

передач // Вестник ХГПУ: Сб. научн. трудов. Вып.109. – Харьков, 2000. – С.60–64.

5. Ткачук Н.А. и др. Конечно-элементные модели элементов сложных механических систем: технология автоматизированной генерации и параметризованного описания // Механіка та машинобудування. – 2006. – №1. – С.57–79.

6. Чепурной А.Д., Полищук Т.В., Ткачук Н.А., Ткачук Н.Н. Проблемы моделирования сложных механических систем с применением CAD/CAM/CAE-технологий // Вісник НТУ «ХПІ»: Зб. наук. праць. Тематичний випуск «Проблеми механічного приводу». – Харків, 2008. – №28. – С.88–98.

Рецензент д.т.н., проф. О.О. Налобіна

УДК 631.3-181.4

© С.І. Овсянніков, к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ОПЕРАТОРА ПІД ЧАС КЕРУВАННЯ МОТОАГРЕГАТОМ

В роботі представлена методика визначення енерговитрат оператора під час керування мотоагрегатом, тривалості виконання роботи і відпочинку. Обґрунтована необхідність включення коефіцієнта участі оператора у розрахунках продуктивності мотоагрегатів.

МОТОАГРЕГАТ, ОПЕРАТОР, М'ЯЗОВА ЕНЕРГІЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ МОТОАГРЕГАТИВ.

Постановка проблеми. Робота агрегатів на базі мотоблоків і мотознарядь здійснюється від дії двох джерел енергії: енергії згоряння палива у двигуні внутрішнього згоряння і фізичної енергії оператора [17]. Енергія оператора витрачається на забезпечення напрямку руху (керування в горизонтальній площині), забезпечення агротехнічних параметрів роботи агрегату (керування у вертикальній площині), силові зусилля, що впливають на тягову динаміку агрегату (керування у повздовжньому напрямку), забезпечення стійкості агрегату від перекидання, піше пересування самого оператора по обробленій поверхні ґрунту [14]. Ступінь фізичної участі оператора в процесі роботи агрегату не досліджена, однак з практики роботи з

мотоагрегатами відомо, що тривалість безперервної роботи складає 0,25–0,5 години, а час перерви на відпочинок – 0,25–0,75 години [10]. Таким чином, продуктивність мотоагрегатів і мотознарядь безпосередньо залежать від ступеня участі оператора в роботі агрегату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тягова динаміка мотоагрегатів описується в роботах [11, 15, 16, 18], де відмічається, що під дією коливань тягового опору робочих органів знарядь і нерівностей поверхні пересування внаслідок дії реактивного моменту штанги керування постійно змінюють своє положення.

Основними факторами, що впливають на тягові властивості і курсову стійкість руху, є зчеплення рушів з опорною основою, які достатньо повно описані в роботах [3, 4, 6, 8, 12, 15, 20]. Властивості розгону і тягова динаміка роботи агрегату описана в роботах [6, 11]. Для відновлення заданого положення штанг оператор вимушений прикласти фізичну силу як у вертикальній, так й горизонтальній площинах [4].

Інтенсивність дії оператора на органи керування безпосередньо впливає на його втому і визначає періодичність та тривалість циклів "робота–відпочинок". Такі дослідження проводились в основному для спортсменів.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування періодичності циклів "робота–відпочинок" оператора мотоагрегатів в залежності від ступеня його фізичної участі в процесі керування рухом агрегату. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішити наступні задачі: визначити енерговитрати оператора на самопересування; визначити енерговитрати оператора на керування мотоагрегатом; визначити тривалість циклів "робота–відпочинок" в залежності від інтенсивності фізичного навантаження оператора; обґрунтувати необхідність враховувати ступінь участі оператора в загальній продуктивності агрегату.

Результати дослідження. Оператор під час роботи мотоагрегату пересується пішки з середньою швидкістю 1,8–3,6 км/ч (0,5–1,0 м/с) по обробленому розрихленому ґрунту. Одночасно він прикладає зусилля на штанги мотоблока для керування роботою агрегату. Тоді загальні витрати енергії оператора становлять:

$$A_{\text{вн}} = A_{\text{д}} + A_{\text{еа}} + A_{\text{ін}} \quad (1)$$

де E_x – енергія, що витрачається оператором під час його руху по розрихленому ґрунту; $E_{\text{кер}}$ – енергія, що витрачається оператором на керування мотоагрегатом; $E_{\text{осн}}$ – енергія основного обміну організму людини.

Витрати енергії під час пішої ходи по твердій поверхні (дорозі) зі швидкістю 0,5–0,7 м/с становлять 2,86 ккал/год на 1 кг ваги оператора [2]. Під час руху по розрихленому ґрунті витрати енергії додатково збільшуються на 3,64 ккал/год. Таким чином витрати енергії оператора під час руху по розрихленому ґрунті становлять:

$$E_x = 2,86 + 3,64 = 6,5 \text{ ккал/год}\cdot\text{кг.}$$

Витрати енергії на основний обмін (робота внутрішніх органів і теплообмін) залежить від статті, віку, зросту оператора, температури оточуючого середовища та інших факторів. Протягом доби людина витрачає різну кількість енергії основного обміну, в денний час – більше, в нічний – менше. Залежність основного обміну енергії чоловіків та жінок, ваги тіла і віку за даними [9] наведені на рис. 1.

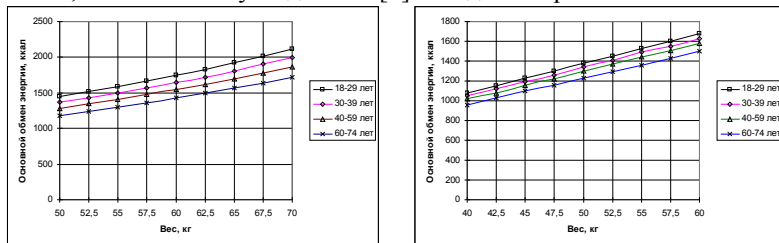


Рис. 1 – Залежність основного обміну енергії від ваги тіла і віку людини:
а – чоловіків; б – жінок

Якщо прийняти, що оператор має середній вік 30–39 років і враховуючи, що роботи з мотоагрегатом виконують чоловіки середньою вагою 70 кг, витрати енергії на основний обмін становлять 1990 ккал/добу, або 1,2 ккал/год·кг. Враховуючи, що активність роботи внутрішніх органів в денний час вища, ніж в нічний, остаточно приймаємо витрати енергії в активний період – 1,33 ккал/год·кг і в період відпочинку – 0,89 ккал/год·кг.

Для визначення витрат енергії на керуванням мотоагрегатом проведені дослідження [11], в результаті яких встановлено: середні значення зусиль; їх середньо квадратичні відхилення; швидкість зміни зусиль в горизонтальній та вертикальній площинах (табл. 1 и 2) відповідно для орного і транспортного агрегатів.

За інтенсивністю і силовим навантаженням роботу оператора мотоагрегату можна порівняти до пиляння дров ручною пилюкою [5]. Витрати енергії під час виконання інтенсивних режимів роботи, до яких відноситься керування орним мотоагрегатом, складають $E_{кер} = 6,86$ ккал/год·кг, для спокійних режимів роботи, наприклад керування

транспортним агрегатом, $E_{кер} = 4,98$ ккал/год·кг. Тоді сумарні витрати енергії оператора під час роботи з мотоагрегатом становлять:

під час виконання робочих операцій:

$$E_{оп.р} = 5,5 + 6,86 + 1,33 = 13,69 \text{ ккал/год·кг};$$

під час виконання транспортних операцій:

$$E_{оп.тр} = 2,86 + 4,98 + 1,33 = 9,17 \text{ ккал/год·кг}.$$

Тоді, при середній вазі оператора 75 кг отримаємо:

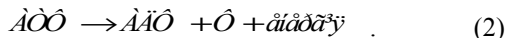
$$E_{оп.р} = 1027 \text{ ккал/год} = 17 \text{ ккал/хв};$$

$$E_{оп.тр} = 670 \text{ ккал/год} = 11,17 \text{ ккал/хв}.$$

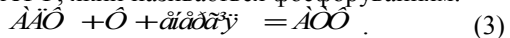
Таблиця 1 – Зусилля F , середньоквадратичні відхилення зусиль σ , швидкість зміни сили V_{Fcp} , середньоквадратичне відхилення швидкості σ_v на штангах керування мотоблоку "Мотор Січ" під час руху на стерні і ґрунтовій дорозі

Ґрунтовий фон	$F_{кр.ср.}$ Н	Верт. площина				Гориз. площина			
		F_{cp} Н	σ Н	V_{Fcp} Н/с	σ_v Н/с	F_{cp} Н	σ Н	V_{Fcp} Н/с	σ_v Н/с
Стерня	770	176	240	-3,7	134	-72	16,6	-1	64,8
Ґрунтова дорога	228	-54	72,6	-1,8	30	1,38	12,3	-0,2	8,5

М'язова енергія утворюється під час розщеплення аденозинтрифосфату (АТФ) на аденозиндифосфат (АДФ) та фосфат (Ф). Отримана енергія (приблизно 1/3) викликає скорочення м'язової тканини і виділення тепла (приблизно 2/3) [9]. Умовно цей процес можна записати так:



Тривалість отримання таким чином енергії становить всього 1-3 сек, тому що запаси АТФ дуже малі. Одночасно організм запускає механізм зворотного синтезу АТФ, який називається фосфоруванням:



В залежності від участі кисню в отриманні енергії розрізняють анаеробне (без участі кисню) і аеробне (з участю кисню) утворення енергії.

Анаеробне утворення енергії забезпечує інтенсивне її виділення за короткий термін часу і здійснюється двома способами:

- під час взаємодії з креатинфосфатом: вихід енергії приблизно такий саме, як з АТФ, але його вистачає тільки на 7–12 сек (максимально 15–30 сек) інтенсивного скорочення м'язів;

- під час розщеплення глікогену, що знаходиться у м'язах: розщеплення здійснюється не повне, а тільки до утворення молочної кислоти (анаеробна лактатна система). Виділення енергії при цьому в декілька разів менше, ніж під час розщеплення креатинфосфату. Але енергії вистачає на 2–3 хв інтенсивної роботи, бо накопичена у м'язах кислота призводить до зниження швидкості розщеплення глікогену.

В такій ситуації людина вимушена зупинитись, щоб "перевести дихання" і дочекатись виходу з м'язів, що працюють, залишків молочної кислоти або зменшити інтенсивність виконання роботи, щоб запустити наступну систему отримання енергії.

Аеробне утворення енергії здійснюється з участю кисню, що надходить до м'язів разом з кров'ю. При наявності достатньої кількості кисню, глікоген може розпадатись до вуглекислого газу і води з визволенням енергії. Процес здійснюється у два етапи: глікоген розщеплюється до молочної кислоти; окислення молочної кислоти з виділенням вуглекислого газу, води і великої кількості енергії. Така сама реакція може проходити й з жирними кислотами, але енергії при цьому виділяється в три рази більше!

Однак ці процеси потребують значної кількості кисню, який обмежений роботою легенів і серцево-судинної системи, особливо для розщеплення жирних кислот. Потрапляння жирних кислот до м'язів забезпечується також потоком крові. У людей, що тренуються, ця здатність розвинена сильніше, що забезпечує їм більшу витривалість.

Аеробна система запускається практично відразу з моменту початку фізичного навантаження, але виходить на максимальну потужність через 2–3 хв. Розпад жирних кислот починається через 20–30 хв. При недостатку кисню виникає змішане одночасне аеробно-анаеробне утворення енергії. При цьому частка анаеробного становить від 0,1 до 0,3 в загальному забезпеченні енергією і залежить від інтенсивності роботи людини (табл. 2).

Таблиця 2 – Залежність тривалості роботи людини від частки анаеробного утворення енергії у загальній системі отримання енергії

Частка анаеробного утворення енергії	0,06	0,1	0,15	0,30
Тривалість роботи людини, хв.	24-45	12-20	8-13	4-6

Таким чином, максимальна тривалість роботи оператора складає 30–45 хв на транспортних операціях і 15–20 хв під час виконання робочих операцій.

Процес відновлення енергії здійснюється шляхом окислювальних операцій за допомогою кисню [19], тривалість якого складає:

- відновлення креатинфосфатів (першочергове) – 2–5 хв;
- видалення молочної кислоти – 0,5–1,5 години в залежності від ступеня кисневого голоду;
- відновлення м'язового і печіночного глікогену – 12–48 годин;
- підсилення синтезу білків (м'язової тканини) – 12–72 годин;
- відновлення запасів кисню у м'язах – дуже швидко.

Враховуючи, що м'язова робота оператора здійснюється змішаним способом, в м'язах накопичується кислота і на її окислення необхідно як мінімум 0,5 години. У випадку дострокового припинення відпочинку, запас енергії в м'язах зменшується, відповідно зменшується тривалість роботи до наступного відпочинку, а час відпочинку збільшується. Фізична підготовка і тренування сприяють збільшенню працездатності до 10–5%.

Таким чином, тривалість роботи оператора повинна не перевищувати 15–20 хв з подальшим відпочинком приблизно в 30–40 хв. Якщо оператор працює більше 4 годин на добу, в організмі виникає дефіцит глікогену, для відновлення якого необхідно не менше 24 годин відпочинку.

Враховуючи вищевикладене можна відмітити, що продуктивність мотоагрегату, окрім всіх відомих складових, залежить й від інтенсивності участі оператора в роботі агрегату. Продуктивність мотоагрегату в загальному випадку визначається за формулою:

$$W_a = B \cdot V \cdot T \cdot K_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot K_{\tilde{o}} \quad (4)$$

де B – ширина захвата агрегату; V – швидкість руху агрегату; T – загальний час роботи агрегату; K_{cm} – коефіцієнт використання часу зміни; K_m – технологічний коефіцієнт, що враховує час підготовки і обслуговування агрегату, технологічне перекриття робочих проходів і т.п.

Однак дана залежність не враховує час на відпочинок оператора. Для цього у формулу (4) пропонується ввести коефіцієнт корисної дії оператора η_{on} :

$$W_{\tilde{a}} = B \cdot V \cdot T \cdot K_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot K_{\tilde{o}} \cdot \eta_{\tilde{i}\tilde{i}} \quad (5)$$

Враховуючи, що час роботи агрегату безпосередньо залежить від робочого стану оператора, то загальний час виконання роботи складається з часу на виконання безпосередньо операції і часу на відпочинок оператора. Таким чином отримаємо:

$$\dot{o} = \dot{o}_{\delta} + \dot{o}_{\tilde{a}^3\tilde{a}}, \quad (6)$$

тут T_p – час виконання операції; $T_{від}$ – час відпочинку оператора.

Коефіцієнт корисної дії оператора залежить від інтенсивності силового керування, робочої швидкості пересування агрегату та інших факторів. В загальному випадку коефіцієнт корисної дії можна визначити як:

$$\eta_{\dot{t}_i}^{\dot{E}_i} = 1 - \frac{\dot{A}_i}{\dot{A}_i} = \dot{A}_i - \dot{t}_i / \dot{t}_i \dot{a}_i \dot{a}_i, \quad (7)$$

де K_{on} – коефіцієнт силової інтенсивності оператора; E_{on} – енергія, що витрачена оператором, ккал/хв; $E_{on.max}$ – максимальна енергія, що утворюється оператором під дією анаеробних процесів відновлення енергії.

Висновки. На основі проведених досліджень утворення і відновлення м'язової енергії людини уточнена залежність визначення продуктивності мотоагрегатів шляхом введення коефіцієнта корисної дії оператора.

Література

1. Физиология человека: Учебник для студентов медицинских институтов / Под ред. Козицкого Г. – М. : Медицина, 1985. – 544 с.
2. Горшакова Н. Фармакология спорта / [Н. Горшакова, Я. Гудивок, Л. Гунина и др.]; под общ. Ред. С. Олейник, Л. Гуниной, Р. Сейфулы. – К. : Олимп. 1-ая, 2010. – 640 с.
3. Гуськов В.В. Тракторы: теория: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и тракторы» / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение. – 1988. –376 с.
4. Гуцол О. Фізичні рівняння деформації ґрунту з суттєвим проявом в'язко-пластичних властивостей / О. Гуцол, В. Ковбаса, В. Курка // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa / - Lublin, 2011. – Том 13. : 2012. – S. 145–155.
5. Келлер Н. О концепции развития мобильной мини-техники на современном этапе / Н. Келлер, А. Цветков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003, № 4. – С. 7–10.
6. Левин Н. Определение некоторых показателей взаимодействия колесного движителя трактора с почвогрунтом / Н. Левин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1986. - №6. – С. 6-10.
7. Ловейкин В. Оптимизация режима разгона одномассовой динамической системы с интегральными ограничениями / В. Ловейкин, У. Ромасевич. // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa / - Lublin, 2012. – Том 14–3. : 2012. – S. 158–163.
8. Малеса В. Применение метода конечных элементов в обосновании выбора параметров взаимодействия шины с опорным

основанием в контакте / Влодзимир Малеса // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa / – Lublin, 2012. – Том 13. : 2011. –S. 136–144.

9. Мышцы. Их строение и работа / [Rejim dostupa do resursa: http://www.hudeika.ru/pitanie-do-i-posle-trenirovki.html](http://www.hudeika.ru/pitanie-do-i-posle-trenirovki.html)

10. Овсянников С. Классификация и концепция развития миниагротехники / С. Овсянников // Вісн. наук. праць ХНТУСГ. Вип. 94. – Х. : ХНТУСГ, 2010. – С. 304–309.

11. Овсянников С. Исследования силового управляющего взаимодействия в подсистеме «Оператор–моторблок» / С. Овсянников, А. Марчишак. // Вісн. наук. праць ХНТУСГ : вип. 123 "Системотехніка і технології лісового комплексу". – Х. : 2012. – С. 20–26.

12. Овсянников С. Исследование тяговых параметров пневматических шин мотоагротехники на рыхлых почвах / С. Овсянников // Вісн. наук. праць ХНТУСГ. Технічні науки : вип. 124 "Механізація с.–г. виробництва", том 2. – Х. : 2012. – С. 75–80.

13. Овсянников С. К вопросу о качении жесткого колеса мотоагротехники / С. Овсянников. Вісн. наук. праць ХНТУСГ : вип. 136 "Системотехніка і технології лісового комплексу". – Х. : 2013. – С. 43–53.

14. Овсянников С. Силовое взаимодействие оператора при управлении мотоагрегатом / С. Овсянников // Вісн. НТУ "ХПИ", серія : Автомобіле– та тракторобудування. 2012. – № 60. – С. 25–30.

15. Ovsyannikov S.I. K voprosu o kachenii zhestkogo kola motoagrotekhniki / S.I. Ovsyannikov // Visnik KhNTUSG № 136 – 2013. – S. 43–54.

16. Овсянников С.І. Підвищення тягово–зчіпних властивостей малогабаритних тракторів в рослинництві / Автореферат на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. // – Х.: ХДТУСГ, 1997. – 20 с.

17. Овсянников С., Ремарчук Н. Аспекты функциональной стабильности агрегатов на базе моторблоков / С. Овсянников, Н. Ремарчук // Сільськогосподарські машини : Зб. наук. статей – Вип. 20. – Луцьк : Ред. – вид. відділ ЛНТУ, 2010. – С. 234 – 242.

18. Ремарчук М.П. Створення гідромоторів на основі використання стандартних гидроциліндрів / Ремарчук М.П., Холодов А.П., Чмуж Я.В., Вайрамашвілі Т.Т., Овсянников С.І. // Науковий вісник будівництва, – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, вип. 57, 2010. – С. 430–434.

19. Восстановление мышечного гликогена. Питательные вещества для мышц. / Режим доступа к ресурсу <http://meduniver.com/Medical/Physiology/1411.html> МедУнивер.

20. Золотаревская Д. Влияние вязкоупругих свойств почвы и сил трения на тяговые свойства и уплотняющее воздействие колесных тракторов на почву / Д. Золотаревская // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – №3. – С. 13–17.

Рецензент д.т.н., проф. В.А. Войтов

УДК 674.023

© Б.Ф. Пасаман, к.т.н., Ю.Л. Гунько, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ РУБАЛЬНИХ МАШИН

У статті розглянуті теоретичні обґрунтування впливу конструктивних параметрів робочих органів дискових рубальних машин на якісні показники отримуваної тріски.

РУБАЛЬНА МАШИНА, ТРІСКА, НІЖ, ДИСК, КУТ РІЗАННЯ

Постановка проблеми. Використання деревних відходів під-час проведенні лісозаготівельних робіт дозволяє підвищити ефективність вирішення питання енергозбереження та виробництва вторинних матеріалів для деревообробної промисловості. В результаті переробки деревних залишків отримується тріска – подрібнена деревина.

Тріска є цінною сировиною, яка широко використовується у різних побутових і виробничих сферах діяльності. Тріска застосовується у якості основної сировини у целюлозно-паперовій промисловості, у виробництві деревно-стружкових плит, у якості біопалива, у гідролізному виробництві.

Для того, щоб забезпечити вимоги конкурентноспроможності продукції, що виробляється, характеристики тріски повинні відповідати вимогам споживачів.

Основними вимогами серед усіх є вимоги до форми та розмірів тріски, що виробляється в результаті взаємодії лісоматеріалів із робочими органами рубальних машин.

Тріска, яка отримується на рубальних машинах, в основному є неоднорідною. Така тріска, як правило, містить велику фракцію