем поилки для i -ой группы животных, л; $n_{z.i}$ – количество поилок для i -ой группы животных, шт.; $N_{n.i}$ – периодичность очистки поилок i -ой группы животных, раз/нед.; $v_{корм.i}$ – расход воды для приготовления кормов i -ой группы животных, л/гол.; k_n – коэффициент наполнения танков; N_e – периодичность вывоза молока с фермы, раз/сут; $k_{охл.}$ – коэффициент охлаждения молока; n_d – количество доек, раз/сут; $V_{пр.п.}$ – расход воды на разовую промывку доильного оборудования для привязи, л/скм.; $k_{л.в.}$ – коэффициент средств подмывания вымени; $V_{п.в.}$ – расход воды на разовое подмывание вымени, л/гол.; $V_{пр.б.}$ – расход воды на промывку оборудования доильного зала, л/пост; n_n – количество постов доильного зала, шт.; $V_{д.з.м.}$ – расход воды на уборку пола, л/м²; $S_{д.з.з.}$ – площадь доильного зала, м²; $k_{ср.}$ – коэффициент средств уборки; $n_{в.к.}$ – количество ванн, шт.; V_d – объем ванн, л; $k_{об.}$ – коэффициент средств обработки копыт; q_0 – периодичность обработки копыт, раз/нед.; Q – поголовье, после которого меняется раствор, гол.; $n_{м.в.}$ – количество ведерок, шт./гол.; $V_{п.м.в.}$ – расход воды на мойку ведерка, л/шт.; $V_{п.ЗЦМ}$ – расход воды на приготовление заменителя цельного молока, л/гол.; $S_{кл.}$ – площадь клеток, м²; $n_{кл.}$ – количество клеток, шт.; $N_{кл.}$ – периодичность обработки клеток, раз/мес.; $V_{п.кл.}$ – расход воды на обработку клетки, л/шт. /

Fig. 1. Block diagram of the algorithm for calculating water consumption on a cattle dairy farm: i – animal group number; n – number of animal groups; G_{ki} – livestock of the i -th group of animals, head.; D – group characteristic: dairy or rest of the herd; $P_{сум.z.i}$ – milk yield per head in i -th group of animals, kg/head per day; v_{ni} – water consumption for watering of i -th group of animals, l/day; $k_{твод}$ – drinker water temperature coefficient; $k_{твозд}$ – room temperature coefficient; $k\%$ – room humidity coefficient; $v_{гол.i}$ – water consumption per head of the remaining herd, l/day; $V_{в.n.i}$ – volume of drinker for i -th group of animals, l; $n_{z.i}$ – number of drinkers for i -th group of animals, pcs.; $N_{n.i}$ – frequency of cleaning of drinkers of the i -th group of animals, once/week.; $v_{корм.i}$ – water consumption for fodder preparation for the i -th group of animals, l/head.; k_n – tank fill factor; N_e – frequency of milk transportation from the farm, once a day; $k_{охл.}$ – milk cooling factor; n_d – number of milkings, once/day; $V_{пр.п.}$ – water consumption for single rinsing of tether milking equipment, l/scm.; $k_{л.в.}$ – udder wash ratio; $V_{п.в.}$ – water consumption for single udder lavage, l/head.; $V_{пр.б.}$ – water consumption for flushing of milking parlor equipment, l/post; n_n – number of milking parlor posts, pcs.; $V_{д.з.м.}$ – water consumption for floor cleaning, l/m²; $S_{д.з.з.}$ – milking parlor area, m²; $k_{ср.}$ – cleaning product ratio; $n_{в.к.}$ – number of baths, pcs.; V_d – bath volume, l; $k_{об.}$ – hoof treatment ratio; q_0 – hoof treatment frequency, once/week.; Q – population after which the solution is changed, head.; $n_{м.в.}$ – number of buckets, pcs./head.; $V_{п.м.в.}$ – water consumption for bucket washing, l/piece.; $V_{п.ЗЦМ}$ – water consumption for preparation of whole milk replacer, l/head.; $S_{кл.}$ – cell area, m²; $n_{кл.}$ – number of cells, pcs.; $N_{кл.}$ – frequency of cell treatment, once/month.; $V_{п.кл.}$ – water consumption for cage treatment, l/piece.

Уборка полов в доильном зале, согласно методическим рекомендациям⁸, должна осуществляться исходя из установленного расхода воды ($V_{дзм} = 5 \text{ л/м}^2$).

При содержании телят до 3 месяцев вода расходуется на мытье ведерок для выпойки ($V_{п.м.в.} = 2 \text{ л/шт.}$), приготовление заменителя цельного молока (ЗЦМ) ($V_{п.ЗЦМ} = 5 \text{ л/гол. в сут}$) и санитарную обработку клеток ($V_{п.кл.} = 2 \text{ л/м}^2$).

Ввод данных, зависящих от технологических решений и организации труда на ферме. Для некоторых операций целесообразно вводить поправочные коэффициенты, в частности при расчете расхода воды на поение животных, поскольку на объем выпиваемой воды оказывает влияние как температура самой воды ($k_{твод}$), так и температура ($k_{твозд}$), и влажность ($k\%$) воздуха в помещении.

Вода используется для приготовления кормов, объем ($v_{корм.i}$) которой зависит от принятого в хозяйстве рациона. Для расчета берем значение $v_{корм.i} = 5 \text{ л/мгол. в сут}$.

Помимо охлаждения молока в танках может применяться проточный охладитель для его предварительного охлаждения, тогда для расчета будет применен коэффициент охлаждения ($k_{охл.} = 2$). В случае отсутствия проточ-

ного охладителя расхода воды на охлаждение не будет, а коэффициент равен 0.

На расход воды при промывке молочных танков оказывает влияние периодичность вывоза молока (N_e , раз в сут). Поскольку расход воды на промывку зависит от объема молочного танка, то для точного расчета необходим подбор танков-охладителей, что значительно усложнит алгоритм. Для определения объема расхода воды при промывке молочных танков-охладителей предполагается проведение укрупненного расчета. Поэтому при расчете будет учитываться суточный надой молока с фермы и коэффициент наполнения танка молоком (k_n) вместо объема танка.

При выполнении технологических операций, связанных с доением, основным фактором, влияющим на расход воды, является количество доек (n_d , раз в сут). К таким операциям относятся: преддоильная подготовка вымени (очистка вымени); промывка доильного оборудования; уборка полов доильного зала.

Очистка вымени дойных коров как при доении на привязи, так и при доении в доильном зале осуществляется различными способами, которые определяются коэффициентом средств очистки вымени для привязного ($k_{п.в.}$) и беспривязного ($k_{н.б.}$) способа содержания.

⁸РД-АПК 1.10.01.01-18. Указ. соч.

На основании данных, полученных от поставщиков оборудования, были выведены средние значения расхода воды на промывку доильного оборудования. Для доильных установок типа «Карусель», «Параллель», «Елочка» расход воды ($V_{пр.д}$) составляет 30 л/пост. При доении коров на привязи расход воды ($V_{пр.п}$) составляет 2,5 л/скм. Расход воды на промывку доильных установок типа «Карусель», «Параллель», «Елочка» зависит от количества доильных постов (n_p , шт.). На промывку оборудования при доении на привязи расход воды зависит от количества скотомест, что соответствует рассчитываемому общему поголовью дойных коров, содержащемуся на привязи.

Расчет расхода воды на уборку полов доильного зала, помимо количества доек и указанного в нормативах расхода, включает площадь полов доильного зала ($S_{дз}$, м²) и применяемое для уборки средство (M), в качестве которого может использоваться мойка высокого давления или шланг с наконечником.

Обработка копыт дойных коров проводится на выходе из доильного зала и чаще всего в ваннах ($V_д$), объемом 200 л. Как правило, ванны устанавливаются на выходе из доильного зала: одна, наполненная водой, для размягчения и очистки копыт от грязи, другая – непосредственно с раствором, общим количеством ($n_{в.к.}$) 2 шт., содержимое которых меняется после прохождения 250 коров.

Для расчета расхода воды необходимо указать используемое оборудование (R) и периодичность обработки копыт ($q_д$).

Расчет расхода воды на содержание телят до 3 месяцев проводится на основании данных о количестве ведерок для выпойки ($N_{м.в.}$, шт./гол.), количестве клеток ($n_{кл.}$, шт.), периодичности обработки клеток ($N_{кл.}$, раз в мес.).

Для содержания телят чаще всего используются клетки площадью ($S_{кл.}$) 6,08 м².

Блок расчета объема воды, необходимого на физиологические потребности животных. Этот блок представляет собой цикл, в котором выполняется проверка условий, вводимых данных с дальнейшим расчетом. Применение цикла обосновано тем, что количество групп животных разных фаз, для которых рассчитывается расход воды на поение, мытье поилок и приготовление кормов для разных хозяйств может отличаться. Проводится расчет поголовья молодняка (8), дойных коров привязного (6) и беспривязного (7) содержания, суточного надоя молока (10), расхода воды на поение животных (13), мытье поилок (15) и пригото-

вление кормов (17) до тех пор, пока порядковый номер группы не будет равен количеству групп животных (рис. 1).

Блок расчета расхода воды на выполнение технологических операций. В данном блоке помимо исходных и нормативных данных используются полученные в предыдущем блоке значения для расчета расхода воды: на промывку танков-охладителей (20); охлаждение молока (24); промывку доильного оборудования (28) и подмывание вымени (32) на привязи; промывку оборудования (33); уборку площадок (37); подмывание вымени (41); обработку копыт (45) в доильном зале; мытье ведерок для выпойки телят (45); приготовление заменителя цельного молока (47); санитарную обработку клеток (48). Затем для вычисления общего расхода воды на ферме (49) полученные данные расхода воды складываются. Помимо вычислений в этом блоке предусмотрен выбор технических средств для охлаждения молока, обработки вымени, уборки площадок доильного зала и обработки копыт, которые в расчете представлены коэффициентами. В качестве водосберегающего решения, нашедшего широкое применение на фермах, представлено направление нагретой от охлаждения молока воды для поения животных.

Блок выбора и вывода данных. В данном блоке проводится выбор необходимых значений, которые будут показаны в отчете. Выбор (50) осуществляется из нескольких представленных вариантов:

- вывод только общего расхода воды на ферме;
- вывод расхода воды на выбранные операции;
- вывод расхода воды по всем операциям с общим расходом на ферме.

Отчет (51) представляется в виде документа, содержащего выбранный вариант выводимых данных.

На основе составленного алгоритма была разработана и зарегистрирована программа расчета расхода воды на молочной ферме КРС [28]. Рабочее поле для ввода исходных данных представлено на рисунке 2.

Для проверки работоспособности провели расчет расхода воды для молочной фермы на 1000 голов, из них 800 голов дойного стада беспривязного с продуктивностью 28 кг/гол. и 200 голов привязного содержания с продуктивностью 32 кг/гол. без учета молодняка. При беспривязном содержании для поения исполь-

зуются 19 поилок объемом 344 л каждая, для очистки вымени применяется скруббер. Доение осуществляется в доильном зале площадью 459 м² на доильной установке типа «Карусель»

на 40 постов. Для уборки пола после каждой дойки применяют мойку высокого давления. Обработка копыт проводится 3 раза в неделю с помощью пенообразующей установки.

Нормативные данные

1. Потребление воды одной коровой в технологической группе, л/гол. в сут. при tвозд=15°C	<input type="button" value="Нормы"/>
2. Коэффициент охлаждения, л воды/кг молока (коэф=2 для проточного охладителя)	<input type="text" value="2.0"/>
3. Коэффициент наполнения танка	<input type="text" value="1.11"/>
4. Расход воды на подмывание вымени, л/гол.	<input type="text" value="6.0"/>
5. Расход воды на уборку доильного зала, л/м ²	<input type="text" value="5.0"/>
6. Расход воды на приготовление кормов на одну голову, л/гол.	<input type="text" value="5.0"/>
7. Расход воды на мытье ведерок, л/шт.	<input type="text" value="2.0"/>
8. Расход воды на приготовление ЗЦМ, л/гол.	<input type="text" value="5.0"/>
9. Расход воды на обработку 1 м ² клетки, л/м ²	<input type="text" value="2.0"/>

Постоянные величины

1. Коэффициент учета влияния температуры воды на потребление воды коровами	<input type="text" value="1.0"/>
2. Коэффициент учета влияния температуры воздуха на потребление воды коровами	<input type="text" value="1.0"/>
3. Коэффициент учета влияния влажности воздуха на потребление воды коровами	<input type="text" value="1.0"/>
4. Расход воды на промывку доильного оборудования для одного поста	<input type="text" value="30.0"/>
5. Объем ванны для обработки копыт, л	<input type="text" value="200.0"/>
6. Количество ванн для обработки копыт, шт.	<input type="text" value="2.0"/>
7. Количество животных, после которых меняется раствор	<input type="text" value="250.0"/>
8. Обрабатываемая площадь клетки, л/м ²	<input type="text" value="6.08"/>

Исходные данные для расчета

1. Наличие проточного охладителя молока	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="есть"/>
2. Наличие водосберегающей технологии	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="нет"/>
3. Наличие пенообразующей установки	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="есть"/>
4. Дебит скважины на ферме	<input type="text" value="0.00"/>	

Источник данных:

- РД-АПК 1.10.01.01-18. "Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота"
- Симонов Г.А., Зотева В.С., Хализова З.Н., Симонов А.Г., Зотева С.В. Выращивание телят молочного периода на заменителе цельного молока // Эффективное животноводство. 2022. №5 (180). С. 16-20. <https://doi.org/10.24412/ci-33489-2022-5-16-20>.

Рис. 2. Интерфейс программы расчёта расхода воды на молочной ферме КРС / Fig. 2. Interface of the program for calculation of water consumption on a dairy cattle farm

При привязном содержании для поения используются чашечные поилки в количестве 100 шт., объемом 5 л каждая. Для очистки вымени применяются одноразовые салфетки.

Периодичность доения – 3 раза в сутки, мытье поилок 2 раза в неделю, вывоз молока – 1 раз в сут. Для охлаждения молока используется проточный охладитель.

Результаты расчета расхода воды для такой фермы представлены в таблице 1.

Для сопоставления полученных результатов расчета расхода воды на технологические нужды с другими исследованиями переведем полученные показатели в удельные единицы на голову и 1 кг молока. Результаты сравнения представлены в таблице 2.

В целом можно сделать вывод о том, что использованная в алгоритме зависимость расхода воды для поения дойных коров соответствует данным других исследований, однако в дальнейшем необходима ее корректировка на основании экспериментальных.

Полученные данные расхода воды на промывку оборудования доильного зала близки к результатам исследований [32], что позволяет использовать исходные данные при дальнейших расчетах без корректировок.

С учетом того, что для уборки пола в расчете использовали мойку высокого давления, результаты расчета значительно отличаются от расхода воды, полученного другими исследователями. Одной из возможных причин несоответствия является различное поголовье коров, приходящих в доильный зал. Все это указывает на необходимость проведения экспериментов для уточнения фактического расхода воды для уборки полов доильного зала при использовании различных технических решений и последующей корректировки нормативных данных.

На ферме предполагается повторное использование подогретой воды от охлаждения молока в проточном охладителе, что позволяет покрывать большую часть расхода воды, порядка 60 %, на поение животных.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

Таблица 1 – Результаты расчета расхода воды при использовании программы, разработанной на основе составленного алгоритма, м³/сут /

Table 1 – Results of water consumption calculation using the program developed on the basis of the developed algorithm, m³/day

Наименование / Name	Расход воды на операцию / Water consumption per operation	В том числе / Including	
		привязное содержание / linked content	беспривязное содержание / loose content
Поение общее, в том числе: / Total watering, including	94,92	20,67	74,25
- вода после охлаждения молока / water after milk cooling	57,60	12,80	44,80
- вода из скважины / water from the well	37,32	7,87	29,45
Приготовление кормов / Fodder preparation	5,00	1,00	4,00
Мытье поилок / Washing of drinkers	2,16	0,29	1,87
Промывка молочных танков-охладителей / Flushing of milk cooling tanks	1,78	0,76	1,02
Промывка доильного оборудования для привязи / Washing of tether milking equipment	1,50	1,50	-
Очистка вымени коров на привязи / Cleaning udders of cows on tether	0,00	0	-
Промывка оборудования доильной установки / Flushing of milking machine equipment	3,60	-	3,60
Очистка вымени коров в доильном зале / Cleaning of cows' udders in the milking parlor	0,48	-	0,48
Уборка доильного зала / Cleaning of milking parlor	3,44	-	3,44
Обработка копыт / Hoof treatment	0,21	-	0,21
Всего / Total	113,09	24,22	88,87

Таблица 2 – Сравнение результатов расчета и экспериментальных данных удельного расхода воды /

Table 2 – Comparison of specific water consumption of calculation results and experimental data

Технологическая операция / Technological operation	Источник / Source	Расход воды / Water consumption	Сравнение с расчетом, % / Comparison with calculation, %
Поение животных / Animal watering	Расчетные данные / Estimated data	3,3 л/1 кг молока / 3.3 l/1 kg of milk	100
	Д. Уорд, П. Энг / D. Ward, P. Eng [29]	3,4–4,1 л/1 кг молока / 3.4–4.1 l/1 kg of milk	103,03–124,24
	В. Ф. Второй, С. В. Второй / V. F. Vtoruj, S. V. Vtoruj [30]	2,39 л/1 кг молока / 2.39 l/1 kg of milk	72,42
	В. В. Гордеев, В. Е. Хазанов / V. V. Gordeev, V. E. Khazanov [31]	2,06 л/1 кг молока / 2.06 l/1 kg of milk	62,42
	М. Краусс, К. Драстиг / M. Krauß, K. Drastig [14]	2,6 л/1 кг молока / 2.6 l/1 kg of milk	78,79
Промывка оборудования доильной установки / Flushing of milking machine equipment	Расчетные данные / Estimated data	0,16 л/1 кг молока / 0.16 l/1 kg of milk	100
	К. Ходур, В. Нагипал / С. Нодур, В. Нагипал [32]	0,15–0,24 л/1 кг молока / 0.15–0.24 l/1 kg of milk	93,75–150,00
Уборка технологических площадей доильного зала / Cleaning of technological areas of the milking parlor	Расчетные данные / Estimated data	4,3 л/гол. в сут / 4.3 l/head per day	100
	Э. Л. Лериче, А. К. Ван дер Заг / E. L. Le Riche, A. C. Van der Zaag [33]	22,9 л/гол. в сут / 22.9 l/head per day	532,56
	В. В. Гордеев, Т. Ю. Миронова [34] / V. V. Gordeev, T. Yu. Mironova [34]	24,3 л/гол. в сут / 24.3 l/head per day	565,12

Заключение. В связи с отсутствием системного подхода в моделировании расхода воды был разработан алгоритм, рассчитывающий расход воды на все технологические операции на молочной ферме КРС, учитывающий различные варианты технических и технологических решений.

По алгоритму разработана программа расчета расхода воды, которая будет полезна при технологическом проектировании ферм КРС по производству молока и мяса с привязным и беспривязным содержанием при доении в доильных залах.

Проведенная апробация программы расчета показывает, что разработанная последовательность позволяет рассчитать расход воды на ферме, однако необходимо проведение экспериментальных исследований для уточнения нормативных данных по расходу воды, например, на поение животных разного возраста, уборку пола доильного зала при использовании различных технических решений и т.д.

Дальнейшим направлением исследований будет разработка системы мониторинга на основе созданной программы расчета расхода воды.

Список литературы

1. Строев В. В., Магомедов М. Д., Алексейчева Е. Ю. Повышение производства и потребления молочных продуктов в России и продовольственная безопасность. Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023;13(6-1):368–380. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2023.70.69.043> EDN: FKHUWK
2. Скоркин В. К., Ларкин Д. К., Аксенова В. П., Андрюхина О. Л. Особенности водоснабжения животноводческих ферм. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013;(1(9)):23–28.
3. МакКонахи Х. Важность обеспечения качества воды для коров. Комбикорма. 2020;(7–8):56–58.
4. Трофимов А. Ф., Брыло И. В. Влияние качества питьевой воды на продуктивность и здоровье КРС. Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2009;(4):92–96. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44174847> EDN: JQDNQR
5. Сторожук Т. А., Матвеев К. А., Невмержицкий А. И. Значение водных ресурсов для животноводства. Аллея науки. 2018;2(5(21)):956–959. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xrktfj> EDN: XRKTfJ
6. Акулинина В. Г., Курочкин В. Н. Приоритеты и экономические основы управления водопользованием в контексте модернизации. Московский экономический журнал. 2018;(5):7. DOI: <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2018-15007> EDN: VNPFFN
7. Yu L., Xiong X., Samim S. A., Hu Z. Analysis of Water Resources and Water Environmental Carrying Capacity of Animal Husbandry in China – Based on Water Footprint Theory. Water. 2021;13(23):3386. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13233386>
8. Singh A. K., Bhakat C., Singh P. A review on water intake in dairy cattle: associated factors, management practices, and corresponding effects. Tropical Animal Health and Production. 2022;54(2):154. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03154-2>
9. Nagypál V., Mikó E., Hodúr C. Sustainable Water Use Considering Three Hungarian Dairy Farms. Sustainability. 2020;12(8):3145. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12083145>
10. Shine P., Scully T., Upton J., Shalloo L., Murphy M. D. Electricity & direct water consumption on Irish pasture based dairy farms: A statistical analysis. Applied Energy. 2018;210:529–537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.029>
11. Farooq M. H., Shahid M. Q. Quantification of on-farm groundwater use under different dairy production systems in Pakistan. PLOS Water. 2023;2(2):e0000078. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000078>
12. Palhares J. C. P., Matarim D. L., de Sousa R. V., Martello L. S. Water performance indicators and benchmarks for dairy production systems. Water. 2024;16(2):330. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16020330>
13. 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;12(7):618–635. DOI: <https://doi.org/10.4236/jwarp.2020.127038>
14. Krauß M., Drastig K., Prochnow A., Rose-Meierhöfer S., Kraatz S. Drinking and Cleaning Water Use in a Dairy Cow Barn. Water. 2016;8(7):302. DOI: <https://doi.org/10.3390/w8070302>
15. Миронова Т. Ю., Гордеев В. В., Ковалёв С. В., Гордеева Т. И. Расход воды для уборки доильного зала типа «Карусель». Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2023;(4(72)):528–538. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-04-53> EDN: HCMGYM
16. Ковалев С. В., Гордеев В. В., Миронова Т. Ю. Анализ водопользования на фермах КРС. АгроЭкоИнженерия. 2023;(2(115)):108–123. DOI: <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-2115-108-122> EDN: FCNKFF
17. Гордеев В. В., Вторый С. В. Алгоритм управления процессом поения в коровниках. АгроЭкоИнженерия. 2018;(97):227–234. DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-10110> EDN: YPQDVR

18. Гордеев В. В., Хазанов В. Е., Яковлева А. В. Алгоритм расчёта и выбора поилок для коров. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2016;(2):24–28. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26622883> EDN: WKPHQJ
19. Cardot V., Le Roux Y., Jurjanz S. Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their Water Intake. Journal of Dairy Science. 2008;91(6):2257–2264. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0204>
20. Meyer U., Everinghoff M., Gädeken D., Flachowsky G. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. Livestock Production Science. 2004;90(2-3):117–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LIVPRODSCI.2004.03.005>
21. Shine P., Scully T., Upton J., Murphy M. D. Multiple linear regression modelling of on-farm direct water and electricity consumption on pasture based dairy farms. Computers and Electronics in Agriculture. 2018;148:337–346. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.020>
22. Al-Bahouh M., Osborne V., Wright T., Dixon M., VanderZaag A., Gordon R. Blue Water Footprints of Ontario Dairy Farms. Water. 2021;13(16):2230. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13162230>
23. Ammer S., Lambertz C., von Soosten D., Zimmer K., Meyer U., Dänicke S., Gauly M. Impact of diet composition and temperature–humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2018;102(1):103–113. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.12664>
24. 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;97:241–250. DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-10112> EDN: VNRJWT
25. Higham C. D., Horne D., Singh R., Kuhn-Sherlock B., Scarsbrook M. R. Water use on nonirrigated pasture-based dairy farms: Combining detailed monitoring and modeling to set benchmarks. Journal of Dairy Science. 2017;100(1):828–840. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11822>
26. Osaki M. R., Palhates J. C. P., Aguiar F. G. Artificial neural network model for water consumption prediction in dairy farms. Bioscience Journal. 2024;40:e40009. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v40n0a2024-68845>
27. Murphy E., de Boer I. J. M., van Middelaar C. E., Holden N. M., Curran T. P., Upton J. Predicting fresh-water demand on Irish dairy farms using farm data. Journal of Cleaner Production. 2017;166:58–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.240>
28. Ковалёв С. В., Миронова Т. Ю., Гордеев В. В., Гордеева Т. И., Матейчик С. Н. Программа расчета расхода воды на молочной ферме КРС: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687090 Российская Федерация. № 2024686126: заявл. 05.11.2024; опублик. 14.11.2024. Бюл. №11. 1 с. Режим доступа: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
29. Ward D., Eng P., McKague K., Eng P. Water Requirements of Livestock. Factsheet. 2023. 6 p. URL: <https://files.ontario.ca/omafra-water-requirements-livestock-23-023-en-2023-04-25.pdf>
30. Вторый В. Ф., Вторый С. В., Ильин Р. М. Оценка влияния основных факторов на водопотребление дойных коров. АгроЭкоИнженерия. 2021;(2(107)):106–115. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46302062> EDN: YOTKON
31. Гордеев В. В., Хазанов В. Е., Вторый С. В., Ильин Р. М. Анализ организации водообеспечения коров летом при беспривязном содержании. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019;(3(100)):146–153. DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10197> EDN: TGLHGP
32. Hodúr C., Nagypál V., Fazekas Á., Mikó E. Blue and gray water footprint of some Hungarian milking parlors. Water Practice and Technology. 2022;17(7):1378–1389. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.073>
33. Le Riche E. L., VanderZaag A. C., Burr S., Lapen D. R., Gordon R. Water use and conservation on a free-stall dairy farm. Water. 2017;9(12):977. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9120977>
34. Гордеев В. В., Миронова Т. Ю., Гордеева Т. И., Ильин Р. М., Миронов В. Н. Расход водных ресурсов для уборки доильного зала типа «Параллель». АгроЭкоИнженерия. 2021;(4(109)):117–125. DOI: <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-4109-117-124> EDN: LCLEJM

References

1. Stroeve V. V., Magomedov M. D., Alekseycheva E. Yu. Increasing the production and consumption of dairy products in Russia and food security. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* = Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. 2023;13(6-1):368–380. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2023.70.69.043>
2. Skorkin V. K., Larkin D. K., Aksenova V. P., Andryukhina O. L. Water features livestock farms. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2013;(1(9)):23–28. (In Russ.).
3. MakKonakhi Kh. The importance of ensuring water quality for cows. *Kombikorma*. 2020;(7–8):56–58. (In Russ.).
4. Trofimov A. F., Brylo I. V. The influence of drinking water quality on cattle productivity and health. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series. 2009;(4):92–96. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44174847>

5. Storozhuk T. A., Matveev K. A., Nevmerzhitkiy A. I. The importance of water resources for animal husbandry. *Alleya nauki*. 2018;2(5(21)):956–959. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xrktfj>
6. Akulinina V. G., Kurochkin V. N. Priorities and economic basis of management water use in the context of modernization. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal* = Moscow journal. 2018;(5):7. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2018-15007>
7. Yu L., Xiong X., Samim S. A., Hu Z. Analysis of Water Resources and Water Environmental Carrying Capacity of Animal Husbandry in China – Based on Water Footprint Theory. *Water*. 2021;13(23):3386. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13233386>
8. Singh A. K., Bhakat C., Singh P. A review on water intake in dairy cattle: associated factors, management practices, and corresponding effects. *Tropical Animal Health and Production*. 2022;54(2):154. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03154-2>
9. Nagypál V., Mikó E., Hodúr C. Sustainable Water Use Considering Three Hungarian Dairy Farms. *Sustainability*. 2020;12(8):3145. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12083145>
10. Shine P., Scully T., Upton J., Shalloo L., Murphy M. D. Electricity & direct water consumption on Irish pasture based dairy farms: A statistical analysis. *Applied Energy*. 2018;210:529–537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.029>
11. Farooq M. H., Shahid M. Q. Quantification of on-farm groundwater use under different dairy production systems in Pakistan. *PLOS Water*. 2023;2(2):e0000078. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000078>
12. Palhares J. C. P., Matarim D. L., de Sousa R. V., Martello L. S. Water performance indicators and benchmarks for dairy production systems. *Water*. 2024;16(2):330. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16020330>
13. 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;12(7):618–635. DOI: <https://doi.org/10.4236/jwarp.2020.127038>
14. Krauß M., Drastig K., Prochnow A., Rose-Meierhöfer S., Kraatz S. Drinking and Cleaning Water Use in a Dairy Cow Barn. *Water*. 2016;8(7):302. DOI: <https://doi.org/10.3390/w8070302>
15. Mironova T. Yu., Gordeev V. V., Kovalev S. V., Gordeeva T. I. Cleaning water consumption in milking parlours Carousel. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*. 2023;(4(72)):528–538. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-04-53>
16. Kovalev S. V., Gordeev V. V., Mironova T. Yu. Analysis of water use on cattle farms. *AgroEkoInzheneriya* = Agricultural Engineering (Moscow). 2023;(2(115)):108–123. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-2115-108-122>
17. Gordeev B. V., Vtoryy C. V. Algorithm of livestock watering control in cow barns. *AgroEkoInzheneriya* = Agricultural Engineering (Moscow). 2018;(97):227–234. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-10110>
18. Gordeev V. V., Khazanov V. E., Yakovleva A. V. Algorithm of calculation and selection of drinking bowls for cows. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2016;(2):24–28. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26622883>
19. Cardot V., Le Roux Y., Jurjanz S. Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their Water Intake. *Journal of Dairy Science*. 2008;91(6):2257–2264. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0204>
20. Meyer U., Everinghoff M., Gädeken D., Flachowsky G. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livestock Production Science*. 2004;90(2-3):117–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LIVPRODSCI.2004.03.005>
21. Shine P., Scully T., Upton J., Murphy M. D. Multiple linear regression modelling of on-farm direct water and electricity consumption on pasture based dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018;148:337–346. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.020>
22. Al-Bahouh M., Osborne V., Wright T., Dixon M., VanderZaag A., Gordon R. Blue Water Footprints of Ontario Dairy Farms. *Water*. 2021;13(16):2230. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13162230>
23. Ammer S., Lambertz C., von Soosten D., Zimmer K., Meyer U., Dänicke S., Gauly M. Impact of diet composition and temperature–humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018;102(1):103–113. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.12664>
24. Gordeev V. V., Mironova T. Yu., Mironov V. N. Method to determine the amount of manure-bearing wastewater from milking parlours. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2018;97:241–250. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-10112>
25. Higham C. D., Horne D., Singh R., Kuhn-Sherlock B., Scarsbrook M. R. Water use on nonirrigated pasture-based dairy farms: Combining detailed monitoring and modeling to set benchmarks. *Journal of Dairy Science*. 2017;100(1):828–840. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11822>
26. Osaki M. R., Palhares J. C. P., Aguiar F. G. Artificial neural network model for water consumption prediction in dairy farms. *Bioscience Journal*. 2024;40:e40009. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v40n0a2024-68845>
27. Murphy E., de Boer I. J. M., van Middelaar C. E., Holden N. M., Curran T. P., Upton J. Predicting fresh-water demand on Irish dairy farms using farm data. *Journal of Cleaner Production*. 2017;166:58–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.240>

28. Kovalev S. V., Mironova T. Yu., Gordeev V. V., Gordeeva T. I., Mateychik S. N. The program for calculating water consumption on a cattle dairy farm: Certificate of state registration of the computer program No. 2024687090 Russian Federation, 2024. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

29. Ward D., Eng P., McKague K., Eng P. Water Requirements of Livestock. Factsheet. 2023. 6 p. URL: <https://files.ontario.ca/omafra-water-requirements-livestock-23-023-en-2023-04-25.pdf>

30. Vtoryy V. F., Vtoryy S. V., Ilyn R. M. Assessment of main factors effect on water consumption of milking cows. *AgroEkoInzheneriya* = Agricultural Engineering (Moscow). 2021;(2(107)):106–115. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46302062>

31. Gordeev V. V., Khazanov V. E., Vtoryy S. V., Ilyn R. M. Organization of summer water supply of cows under the loose housing system. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zivotnovodstva*. 2019;(3(100)):146–153. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10197>

32. Hodúr C., Nagypál V., Fazekas Á., Mikó E. Blue and gray water footprint of some Hungarian milking parlors. *Water Practice and Technology*. 2022;17(7):1378–1389. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.073>

33. Le Riche E. L., VanderZaag A. C., Burr S., Lapen D. R., Gordon R. Water use and conservation on a free-stall dairy farm. *Water*. 2017;9(12):977. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9120977>

34. Gordeev V. V., Mironova T. Yu., Gordeeva T. I., Ilyn R. M., Mironov V. N. Consumption of water resources for cleaning “Parallel” milking parlour. *AgroEkoInzheneriya* = Agricultural Engineering (Moscow). 2021;(4(109)):117–125. DOI: <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-4109-117-124>

Сведения об авторах

✉ **Гордеев Владислав Владимирович**, кандидат техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Филътровское шоссе, д. 3, пос. Тярлево, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6181-396X>, e-mail: cow-sznii@yandex.ru

Татьяна Ивановна Гордеева, кандидат техн. наук, доцент, старший научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Филътровское шоссе, д. 3, пос. Тярлево, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5466-6033>

Миронова Татьяна Юрьевна, кандидат техн. наук, научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Филътровское шоссе, д. 3, пос. Тярлево, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6959-049X>

Ковалев Сергей Владимирович, младший научный сотрудник отдела агроэкологии в животноводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Филътровское шоссе, д. 3, пос. Тярлево, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1310-4283>

Information about the authors

✉ **Vladislav V. Gordeev**, PhD in Engineering, associate professor, leading researcher, the Department of Agroecology in Livestock Production, the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 3, Filtrovskoje Shosse, p.o. Tiarlevo, Saint Petersburg, Russian Federation, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6181-396X>, e-mail: cow-sznii@yandex.ru

Tatiana I. Gordeeva, PhD in Engineering, associate professor, senior researcher, the Department of Agroecology in Livestock Production, the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 3, Filtrovskoje Shosse, p.o. Tiarlevo, Saint Petersburg, Russian Federation, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5466-6033>

Tatyana Yu. Mironova, PhD in Engineering, researcher, the Department of Agroecology in Livestock Production, the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 3, Filtrovskoje Shosse, p.o. Tiarlevo, Saint Petersburg, Russian Federation, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6959-049X>

Sergey V. Kovalev, junior researcher, the Department of Agroecology in Livestock Production, the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 3, Filtrovskoje Shosse, p.o. Tiarlevo, Saint Petersburg, Russian Federation, 196634, e-mail: nii@sznii.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1310-4283>

✉ – Для контактов / Corresponding author