

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОРШНЕВОГО УЩІЛЬНЮВАЧА СУБСТРАТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГЛИВИ

О.М. Гайденко, к.т.н.  
Кіровоградський інститут АПВ УААН  
(0522) 390-47-2

**Анотація** - наведено результати експериментальних досліджень залежності питомої енергомісткості процесу ущільнення з урахуванням якості роботи від основних конструкційно-режимних і технологічних параметрів поршневого ущільнювача.

**Ключові слова** – поршневий ущільнювач, діапазон щільності, питома енергомісткість, якість роботи, субстрат.

*Постановка проблеми.* Для того, щоб отримувати високі та сталі врожаї сільськогосподарських культур, необхідно забезпечити природний кругообіг органічної сировини агроценозів та забезпечити проходження її етапів від початку розкладу до утворення гумусу, обравши для цього технологічно та економічно обґрунтований комплекс заходів.

При вирощуванні сільськогосподарських культур у сівозмінах утворюється значна кількість органічної сировини у вигляді соломи та інших рослинних залишків. На сьогоднішній день існує декілька технологій подальшого їх використання. Однак набувають розвитку технології біологічної конверсії органічної сировини, спрямовані на переробку соломи, органічних відходів у субстрати та компости для вирощування їстівних грибів. Але впровадження у виробництво даних технологій потребує розробки нових та удосконалення існуючих технічних засобів для виробництва субстратів. Існує необхідність створення технічних засобів для ущільнення та пакування субстратів з робочими органами, які б забезпечували виконання технологічних операцій з заданими показниками якості при мінімальних питомих енергетичних витратах.

В даний час недостатньо досліджень щодо параметрів ущільнювачів для вирощування гливи, які забезпечують одночасно з ущільненням пакування субстрату в мішки. Недостатньо також науково-обґрунтованих даних про енергетичні показники та показники якості

процесу ущільнення субстрату, та їх взаємозв'язку з параметрами технічних засобів для ущільнення та пакування субстрату. Це стримує подальше підвищення ефективності виробництва субстрату для вирощування гливи на основі удосконалення технічних засобів для ущільнення та пакування субстрату.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Основні закономірності, які пов'язують конструкційно-технологічні параметри робочих органів ущільнювачів, а також фізико-механічні властивості соломистих матеріалів та показники якості й енергоємності процесу ущільнення приведені в роботах [1, 2]. Поряд з цим серед дослідників відсутня єдина думка про закономірність процесу ущільнення соломистих матеріалів. За результатами обробки експериментальних даних та теоретичних досліджень було запропоновано ряд рівнянь, які пов'язують тиск із щільністю матеріалу. Встановлено також закономірності ущільнення пастеризованого субстрату для вирощування гливи та його фізико-механічних властивостей [3, 4].

Основним показником, який характеризує якість ущільнення соломистих матеріалів являється відповідність щільності отриманих блоків до технологічно заданого діапазону щільності при мінімальних енергетичних затратах. Вона підвищується зі збільшенням тиску робочого органу на ущільнювальний матеріал та сили протидії підпору.

Наявність припущень та передумов вказує на складність фізичних явищ, які мають вплив на процес ущільнення сіно-соломистих матеріалів, тому ні одна із отриманих залежностей не може в достатній мірі повністю описати процес ущільнення соломистих сумішей, що і зумовлює необхідність проведення експериментальних досліджень направлених на встановлення взаємозв'язку між фізико-механічними властивостями соломистих матеріалів різної вологості та різними конструкційно-технологічними факторами на якісні та енергетичні показники процесу ущільнення.

*Мета досліджень.* Встановити залежність питомої енергомісткості процесу ущільнення з урахуванням якості роботи від основних конструкційно-режимних і технологічних параметрів поршневого ущільнювача.

*Результати досліджень.* Дослідження ущільнення вологого соломистого субстрату для вирощування гливи проводилося з використанням експериментального зразка поршневого ущільнювача [5, 6]. При цьому постійними були такі конструкційно-технологічні параметри ущільнювача: продуктивність масляного насоса гідростанції  $0,00037 \text{ м}^3/\text{с}$ ; внутрішній діаметр горизонтальної камери  $0,257 \text{ м}$ ; об'єм порції субстрату  $0,006 \text{ м}^3$ . Під час проведення випробувань за допомогою контрольно-вимірювальних приладів фіксувалися технологічні параметри машини та розмірно-вагові параметри отриманої

продукції – ущільнених мішків із субстратом. Середнє значення об'ємної маси та вологості субстрату відповідно становили 110 кг/м<sup>3</sup> та 81,7 %. Середньозважена довжина часточок субстрату досліджуваної партії становила 142,8 мм. Середнє значення коефіцієнта бокового тиску та коефіцієнта тертя субстрату по сталі відповідно становили 0,58 та 0,28. Середнє значення коефіцієнта поперечного розширення ущільнених блоків субстрату становило 1,22 відносних од.

Для встановлення взаємозв'язку впливу максимальної сили протидії рухомого підпору  $F_{ПР}$  (Н), часу утримання матеріалу під тиском  $t$  (с) та маси порції завантаженого субстрату  $M_{П}$  (кг) на питому енергомісткість процесу ущільнення та пакування субстрату з урахуванням діапазону щільності  $E_{Д}$  (кВт год./т) у виробничих умовах було проведено експеримент за планом Бокса-Бенкіна. Статистичне оцінювання отриманих результатів включало перевірку на однорідність дисперсій за критерієм Кохрена. Адекватність отриманої математичної моделі та її придатність для опису досліджуваного процесу перевіряли за критерієм Фішера. Визначення значущості коефіцієнтів регресії проводили за критерієм Стьюдента. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів.

| № п/п | Найменування фактора та його позначення          | Рівні факторів |    |     | Інтервали варіювання |
|-------|--|----------------|----|-----|----------------------|
|       |  | -1             | 0  | +1  |                      |
| 1     | Максимальна сила протидії підпору $F_{ПР}$ , Н   | 0              | 50 | 100 | 50                   |
| 2     | Час утримання матеріалу $t$ , с                  | 0              | 10 | 20  | 10                   |
| 3     | Маса порції завантаженого матеріалу $M_{П}$ , кг | 10             | 15 | 20  | 5                    |

За результатами експериментів було отримано математичну модель – рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку, яке має вигляд:

$$E_{Д} = 4,4621 - 0,0018F_{ПР} + 0,0362t - 0,4527M_{П} + 0,0001F_{ПР}^2 - 0,0005t^2 + 0,0148M_{П}^2 + 0,0001F_{ПР}t - 0,0003F_{ПР}M_{П} - 0,0013tM_{П}. \quad (1)$$

Аналіз залежностей показує, що зі збільшенням максимальної сили протидії руху мішка з субстратом  $F_{ПР}$  питома енергомісткість з урахуванням діапазону щільності  $E_{Д}$  змінюється за параболічною функцією (рис. 1).

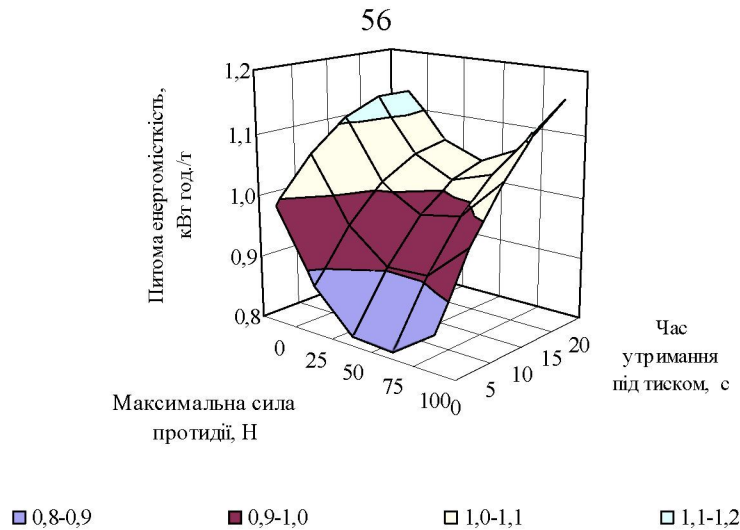


Рисунок 1 – Залежність питомої енергомосткості з урахуванням діапазону щільності від максимальної сили протидії руху мішка з субстратом та часу утримання матеріалу під тиском

Дана функція має оптимум – мінімальне значення питомої енергомосткості з урахуванням діапазону щільності знаходяться в діапазоні зміни максимальної сили протидії від 50 до 75 Н та дорівнює 0,815; 0,970 та 1,032 кВт год./т для відповідних значень часу утримання субстрату під тиском 0; 10 та 20 с, що пояснюється суттєвим відхиленням щільності від технологічно заданої при малих значеннях сили протидії та зростанням витрат енергії на процес ущільнення та пакування субстрату, обумовлене збільшенням витрат енергії на переміщенні маси при збільшенні сили протидії (рис. 2).

Встановлено збільшення питомої енергомосткості з урахуванням діапазону щільності  $E_d$  в залежності від збільшення часу утримання матеріалу під тиском  $t$ , що пояснюється збільшенням тривалості циклу ущільнення та пакування субстрату та відповідного зменшення продуктивності (рис. 3).

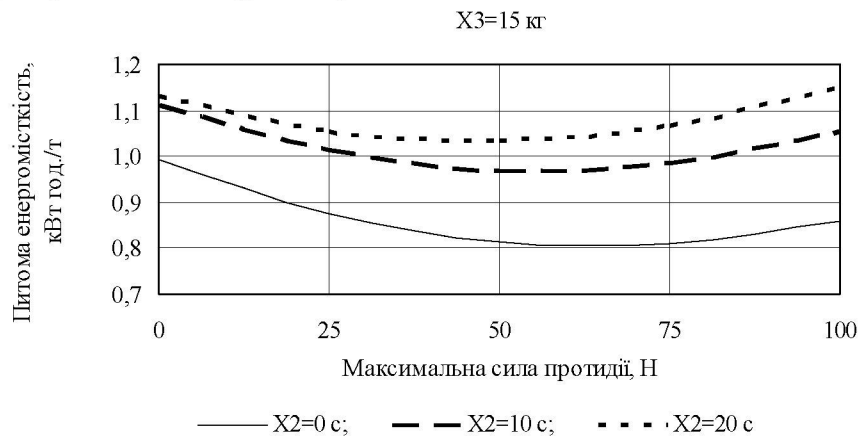


Рисунок 2 – Залежність питомої енергомосткості з урахуванням діапазону щільності від максимальної сили протидії руху мішка з субстратом.

Зокрема, при утриманні матеріалу під тиском протягом 20 с питома енергомiсткiсть з урахуванням діапазону щiльностi  $E_D$  збiльшується на 19,6 %, в порiвнянні з варіантом роботи без утримання під тиском. Мiнiмальне значення питомої енергомiсткостi буде без утримання матеріалу під тиском та становитиме 0,992; 0,815 та 0,859 кВт год./т, при значеннях сили протидії руху мiшка з субстратом вiдповiдно 0; 50 та 100 Н.

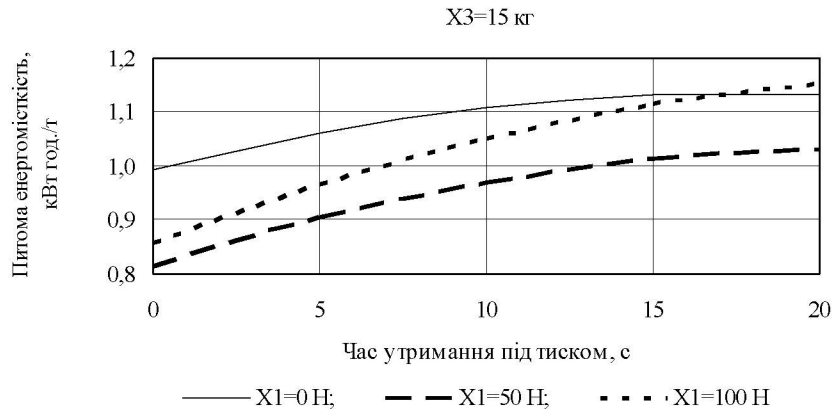


Рисунок 3 – Залежність питомої енергомiсткостi з урахуванням діапазону щiльностi вiд часу утримання матеріалу під тиском.

Аналіз залежностей (рис. 4) показує, що зі збiльшенням маси порції завантаженого субстрату  $M_D$  питома енергомiсткiсть з урахуванням діапазону щiльностi  $E_D$  змiнюється за параболічною функцією, яка має оптимум – мiнiмальне значення функції вiдгуку знаходиться в діапазоні змiни маси порції завантаженого субстрату вiд 15 до 17,5 кг та дорiвнює 1,109; 0,97 та 1,02 кВт год./т, для вiдповiдних значень максимальної сили протидії руху мiшка з субстратом 0; 50 та 100 Н (рис. 5).

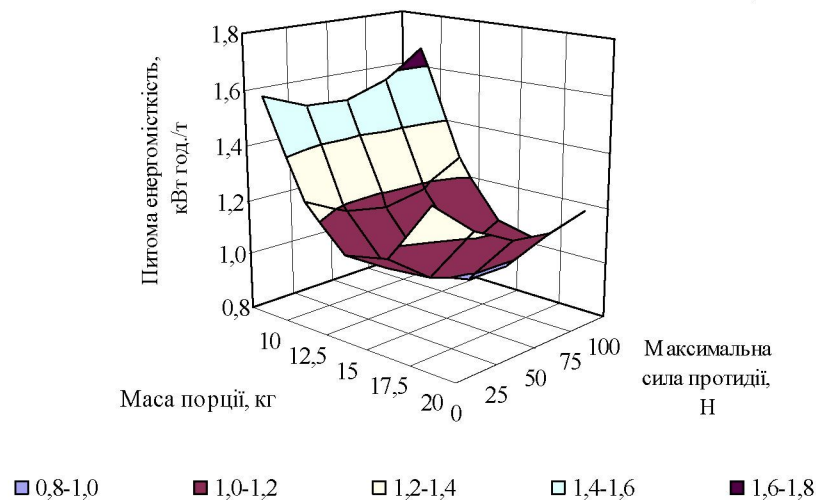


Рисунок 4 – Залежність питомої енергомiсткостi з урахуванням діапазону щiльностi вiд маси порції завантаженого субстрату та максимальної сили протидії руху мiшка з субстратом.

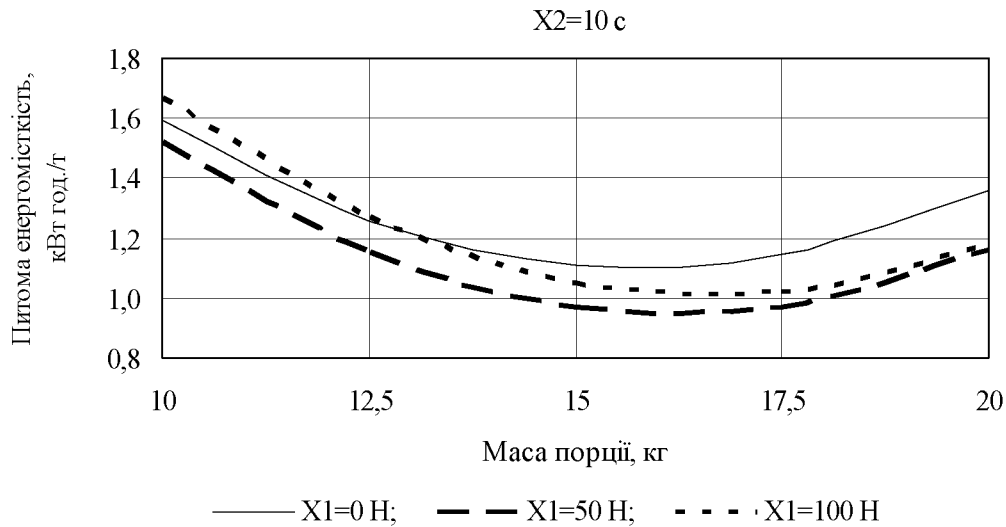


Рисунок 5 – Залежність питомої енергомiсткостi з урахуванням дiапазону щiльностi вiд маси порцiї завантаженого субстрату.

Встановлено (рис. 6), що зi збiльшенням максимальної сили протидiї руху мiшка з субстратом  $F_{ПР}$  питома енергомiсткiсть з урахуванням дiапазону щiльностi  $E_D$  змiнюється за параболiчною функцiєю, яка має оптимум – мiнiмальне значення питомої енергомiсткостi з урахуванням дiапазону щiльностi знаходиться в дiапазонi змiни максимальної сили протидiї руху мiшка з субстратом вiд 50 до 75 Н, та дорiвнює 1,521; 0,97 та 1,138 кВт год./т, для вiдповiдних значень маси порцiї завантаженого субстрату 10; 15 та 20 кг.

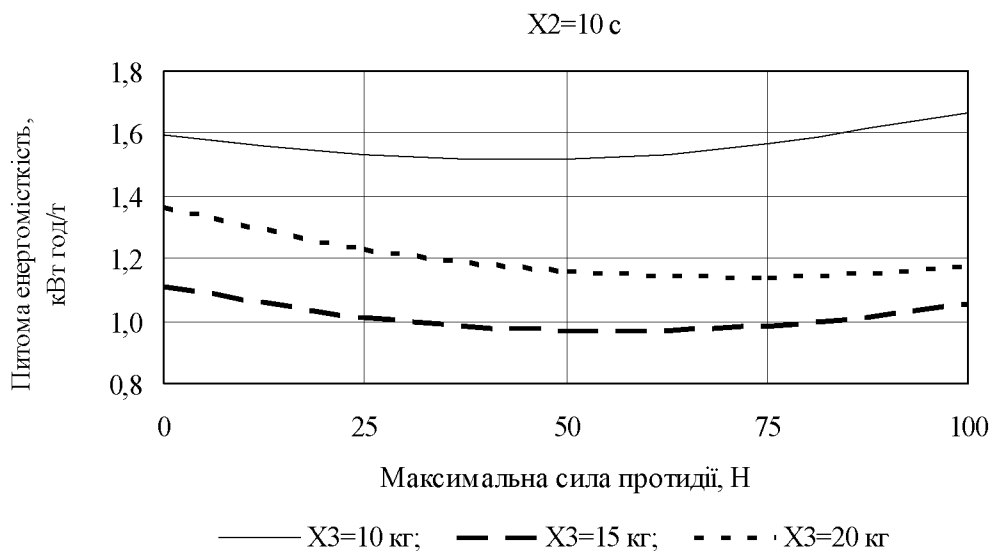


Рисунок 6 – Залежність питомої енергомiсткостi з урахуванням дiапазону щiльностi вiд максимальної сили протидiї руху мiшка з субстратом.

Аналіз залежностей (рис. 7) показує, що зі збільшенням часу утримання матеріалу під тиском  $t$  відбувається зростання питомої енергомосткості з урахуванням діапазону щільності  $E_D$ .

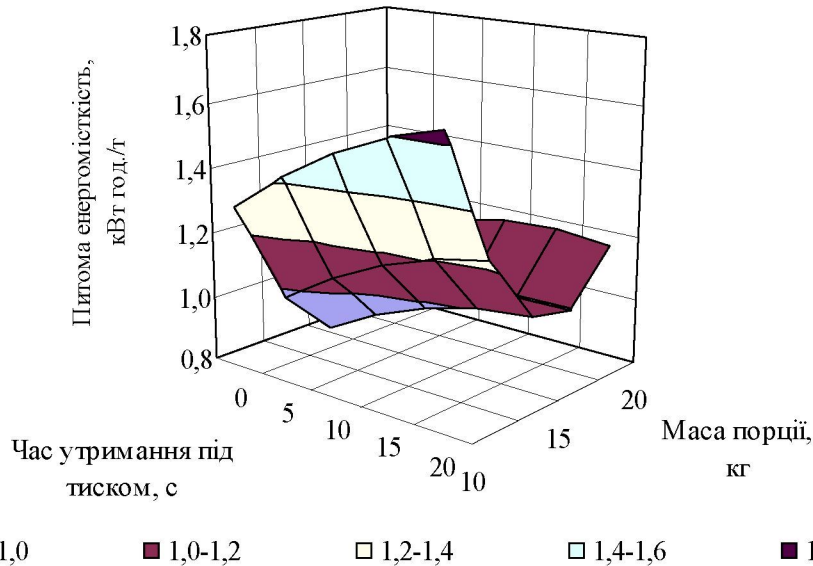


Рисунок 7 – Залежність питомої енергомосткості з урахуванням діапазону щільності від часу утримання матеріалу під тиском та маси порції завантаженого субстрату.

Зокрема, при утриманні матеріалу під тиском протягом 20 с питома енергомосткість зростає на 17 %, порівняно з варіантом роботи без утримання матеріалу під тиском, та дорівнює 1,649; 1,032 та 1,153 кВт год./т для відповідних значень маси порції завантаженого субстрату 10; 15 та 20 кг (рис. 8).

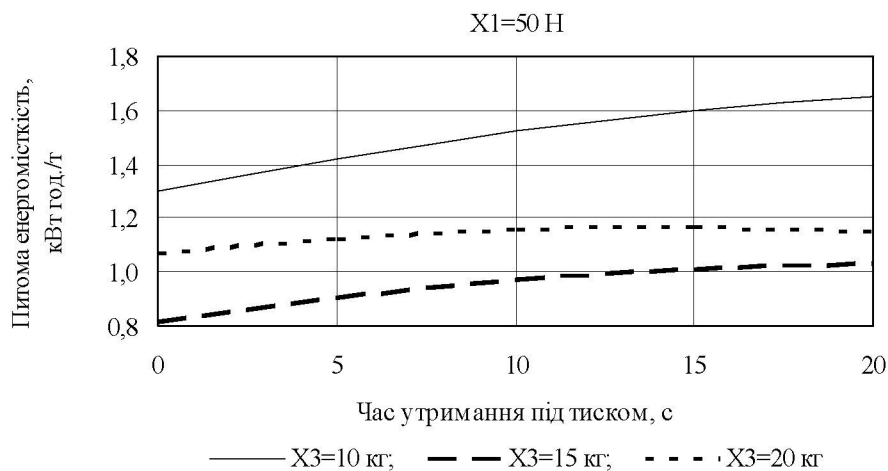


Рисунок 8 – Залежність питомої енергомосткості з урахуванням діапазону щільності від часу утримання матеріалу під тиском.

Встановлено (рис. 9), що зі збільшенням маси порції завантаженого субстрату  $M_{II}$  питома енергомісткість з урахуванням діапазону щільності  $E_D$  змінюється за параболічною функцією, яка має оптимум – мінімальне значення питомої енергомісткості з урахуванням діапазону щільності знаходиться в діапазоні зміни маси порції завантаженого субстрату від 15 до 17,5 кг, та дорівнює 0,815; 0,97 та 1,0 кВт год./т, для відповідних значень часу утримання матеріалу під тиском 0; 10 та 20 с, що пояснюється збільшенням продуктивності, а в подальшому – більшим, порівняно з ростом продуктивності, збільшенням витрат енергії на ущільнення.

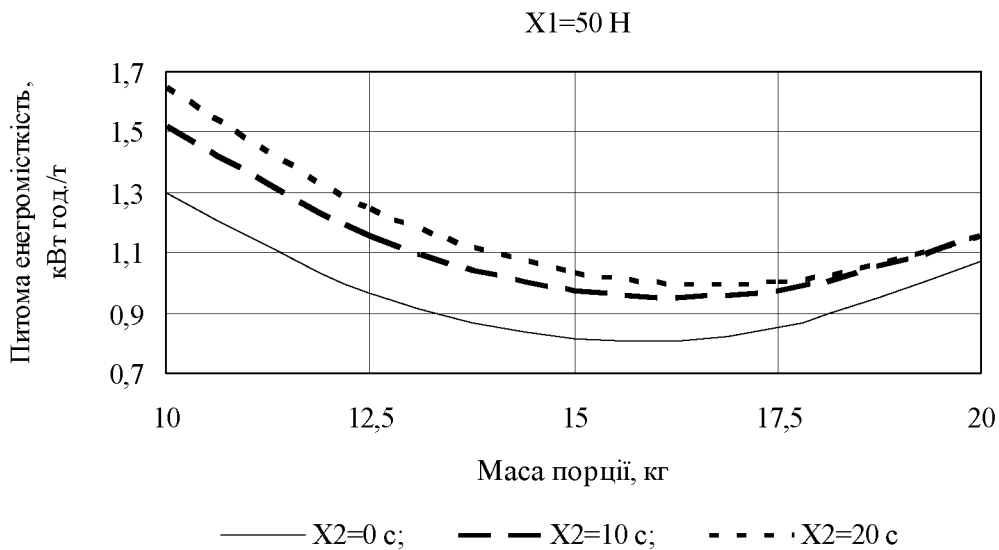


Рисунок 9 – Залежність питомої енергомісткості з урахуванням діапазону щільності від маси порції завантаженого субстрату.

На основі рівняння (1) було встановлено, що для процесу ущільнення субстрату та пакування субстрату питомої енергомісткості з урахуванням діапазону щільності приймає мінімальне значення при  $F_{III} = 57,9 \text{ Н}$ ;  $t = 18,3 \text{ с}$  та  $M_{II} = 17,1 \text{ кг}$ .

*Висновки.* На основі експериментальних досліджень було встановлено, що питома енергомісткість процесу ущільнення з урахуванням діапазону щільності змінюється від 0,97 до 1,521 кВт год./т в діапазоні зміни максимальної сили протидії руху мішка з субстратом від 50 до 75 Н. Із збільшенням часу утримання матеріалу під тиском спостерігається збільшення питомої енергомісткості процесу ущільнення, в той же час збільшення маси порції завантаженого субстрату неоднозначно впливає на значення питомої енергомісткості процесу ущільнення соломистого субстрату.



## Література.

1. *Особов В. И.* Машины и оборудование для уплотнения сенокосомистых материалов / В. И. Особов, Г. К. Васильев, А. В. Голяновский. – М. : Машиностроение, 1974. – 231 с.
2. *Гайденко О. М.* Особливості технічних засобів для ущільнення і пакування соломистих матеріалів / О. М. Гайденко // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 11. – С. 76–79.
3. *Голуб Г. А.* Аналіз взаємодії поршня із субстратом під час його попереднього ущільнення / Г. А. Голуб, О. М. Гайденко // Сільськогосподарські машини : зб. наук. статей.– Луцьк : Редакційно-видавничий відділ ЛДТУ, 2007. – Вип. 15. – С. 82–88.
4. *Голуб Г. А.* Аналіз безопорного ущільнення субстрату для вирощування гливи / Г. А. Голуб, О. М. Гайденко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К. : НАУ. – 2007. – Вип. 117. – С. 393–397.
5. Патент на винахід 82928 Україна, МПК А 01 F 15/00. Ущільнювач субстрату / Голуб Г. А., Гайденко О. М. ; заявник та власник патенту Кіровоградський інститут агропромислового виробництва УААН. – № а 2006 08008 ; заявл. 17.07.06 ; опубл. 26.05.08, Бюл. № 10. – 7 с.
6. Патент на винахід 83562 Україна, МПК А 01 F 15/00. Ущільнювач субстрату / Гайденко О. М., Голуб Г. А. ; заявник та власник патенту Кіровоградський інститут агропромислового виробництва УААН. – № а 2006 11216 ; заявл. 24.10.06; опубл. 25.07.08, Бюл. № 14. – 7 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРШНЕВОГО УПЛОТНИТЕЛЯ  
СУБСТРАТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ВЕШЕНКИ**

**О.Н. Гайденко**

*Аннотация*

**Приведены результаты экспериментальных исследований зависимости удельной энергоёмкости процесса уплотнения с учетом качества работы от основных конструкционно-режимных и технологических параметров поршневого уплотнителя.**

**QUALITATIVE RESEARCH AND ENERGY PARAMETERS  
PISTON CONDENSATION SUBSTRATE  
FOR GROWING PLEUROTUS**

**O. Gaidenko**

*Summary*

**The results of experimental studies of specific energy intensity depending on the process seals the light performance of the major structural-technological parameters of regime and the piston seal.**