

УДК 631.363:636.22/28

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФРОНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА НА ВИВАНТАЖЕНІ КОНСЕРВОВАНИХ КОРМІВ

Іванов М.І., к.т.н., проф
Подольнин І.М., к.т.н., доцент
Шаргородський С.А., к.т.н., доцент
Руткевич В.С.

Вінницький національний аграрний університет

Рассматриваются пути повышения эффективности фронтального погрузчика при выемке консервированных кормов из траншейных хранилищ. Описан принцип действия погрузочного средства для блочно-порционной выемки консервированных кормов. Проанализированы основные закономерности изменения производительности в зависимости от массы блока консервированного корма и времени цикла работы погрузчика.

The ways of making more effective of frontal loader taking out preserved fodder out of pit storagl is examined. The princip of operation of loading device for block-portion out loading of preserved fodder. There is adduced and theoretically based the technical decision of drive of knife mechanism of working organ of loader. Basic conformities to law of change the productivity from mass of block of the canned feed and time of cycle are analysed robots of loader.

Вступ. Першочергове завдання агропромислового комплексу країни на нинішньому етапі - повне задоволення потреб населення в різноманітних і повноцінних вітчизняних продуктах харчування і, вперш за все, збільшення виробництв м'яса, молока та інших продуктів тваринництва. Рішення поставленої задачі в значній мірі залежить від створення стабільної кормової бази, де головне місце належить механізації усіх процесів в кормовиробництві, розробці та впровадженні у виробництво перспективних, енергозберігаючих малогабаритних засобів механізації, які відповідають світовим стандартам і мають високу експлуатаційну надійність.

Основна частина. Розвиток тваринництва призводить до різкого збільшення об'ємів навантажувально-розвантажувальних робіт на тваринницьких комплексах і фермах. Виникає гостра необхідність у використанні універсальних навантажувачів, призначених для вивантаження та навантаження консервованих та інших кормів протягом року.

Універсальні навантажувальні машини набувають усе більшого розповсюдження при виконанні робіт у сільському господарстві завдяки високій маневреності, малій масі і значній продуктивності порівняно з грейферними, можливістю застосування комплектів швидкозмінного робочого обладнання. При необхідності навантажувач легко демонтувати з трактора, який можна використовувати на інших роботах. З найбільш розповсюджених і широко використовуваних фронтальних навантажувачів в Україні є ПФ-0.5, ПКУ-0.8Б та КУН-10. Навантажувачі по надійності, приведеним витратам та іншим показникам не поступаються кращим закордонним зразкам, але однією із вразливих ланок даних навантажувачів є відсутність вискоєфективного вивантажувального засобу вирізаючого типу, зокрема для консервованих кормів, що зумовлює використання серійних робочих органів (рис.1), які є малоефективними, оскільки порушують технологію вивантаження корму [1].

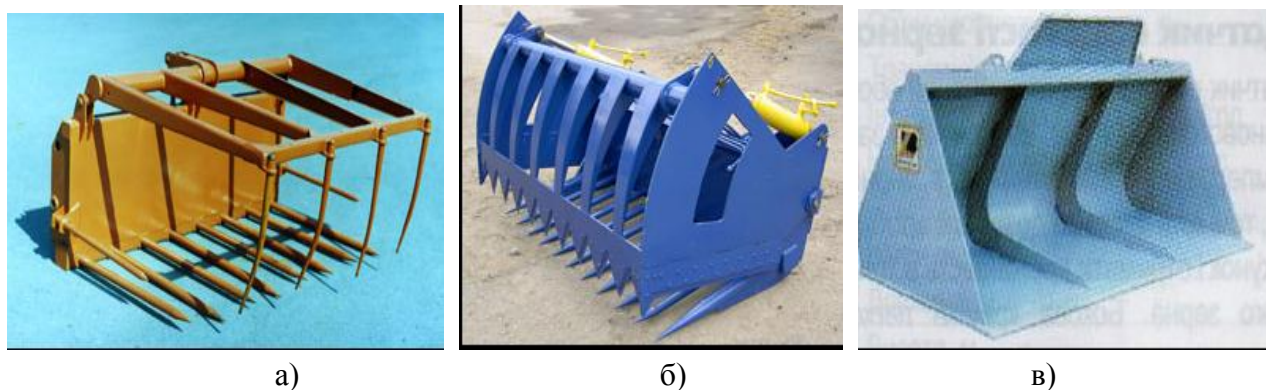


Рис. 1. Серійні робочі органи фронтальних навантажувачів

а-вилочний захват ПКУ-0.8, б-пристрій для навантаження силосу «Аллигатор», в –кови.

У зв'язку із цим на кафедрі машин та обладнання сільськогосподарського виробництва ВНАУ проводиться робота по розробці і проектуванню блочно-порційного відокремлювача консервованих кормів шляхом вдосконалення серійного робочого органа фронтального навантажувача, що дозволить підвищити продуктивність, якість відокремлення корму від моноліту і, відповідно, зменшити втрати поживних речовин.

Принципову схему блочно-порційного відокремлювача консервованих кормів показано на рис. 2. Різак вивантажувача складається з вертикальної рами 1, на нижньому брусі 2 якої закріпленні вила 3, також на рамі розміщена П- подібна рамка 4 з ріжучими ножами 5, вертикальне переміщення якої здійснюється за допомогою гідроциліндра 6 двосторонньої дії, а відокремлення консервованого корму від моноліту у вертикальній площині здійснюється за допомогою ножевого механізму з приводом від гідромотора. Відокремлювач навішується на стрілу 7 фронтального навантажувача на базі трактора МТЗ-82.

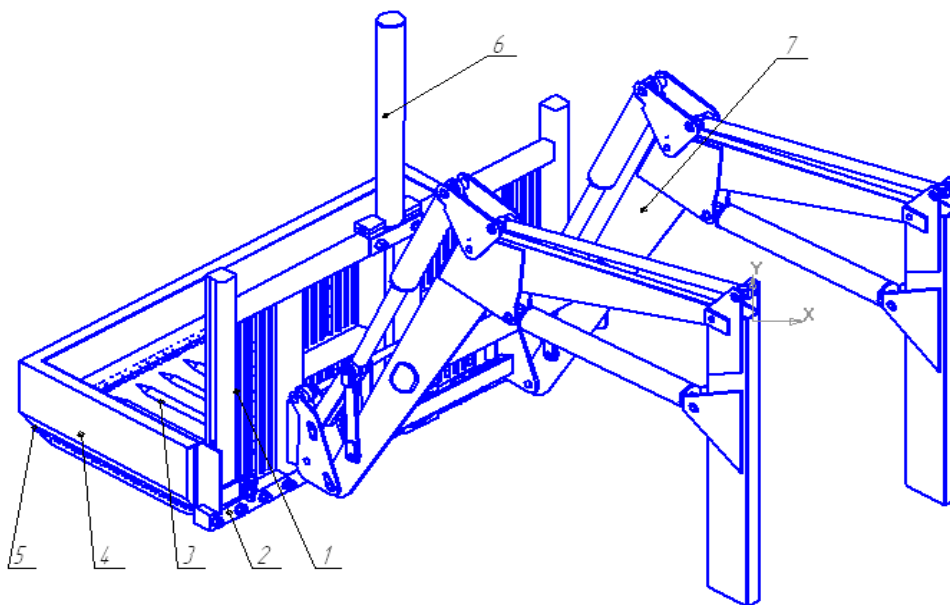


Рис.2. Розроблений блочно-порційний відокремлювач консервованих кормів

1-рама, 2-нижній брус, 3-вила, 4- П - подібна рамка, 5-ріжучі ножі, 6-гідроциліндр, 7-стріла.
Блочно-порційний відокремлювач силосу і сінажу працює таким чином. При крайньому

верхньому положенні П – подібної рамки 4, вила 3 під напором трактора горизонтально впроваджуються в кормову масу, фіксуючи її відносно механізму. Після чого включається гідроциліндр 6 і гідромотор привода ножевого механізму. При вертикальному переміщенні П – подібної рамки по направляючим зверху до низу відрізана порція корму має форму прямокутника. Для відділення наступної порції корму П – подібна рамка повертається у верхнє положення, здійснюючи холостий хід, після чого процес повторюється.

Технологією блочно-порційного вивантаження консервованого корму передбачено вирізання першого блоку по трьох сторонах. Другий і наступні блоки із початого ряду відрізають вже по двох сторонах: фронтальній і одній боковій, так як інша бокова сторона сформована при відрізання попереднього блока. При такій технології описаний ефект досягається зміщенням в сторону вивантаження від попереднього блока вилючного захвату. В результаті такого зміщення реальний об'єм блока і його маса зменшуються порівняно із теоретично можливим.

Однією з основних вимог, які ставляться до сучасних навантажувальних засобів, є максимальна продуктивність при мінімальних енерговитратах. Вона повинна бути достатньою для того, щоб забезпечувати швидке завантаження консервованого корму. В той же час необґрунтовано велика швидкість погіршує ступінь його використання при малих об'ємах навантаження, знижує економічні показники процесу приготування кормів.

Проаналізувати показники ефективності роботи навантажувача у відриві від технологічного процесу можна лише умовно. При цьому в якості об'єктивних даних для порівняльної оцінки машини слід використовувати граничну продуктивність, енергоємність, металоємність і приведені витрати. Теоретична продуктивність навантажувача Q (т/год) залежить від маси блок-порції G і часу циклу T [2,3].

$$Q = 3.6 \frac{G}{T}, \quad (1)$$

де G – номінальна маса блок-порції консервованого корму, кг;

T – час циклу роботи навантажувача, с.

Задану величину маси G блок-порції можна отримати при різному співвідношенні її розмірів (рис.3 а), оскільки:

$$G = V\rho, \text{ або } G = abhp, \quad (2)$$

де V – теоретичний об'єм блок-порції, м³;

ρ – густина корму в масиві, кг/м³;

a – теоретична ширина блока, м;

b – теоретична довжина блока, м;

h – теоретична висота блока, м.

При визначенні оптимальних параметрів блок-порції, а також розмірів навісного обладнання, виходячи із вантажопідйомності навантажувача зручно використовувати номограму (рис. 3б).

Перша частина номограми дозволяє визначити величину об'єму блок-порції V в залежності від вантажопідйомності G з урахуванням густини ρ маси корму в масиві.

Друга частина номограми дозволяє по раніш визначеним і вибраним параметрам V , a , b знайти значення глибини різання h .

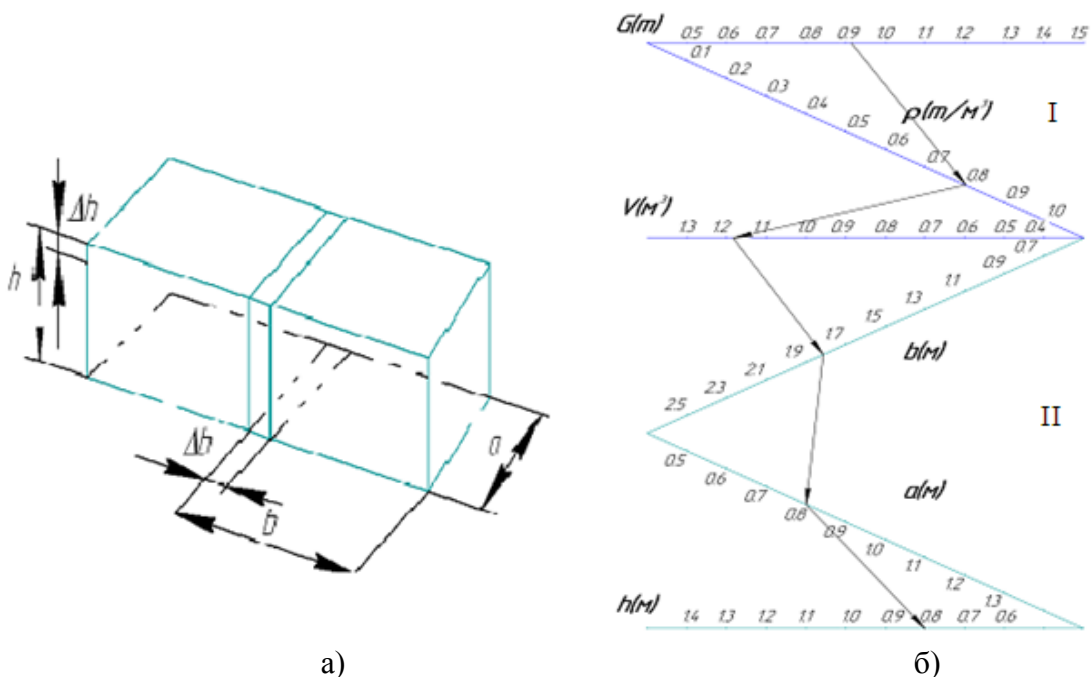


Рис.3. Номограма визначення оптимальних параметрів навісного обладнання

З енергетичної точки зору необхідно мати блок-порцію такої форми, щоб при заданому об'ємі V площа різання була мінімальною. Менша площа різання вимагає меншого часу різання, що сприяє підвищенню продуктивності навантажувача в цілому.

Особливістю консервованого корму є те, що в залежності від умов злежування і зберігання, його вологість, густина кожного блоку на різній висоті при вивантаженні буде відрізнятись. Тому у формулу (2) вводять поправочний коефіцієнт φ , який враховує завантаження вилочного захвата

$$\varphi = \varphi_1 \varphi_2, \quad (3)$$

де φ_1 - коефіцієнт, враховуючий зміну густини корму по висоті масиву;

φ_2 - коефіцієнт використання місткості вилочного захвату.

Коефіцієнт, враховуючий зміну густини корму по висоті масиву, можна визначити за формулою:

$$\varphi_1 = \frac{(\rho \pm \Delta\rho)}{\rho} = 1 \pm \frac{\Delta\rho}{\rho}, \quad (4)$$

де $\Delta\rho = \rho_\phi - \rho$,

ρ_ϕ - фактична густина відокремлюваного корму, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Коефіцієнт використання місткості вилочного захвату, обумовлений зменшенням об'єму блока порівняно з теоретично можливим, визначається за формулою

$$\varphi_2 = \varphi_2' \varphi_2'', \quad (5)$$

де φ_2' - коефіцієнт зниження об'єму, пов'язаний з меншанням площі по основі,

φ_2'' - коефіцієнт зниження об'єму, пов'язаний зменшенням висоти блока.

Розглядаючи блок як прямокутну призму (рис.3), коефіцієнт φ_2' можна виразити співвідношенням

$$\varphi_2' = 1 - \frac{\Delta S}{S_T}, \quad (6)$$

де S_T - теоретична площа основи призми, м^2 ,

$$S_T = ab. \quad (7)$$

Величину невикористання теоретичної площі можна визначити як

$$\Delta S = \Delta ba, \quad (8)$$

де Δba – зазор між сформованою стінкою блока і внутрішньою поверхнею бокового ножа.

Після підстановки (7) і (8) у вираз (6) і декількох перетворень, коефіцієнт φ_2' визначається залежністю

$$\varphi_2' = 1 - \frac{\Delta a}{a}. \quad (9)$$

Коефіцієнт зниження об'єму, пов'язаний із зменшенням висоти блока

$$\varphi_2'' = 1 - \frac{\Delta h}{h}, \quad (10)$$

де h – теоретична висота блока, м,

Δh – різниця між теоретичною і фактичною висотою блока, м.

Остаточно для φ_2 маємо

$$\varphi_2 = \left(1 - \frac{\Delta \alpha}{\alpha}\right) \left(1 - \frac{\Delta h}{h}\right). \quad (11)$$

Тоді продуктивність навантажувача матиме вигляд

$$Q = 3.6 \left(1 \pm \frac{\Delta \rho}{\rho}\right) \left(1 - \frac{\Delta \alpha}{\alpha}\right) \left(1 - \frac{\Delta h}{h}\right) \rho V. \quad (12)$$

Таким чином, введення коефіцієнтів φ_1 і φ_2 у формулу продуктивності дозволяє адаптувати її до реальних умов роботи навантажувача. Значення коефіцієнта використання місткості вилочного захвату завжди менша 1, оскільки фактичний об'єм вирізаного блока менший теоретично можливого і його значення коливається від 0.7 до 0.95.

Залежність продуктивності навантажувача від фізико-механічних властивостей консервованого корму показано в графічній формі на рис. 4.

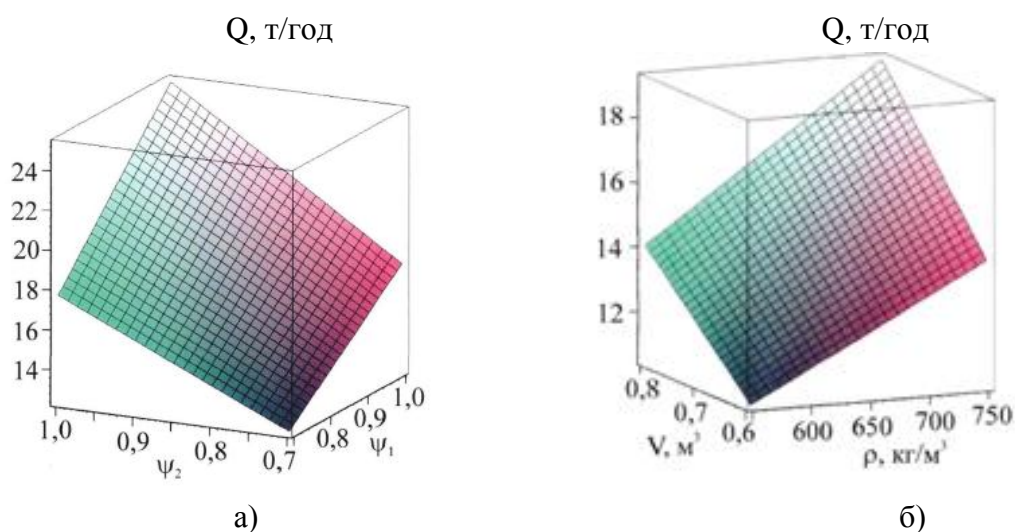


Рис. 4. Залежність продуктивності навантажувача від:

а – коефіцієнта зміни густини корму по висоті масиву φ_1 і коефіцієнта використання місткості вилочного захвату φ_2 ; б- об'єму блока корму V і густини корму в масиві.

Тривалість навантажувального циклу при вивантаженні консервованого корму визначається виразом [4]

$$T_{\text{ц}} = \sum t_{\text{мп}} + \sum t_{\text{зр}} + t_{\text{рез}}, \quad (13)$$

де $\sum t_{\text{мп}}$ - тривалість транспортних операцій, с,

$\sum t_{\text{зр}}$ - тривалість операцій керування вантажопідйомною системою й робочим органом, с,

$t_{\text{рез}}$ - тривалість операції різання, с.

Тривалість транспортних операцій залежить від схеми взаємодії системи "навантажувач - масив - транспортний засіб" (рис. 5).

Вирізавши блок-порцію з масиву, навантажувач, відповідно до схеми на рис. 5 а, переміщується заднім ходом з одночасним розворотом на 90° . Потім переднім ходом під'їжджає до транспортного засобу й розвантажується. Далі від'їжджає назад та з розворотом переміщується до масиву. Цикл повторюється. Транспортний засіб протягом усього циклу навантаження стоїть на місці, розташовуючись заднім бортом до технологічної зони.

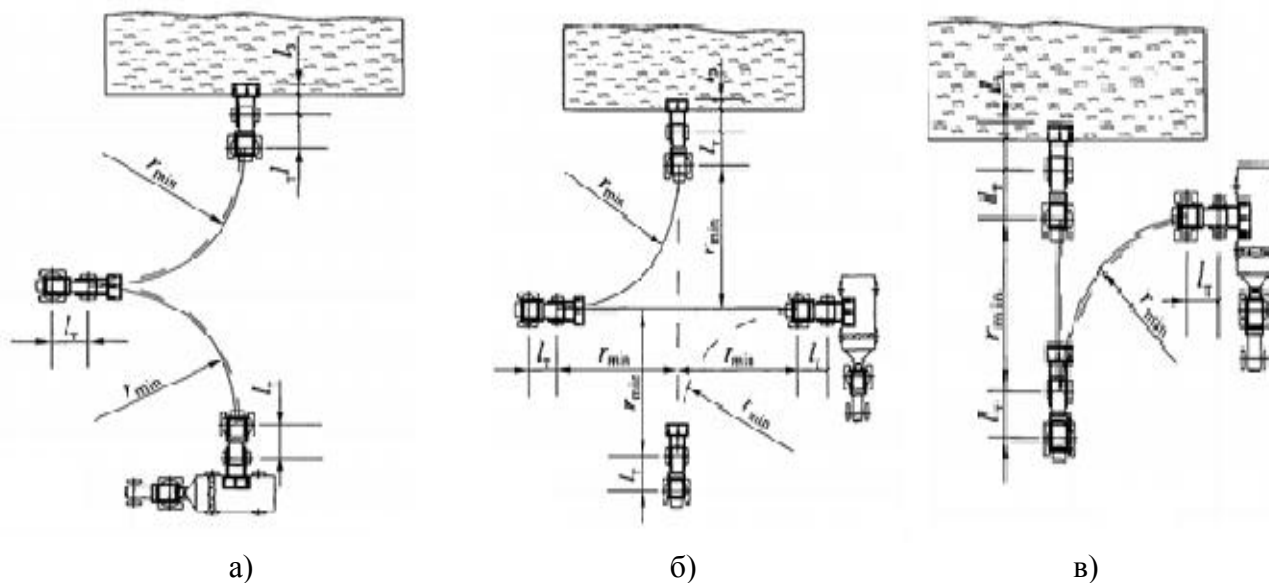


Рис.5. Взаємодія фронтального вивантажувача із транспортним засобом

Відповідно до схеми на рис. 5 б, навантажувач після відділення порції корму від масиву переміщується заднім ходом з одночасним поворотом на 90° . Потім, рухаючись переднім ходом з розворотом на 90° , під'їжджає до транспорту й розвантажується. По закінченні розвантаження навантажувач подається назад у зворотному порядку з одночасним розворотом на 90° і далі переднім ходом з розворотом на 90° переміщується до масиву. Цикл повторюється. Транспорт розташовується бічним бортом уздовж фронту робіт.

За схемою на рис. 5 в навантажувач, забравши матеріал з масиву, завантажений подається назад на деяку відстань. Потім він переміщується переднім ходом з одночасним розворотом на 90° до транспорту, який, залишаючись на місці під час навантаження, орієнтований заднім бортом до масиву. Після розвантаження навантажувач у зворотному порядку повторює операції маневрування й переміщується до масиву корму. Після чого цикл знову повторюється.

З аналізу схем випливає, що час, затрачуваний на транспортні операції, складається із часу впровадження вилочного захоплення в масив корму й часу під'їзду й від'їзду навантажувача до транспортного засобу й масиву корму.

Тривалість транспортних операцій залежить від відстані переїздів і швидкості руху навантажувача. Довжина траєкторії переміщення навантажувача для різних схем різна.

Тому необхідно вибирати раціональну схему, що дозволяє звести до мінімуму транспортні операції. За схемою (рис.5 в) тривалість транспортних операцій визначається залежністю

$$\sum t_{mp} = \frac{r_{min} + \frac{\pi r_{min}}{2} + 2l_T}{v_1} + \frac{r_{min} + \frac{\pi r_{min}}{2} + 2l_T + l_3}{v_2} . \quad (14)$$

де r_{min} - мінімальний радіус повороту навантажувача, м, залежить від кутів відхилення кожного напрямного колеса, кутів бічного відведення передніх і задніх шин, швидкості повороту, швидкості відключення напрямних коліс, бази трактора; l_T - база трактора, м; v_1 - швидкість руху навантажувача з вантажем до транспортного засобу, м/с; l_3 - довжина вилочного захоплення, м; v_2 - швидкість руху навантажувача після розвантаження вил, м/с.

Тривалість операцій керування вантажопідйомною системою і робочим органом знаходяться по формулі

$$\sum t_{zp} = t_o + t_p + t_e + t_{on} + t_{np}, \quad (15)$$

- де t_o - час відриву й підйому блоку корму, с;
 t_p - час розвантаження корму в транспортний засіб, с;
 t_e - час повернення вил у вихідне положення, с;
 t_{on} - час опускання вантажозахватного органа, с;
 t_{np} - час підйому П - подібної рамки у верхнє положення, с.

Час відриву й підйому блоку корму визначається за формулою

$$t_o = \frac{S_o}{4 \left(q_T n - \frac{(1 - \eta_o) Q_o P}{P_o} \right) \frac{1}{\pi z D_n^2}}, \quad (16)$$

де S_o - хід поршня силового циліндра, м; q_T - робочий об'єм насоса, м³/об; n - частота обертання вала відбору потужності трактора; η_o - об'ємний КПД насоса; Q_o - подача насоса, м³/с; P_o - тиск у системі, Па; P - тиск масла в насосі, Па; z - число циліндрів; D_n - діаметр поршня силового циліндра, м.

Час розвантаження вил визначається з виразу

$$t_p = S_p / \left(\frac{-75 \left(\frac{\gamma}{2g} \right) D_n^2 v \sum \frac{l_i}{d_i^4} + 2 \left(\frac{\gamma}{2g} \right) D_n^4 \sum \frac{\xi_i}{d_i^4}}{\left(\left(75 \left(\frac{\gamma}{2g} \right) D_n^2 v \sum \frac{l_i}{d_i^4} \right)^2 + 4 \left(\left(\frac{\gamma}{2g} \right) D_n^4 \sum \frac{\xi_i}{d_i^4} \right) \frac{g m_p a_p - M_{mp}}{z F h_p} \right)^{\frac{1}{2}} + 2 \left(\frac{\gamma}{2g} \right) D_n^4 \sum \frac{\xi_i}{d_i^4}} \right) , \quad (17)$$

де γ -об'ємна маса робочої рідини, кг/м³; g - прискорення вільного падіння, м/с²; ν -кінематична в'язкість робочої рідини, м²/с; l_i, d_i - довжина й внутрішній діаметр i -ї ділянки гідролінії, м; ξ - коефіцієнт i -го місцевого опору; m_p - маса навантажувального встаткування із блоком корму, кг; a_p, h_p — плечі сил, що діють на механізм, м (рис. 2); M_{mp} - момент сил тертя в шарнірах, Нм; F - приведена площа поршня, м².

Час повернення вил у вихідне положення t_e і час опускання вантажозахватного органа t_{on} розраховуються за аналогією з відривом і підйомом блока й розвантаження корму. Тривалість операції різання визначається як

$$T_{рез} = \frac{h_{np}}{v_{yz}}, \quad (18)$$

де h_{np} - висота підйому П - подібної рамки, м,
 v_{yz} - швидкість руху ножевого механізму, м/с.

Таким чином, весь цикл роботи навантажувача складається з трьох операцій: транспортування агрегата з вантажем і без вантажу, керування вантажопідйомною системою й робочим органом і вирізання блока. Визначення кожної операції здійснюється індивідуально, незалежно від інших.

На рис.6 показано залежність продуктивності Q навантажувача від маси G разової блок-порції (крива 1) та часу циклу T (крива 2). З графіків видно, що з збільшенням маси блок-порції продуктивність навантажувача збільшується, а із збільшенням часу циклу вона зменшується.

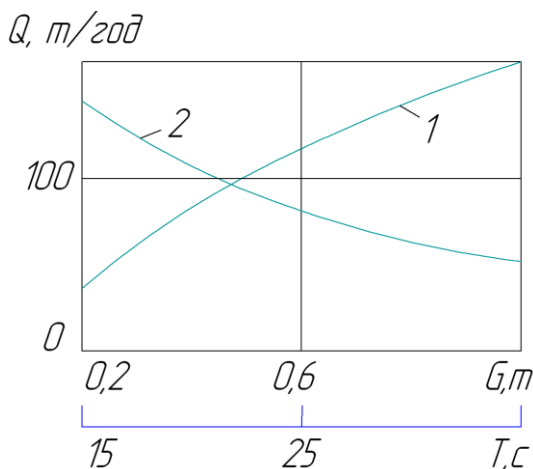


Рис. 6. Залежність продуктивності Q навантажувача від маси G разової блок-порції консервованого корму і часу циклу T .

На сучасному етапі спостерігається тенденція підвищення енергоємності (відношення потужності двигуна до маси трактора) мобільних засобів, оскільки вони є базою для навішування навантажувачів, тому варто розглядати як даний показник впливає на продуктивність.

Результати досліджень даної проблеми для фронтальних навантажувачів свідчать, що найбільш вигідна енергоємність з точки зору продуктивності дорівнює 14.6 – 15.3 (виходячи із найменших приведених витрат). Енергоємність трохи знижується при зниженні продуктивності. Характеристикою ефективності використання енергомісткості може бути гранична потужність, під якою розуміють відношення потужності N (кВт) до вантажопідйомності G (т). Результати статистичної обробки даних для різних навантажувачів наведені у вигляді кривої розподілення 1 і інтегральної кривої 2 (рис.7), з яких видно, що

оптимальний показник N/G лежить в межах 33 – 36.7 кВт(зона I) і для 65% досліджуваних моделей навантажувачів цей показник лежить в діапазоні 25.7 – 40.4 кВт(зона II)[5]. Підвищення граничної потужності призводить до надлишкової енергомосткості і збільшення приведених затрат.

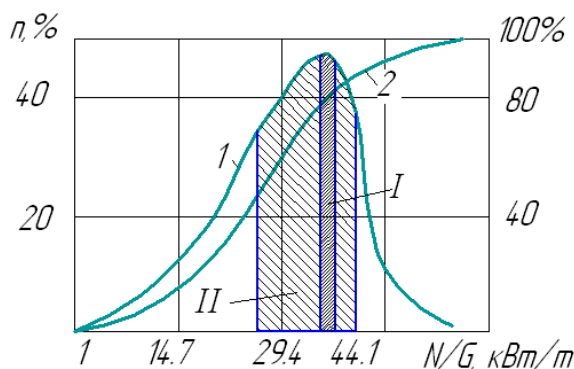


Рис.7. Розподіл навантажувачів по енергомосткості

Висновок. Підвищити продуктивність навантажувача можливо двома шляхами: збільшенням блок-порції корму і скороченням тривалості циклу. Перший шлях обмежується показниками стійкості навантажувача і умовно характеризується відносною металомісткістю, відношенням маси агрегата до маси вантажу. Для навантажувачів різного призначення даний показник коливається в діапазоні 3.0 – 7.9. Значення G залежить від наявності і розмірів виносу опор і вильоту стріли навантажувача. Щоб визначити оптимальне співвідношення маси навантажувача і вантажу, необхідні спеціальні дослідження.

При скороченні тривалості циклу погіршуються умови роботи оператора. Виникають інерційні сили і ударні навантаження, знижується безвідмовність і довговічність машини. Тривалість циклу на сучасних фронтальних навантажувачів триває 15 – 25с прагнення скорочення даного показника нецільоспрямовано, призведе до необхідності розроблення заходів по забезпеченню безвідмовності і довговічності машини, зменшення втомленості оператора і автоматизацію керуванням навантажувачем.

Література

1. Калетнік Г.М. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва/Калетнік Г.М., Кулик М.Ф., Петриченко В.Ф.– Вінниця:«Енозіс», 2007.-584 с.
2. Потапов Г. П. Универсальные и специальные погрузчики в животноводстве / Г. Потапов, Н. Волошин. – Киев: Вища школа. Головное изд-во.1985. – 85 с.
3. Мефоков И.В. Расчет производительности погрузчика на выемке консервированных кормов блоками /И.В. Мефоков// Совершенствование рабочих процессов и обоснование параметров машин для сельскохозяйственного производства. Сб. науч. работ. Саратов. гос. агр. ун-т им Н.И. Вавилова. – Саратов, 2000.-С.9-12.
4. Мефоков И.В. Особенности определения цикла погрузчика при блочной выемки консервированного корма /И.В. Мефоков// Совершенствование рабочих процессов и обоснование параметров машин для сельскохозяйственного производства. Сб. науч. работ. Саратов. гос. агр. ун-т им Н.И. Вавилова. – Саратов, 2000.-С.13-19.
5. Красников В.В. Пути повышения эффективности грейферных погрузчиков /В.В.Красников, В.Ф. Дубинин, В.А. Харченко, И.В. Воробьев//Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1978. - №12. – С. 28-29.