



УДК [631.158:658.53]:636

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-14

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОВИТРАТ РУЧНОЇ ПРАЦІ В ТВАРИННИЦТВІ

Чміль А. І., д. т. н.<http://orcid.org/0000-0001-9148-3172>*Національний університет біоресурсів і природокористування України**e-mail: a.chmil@ukr.net*

Анотація - серед заходів з подальшого підвищення економічної ефективності виробництва тваринницької продукції важливе місце займають питання вдосконалення організації ручної праці обслуговуючого персоналу. Відомо, наприклад, що в середньому по Україні затрати праці на 1 ц приросту молодняка великої рогатої худоби складають 54 люд.-год, в той час як в передових тваринницьких комплексах вони складають 7-10 люд.-год.

У більшості випадків основним критерієм оцінки живої і оречевленої праці є час. Проте, при цьому не враховуються такі важливі властивості як тяжкість праці, інтенсивність праці, монотонність праці тощо. В то же час будь-який вид трудової діяльності пов'язаний з витратами фізичної і розумової енергії, а також психичним і емоційним напруженням. Ця обставина спонукала вчених виявити гранично допустиму величину витрат енергії при якій може бути допущена щоденно повторювана робота в таких умовах праці і з такою інтенсивністю виконання, яка не викличе у працівника явища зносу чи пошкодження. На основі запропонованої моделі розроблено алгоритм розрахунку енергетичних показників процесу роздачі заміниці цільного молока, реалізований на ЕОМ. Аналіз отриманих результатів показує, що питомі енерговитрати при використанні установки КПП-10 складають 21,84 кДж/гол, що на 22,6% менше, ніж при використанні установки УВТ-20, а це дозволяє збільшити навантаження на оператора з 120 до 180 голів.

Ключові слова: енерговитрати, машинно-ручні операції, проектування машин.

Постановка проблеми. Серед заходів з подальшого підвищення економічної ефективності виробництва тваринницької продукції важливе місце займають питання вдосконалення організації ручної праці обслуговуючого персоналу. Відомо, наприклад, що в середньому по Україні затрати праці на 1 ц приросту молодняка великої рогатої худоби складають 54 люд.-год, в той час як в передових тваринницьких комплексах вони складають 7-10 люд.-год [1].

У більшості випадків основним критерієм оцінки живої і оречевленої праці є час. Проте, при цьому не враховуються такі важливі



властивості як тяжкість праці, інтенсивність праці, монотонність праці тощо. В то же час будь-який вид трудової діяльності пов'язаний з витратами фізичної і розумової енергії, а також психичним і емоційним напруженням. Але можливості м'язової сили, швидкість руху, реакція на ті чи інші явища, швидкість і точність сприйняття і переробки необхідної інформації в процесі трудової діяльності мають свої межі, за якими працездатність суб'єкта праці знижується і можуть відбутися функціональні зміни в організмі (втомлення, професійні захворювання і передчасне старіння). Ця обставина спонукала вчених виявити гранично допустиму величину витрат енергії при якій може бути допущена щоденно повторювана робота в таких умовах праці і з такою інтенсивністю виконання, яка не викличе у працівника явища зносу чи пошкодження.

Аналіз останніх досліджень. Енерговитрати людини на виконання продуктивної роботи визначають експериментально методом непрямой калориметрії (газообміну). Нормативні енерговитрати організму протягом робочої зміни не повинні перевищувати 1046,7 кДж/год (250 ккал/год).

Відсутність врахування при проектуванні машини зв'язаних з нею компонентів, перш за все людину, предмети праці і джерела енергії, викликає невідповідність між нормативними і фактичними значеннями експлуатаційних показників створеного обладнання, що призводить до зміни його технічного рівня, якості і економічної ефективності, а в деяких випадках причиною виробничого травматизму і профзахворювань. Для попередження таких явищ необхідно здійснити перехід від проектування машин до проектування технічних систем, під якими розуміється сукупність засобів технологічного оснащення, предметів виробництва і виконавців для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів чи операцій. Якщо при проектуванні машини її енергетичні властивості не будуть у повній мірі погоджені з енергетичними властивостями предмету праці, людини і джерела енергії, то енергетичні процеси в технічних системах і її підсистемах не будуть відповідати оптимальним. Звідси випливає, що енергетичний підхід повинен застосовуватись до усіх компонентів технічної системи- людини, предметів праці, засобів праці і джерела енергії.

Мета досліджень – розробка моделі розрахунку енерговитрат машинно-ручного технологічного процесу в тваринництві.



Основні матеріали дослідження. Важливість енергетичного підходу до технічних систем полягає в тому, що лише завдяки енергетичним перетворенням стають можливими і матеріальні перетворення і являють сутність будь-якого технологічного процесу. Оскільки в енергетичних перетвореннях приймають участь всі компоненти технологічного процесу, то в цьому проявляється їх енергетична єдність.

При дослідженні енергетичних процесів, що протікають в технічних системах, введемо наступні допущення:

- людина розглядається в сукупності з їєю, що робить її джерелом, перетворювачем і передавачем енергії;
- фізична природа руйнування предмета праці від дії на нього енергії не розглядається;
- втрати енергії всередині джерела не розглядаються;
- енерговитрати людини на управління машиною не враховуються;
- в даному дослідженні приймаються до уваги лише витрати людської енергії, що пов'язані з виконанням фізичної трудової діяльності.

Розглянемо машино-ручний технологічний процес (рис.1), в якому важливе місце має кінематичний ланцюг 3, що передає енергію неживої природи предмету праці. Рівняння енергетичного балансу для цього ланцюга буде

$$\Delta E_{3np} = \Delta E_4 + \Delta E_5 + \Delta E_m + \Delta E_{3min}, \quad (1)$$

де ΔE_{3np} - енергія неживої природи витраченої на вдосконалення процесу;

$\Delta E_4, \Delta E_5, \Delta E_m$ - енергія неживої природи витраченої на розрушення речових елементів відповідно 4 і 5 зон взаємодії і машини;

ΔE_{3min} - енергія неживої природи, що надходить по кінематичному ланцюгу 3 на зміну предмета праці.

Відомо, що в процесі взаємодії елементів технологічного процесу змінюється предмет праці за характерними ознаками, які складають основу поділу технологічного процесу на технологічні операції, а ті в свою чергу на технологічні переходи (закінчення частини технологічної операції).

З енергетичної точки зору найбільший інтерес представляють технологічні переходи і технологічні операції. Рівняння енергетичного балансу для ручної технологічної операції має вигляд

$$\Delta E_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n \Delta E_{1i} + \sum_{i=1}^n \Delta E_{2i} + \sum_{i=1}^n \Delta E_{\text{min } i}, \quad (2)$$

де ΔE_{1i} , ΔE_{2i} - енергія людини, що витрачається на розрушення речових елементів і взаємодіють відповідно в 1 і 2 зонах при виконанні i -го переходу;

$\Delta E_{\text{min } i}$ - мінімальна енергія, що необхідна для обробки предмету праці при виконанні i -го переходу.

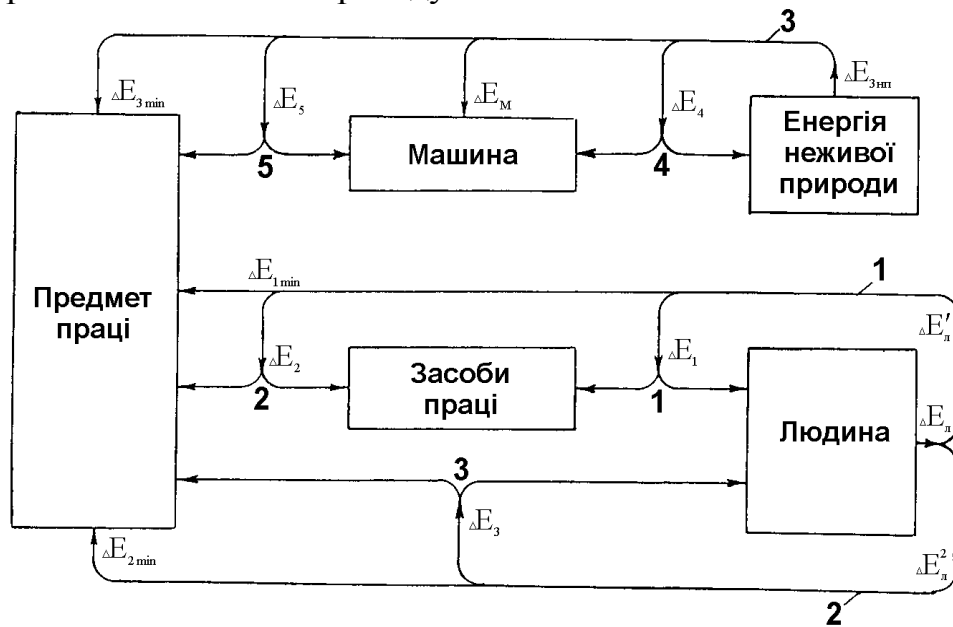


Рис. 1. Структурно-енергетична модель машинно-ручного технологічного процесу

Із структурно-енергетичних моделі видно, що не вся енергія джерел іде на виконання корисної роботи, а тільки частина-мінімальна енергія. Тому ступінь корисного використання енергії в технологічному процесі виразим як

$$\eta_{\text{тп}}^P = \Delta E_{\text{min}} / \Delta E_{\text{л}}, \quad (3)$$

де $\eta_{\text{тп}}^P$ - енергетичний к.к.д. ручного технологічного процесу.

Оптимізація енерговитрат в системі "людина-машина" (СЛМ) розпочинається з визначення мінімальної енергії, необхідної для обробки предмету праці по переходах технологічної операції, яка називається корисною енергією. Її величина складається із мінімальної енергії і втрат енергії в зоні обробки і для ручної технологічної операції може бути представлена виразом



$$\sum_{i=1}^n \Delta E_{\text{під } i} = \Delta E_{\text{СЛМ}}^{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n \Delta E_{\text{л } i} + \sum_{i=1}^n \Delta E_{\text{мін } i}, \quad (4)$$

де $\Delta E_{\text{під } i}$ - підведена енергія в зоні обробки предмета праці;
 $\Delta E_{\text{СЛМ}}^{\text{ц}}$ - корисна енергія СЛМ за цикл технологічної операції.

Корисні енерговитрати людини можна визначити за формулою

$$\Delta E_{\text{л } i} = P_{\text{л } i} t_{\text{л } i}, \quad (5)$$

де $P_{\text{л } i}$ - корисна потужність людини при виконанні i - го переходу;
 $t_{\text{л } i}$ - час виконання людиною i - го переходу.

Корисна потужність людини залежить від категорії тяжкості робіт (легка робота I, середньої тяжкості Па, Пб, важкі роботи III) і визначається згідно ГОСТ 12.1.005-76 .

Корисні енерговитрати машини, що приймає участь в технологічному процесі дорівнюють

$$\Delta E_{\text{м } j} = P_{\text{м } j} t_{\text{м } j}, \quad (6)$$

де $P_{\text{м } j}$ - корисна потужність при виконанні j - го переходу;
 $t_{\text{м } j}$ - час виконання машиною j - го переходу.

Фактичні значення корисної потужності машини $P_{\text{м } j}^{\text{ф}}$ при виконанні j - го переходу можуть бути розраховані на основі даних вимірів в режимі навантаження і холостого ходу

$$P_{\text{м } j}^{\text{ф}} = \sum_{j=1}^k P_{\text{д } j}^{\text{н}} - \sum_{j=1}^k P_{\text{д } j}^{\text{хх}}, \quad (7)$$

де $P_{\text{д } j}^{\text{н}}$ - потужність i - го приводу машини в режимі навантаження при виконанні j - го переходу;

$P_{\text{д } j}^{\text{хх}}$ - потужність i - го приводу машини в режимі холостого ходу при виконанні j - го переходу.

При одночасному виконанні переходу людиною і машиною корисні енерговитрати СЛМ визначаються за формулою

$$\Delta E_{\text{СЛМ}} = \Delta E_{\text{л } i} + \Delta E_{\text{м } j}. \quad (8)$$

Тоді за цикл технологічної операції корисні енерговитрати СЛМ будуть

$$\Delta E_{\text{СЛМ}}^{\text{ц}} = \Delta E_{\text{л}}^{\text{ц}} + \Delta E_{\text{м}}^{\text{ц}}. \quad (9)$$

Розділивши рівняння (13) на кількість, наприклад, одночасно обслуговуваних тварин отримаємо питомі енерговитрати



$$\Delta E_{\text{СЛМ}}^{\text{пт}} = \frac{\Delta E_{\text{л}\mu} + \Delta E_{\text{м}\mu}}{m_m} = \Delta E_{\text{л}}^{\text{пт}} + \Delta E_{\text{м}}^{\text{пт}}, \quad (10)$$

де m_m - кількість одночасно обслуговуваних тварин.

Після формування вихідних енергетичних характеристик СЛМ і її компонентів можна визначити вихідні енергетичні характеристики.

Корисні енерговитрати машини на виконання машинного переходу будуть

$$\Delta E_{\text{м}}^1 j = \Delta E_{\text{м}j} / \eta_{\text{м}j}, \quad (11)$$

де $\eta_{\text{м}j}$ - к.к.д. машини при виконанні j - го переходу.

Аналогічним чином можуть бути розраховані повні енерговитрати людини

$$\Delta E_{\text{л}}^1 i = \Delta E_{\text{л}i} / \eta_{\text{л}i}, \quad (12)$$

де $\eta_{\text{л}i}$ - к.к.д. людини при виконанні i - го переходу.

Тоді питомі повні енерговитрати СЛМ будуть

$$\Delta E_{\text{СЛМ}}^1 \text{пт} = \frac{\Delta E_{\text{л}nm}}{\eta_{\text{л}}} + \frac{\Delta E_{\text{м}nm}}{\eta_{\text{м}}}. \quad (13)$$

З підвищенням рівня механізації процесу відбувається перерозподіл корисних енерговитрат між людиною і машиною, а загальна сума залишиться при цьому постійною. Але оскільки к.к.д. машини значно вищий к.к.д. людини, то за рахунок цього корисні енерговитрати підсистеми (операції) будуть більш низькі, ніж до її вдосконалення. Звідси витікає, що підвищення рівня механізації і автоматизації операцій ведуть до зниження енергоємності продукції і підвищенню рівня енергетичної досконалості СЛМ.

На базі встановлених корисних і повних енерговитрат системи і її компонентів можна розрахувати їх к.к.д. за цикл технологічної операції

$$\eta_{\text{СЛМ}}^{\text{ц}} = \frac{\Delta E_{\text{СЛМ}\mu}}{\Delta E_{\text{СЛМ}1\mu}} = \frac{\Delta E_{\text{л}\mu} + \Delta E_{\text{м}\mu}}{\Delta E_{\text{л}1\mu} + \Delta E_{\text{м}1\mu}}. \quad (14)$$

Не менш важливим показником при оптимізації енерговитрат СЛМ є визначення питомої продуктивності технологічної операції

$$V_{\text{СЛМ}} = \frac{m_{\mu}}{T_{\text{ц}}}, \quad (15)$$

де $V_{\text{СЛМ}}$ - питома продуктивність системи за одиницю часу;
 $T_{\text{ц}}$ - цикл технологічної операції.



Оскільки енергетичні і загальноприйняті результати розрахунку ефективності взаємозв'язані, тому поряд з визначенням питомої продуктивності слід розрахувати енергетичну продуктивність системи за формулою

$$\Delta E_{\text{СЛМ}}^t = V_{\text{СЛМ}}^t \Delta E_{\text{СЛМ}}^{\text{пт}} = V_{\text{СЛМ}}^t (\Delta E_{\text{Л}}^{\text{пт}} + \Delta E_{\text{М}}^{\text{пт}}), \quad (16)$$

де $\Delta E_{\text{СЛМ}}^t$ - енергетична продуктивність (корисні енерговитрати) системи за t - й проміжок часу;

$V_{\text{СЛМ}}^t$ - питома продуктивність операції за t - й проміжок часу.

Вираз (16) можна перетворити до вигляду

$$\Delta E_{\text{СЛМ}}^t = \Delta E_{\text{Л}}^t + \Delta E_{\text{М}}^t. \quad (17)$$

За аналогією і повні енерговитрати можна виразити як

$$\Delta E_{\text{СЛМ}}^{1t} = \Delta E_{\text{Л}}^{1t} + \Delta E_{\text{М}}^{1t} \quad (18)$$

Складову $\Delta E_{\text{Л}}^{1t}$ в формулі (18) можна використати для контролю тяжкості праці людини, що функціонує в СЛМ

$$\Delta E_{\text{Л}}^{1t} \leq [\Delta E_{\text{Л}}]^t, \quad (19)$$

де $[\Delta E_{\text{Л}}]^t$ - рівень гранично допустимих енерговитрат людини за t - й проміжок часу.

Виходячи з рівня гранично допустимих енерговитрат людини і необхідних на виробництво одиниці продукції витрат енергії людини, можна розрахувати граничну штучну продуктивність системи

$$[V_{\text{СЛМ}}]^t = [\Delta E_{\text{Л}}]^t n_p / \Delta E_{\text{Л}}^{\text{пт}}, \quad (20)$$

де n_p - кількість працюючих, що приймають участь у виконанні операції.

Механізація і електрифікація технологічного процесу по суті означає заміну використання фізичної (мускульної), а автоматизація-фізичної і розумової енергії людини використанням енергії машинних компонентів системи. Для опису стану механізації і електрифікації живої праці можуть бути використані почасовий і енергетичний рівні механізації живої праці.

Почасовий рівень механізації живої праці в системі дорівнює

$$d_{\text{СЛМ}} = t_{\text{М}}^{\text{пт}} / T^{\text{пт}}, \quad (21)$$

де $t_{\text{М}}^{\text{пт}}$ - повний машинний час обробки предмета праці;

$T^{\text{пт}}$ - приведений час.



Енергетичний рівень механізації живої праці виразим

$$\Omega_{\text{слм}} = \Delta E_{\text{м}}^{\text{пт}} / (\Delta E_{\text{л}}^{\text{пт}} + \Delta E_{\text{м}}^{\text{пт}}) . \quad (22)$$

На основі запропонованої моделі проведено оцінку енерговитрат ручної праці на прикладі найбільш трудомікої операції при відгодівлі молодняка ВРХ- роздачі телятам замітника цільного молока (ЗЦМ). Вихідними даними для вивчення технологічного процесу використані технологічні карти і технологічні схеми установок для роздачі ЗЦМ [2,3]. В табл.1 приведені технологічні переходи і час виконання переходів при роздачі ЗЦМ установкою КПП-10.

По кожному технологічному переходу технологічної операції роздачі ЗЦМ сформулюємо головну енергетичну функцію оператора і установки.

Для опису енергетичних функцій оператора виберемо наступні показники: категорія робіт, потужність, час, повні енерговитрати, а для опису енергетичних функцій установки- потужність, час, корисні енерговитрати, к.к.д. і повні енерговитрати.

Для наглядності і зручності зберігання інформації про енергетичні властивості системи роздачі ЗЦМ побудуємо матрицю зв'язків енергетичних функцій і енергетичних показників її компонентів (оператора і установки) (табл.1).

Таблиця 1

Процес роздачі ЗЦМ установкою КПП-10

№ п/п	Технологічний перехід	Витрати часу, с
1	Засипання сухого порошку в бак	300
2	Заливання гарячої води в бак	420
3	Заливання холодної води в бак	420
4	Змішування	780
5	Перекачування ЗЦМ в лінію роздачі	240
6	Дозування з допомогою пістолета у відра і їх розставляння	4680
7	Випоювання ЗЦМ	3900
8	Мийка обладнання дезінфікуючим розчином	1800

Оперативний час

12540 с.



Висновок. На основі запропонованої моделі розроблено алгоритм розрахунку енергетичних показників процесу роздачі замітника цільного молока, реалізований на ЕОМ. Аналіз отриманих результатів показує, що питомі енерговитрати при використанні установки КПГ-10 складають 21,84 кДж/гол, що на 22,6% менше, ніж при використанні установки УВТ-20, а це дозволяє збільшити навантаження на оператора з 120 до 180 голів. Повні енерговитрати оператора при цьому складають 912,1 кДж/год., що менше гранично допустимих енерговитрат.

Список використаних джерел

1. Технологія виробництва продукції тваринництва / за ред. О. Т. Бусенка. Київ: Вища освіта, 2005. 496 с.
2. Чміль А. І. Енергетична ефективність і екологічна безпека замкнутих еколого-біотехнічних систем в тваринництві: монографія. Київ: КОМПРИНТ, 2015. 163 с.
3. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / Б. П. Шабельник та ін. Харків, 2002. 212 с.

РАСЧЕТ ЭНЕРГОЗАТРАТ РУЧНОГО ТРУДА ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Чміль А. И.

Аннотация - среди мероприятий по дальнейшему повышению экономической эффективности производства животноводческой продукции важное место занимают вопросы совершенствования организации ручного труда обслуживающего персонала. Известно, например, что в среднем по Украине затраты труда на 1 ц прироста молодняка крупного рогатого скота составляют 54 чел.-ч, в то время как в передовых животноводческих комплексах они составляют 7-10 чел.-час.

В большинстве случаев основным критерием оценки живой и овеществленного труда является время. Однако, при этом не учитываются такие важные свойства как тяжесть труда, интенсивность труда, монотонность труда и др. В то же время любой вид трудовой деятельности связан с затратами физической и умственной энергии, а также психическим и эмоциональным напряжением. Это обстоятельство побудило ученых выявить предельно допустимую величину затрат энергии при которой может быть допущена ежедневно повторяющаяся работа в таких условиях труда и с такой интенсивностью выполнения, не вызовет у работника явления износа или повреждения. На основе предложенной модели разработан алгоритм расчета энергетических показателей процесса раздачи заменителя цельного молока, реализуемый на ЭВМ. Анализ полученных результатов показывает, что удельные энергозатраты при использовании установки КПГ-10 составляют 21,84 кДж / гол, что



на 22,6% меньше, чем при использовании установки УВТ-20, что позволяет увеличить нагрузку на оператора с 120 до 180 голов .

Ключевые слова: энергозатраты, машинно-ручные операции, проектирование машин.

CALCULATION OF ENERGY CONSUMPTION OF MANUAL LABOR IN ANIMAL HUSBANDRY

A. Chmil

Summary

Among the measures to further improve the economic efficiency of livestock production, the issue of improving the organization of manual labor of service personnel is important. It is known, for example, that on average in Ukraine labor costs by 1 ts of growth of young cattle make up 54 man-years, whereas in advanced livestock complexes they make 7-10 man-years.

In most cases, the main criterion for evaluating live and oracle work is the time. However, while not taking into account such important properties as the severity of labor, the intensity of labor, the monotony of labor, etc. At the same time, any kind of labor activity is associated with the expenditure of physical and mental energy, as well as mental and emotional stress. This circumstance encouraged scientists to identify the maximum permissible amount of energy expenditure, which can be allowed daily repetitive work in such conditions of work and with such intensity of execution, which will not cause the employee the phenomenon of wear or damage. The structural-energy model of a joint machine and manual technological processes is shown.

For clarity and ease of storage of information about the energy properties of the distribution system of a whole milk substitute, a matrix of relationships of energy functions and energy indicators of its components is built. On the basis of the proposed model, an algorithm for calculating the energy indices of the process of distribution of a whole milk substitute, is implemented on the computer. The analysis of the results shows that the specific power consumption at the KPG-10 installation is 21.84 kJ / h, which is 22.6% less than when using the FVT-20 installation, which allows to increase the load on the operator from 120 to 180 heads

Keywords: energy consumption, machine-manual operations, machine design.