

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.555-561>

УДК 637.11



Оценка эргономичности труда операторов машинного доения, работающих на установках «Карусель»

© 2022. Ю. А. Цой, В. В. Кирсанов, Р. А. Мамедова✉

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Рассматривается оценка часовой и сменной энергоемкости работы оператора на роторных доильных установках с внутренним доением (по типу «Елочка») с подключением доильных стаканов сбоку и на установках с внешним доением с подключением доильных стаканов сзади (по типу «Параллель»). Целью исследования является определение показателей эргономичности и энергоемкости производительности труда операторов машинного доения на доильных установках роторного типа. Рассмотрены условия, влияющие на производительность работы оператора по доению. Представлены расчеты для определения показателей эргономичности и энергоемкости труда операторов машинного доения. Данные были получены эмпирическим путем с помощью метода хронометражных наблюдений за работой операторов в доильном зале и принципов системного подхода. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены с рабочей поверхности, превышена для мужчин (норма не более 870 кг) и существенно превышена для женщин (норма не более 350 кг) и составляет 644...1380 кг на Milkline (внешняя) при условии, что на подключении доильного аппарата работает один оператор. Суммарная масса грузов превышена и у женщин-операторов на «Каруселях» AutoRotor 40 (внешняя) и AutoRotor 60 (внешняя) и составляет соответственно 653 и 575 кг на одного оператора. Норма величины статической нагрузки за смену при удержании груза и приложении усилий одной рукой для мужчин – не более 353,0 кН·с, для женщин – не более 215,7 кН·с. На установках Milkline (внешняя) величина статической нагрузки составляет 212,4...455,0 кН·с при работе одного оператора на подключении доильного аппарата, при этом верхний предел существенно превышен как для мужчин, так и особенно для женщин.

Ключевые слова: производительность труда, энергоемкость операций, доильный стакан, статическая нагрузка, ритм потока, частота движений

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № 0581-2022-0009).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Цой Ю. А., Кирсанов В. В., Мамедова Р. А. Оценка эргономичности труда операторов машинного доения на доильных установках «Карусель». Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(4):555-561.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.555-561>

Поступила: 27.04.2022

Принята к публикации: 01.07.2022

Опубликована онлайн: 25.08.2022

Evaluation of labor ergonomics of machine milking operators working at milking machines «Carousel»

© 2022. Yuriy A. Tsoy, Vladimir V. Kirsanov, Ravza A. Mamedova✉

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

The article shows the assessment of the hourly and shift energy intensity of the operator's work on rotary milking machines with internal milking (of the "Herringbone" type) with the connection of teat cups on the side and on installations with external milking with the connection of teat cups at the back (of the "Parallel" type). The purpose of the study is to determine the indicators of ergonomics and energy intensity of labor productivity of machine milking operators working on rotary milking machines. The conditions that affect the labor productivity of the milking operator are considered. Calculations are presented to determine the indicators of ergonomics and energy intensity of labor of machine milking operators. The data were obtained empirically using the method of chronometric observations of the work of operators in the milking parlor and the principles of a systematic approach. The total mass of loads moved during each hour of the shift from the working surface is exceeded for men (the normal value is not more than 870 kg) and significantly exceeded for women (the normal value is not more than 350 kg) and is 644...1380 kg on Milkline (external) provided that one operator works at the connecting of the milking machine. The total mass of loads is also exceeded for female operators on the AutoRotor 40 (external) and AutoRotor 60 (external) «Carousels» and amounts to 653 kg and 575 kg per operator, respectively. The normal value of the static load per shift

when holding the load and applying efforts with one hand for men - not more than 353.0 kN·s, for women – not more than 215.7 kN·s. On Milkline installations (external) it is 212.4...455.0 kN·s when one operator works at the connecting of the milking machine, while the upper limit is significantly exceeded for both men and especially women.

Keywords: labor productivity, energy intensity of operations, teat cup, static load, flow rhythm, frequency of movements

Acknowledgements: 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. 0581-2022-0009).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: The authors stated no conflict of interest.

For citations: Tsoy Yu. A., Kirsanov V. V., Mamedova R. A. Evaluation of labor ergonomics of machine milking operators working at milking machines «Carousel». *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(4):555-561. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.555-561>

Received: 27.04.2022

Accepted for publication: 01.07.2022

Published online: 25.08.2022

В современных доильных залах вращающегося типа нагрузка на оператора бывает довольно значительной, ему приходится совершать частые движения по обслуживанию животных, обтиранию сосков, сдаиванию первых струек, подключению доильных аппаратов в течение длительного времени 8-10 часов в смену, что вызывает физическую усталость и информационную перегруженность [1, 2, 3].

В работах А. Nayati, А. Marzban и М. А. Asoodar [4, 5, 6] рассмотрено влияние окружающей среды на работу оператора при доении в доильном зале типа «Елочка», а также о приемлемом комфорте и безопасности с учетом более высокой пропускной способности и большего размера дойного стада. Значительное влияние на физическую нагрузку оператора оказывают производительность, интенсивность операций и рабочая высота [8, 9].

Затраты труда оператора в зависимости от производительности на разных уровнях механизации машинного доения в доильных залах типа «Елочка» [10, 11], нагрузка на оператора и положение рабочей позы в зависимости от типа планировки доильного зала [12].

Монотонные операции, выполняемые при подготовке животного к доению и во время самого процесса доения, несомненно, в будущем будут выполняться роботами. Вопрос лишь в высокой стоимости, на сегодняшний день, роботизированных технологий. В этой связи заслуживает внимания анализ эргономики труда операторов машинного доения, задействованных на высокопроизводительных конвейерно-кольцевых доильных установках. Чем выше производительность труда, тем выше ритм потока и частота движений, совершаемых оператором [11, 12, 13]. В литературе не уделяется достаточного внимания оценке эргономич-

ности труда оператора [14, 15], считается, что на автоматизированных установках работать легче, однако для этого необходимо оценить полную работу, выполняемую оператором, которая включает обработку сосков, перемещение доильного аппарата к вымени, удержание подвесной части рукой оператора и поочередное подключение доильных стаканов.

Цель исследования – определение показателей эргономичности и энергоемкости труда операторов машинного доения на доильных установках роторного типа различной производительности.

Новизна исследования – впервые проведен сравнительно-аналитический анализ труда операторов машинного доения с оценкой вариантов обслуживания по эргономичности и энергоемкости на доильных установках роторного типа различной производительности.

Материал и методы. Исследования труда операторов машинного доения в доильных залах роторного типа, проведенные в 2021-2022 годах, основывались на общих методах и методиках по оценке эргономичности труда человека с учетом принципов системного подхода и теоретических положений^{1, 2}. Данные были получены эмпирическим путем с помощью метода хронометражных наблюдений за работой операторов в доильном зале.

Полная работа, выполняемая оператором машинного доения на доильных установках, определяется суммой следующих составляющих:

$$A_{\text{оп}} = A_{\text{ос}} + A_{\text{п}} + A_{\text{уд}} + A_{\text{дс}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{оп}}$ – полная работа оператора, Дж;

$A_{\text{ос}}$ – по обработке сосков;

$A_{\text{п}}$ – по перемещению доильного аппарата к вымени; $A_{\text{уд}}$ – по удерживанию подвесной части рукой оператора; $A_{\text{дс}}$ – по подключению доильных стаканов поочередно.

¹Фех А. И. Эргономика: учебное пособие. Томск: изд-во ТПУ, 2014. 119 с.

²Чепелев Н. И., Орловский С. Н., Щекин А. Ю. Основы эргономики и безопасность труда: учеб. пособие. Красноярск, 2018. 253 с.

Как известно, механическая работа (А) определяется как произведение силы (F) на перемещение (S):

$$A = F \cdot S. \quad (2)$$

Аналогичным образом можно приближенно определить работу, совершаемую человеком при подключении доильных аппаратов:

$$A_{\Pi} = m_{\text{ДА}} \cdot g \cdot S; \quad (3)$$

$$A_{\text{ДС}} = 4m_{\text{ДС}} \cdot g \cdot h,$$

где $m_{\text{ДА}}$ – масса подвесной части доильного аппарата (равна 2,6 кг); $m_{\text{ДС}}$ – масса доильного

стакана (равна 0,5 кг); S – расстояние горизонтального перемещения подвесной части (для доильных установок «Елочка» $S \approx 1$ м, «Параллель» и «Карусель» с внешним доением $S \approx 0,5$ м); h – расстояние вертикального перемещения доильных стаканов для всех установок $h \approx 0,2$ м.

Результаты и их обсуждение. Данные видеохронометража работы операторов машинного доения на установках «Карусель» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные видеохронометража работы операторов на доильных установках «Карусель» /
Table 1 – Video timing data on rotor milking machines «Carousel»

Показатель / Indicator	Тип доильной установки «Карусель» / Type of rotor milking machine			
	Milkline	AutoRotor 40	AutoRotor 40	AutoRotor 60
Подключение доильных аппаратов / Connection of milk unit	Сзади / Behind	Сбоку / Side	Сзади / Behind [4, 5]	Сзади / Behind
Количество операторов, чел. / Number of operators, person	3	3	3	2
Производительность, кор/ч / Productivity, cow/hour	140...300	100...140	142	250
Обтирание сосков перед доением, с / Wiping the nipples before milking, sec	5...6	-	5...6	-
Количество движений / Number of movements	8-9	-	4-5	-
Подключение доильного аппарата, с / Connection of milk unit, sec	8...9	-	6...8	-
Количество движений / Number of movements	14-15	-	6	-
Обработка сосков и подключение доильного аппарата, с / Wiping nipple and connection of milk unit, sec	-	12...13	-	10...12
Количество движений / Number of movements	-	14-15	-	12-13
Обработка сосков после доения, с / Wiping the nipples after milking, sec	4...5	4...5	4...5	-
Количество движений / Number of movements	4-5	4-5	4-5	-

С учетом данных таблицы 1, величины энергоемкости операций в выражении (3) для установок «Карусель» при доении внутри (по типу «Елочка» – A_{Π}^e) и снаружи (по типу «Параллель» – A_{Π}^H) запишется:

$$A_{\Pi}^e = m_{\text{ДА}} \cdot g \cdot S = 2,6 \cdot 9,8 \cdot 1 = 25,5 \text{ Дж};$$

$$A_{\Pi}^H = 2,6 \cdot 9,8 \cdot 0,5 = 12,75 \text{ Дж}; \quad (4)$$

$$A_{\text{ДС}} = 4m_{\text{ДС}} \cdot g \cdot h = 4 \cdot 0,5 \cdot 9,8 \cdot 0,2 = 3,92 \text{ Дж}.$$

Полагая с небольшим допущением равенство работ по удержанию подвесной части и подключению доильных стаканов ($A_{\text{УД}} = A_{\text{ДС}}$), а также обтиранию сосков и подключению доильных стаканов ($A_{\text{ОС}} = A_{\text{ДС}}$), выражение (1) примет вид:

$$A_{\text{ОП}}^e = A_{\text{ОС}} + A_{\Pi} + A_{\text{УД}} + A_{\text{ДС}} = A_{\Pi} + 3A_{\text{ДС}};$$

$$A_{\text{ОП}}^e = m_{\text{ДА}} \cdot g \cdot S + 3 \cdot (4 \cdot m_{\text{ДС}} \cdot g \cdot h) =$$

$$= 25,5 + 3 \cdot 3,92 = 37,26 \text{ Дж};$$

$$A_{\Pi}^H = 12,75 + 3 \cdot 3,92 = 24,51 \text{ Дж}. \quad (5)$$

Учитывая, что работа операторов по обработке сосков на установках с внутренним и внешним доением мало отличается друг от друга, их можно приравнять:

$$A_{\text{ОП1}}^e = A_{\text{ОП1}}^H = A_{\text{ОС}} = 3,92 \text{ Дж}.$$

При разделении труда между операторами по обработке сосков (1-й оператор) и подключению доильных стаканов (2-й оператор) выражения (5) перепишутся:

$$A_{\text{ОП2}}^e = A_{\Pi} + A_{\text{УД}} + A_{\text{ДС}} = A_{\Pi} + 2A_{\text{ДС}} =$$

$$= 25,5 + 2 \cdot 3,92 = 33,34 \text{ Дж}; \quad (6)$$

$$A_{\text{ОП2}}^H = 12,75 + 2 \cdot 3,92 = 20,59 \text{ Дж}.$$

Как видно, первый оператор на обеих установках выполняет значительно меньшую работу, чем второй, а третий, обрабатывая соски после доения, загружен примерно также, как первый ($A_{\text{ОП1}} \approx A_{\text{ОП3}}$). Таким образом,

суммарная работа трех операторов по обслуживанию одной коровы (A_{Σ}) будет равна соответственно: на доильной установке с внутренним доением по типу «Елочка» ($37,26 + 3,92 = 41,18$ Дж) и с внешним по типу «Параллель» ($24,51 + 3,92 = 28,43$ Дж).

Расчет суммарной часовой ($\mathcal{E}_{\Sigma}^e$) и сменной ($\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{см}}$) энергоемкости труда операторов при работе на доильных установках «Карусель» (AutoRotor 40) с внутренним доением можно определить по следующим выражениям:

$$\mathcal{E}_{\Sigma}^e = A_{\Sigma}^e \cdot Q_{\Sigma}^e = 41,18 \cdot [100 \dots 140] = 4118 \dots 5765 \text{ Дж}; \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{см}} = A_{\Sigma}^e \cdot Q_{\Sigma}^e T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}} = [4118 \dots 5765] \cdot 8 \cdot [0,85 \dots 0,90] = 28826 \dots 40355 \text{ Дж},$$

где $[100 \dots 140]$ – примерная вариабельность параметра часовой производительности роторной установки с внутренним доением коров по типу «Елочка», кор/ч; $T_{\text{см}}$, $k_{\text{см}}$ – соответственно продолжительность (8 ч) и коэффициент использования времени смены $[0,85 \dots 0,90]$.

Аналогичным образом проведен расчет суммарной часовой ($\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{II}}$) и сменной ($\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{II см}}$)

энергоемкости труда при работе на доильной установке «Карусель» (Milkline) с внешним доением при варьировании производительности $[140 \dots 300 \text{ кор/ч}]$:

$$\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{II}} = A_{\Sigma}^{\text{II}} \cdot Q_{\Sigma}^{\text{II}} = 28,43 \cdot [140 \dots 300] = 3980 \dots 8529 \text{ Дж}; \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{II см}} = A_{\Sigma}^{\text{II}} \cdot Q_{\Sigma}^{\text{II}} T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}} [3980 \dots 8529] \cdot 8 \cdot [0,85 \dots 0,90] = 27860 \dots 59703 \text{ Дж}.$$

Умножая на часовую производительность соответствующей доильной установки, можно оценить часовую и сменную энергоемкость работы (табл. 2), выполняемой каждым оператором на роторных доильных установках с внутренним доением (по типу «Елочка») с подключением доильных стаканов сбоку и на установках с внешним доением с подключением доильных стаканов сзади (по типу «Параллель»).

С учетом данных таблицы 1 и распределения операций по операторам по приведенным выше формулам, определены количество движений за час и за смену. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Энергоемкость труда операторов машинного доения на доильных установках «Карусель» /
Table 2 – Energy intensity of labor of machine milking operators working at rotor milking machines «Carousel»

Тип доильной установки «Карусель» / Type of rotor milking machine «Carousel»	Оператор / Operator	Энергоемкость, Дж / Energy intensity, J		Количество движений / Number of movements	
		часовая / hourly	сменная / shift	за 1 час / in 1 hour	за смену / per shift
Milkline (внешняя / external 140...300 кор/ч / cow/hour)	Первый / The first	549...1176	3843...8232	1190...2550	9520...20400
	Второй / Second	2883...6177	20181...43239	840...1800	6720...14400
	Третий / Third	549...1176	3843...8232	700...1500	5600...12000
AutoRotor 40 (внутренняя / internal 100...140 кор/ч / cow/hour)	Первый / The first	1863...2608	13041...18256	725...1015	5800...8120
	Второй / Second	1863...2608	13041...18256	725...1015	5800...8120
	Третий / Third	392...549	3334...4668	450...630	3600...5040
AutoRotor 40 (внешняя / external, 142 кор/ч / cow/hour по данным / according to the data [4, 5])	Первый / The first	557	3899	1207	9656
	Второй / Second	2924	20468	852	6816
	Третий / Third	557	3899	639	5112
AutoRotor 60 (внешняя / external, 250 кор/ч / cow/hour)	Первый / The first	3064	21448	1562	12500
	Второй / Second	3064	21448	1562	12500

Допустимые нормы физической нагрузки на человека по Российским стандартам^{3, 4, 5}.

³Руководство 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. [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=92758> (дата обращения: 18.02.2022).

⁴Об 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. №33н. [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=369213> (дата обращения: 03.03.2022).

⁵СанПиН 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. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1400016> (дата обращения: 28.02.2022).

1. Физическая нагрузка за рабочую смену при региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м:

- для мужчин – 50000 Дж;
- для женщин – 30000 Дж.

2. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены с рабочей поверхности:

- для мужчин, не более 870 кг;
- для женщин, не более 350 кг.

3. Стереотипные рабочие движения (при региональной нагрузке с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса):

- количество за смену не более 20000.

4. Величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий одной рукой:

- для мужчин 353,0 кН·с;
- для женщин 215,7 кН·с.

5. Рабочая поза – нахождение в позе стоя не более 60 % времени смены.

Суммарную массу грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены одним оператором на каждом типе установки, определяли путем умножения массы перемещаемой подвесной части доильного аппарата к вымени и доильных стаканов к соскам по отдельности на производительность оператора (табл. 3). С небольшим допущением массу доильного аппарата и стаканов принимали одинаковой для всех типов установок:

$$M_{\Sigma i} = (m_{\text{ДА}i} + 4 \cdot m_{\text{ДС}i}) \cdot Q_{\text{оп}i}, \quad (9)$$

где $Q_{\text{оп}}$ – производительность оператора (на доильной установке типа «Карусель» с внутренним доением при работе двух операторов на подключении – 50...70 кор/ч, двух операторов на подключении AutoRotor 60 (внешняя) – 125 кор/ч.

В том случае, если работает один оператор на подключении доильных аппаратов, то масса доильного аппарата умножается на производительность всей установки. Массу грузов, перемещаемых другими операторами по обработке сосков (салфетки, стаканчики с раствором), условно не считали ввиду их незначительной массы.

Величину статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий (кН·с) одной рукой определяли по выражению:

$$F_{\text{СТ}} = m_{\text{ДА}} \cdot t_{\text{уд}} \cdot Q_{\text{оп}} \cdot T_{\text{СМ}}. \quad (10)$$

Произведем расчет на примере для Milkline (внешняя): $m_{\text{ДА}} = 2,6$ кг, $t_{\text{уд}} = 8-9$ сек, работает один оператор на подключении, значит $Q_{\text{оп}} = 140 \dots 300$ кор./ч, $T_{\text{СМ}} = 8$ ч, $k_{\text{СМ}} = 0,85 \dots 0,90 = 0,875$.

Таким образом получаем:

$$F_{\text{СТ}1} = 2,6 \cdot 8,5 \cdot [140 \dots 300] \cdot 8 \cdot 0,875 \cdot 9,8 = 212,4 \dots 455,0 \text{ кН} \cdot \text{с}.$$

Аналогичным образом проведен расчет для других доильных установок, данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Эргономичность труда операторов машинного доения на доильных установках «Карусель» / Table 3 – Ergonomics of labor of machine milking operators working at rotor milking machines «Carousel»

<i>Тип доильной установки «Карусель» / Type of rotor milking machine «Carousel»</i>	<i>Оператор / Operator</i>	<i>Суммарная масса груза, перемещаемая за 1 час / The total weight of the load moved in 1 hour</i>	<i>Величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий (кН·с) одной рукой / The value of the static load per shift when holding the load, applying force (kN·s) with one hand</i>
Milkline (внешняя / external 140...300, кор/ч / cow/hour)	Первый / The first	-	-
	Второй / Second	644...1380	212,4...455,0
	Третий / Third	-	-
AutoRotor 40 (внутренняя / internal 100...140 кор/ч / cow/hour)	Первый / The first	230...322	75,8...106,2
	Второй / Second	230...322	75,8...106,2
	Третий / Third	-	-
AutoRotor 40 (внешняя / external 142 кор/ч / cow/hour [1, 2])	Первый / The first	-	-
	Второй / Second	653	215,4
	Третий / Third	-	-
AutoRotor 60 (внешняя / external 250 кор/ч / cow/hour)	Первый / The first	575	189,6
	Второй / Second	575	189,6

Анализ данных таблиц 2 и 3 по физической нагрузке оператора за рабочую смену (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м показывает, что она существенно варьирует у разных операторов и наибольшее значение принимает у вторых операторов при подключении доильных аппаратов на установках «Карусель» с внешним доением 20181...43239 Дж, при этом верхний предел считается допустимым для мужчин (не более 50000 Дж) и существенно превышен для женщин (не более 30000 Дж). По числу совершаемых движений за смену превышен верхний предел у первых операторов на установках Milkline (внешняя) и AutoRotor 40 (внешняя) (от 9520 до 20400 движений за смену при допустимой величине 20000).

Заключение. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены с рабочей поверхности, превышена для мужчин (норма не более 870 кг) и существенно превышена для женщин (норма не более 350 кг) и составляет 644...1380 кг на Milkline (внешняя) при условии, что на подключении доильного

аппарата работает один оператор. Суммарная масса грузов превышена и у женщин-операторов на «Каруселях» AutoRotor 40 (внешняя) и AutoRotor 60 (внешняя) и составляет соответственно 653 и 575 кг на одного оператора. Норма величины статической нагрузки за смену при удержании груза и приложении усилий одной рукой для мужчин – не более 353 кН·с, для женщин – не более 215,7 кН·с. На установках Milkline (внешняя) величина статической нагрузки составляет 212,4...455,0 кН·с при работе одного оператора на подключении доильного аппарата, при этом верхний предел существенно превышен как для мужчин, так и особенно для женщин.

Сравнительный анализ труда операторов машинного доения с оценкой вариантов обслуживания по эргономичности и энергоёмкости показал, что на доильных установках роторного типа производительностью более 140 кор/ч превышена допустимая норма статической нагрузки на оператора, что требует или увеличения количества операторов, или дополнительных мер по снижению на них нагрузки.

References

1. Кажко О. А. Барановский М. В., Курак А. С. Особенности организации труда при машинном доении коров на доильной установке «Карусель». Зоотехническая наука Беларуси. 2016:51(2):164-172. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26608237>
2. Кажко О. А. Барановский М. В., Курак А. С. Engineering peculiarities of automated milking at «Rotary» milking plant. *Zootehnicheskaya nauka Belarusi*. 2016:51(2):164-172. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26608237>
3. Барановский М. В., Кажко О. А., Курак А. С. Оценка эффективности основных технологических элементов машинного доения на доильной установке «Карусель». Животноводство и ветеринарная медицина. 2016:(2):13-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32398296&>
4. Baranovskiy M. V., Kazheko O. A., Kurak A. S. Evaluation of the effectiveness of the main technological elements of machine milking at the rotary milking unit. *Zhivotnovodstvo i veterinarnaya meditsina*. 2016:(2):13-16. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32398296&>
5. 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):9-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29345271&>
6. Kuznetsov A. L., Pytalev A. V. Study of working conditions of machine milking operators – risk factors of occupational morbidity and injury. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noy politiki*. 2017:2(14):9-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29345271&>
7. Marzban A., Hayati A., Asoodar M. A. Evaluation of Performance and Cost of Hand and Mechanized Cow Milking Methods. *Iranian Journal of Biosystems Engineering* (Iranian Journal of Agricultural Sciences). 2018;49(1):27-34. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijbse.2017.138776.664695>
8. 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/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=524637>
9. Hayati A., Marzban A., Asoodar M. A. Ergonomic assessment of hand cow milking operations in Khuzestan province of Iran. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. 2015;17(2):140-145. URL: https://www.researchgate.net/publication/282744232_Ergonomic_assessment_of_hand_cow_milking_operations_in_Khuzestan_Province_of_Iran
10. Niu S., Kogi K. Ergonomic agriculture: Practical and checkpoints in easy-to-implement solutions for improving safety, conditions in health and working agriculture, 2nd Ed. Geneva, International Labour Office (ILO). 2014. pp:260. URL: http://ilo.int/global/topics/safety-and-health-at-work/resources-library/publications/WCMS_176923/lang-en/index.htm

8. Tuure V. M. Determination of physical stress in agricultural work. International Journal of Industrial Ergonomics. 1992;10(4):275-284. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(92\)90094-g](https://doi.org/10.1016/0169-8141(92)90094-g)
9. Vos H. W. Some ergonomic aspects of parlour milking. Canadian Agricultural Engineering. 1974;16(1):45-48. URL: <https://library.csbe-scgab.ca/all-publications/357-some-ergonomic-aspects-of-parlour-milking>
10. 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. DOI: <https://doi.org/10.1051/cagri/2018021>
11. Stål M., Pinzke S., Hansson G. Å. The effect on workload by using a support arm in parlour milking. International Journal of Industrial Ergonomics. 2003;32(2): 121-132. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(03\)00046-5](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(03)00046-5)
12. Stål M., Pinzke S., Hansson G. Å., Kolstrup C. Highly repetitive work operations in a modern milking system. A case study of wrist positions and movements in a rotary system. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 2003;10(1):67-72. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12852735/>
13. Cockburn M., Savary P., Kauke M., Schick M., Hoehne-Hückstädt U., Hermanns I., Ellegast R. Improving ergonomics in milking parlors: empirical findings for optimal working heights in five milking parlor types. Journal of Dairy Science. 2015;98(2): 966-974. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8535>
14. Hayati A., Marzban A., Asoodar M. A. Workplace and Gravity: Two Mechanized Cow Milking Systems Compared for Human Physiological Strains. Journal of Agricultural Machinery. 2022;12(1):21-32. DOI: <https://doi.org/10.22067/jam.2020.58607.0>
15. Ahonen E., Venäläinen J. M., Könönen U., Klenk T. The physical strain of dairy farming. Journal Ergonomics. 1990;33(12):1549-55. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139008925353>

Сведения об авторах

Цой Юрий Алексеевич, доктор техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9837-282X>

Кирсанов Владимир Вячеславович, доктор техн. наук, профессор, заведующий отделом, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

✉ **Мамедова Равза Анвяровна**, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: rozamamedova@mail.ru

Information about authors

Yuriy A. Tsoy, DSc in Engineering, professor, corresponding member of RAS, main researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9837-282X>

Vladimir V. Kirsanov, DSc in Engineering, professor, head of department, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

✉ **Ravza A. Mamedova**, PhD in Engineering, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: rozamamedova@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author