

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 637.115:331.44

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-4-4-13



Анализ эргономичности труда операторов машинного доения на роторно-конвейерных доильных установках «Карусель»

Ерохин Михаил Никитьевич, академик РАН, д-р техн. наук, профессор¹

erohin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6573-0950>; Scopus Author ID: 572092705884

Кирсанов Владимир Вячеславович[✉], чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор, зав. отделом механизации и автоматизации животноводства²

kirvv2014@mail.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0003-2549-4070>

Иванов Юрий Григорьевич, д-р техн. наук, профессор¹

iy.electro@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4766-9532>

Кирсанов Сергей Владимирович, ведущий инженер³

sergejkirsanovv@gmail.com

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

² Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

³ ООО «ТрансЭнергоСнаб»; 105066, Российская Федерация, г. Москва, ул. Нижняя Красносельская, 35, стр. 9

Аннотация. Оператор машинного доения при обслуживании роторно-конвейерной доильной установки молочных комплексов на 1200...3000 и более коров испытывает повышенные психологические и физические нагрузки. Общий функционал человека-оператора машинного доения включает в себя информационно-управляющий (оценка физиологического состояния, статусов животного, передача сигналов с доильного поста в центральный компьютер и др.) и физический функционал по выполнению ручных операций (обработка вымени и сосков животных, подключение доильных аппаратов). Анализ эргономичности труда операторов машинного доения на установках «Карусель» показал, что суммарная работа оператора в расчете на 1 корову на установке с внутренним доением по типу «Ёлочка» (36,62 Дж) выше, чем при внешнем доении по типу «Параллель» (26,42 Дж), ввиду большей составляющей по перемещению доильного аппарата (22,9 против 12,7 Дж). Энергоемкость труда у 3 операторов в расчете на 1 корову является различной: при внутреннем доении («Ёлочка») нагрузка составляет 3,92; 30,74; 1,96 Дж, при внешнем доении («Параллель») – 3,92; 20,54; 1,96 Дж. Физическая нагрузка операторов за рабочую смену также различается: при работе 3 чел. энергозатраты оператора при внутреннем доении («Ёлочка») варьируют от 1372 (у третьего оператора) до 37807 Дж (у второго оператора); для 2 операторов (без операции обработки сосков после доения) нагрузка является одинаковой – от 24262 до 33964 Дж. При работе 3 чел. на «Карусели» типа «Параллель» диапазон энергозатрат составляет от 1918 до 43134 Дж, с 2 операторами – от 23968 до 51366 Дж. Допустимый верхний предел для операторов-мужчин (не более 50000 Дж) превышен в случае внешнего доения и максимальной производительности 300 гол/ч; для операторов-женщин (не более 30000 Дж) у всех вторых операторов при максимальной производительности «Карусели» с внутренним доением – 140 гол/ч, внешним доением – 300 гол/ч. Перегруженность операторов доильных установок роторного типа необходимо учитывать при организации их работы и дальнейшей модернизации установок.

Ключевые слова: доильная установка «Карусель», оператор машинного доения, функционал человека-оператора, энергозатраты оператора, структура энергозатрат, эргономичность труда операторов машинного доения

Формат цитирования: Ерохин М.Н., Кирсанов В.В., Иванов Ю.Г., Кирсанов С.В. Анализ эргономичности труда операторов машинного доения на роторно-конвейерных доильных установках «Карусель» // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 4. С. 4-13. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-4-13>.

© Ерохин М.Н., Кирсанов В.В., Иванов Ю.Г., Кирсанов С.В., 2023

ORIGINAL ARTICLE

Analyzing the ergonomics of operators working on rotary conveyor milking machines of the “Carousel” type

Mikhail N. Erokhin, Full Member of RAS, DSc (Eng), Professor¹

n.erohin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6573-0950>; Scopus Author ID: 572092705884

Vladimir V. Kirsanov², Corresponding Member of RAS, DSc (Eng), Professor²

kirvv2014@mail.ru²; <https://orcid.org/0000-0003-2549-4070>

Yuri G. Ivanov, DSc (Eng), Professor¹

iy.electro@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4766-9532>

Sergey V. Kirsanov, Lead Engineer³

sergejkirsanovv@gmail.com

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow 127434, Russian Federation

² Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 5, 1st Institutskiy Proezd Str., Moscow, 109428, Russian Federation

³ LLC “TransEnergoSnab”; Bld. 9, 35 Nizhnaya Krasnoselskaya Str., Moscow, 105066, Russian Federation

Abstract. When operating a rotary conveyor milking plant of dairy facilities for 1200 to 3000 or more cows, a milking machine operator experiences increased psychological and physical stress. The general functionality of the human operator of machine milking plants includes information and control (assessment of the physiological state, status of the animal, signal transmission from the milking point to the central computer, etc.) and physical functionality for performing manual operations (preparing the udder and teats of animals, connecting milking units). The conducted ergonomics analysis of milking machine operators at the “Carousel” plants showed that the total work of the operator per cow at the internal milking plant of the “Herringbone” type (36.62 J) is higher than at those with external milking of the “Parallel” type (26.42 J), due to the larger workload part required to move the milking machine (22.9 versus 12.7 J). The energy intensity of labor for three operators per cow is different: for internal milking (“Herringbone”), the load is 3.92, 30.74, and 1.96 J, with external milking (“Parallel”) – 3.92, 20.54, and 1.96 J. The physical load of operators per shift also varies: for a team of three people, the operator’s energy consumption during internal milking (“Herringbone”) varies from 1372 (for the third operator) to 37807 J (for the second operator); for two operators (without teat treatment after milking) the load is the same – from 24262 to 33964 J. For a team of three people working on the “Parallel”-type “Carousel”, the energy consumption ranges between 1918 and 43134 J, with two operators – between 23968 and 51366 J. The permissible upper limit for male operators (no more than 50000 J) is exceeded in the case of external milking and a maximum production of 300 head/h; for female operators (not more than 30,000 J) for all second operators at the maximum productivity of the “Carousel” with internal milking – 140 head/h, with external milking – 300 head/h. The overload of operators of rotary milking plants must be taken into account when organizing their work and upgrading the plants.

Keywords: milking plant of the “Carousel” type, milking machine operator, human operator functionality, operator energy consumption, energy cost structure, labor ergonomics of milking machine operators

For citation: Erokhin M.N., Kirsanov V.V., Ivanov Yu.G., Kirsanov S.V. Analyzing the ergonomics of operators working on rotary conveyor milking machines of the “Carousel” type. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2023;25(4):4-13. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-4-13>.

Введение. Крупные животноводческие молочные комплексы на 1200...3000 и более коров построены в последнее время в ряде регионов нашей страны. Для сравнения: в Советском Союзе аналогичные комплексы, оснащенные доильными установками «Карусель» фирмы «Импульс» (ГДР), насчитывали не более 2000 гол. («Щапово» – 2000 гол., Наро-Осановский – 1600 гол. и др.). Сегодня создаются комплексы с еще более высокой концентрацией поголовья, и оператор машинного доения, обслуживая роторно-конвейерные доильные установки по 8-10 ч в сутки (при двух- и трехсменной работе), испытывает повышенные

психологические и физические нагрузки при монотонных, часто повторяемых операциях: при обтирании сосков влажной салфеткой, сдаивании первых струек в отдельную посуду, подключении доильных стаканов к соскам вымени, их последоильной обработке и др. [1].

Эргономике труда операторов машинного доения в настоящее время уделяется недостаточно внимания, хотя известны работы по оценке загруженности и надежности функционирования операторов машинного доения [2, 3]. Анализ зарубежной литературы и международных стандартов по охране труда не выявил наличия каких-либо нормативов и конкретных показателей

по оценке и нормированию тяжести и напряженности труда операторов в животноводстве [4, 5]. Пооперационный хронометраж работы операторов машинного доения проводился ранее на машиноиспытательных станциях при приемочных испытаниях эксплуатационно-технологической оценки доильных установок с целью определения производительности труда, загрузки оборудования и др. По оценке безопасности в основном отмечались качественные показатели: рациональность рабочей позы оператора, удобство и безопасность технического и технологического обслуживания доильной установки^{1,2}.

Л.П. Карташовым и С.А. Соловьевым, а также другими исследователями (Оренбургский ГАУ) были введены и определены показатели качества и надежности труда операторов доения на разных типах доильных установок. Было отмечено снижение работоспособности и качества их работы к концу дойки по причине психологической и физической усталости. Разработаны тренажеры, позволяющие обучать обслуживающий персонал технике и правилам машинного доения, от которых зависят здоровье и продуктивность животных³. Высокий ритм потока (впуск-выпуск животных на вращающуюся платформу) вынуждает оператора в единицу времени совершать большое количество однообразных движений по обслуживанию животных. При этом в течение преддоильной подготовки ему необходимо в сжатый промежуток времени оценить отсутствие противопоказаний к доению в общий молокопровод: наличие травм, кровоточивость сосков и вымени; признаки заболевания животных маститом; лечение антибиотиками при заболевании или запрет на доение перед запуском; ручной ввод номера коровы при сбое системы идентификации и др. Отсутствие на установках «Карусель» селекционных ворот, размещаемых на выходе из доильных залов, или роботов, сбоя в системах управления доением, нерабочие датчики электропроводности и др. вызывают информационную и эмоциональную перегруженность оператора, а в сочетании с накапливающейся физической и психологической усталостью снижаются скорость реакции и надёжность функционирования оператора, особенно при обслуживании

большого поголовья. В связи с этим актуально рассмотреть эргономичность труда операторов машинного доения, оценить тяжесть и напряженность их труда.

Цель исследований: анализ эргономичности труда операторов машинного доения на роторно-конвейерных доильных установках «Карусель».

Материалы и методы. На основе фотохронометражных наблюдений, требований стандартов ССБТ по охране труда⁴, анализа зарубежной и отечественной литературы оценена эргономичность труда операторов машинного доения (ЧО) коров на разных типах современных высокопроизводительных установок «Карусель» с внутренним и внешним расположением операторов доения. Выполняемая ими информационная и физическая нагрузка сопоставлена с требованиями нормативной документации.

Общий функционал человека-оператора машинного доения $Z_{\text{чо}}$ можно представить в виде информационно-управляющего $Z_{\text{чо}}^{\text{и}}$ (оценка физиологического состояния, статусов животного, передача сигналов с доильного поста в центральный компьютер и др.) и физического функционала по выполнению ручных операций при машинном доении коров $Z_{\text{чо}}^{\text{ф}}$:

$$Z_{\text{чо}} = Z_{\text{чо}}^{\text{и}} + Z_{\text{чо}}^{\text{ф}} \rightarrow \min. \quad (1)$$

В локальных биотехнических системах доения (доильные залы, роботы, системы обеспечения микроклимата и др.) данный функционал должен стремиться к минимуму за счет развития средств автоматизации, роботизации доения и цифровизации [6, 7]. Уровни автоматизации и роботизации определяют значение физического функционала человека-оператора, а его информационно-управляющий функционал определяется в основном уровнем цифровизации. Если с роботизацией процессов физический функционал оператора доения практически стремится к нулю, то одновременно растет его информационно-управляющая составляющая. Требуется большое количество данных для ввода информации и подбора животных к роботизированному доению, необходим контроль числа невыдоенных животных и промежутков между доениями. Данная нагрузка распределяется уже на сервисного инженера и подгонщика животных.

Напряженность труда операторов машинного доения на установках «Карусель» можно оценить, проанализировав данные таблицы 1, сформированной в соответствии с требованиями к операторскому труду⁵ и исследованиями [1].

¹ ГОСТ Р 12.0.001-2013. Система стандартов безопасности труда. Основные положения. URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.01. 2014).

² Межгосударственный стандарт ГОСТ 34496-2018. Установки и аппараты доильные для коров. Методы испытаний: введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 октября 2019 г. № 983-ст. URL: <https://www.dokipedia.ru>.

³ Поздняков В.Д. Повышение надежности и эффективности функционирования операторов механизированных процессов животноводства: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Оренбург, 2006. 40 с. EDN: NJYXSH.

⁴ ГОСТ 12.0.001-82. Система стандартов безопасности труда. Основные положения. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30039303&pos=1;-16#pos=1;-16 (дата обращения: 01.04.2023).

⁵ Девесилов В.А. Охрана труда: Учебник. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. 448 с.

Таблица 1

Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса операторов машинного доения на установках «Карусель»

Table 1

Classes of working conditions according to the indicators of the labor process intensity of milking machine operators at the "Carousel" plants

Показатели тяжести трудового процесса <i>Indicators of the workload intensity</i>	Класс условий труда / <i>Working condition class</i>				
	Оптимальный (легкая физическая нагрузка) <i>Optimal (light physical load)</i>	Допустимый (средняя физическая нагрузка) <i>Permissible (average physical load)</i>	Вредный (тяжелый труд) <i>Harmful (hard work)</i>		
			1-й степени <i>Degree 1</i>	2-й степени <i>Degree 2</i>	3-й степени <i>Degree 3</i>
			1	2	3,1
Сенсорные нагрузки / <i>Sensory loads</i>					
1. Длительность сосредоточенного наблюдения за животными, % от времени смены <i>1. Duration of concentrated observation of animals, % of shift time</i>	до 25 <i>up to 25</i>	26-50	51-75	более 75* <i>over 75*</i>	-
2. Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в системе «Доильный пост-компьютер» в среднем за 1 ч работы, ед/ч <i>2. Average density of signals (light, sound) and messages in the system “Milking point-computer” per hour of work, units/h</i>	до 75 <i>up to 75</i>	75-175	176-300*	более 300 <i>over 300</i>	-
3. Наблюдение за экранами блоков управления доением, ч в смену <i>3. Supervision of screens of milking control units, hours per shift</i> <i>Monotonicity of loads</i>	до 2 <i>up to 2</i>	2-3	3-4	более 4* <i>over 4*</i>	-
Монотонность нагрузок / <i>Monotonicity of loads</i>					
1. Число элементов (приемов), необходимых для подключения доильного аппарата к вымени, ед. <i>1. Number of elements (methods) required to connect the milking machine to the udder, units.</i>	более 10 <i>over 10</i>	9-6*	5-3	менее 3 <i>less than 3</i>	-
2. Продолжительность выполнения ручных операций при подготовке коровы и подключению доильных стаканов, с <i>2. Duration of manual operations during cow preparation and teat cup connection, s</i>	более 100 <i>over 100</i>	100-25	24-10	менее 10* <i>less than 10*</i>	-
Режим работы / <i>Working mode</i>					
Фактическая продолжительность рабочего дня, ч <i>Actual working hours, h</i>	6-7 Односменная работа (без ночной смены) <i>Single shift work (no night shift)</i>	8-9* Двухсменная работа (без ночной смены) <i>Double shift work (no night shift)</i>	-	более 12 Нерегулярная сменность с работой в ночное время <i>Irregular shifts with night work</i>	-

* Операции, вызывающие значительные сенсорные и монотонные физические нагрузки оператора, относящиеся к вредному тяжелому по напряженности труду 1-й и 2-й степеней.

* Operations that cause significant sensory and monotonous physical activity of the operator, related to harmful hard labor of the 1st and 2nd degrees.

Информационно-управляющий функционал оператора $Z_{\text{чо}}^{\text{и}}$ зависит не только от чисто информационных (сенсорных) нагрузок, но и от монотонных, часто повторяющихся физических нагрузок, выполняемых при ручных операциях по обработке вымени и сосков животных и подключении доильных аппаратов, вызывающих психологическое напряжение:

$$Z_{\text{чо}}^{\text{и}} = f[\text{ЧО}; X_{\text{и}} \dots X_{\text{пи}}, Y_{\text{лмф}} \dots Y_{\text{пмф}}];$$

$$I_{\text{чо}}^{\text{и}} = \frac{(X_{\text{и}} \dots X_{\text{пи}}) + (Y_{\text{лмф}} \dots Y_{\text{пмф}})}{T_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где $X_{\text{и}} \dots X_{\text{пи}}$ – информационные сенсорные нагрузки ЧО; $Y_{\text{лмф}} \dots Y_{\text{пмф}}$ – часто повторяющиеся монотонные физические нагрузки ЧО при обработке сосков и подключении доильных аппаратов; $I_{\text{чо}}^{\text{и}}$ – интенсивность использования информационно-управляющего функционала человека-оператора (количество совершаемых операций в единицу времени); $T_{\text{в}}$ – продолжительность выполнения подготовительно-заключительных операций при машинном доении в расчете на 1 животное, равное 15-20 с.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим более подробно структуру физического функционала ЧО

при машинном доении на роторно-конвейерной доильной установке «Карусель» с внутренним (по типу «Ёлочка») и внешним (по типу «Параллель») расположением ЧО (рис. 1, 2).

Зоны обслуживания вымени коров представляют собой треугольники со сторонами a , b , c , которые имеют неодинаковую площадь ввиду разного шага расположения животных. При расположении по типу «Ёлочка» шаг составляет примерно 1,2 м, а по типу «Параллель» – 0,8 м, то есть равен ширине коровы. Оператор перемещает доильные аппараты из стартового положения к вымени животных по гипотенузам $c_{\text{с}}$ и $c_{\text{п}}$.

Полную структуру физического функционала оператора машинного доения можно записать как

$$Z_{\text{чо}}^{\text{ф}} = f[\text{ЧО}; A_{\text{ос}}, A_{\text{п}}, A_{\text{уд}}, A_{\text{дс}}], \quad (3)$$

где $A_{\text{ос}}$, $A_{\text{п}}$, $A_{\text{уд}}$, $A_{\text{дс}}$ – соответственно работы, выполняемые оператором (ЧО) по обработке сосков, перемещению доильного аппарата к вымени, удерживанию подвесной части рукой и поочередному подключению доильных стаканов.

Работу по перемещению подвесной части доильного аппарата $A_{\text{п}}$ и подключению доильных стаканов

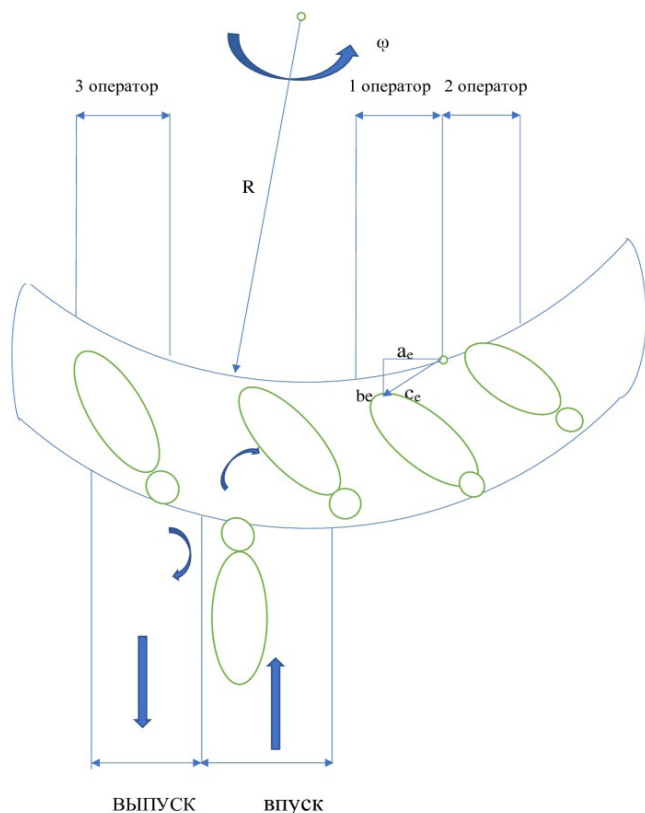


Рис. 1. Доильная установка «Карусель». Схема расположения коров по типу «Ёлочка» с внутренним доением

Fig. 1. Milking plant “Carousel”. The cow layout pattern according to the “Herringbone” type with internal milking

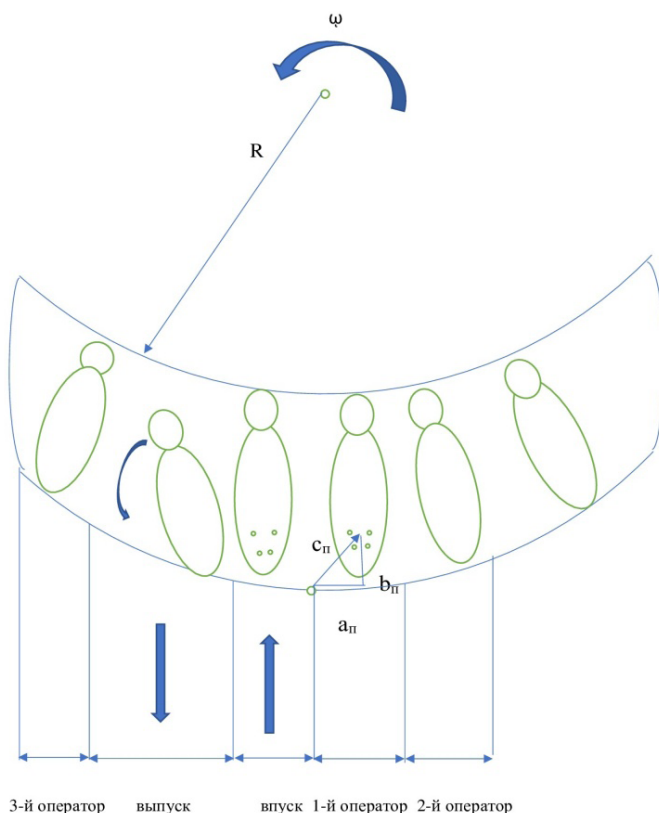


Рис. 2. Доильная установка «Карусель». Схема расположения коров по типу «Параллель» с внешним доением

Fig. 2. Milking plant “Carousel”. The cow layout pattern according to the “Parallel” type with external milking

$A_{\text{дс}}$ можно определить в соответствии с рекомендациями [1]:

$$\begin{aligned} A_{\text{п}}^e &= m_{\text{да}} \cdot g \cdot S_e; \\ A_{\text{п}}^n &= m_{\text{да}} \cdot g \cdot S_n; \\ A_{\text{дс}} &= 4 \cdot m_{\text{дс}} \cdot g \cdot h, \end{aligned} \quad (3)$$

где $A_{\text{п}}^e$, $A_{\text{п}}^n$ – соответственно механические работы, совершаемые оператором по перемещению подвесной части доильного аппарата на роторно-конвейерных доильных установках с расположением коров по типу «Ёлочка» с внутренним доением, по типу «Параллель» – с внешним доением; S_e , S_n – соответственно пути перемещения оператором доильных аппаратов к вымени животного на роторно-конвейерных доильных установках с расположением коров по типам «Ёлочка» и «Параллель»; $m_{\text{да}}$, $m_{\text{дс}}$ – соответственно массы подвесной части доильного аппарата (2,6 кг) и доильного стакана (0,5 кг); g – ускорение свободного падения 9,8 м/с²; h – величина вертикального перемещения доильных стаканов при их подключении к соскам вымени коровы (для всех установок можно принять одинаковой $h \approx 0,2$ м).

Для всех установок работа по подключению доильных стаканов $A_{\text{дс}}$ будет иметь одинаковое значение.

Величины S_e и S_n можно определить в соответствии со схемами на рисунках 1 и 2 как гипотенузы прямоугольных треугольников:

$$\begin{aligned} S_e^2 &= a_e^2 + b_e^2; \\ S_n^2 &= a_n^2 + b_n^2, \end{aligned} \quad (4)$$

где a_e , a_n – соответственно расстояния от точки подвеса доильного аппарата до проекции центра вымени на горизонтальную ось в установках с внутренним и внешним доением, м; b_e , b_n – соответственно расстояния от точки подвеса доильного аппарата до проекции центра вымени на вертикальную ось в установках с внутренним и внешним доением, м.

В расчетах можно принять средние значения этих параметров: $a_e = 0,85$ м; $a_n = 0,4$ м; $b_e = 0,3$ м; $b_n = 0,3$ м. Тогда в соответствии с выражением (4) $S_e = 0,9$ м; $S_n = 0,5$ м. Подставив данные значения в выражение (3), получим:

$$\begin{aligned} A_{\text{п}}^e &= m_{\text{да}} \cdot g \cdot S_e = 22,9 \text{ Дж}; \\ A_{\text{п}}^n &= m_{\text{да}} \cdot g \cdot S_n = 12,7 \text{ Дж}; \\ A_{\text{дс}} &= 4 \cdot m_{\text{дс}} \cdot g \cdot h = 3,92 \text{ Дж}. \end{aligned} \quad (5)$$

При работе на разных типах установок «Карусель» с внутренним по типу «Ёлочка» и внешним доением по типу «Параллель» могут работать операторы в различном количестве (чаще всего 2 или 3). Например, возможны следующие варианты выполняемых работ:

первым оператором производится обработка сосков перед доением ($A_{\text{ос}}$); вторым оператором – перемещение ($A_{\text{п}}$), удерживание доильного аппарата ($A_{\text{уд}}$) и подключение доильных стаканов ($A_{\text{дс}}$); третьим оператором – обработка сосков после доения, примерно равная работе первого оператора $A_{\text{ос}}$. Если работают двое, то ими выполняются функции первого и второго операторов, а работа третьего оператора не выполняется (не производится обработка сосков после доения).

В соответствии с рекомендациями [1] в расчетах с небольшим допущением можно принять равенство работ по удерживанию подвесной части и подключению доильных стаканов ($A_{\text{уд}} = A_{\text{дс}}$), обтиранию сосков и подключению доильных стаканов ($A_{\text{ос}} = A_{\text{дс}}$). Обработка сосков после доения соответствует 0,5 $A_{\text{ос}}$. Тогда суммарная работа оператора с учетом принятых допущений по обслуживанию одной коровы выглядит следующим образом:

$$A_{\Sigma} = A_{\text{ос}} + A_{\text{п}} + A_{\text{уд}} + A_{\text{дс}} + 0,5 A_{\text{ос}} = A_{\text{п}} + 3,5 A_{\text{дс}}. \quad (6)$$

Анализ структуры энергозатрат операторов машинного доения на доильных установках «Карусель» в расчете на 1 корову показывает существенное превышение суммарной работы оператора на «Карусели» с внутренним доением по типу «Ёлочка» (36,62 Дж) в сравнении с аналогичным показателем на установке с внешним доением по типу «Параллель» (26,42 Дж). Расхождение обусловлено большей составляющей по перемещению доильного аппарата – соответственно 22,9 против 12,7 Дж. Снизить данный показатель можно с применением сервисной руки, поддерживающей подвесную часть доильного аппарата при ее перемещении и подключении к вымени коровы.

Неравномерность нагрузки операторов в расчете на 1 корову является также весьма существенной и составляет соответственно при работе троих операторов 3,92; 30,74; 1,96 Дж на «Карусели» с внутренним доением по типу «Ёлочка» и 3,92; 20,54; 1,96 Дж – на «Карусели» с внешним доением типа «Параллель». Выровнять данную нагрузку можно за счет ротации рабочих мест операторов по схеме «1-2-3» (первый оператор идет на место второго, второй – на место третьего и т.д.), которая должна происходить каждые 30% времени рабочей смены. При работе с двумя операторами их нагрузка на «Карусели» с внутренним доением («Ёлочка») составляет 34,66 Дж, с внешним доением – 24,46 Дж. При этом работа третьего оператора по обработке сосков после доения не выполняется, что может негативно отразиться на здоровье животных, или в таком случае требуется установка работа-спрея.

В соответствии с рекомендациями [1] можно определить часовую и сменную энергоемкость труда

каждого из операторов. С разбивкой по трем операторам запишем:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_{\text{ч1}} = A_{\text{оп1}} \cdot Q_{\text{ч}}; \\ \mathcal{E}_{\text{ч2}} = A_{\text{оп2}} \cdot Q_{\text{ч}}; \\ \mathcal{E}_{\text{ч3}} = A_{\text{оп3}} \cdot Q_{\text{ч}}; \\ \mathcal{E}_{\text{см1}} = A_{\text{оп1}} \cdot Q_{\text{ч}} \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}; \\ \mathcal{E}_{\text{см2}} = A_{\text{оп2}} \cdot Q_{\text{ч}} \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}; \\ \mathcal{E}_{\text{см3}} = A_{\text{оп3}} \cdot Q_{\text{ч}} \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}, \end{cases} \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ч1}}$, $\mathcal{E}_{\text{ч2}}$, $\mathcal{E}_{\text{ч3}}$, $\mathcal{E}_{\text{см1}}$, $\mathcal{E}_{\text{см2}}$, $\mathcal{E}_{\text{см3}}$ – соответственно часовые и сменные энергоёмкости труда операторов

машинного доения; $Q_{\text{ч}}$ – часовая производительность соответствующей доильной установки; $T_{\text{см}}$, $K_{\text{см}}$ – соответственно продолжительность (8 ч) и коэффициент использования времени смены (0,85...0,9).

При вычислении по формулам (7) из таблицы 2 следует выбирать соответствующие значения работ, выполняемых операторами. При этом каждое животное последовательно обслуживается первым, вторым и третьим операторами.

С разбивкой по двум операторам работа третьего оператора по заключительной обработке сосков не выполняется, а нагрузка между операторами

Таблица 2

Структура энергозатрат операторов машинного доения на доильных установках «Карусель» в расчете на 1 корову

Table 2

Energy consumption structure of milking machine operators at “Carousel” milking plant per cow

Наименование показателей <i>Indicators</i>	Обозначение <i>Designation</i>	Энергозатраты оператора машинного доения, Дж <i>Energy consumption of milking machine operator, J</i>	
		Карусель с внутренним доением по типу «Ёлочка» “Carousel” plant with internal milking of the “Herringbone” type	Карусель с внешним доением по типу «Параллель» “Carousel” plant with external milking of the “Parallel” type
Работа по обработке сосков перед доением <i>Teat treatment before milking</i>	A_{oc}	3,92	3,92
Работа по перемещению доильного аппарата к вымени <i>Moving the milking machine to the udder</i>	$A_{\text{п}}^{\text{e}}$	22,9	-
	$A_{\text{п}}^{\text{II}}$	-	12,7
Работа по удерживанию доильного аппарата <i>Holding the milking machine</i>	$A_{\text{уд}}$	3,92	3,92
Работа по подключению доильных стаканов <i>Connecting teat cups</i>	$A_{\text{дс}}$	3,92	3,92
Работа по обработке сосков после доения <i>Teat care after milking</i>	$0,5A_{\text{oc}}$	1,96	1,96
Суммарная работа оператора в расчете на 1 корову <i>Total workload of the operator per cow</i>	A_{Σ}^{e}	36,62	-
	A_{Σ}^{II}	-	26,42
С учетом разбивки по 3 операторам / <i>Taking into account the teamwork of three operators</i>			
Работа первого оператора по обработке сосков перед доением <i>Workload of the Operator 1 to treat teats before milking</i>	A_{oc}	3,92	3,92
Работа второго оператора по перемещению, удержанию и подключению доильных стаканов <i>Workload of the Operator 2 to move, hold and connect teat cups</i>	$(A_{\text{п}}^{\text{e}} + 2A_{\text{дс}})$	30,74	-
	$(A_{\text{п}}^{\text{II}} + 2A_{\text{дс}})$	-	20,54
Работа третьего оператора по обработке сосков после доения <i>Workload of the Operator 3 to treat teats after milking</i>	$0,5A_{\text{oc}}$	1,96	1,96
С учетом разбивки по 2 операторам / <i>Taking into account the teamwork of two operators</i>			
Работа первого оператора по обработке сосков перед доением, перемещению, удержанию и подключению доильных стаканов <i>Workload of the Operator 1 to treat teats before milking, moving, holding and connecting teat cups</i>	$(A_{\text{п}}^{\text{e}} + 3A_{\text{дс}})$	34,66	-
	$(A_{\text{п}}^{\text{II}} + 3A_{\text{дс}})$	-	24,46
Работа второго оператора по обработке сосков перед доением, перемещению, удержанию и подключению доильных стаканов <i>Workload of the Operator 2 to treat teats before milking, moving, holding and connecting teat cups</i>	$(A_{\text{п}}^{\text{e}} + 3A_{\text{дс}})$	34,66	-
	$(A_{\text{п}}^{\text{II}} + 3A_{\text{дс}})$	-	24,46

делится пополам, поэтому в формулах (7) вместо $Q_{\text{ч}}$ нужно использовать $Q_{\text{ч}}/2$. С учетом этого получим:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_{\text{ч1}} = A_{\text{оп1}} \cdot Q_{\text{ч}} / 2; \\ \mathcal{E}_{\text{ч2}} = A_{\text{оп2}} \cdot Q_{\text{ч}} / 2; \\ \mathcal{E}_{\text{см1}} = A_{\text{оп1}} \cdot Q_{\text{ч}} / 2 \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}; \\ \mathcal{E}_{\text{см2}} = A_{\text{оп2}} \cdot Q_{\text{ч}} / 2 \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}. \end{cases} \quad (8)$$

Расчетные значения часовой и сменной энергоёмкости труда каждого из операторов, допустимые

российскими стандартами⁶⁻⁸, представлены в таблице 3, нормы физической нагрузки на человека сведены в таблицу 4.

Согласно расчетным данным (табл. 3) физическая нагрузка операторов за рабочую смену существенно варьирует. При работе 3 операторов на «Карусели» с внутренним доением («Ёлочка») у третьего оператора энергозатраты составляют до 1921 Дж, у второго оператора – до 37807 Дж;

Таблица 3

Часовая и сменная энергоёмкость труда операторов машинного доения на доильных установках «Карусель»

Table 3

Hourly and shift energy intensity of labor of milking machine operators at “Carousel” milking plants

Наименование показателей <i>Indicators</i>	Расчетные формулы, Дж <i>Calculation formulas, J</i>	Энергозатраты оператора, Дж <i>Energy consumption of the operator, J</i>			
		Карусель с внутренним доением по типу «Ёлочка», Q _ч = 100...140 гол/ч* “Carousel” with internal milking of the “Herringbone” type, Q _h = 100 to 140 head/h*		Карусель с внешним доением по типу «Параллель» Q _ч = 140...300 гол/ч* “Carousel” with external milking of the “Parallel” type Q _h = 140 to 300 head/h*	
		За 1 ч <i>Per one hour</i>	За 1 смену <i>Per one shift</i>	За 1 ч <i>Per one our</i>	За 1 смену <i>Per one shift</i>
		При работе 3 операторов / <i>For a team of three operators</i>			
Работа первого оператора по обработке сосков перед доением <i>Workload of the Operator 1 teat before milking</i>	A _{ос} · Q _ч	392...549	-	549...1176	-
	A _{ос} · Q _ч · T _{см} K _{см}	-	2744...3843	-	3843...8232
Работа второго оператора по перемещению, удержанию и подключению доильных стаканов <i>Workload of the Operator 2 to move, hold and connect teat cups</i>	(A _п ^е + 2A _{дс}) · Q _ч	3858...5401	-	-	-
	(A _п ^е + 2A _{дс}) Q _ч T _{см} K _{см}		27006...37807	-	-
	(A _п ^н + 2A _{дс}) Q _ч	-	-	2876...6162	-
	(A _п ^н + 2A _{дс}) Q _ч T _{см} K _{см}	-	-	-	20132...43134
Работа третьего оператора по обработке сосков после доения <i>Work of the Operator 3 to treat teats after milking</i>	0,5A _{ос} Q _ч	196...274	-	274...588	-
	0,5A _{ос} Q _ч T _{см} K _{см}	-	1372...1921	-	1918...4116
При работе 2 операторов / <i>For a team of three operators</i>					
Работа первого оператора по обработке сосков перед доением, перемещению, удержанию и подключению доильных стаканов <i>Workload of the Operator 1 to prepare teats before milking, moving, holding and connecting teat cups</i>	(A _п ^е + 3A _{дс}) · Q _ч	1733...2426	-	-	-
	(A _п ^е + 3A _{дс}) · Q _ч T _{см} K _{см}	-	12131...16982	-	-
	(A _п ^н + 3A _{дс}) · Q _ч	-	-	1712...3669	-
	(A _п ^н + 3A _{дс}) · Q _ч T _{см} K _{см}	-	-	-	11984...25683
Работа второго оператора по обработке сосков перед доением, перемещению, удержанию и подключению доильных стаканов <i>Workload of the Operator 2 to treat teats before milking, moving, holding and connecting teat cups</i>	(A _п ^е + 3A _{дс}) · Q _ч	1733...2426	-	-	-
	(A _п ^е + 3A _{дс}) · Q _ч T _{см} K _{см}	-	12131...16982	-	-
	(A _п ^н + 3A _{дс}) · Q _ч	-	-	1712...3669	-
	(A _п ^н + 3A _{дс}) · Q _ч T _{см} K _{см}	-	-	-	11984...25683

* Значения производительности $Q_{\text{ч}}$ приняты в соответствии с рекомендациями [1] для основных типов доильных установок «Карусель» с внутренним и внешним доением (Milkline, AutoRotor 40, AutoRotor 60 и др.).

* Performance values Q_{h} are taken in accordance with the recommendations [1] for the main types of “Carousel” milking plants with internal and external milking (Milkline, AutoRotor 40, AutoRotor 60, etc.).

⁶ Р.2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: утв. и введен в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 29 июля 2005 г. // Бюллетень нормативной и методической документации Госсанэпиднадзора. 2005. № 21.

⁷ Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению: Утверждена и введена в действие приказом Министра труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 января 2014 г. № 33. М.: Стандартинформ, 2014.

⁸ СанПиН 2.2.0.555-96. Гигиенические требования к условиям труда женщин: утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 28 октября 1996 года № 32. М.: Инф.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 1997.

Таблица 4

Допустимые российскими стандартами нормы физической нагрузки на 1 человека

Table 4

Norms of physical activity allowed by Russian standards for a person

Наименование показателей <i>Indicators</i>	Нормы физической нагрузки <i>Norms of physical activity</i>	
	мужчины <i>men</i>	женщины <i>women</i>
Физическая нагрузка за рабочую смену при региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м, Дж <i>Physical workload per shift with regional load (with the predominant participation of the muscles of the arms and shoulder girdle) when moving the load at a distance of up to 1 m, J</i>	50000	30000
Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены с рабочей поверхности, кг <i>Total mass of weights moved during each hour of the shift from the working surface, kg</i>	не более 870 <i>no more 870</i>	не более 350 <i>no more 350</i>
Стереотипные рабочие движения (при региональной нагрузке с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса), количество за смену <i>Stereotypical work movements (with regional load with predominant participation of the muscles of the arms and shoulder girdle), number per shift</i>	не более 20000 <i>no more 20000</i>	
Величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий (кгс·с) одной рукой <i>Value of the static workload per shift when holding the load, applying efforts (kgf·s) with one hand</i>	36000	22000
Рабочая поза – стоя не более 60% времени смены <i>Working posture – standing no more than 60% of the shift time</i>	более 60% времени смены <i>over 60% shift time</i>	

при работе 2 операторов затраты их энергии являются одинаковыми: от 12131 до 16982 Дж (без выполнения третьей операции по обработке сосков). На «Карусели» с внешним доением («Параллель») при работе 3 операторов энергозатраты третьего рабочего составляют 1918...4116 Дж, второго рабочего – до 43134 Дж. При работе 2 операторов энергозатраты составляют 11984...25683 Дж. При этом допустимый верхний предел для мужчин (не более 50000 Дж) не превышен, а для женщин (не более 30000 Дж) превышен во всех случаях у вторых операторов при максимальной производительности с внутренним доением 140 гол/ч, внешним доением – 300 гол/ч.

Число совершаемых движений за смену у первого оператора на «Карусели» с внешним доением при максимальной производительности 300 гол/ч превышает допустимую величину 20000 движений/смену [1] и составляет 20400.

Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, превышена у мужчин (при норме не более 870 кг), и особенно – у женщин (не более 350 кг) [1], составляя 644...1380 кг на «Карусели» с внешним доением у второго оператора (при работе 3 операторов).

Выводы

1. Расхождение энергозатрат операторов машинного доения на доильных установках «Карусель»

с внутренним доением по типу «Ёлочка» и с внешним доением по типу «Параллель» (соответственно 36,62 и 26,42 Дж) обусловлено составляющей по перемещению доильного аппарата. Снизить данный показатель можно с применением сервисной руки, поддерживающей подвесную часть доильного аппарата при ее перемещении и подключении к вымени коровы.

2. Структура энергозатрат операторов машинного доения показала неравномерность нагрузки в расчете на 1 корову при работе 3 операторов: при внутреннем доении для первого оператора она составляет 3,92 Дж; для второго оператора – 30,74 Дж; для третьего оператора – 1,96 Дж. При внешнем доении эта нагрузка составляет соответственно 3,92; 20,54; 1,96 Дж. Выровнять данную нагрузку можно за счет ротации рабочих мест операторов по схеме «1-2-3», которая должна происходить каждые 30% времени рабочей смены: первый оператор идет на место второго, второй оператор – на место третьего и т.д. При работе 2 операторов их нагрузка при внутреннем доении составляет 34,66 Дж, при внешнем доении – 24,46 Дж. При этом не выполняется обработка сосков после доения, что может негативно отразиться на здоровье животных, поэтому требуется установка робота-спрея.

3. На установках с внешним доением физическая нагрузка операторов за рабочую смену является неравномерной, превышены число совершаемых движений за смену у первого оператора и суммарная масса

грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, а также величина сменной физической нагрузки у вторых операторов (женщин) на «Каруселях» (при обслуживании 3 операторами): соответственно с внутренним доением – до 37807 Дж, внешним доением – до 43134 Дж.

Список использованных источников

1. Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Мамедова Р.А. Оценка эргономичности труда операторов машинного доения, работающих на установках «Карусель» // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 4. С. 555-561. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.555-561>
2. Кузнецов А.Л., Пыталев А.В. Исследование условий труда операторов машинного доения – факторы риска профессиональной заболеваемости и травматизма // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. № 2 (14). С. 9-13. EDN: YSEFQR.
3. Кажено О.А., Барановский М.В., Курак А.С. Особенности организации труда при машинном доении коров на доильной установке «Карусель» // Зоотехническая наука Беларуси. 2016. Т. 51, № 2. С. 164-172. EDN: WKGYZH.
4. Hayati A., Marzban A., Asoodar M.A. Ergonomic evaluation of hand and mechanized milking in dairy farms. *Journal of ergonomics*. 2015;3(3):65-75. Available from: <https://www.sid.ir/paper/103294/en>.
5. Caldas de Oliveira C., Augusto de Paula Xavier A., Ulbricht L., Moro A.R.P., Belinelli M.M. Health in the rural environment: a postural evaluation of milking workers in Brazil. *Journal Cahiers Agricultures*. 2018;27(3):35004. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018021>
6. Довлатов И.М., Юфев Л.Ю., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Матвеев В.Ю. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7 (86). С. 7-18. EDN: XRZDXV.
7. Игнаткин И.Ю., Кирсанов В.В. Универсальная установка обеспечения микроклимата // Вестник НГИЭИ. 2016. № 8 (63). С. 110-116. EDN: WJDATV.

Вклад авторов

М.Н. Ерохин – концептуализация;
В.В. Кирсанов – методология, создание окончательной версии рукописи и ее редактирование;
Ю.Г. Иванов – ресурсы;
С.В. Кирсанов – визуализация, создание черновика рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 26.04.2023, после рецензирования и доработки 15.05.2023, принята к публикации 16.05.2023

4. Эргономичность труда операторов машинного доения на установках роторного типа «Карусель» с внешним доением характеризуется перегруженностью отдельных операторов, что необходимо учитывать при организации их работы и дальнейшей модернизации установки.

References

1. Tsoy Yu.A., Kirsanov V.V., Mamedova R.A. Evaluation of labor ergonomics of milking machine operators working at milking units "Carousel". *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23(4):555-561. (In Rus.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.555-561>
2. Kuznetsov A.L., Pytalev A.V. Study of working conditions of milking machine operators – risk factors for occupational morbidity and injury. *Vestnik selskogo razvitiya i sotsialnoy politiki*. 2017;2(14):9-13. (In Rus.)
3. Kazheko O.A., Baranovskiy M.V., Kurak A.S. Engineering peculiarities of automated milking at "rotary" milking plant. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2016;51(2):164-172. (In Rus.)
4. Hayati A., Marzban A., Asoodar M.A. Ergonomic evaluation of hand and mechanized milking in dairy farms. *Journal of ergonomics*. 2015;3(3):65-75. URL: <https://www.sid.ir/paper/103294/en>.
5. Caldas de Oliveira C., Augusto de Paula Xavier A., Ulbricht L., Moro A.R.P., Belinelli M.M. Health in the rural environment: a postural evaluation of milking workers in Brazil. *Journal Cahiers Agricultures*. 2018;27(3):35004. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018021>
6. Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu., Kirsanov V.V., Palkin D.Yu., Matveev V.Yu. Automated system of provision of the microclimate in poultry houses. *Bulletin NGIEI*. 2018;7(86):7-18. (In Rus.)
7. Ignatkin I.Yu., Kirsanov V.V. Universal installation for indoor climate control. *Bulletin NGIEI*. 2016;7(86):7-18. (In Rus.)

Contribution of the authors

M.N. Erokhin – conceptualization;
V.V. Kirsanov – methodology, revision and editing of the final manuscript;
Y.G. Ivanov – resources;
S.V. Kirsanov – visualisation, manuscript drafting.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism.

Received 26.04.2023; revised 15.05.2023; accepted 16.05.2023