

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*Олексій Бурнаєв, к. ф.-м. н., Петро Коруняк, к. т. н., Віктор Семерак, к. ф.-м. н.,
Олександр Пономаренко, к. ф.-м. н., Василь Тимочко, к. т. н.,
Іван Городецький, к. т. н., Мирон Магац, к. т. н.
Львівський національний університет природокористування,
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський р-н, Львівська обл., Україна,
e-mail: alexislviv@gmail.com, semerakviktor@gmail.com*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.047>

Бурнаєв О., Коруняк П., Семерак В., Пономаренко О., Тимочко В., Городецький І., Магац М. Експериментальне дослідження впливу вібраційного навантаження

Проведено експерименти з аналізу оптимальних характеристик розробленого пристрою для трамбування сінажу і силосу ущільнювачами віброударного типу для селянського сімейного господарства з метою перевірки і уточнення передумов для визначення ефективності ущільнення силосної маси за різних умов і режимів роботи. При завантаженні подрібненої рослинної маси на силос або сінаж потрібно постійно здійснювати трамбування. Воно викликає ущільнення і вентиляцію подрібненої маси, доступ свіжого повітря, що не дає можливості нагрітися масі до надмірної температури, з ростом якої різко підвищується швидкість біохімічних реакцій, яке призводить до погіршення якості корму і втрати поживних речовин. Надмірному нагріву силосної маси при заповненні сховищ запобігає інтенсивне трамбування. Досліджено легкий, дешевий, але потужний і продуктивний віброущільнювач для силосування в селянських господарствах сімейного типу. Досліди проведено при заготівлі сінажу із зернофуражних культур. Одержані результати можна використати для характеристики процесу трамбування сінажу із традиційних культур – злакових, бобових і їхніх сумішей. Обрано оптимальні параметри компактного вібратора для малих сховищ. Доведено, що ущільненням силосної маси електричним робочим органом віброударного типу із параметрами, прийнятими для виробничих умов, можна швидко досягти залишкової щільності силосної маси, що дорівнює середній щільності силосної маси в баштових сховищах в процесі зберігання. Найінтенсивніше ущільнюється силосна маса протягом перших 10...30 секунд. Таку тривалість можна взяти за основну для трамбування на одному місці робочими органами ударного типу. Зазначено, що у процесі трамбування силосної маси із злакових трав при радіусі кривошипа 0,03 м, частоті ударів штовхача 8 Гц, тривалості трамбування 10 секунд і масі механізму еквівалентній 80 кг, що припадають на 1 м² площі башмака штовхача, досягнуто щільності проби 377 кг/м³. Такої щільності можна досягнути, ущільнюючи пробу зеленої маси статичним тиском, що створюється вантажем 1200 кг на 1 м² протягом 72 годин.

Ключові слова: віброударне навантаження, ущільнення силосу і сінажу, мала механізація.

Burnaiev O., Koruniak P., Semerak V., Ponomarenko O., Tymochko V., Horodetskyi I., Mahats M. Experimental study of the influence of vibration load.

Experiments were conducted to analyze the optimal characteristics of a vibro-impact type compactor for tamping hay and silage in the context of a peasant family farm. The goal was to establish the appropriate duration for compacting silage mass under various conditions and operational modes. When loading chopped plant material into silos or hay storage, it is essential to ram the material constantly. This ramming process ensures compaction and ventilation of the crushed mass, allowing for fresh air to circulate and preventing the material from overheating. Excessive temperatures can accelerate biochemical reactions, leading to a decline in feed quality and nutrient loss. To prevent overheating during the filling of storage, intensive tamping is necessary. The aim of this study is to investigate a lightweight, cost-effective, yet powerful and productive vibratory compactor for use in family farms' silage preparation. The experiments were conducted while preparing hay from grain and fodder crops. The results obtained can be used to characterize the tamping process for traditional silage crops, such as cereals, legumes, and their mixtures. After analyzing the overall results of the experiments, several key findings were established:

- Optimal parameters for a compact vibrator suitable for small storage units have been identified.
- By using a vibration-impact type working body with parameters suitable for production conditions, it is possible to quickly achieve a residual density of the silage mass comparable to the average density found in tower storages during the storage process.
- The silage mass is compacted most efficiently during the first 10 to 30 seconds. This time frame can be considered optimal for tamping in one location using impact-type working bodies.
- In the process of tamping silage made from cereal grasses, a crank radius of 0.03 m, a pusher stroke frequency of 8 Hz, a tamping duration of 10 seconds, and a mechanism weight of 80 kg per square meter of the pusher shoe area resulted in a sample density of 377 kg/m³. This density can also be achieved by applying a static pressure from a load of 1200 kg per square meter over a period of 72 hours.

Keywords: vibration impact load, silage and hay compaction, small mechanization.

Постановка проблеми. Для заготівлі сінажу селянськими господарствами у непромисловому масштабі традиційні траншейні технології замінюють силососховищами невеликої місткості, що вимагають нових засобів малої механізації. Для порівняння у дослідженні прийнято два технологічні процеси заготівлі силосу – традиційний [4; 8-11] з трамбуванням подрібненої рослинної маси трактором Т-150К і експериментальним [3; 12] електричним ущільнювачем віброударного типу для домашніх ферм. Це порівняння не цілком коректне, тому що вказані технологічні процеси не альтернативні. Ці дві машини працюють зовсім у різних умовах. Для трамбування в силососховищах невеликої місткості трактор Т-150К непридатний. А для трамбування у великих траншейних сховищах використовувати ручні ущільнювачі також неможливо, тому що в цих сховищах потрібно ще й розрівнювати подрібнену масу, що трактор виконує одночасно з трамбуванням.

Практика заготівлі силосу і сінажу показує, що при заповненні зеленою масою траншей великої місткості силосна маса інтенсивно самозігрівається через дихання живих рослинних клітин та окислення жирів і вуглеводів. Зі збільшенням температури різко зростає швидкість біологічних і хімічних реакцій. Це призводить до погіршення якості корму і до втрати поживних речовин. Надмірному нагріву силосної маси при заповненні траншей запобігає інтенсивне трамбування.

Для визначення температурного режиму в сховищі раніше проводили численні дослідження на сінажній масі. Посередині траншей в сінажну масу були закладені термодавачі з виведеними зовні провідниками. Один давач був установ-

лений на глибині 0,2 м від поверхні сінажної маси, один на віддалі 0,2 м від дна траншей і один на віддалі 0,8 м від дна. Загальна глибина траншей становила 2,2 м.

Результати вимірювань показали, що температура зеленої маси під час заповнення траншей не перевищувала 33°C , що значно нижче, ніж допустима – 40°C . Під час неперервного трамбування верхні шари охолоджувалися до 27°C , а після 5...6-годинної перерви нагрівалися до 33°C . Датчик, встановлений на віддалі 0,2 м від дна, реєстрував більш стабільну температуру – $32...33^{\circ}\text{C}$. Це можна пояснити тим, що верхні шари подрібненої маси при трамбуванні добре вентильовалися і температура різко падала, а під час перерви в трамбуванні маса нагрівалася, тому що між частинками рослинної маси залишалося багато свіжого повітря. При трамбуванні нижні шари подрібненої маси вентильовалися незначно, тому їх температура більш стабільна.

Отже, при завантаженні подрібненої рослинної маси на силос або сінаж потрібно постійно здійснювати трамбування, і перерви повинні бути мінімальними. Трамбування викликає вентильовання подрібненої маси, тобто доступ свіжого повітря, проте це не дає можливості нагрітися масі до надмірної температури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На рис. 1 наведено графік зміни температури сінажної маси в траншей після герметизації протягом часу зберігання. Трамбування [15] цієї траншей при завантаженні здійснювали трактором Т-150К.

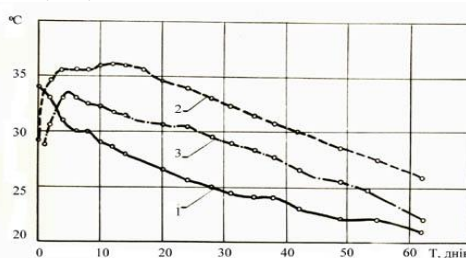


Рис. 1. Зміна температури сінажної маси в траншей під час зберігання:

1 – на віддалі 0,2 м від дна; 2 – на віддалі 0,8 м від дна; 3 – на глибині 0,2 м від поверхні сінажної маси.

Fig. 1. Change in the temperature of the hay mass in the trench during storage:

1 – at a distance of 0.2 m from the bottom; 2 – at a distance of 0.8 m from the bottom; 3 – at a depth of 0.2 m from the surface of the hay mass.

Давач, встановлений на віддалі 0,2 м від дна, показує, що після герметизації траншей в нижніх шарах подрібненої маси температура зразу починає спадати. Це добре узгоджується з фактом, що вуглекислий газ, який утворився від

дихання рослин, опускається в нижні шари і тут процеси життєдіяльності клітин рослин і аеробних мікроорганізмів зразу припиняються. При трамбуванні сюди мало проникає свіжого повітря.

Температура верхніх шарів спершу зростає. Це відбувається доти, доки не витратиться весь вільний кисень у повітрі, розташований між частинками подрібненої маси. У цих дослідях температура верхніх шарів різко зростала протягом майже 5 днів. Далі почала спадати. Характер лінії зміни температури на графіку показує, що на верхній шар частково впливали коливання температури атмосферного повітря. У шарі на глибині 0,8 м від дна температура зростала протягом 5 днів і досягла 38,5 °С, після чого почала спадати. Вищу температуру в цьому шарі можна пояснити низькою теплопровідністю сінажної маси. У сховищах малої місткості або в секційних сховищах заповнення однієї секції триває короткий час і трамбування подрібненої маси мало впливає на тепловий режим у сховищі. Тому процес трамбування [8-11] в таких сховищах слід розраховувати без урахування наслідків теплового режиму.

Постановка завдання. Наше завдання – дослідити легкий, дешевий, але потужний і продуктивний віброущільнювач для впровадження силосування в селянських господарствах сімейного типу. Досліди [4; 6; 13; 15; 16] проведено при заготівлі сінажу із зернофуражних культур. Одержані результати можна використати і для характеристики процесу трамбування сінажу із традиційних культур – злакових, бобових і їх суміші.

Виклад основного матеріалу. Проведено експерименти з трамбування сінажу і силосу ущільнювачами віброударного типу в умовах селянського сімейного господарства для перевірки і уточнення передумов для визначення необхідної тривалості ущільнення силосної маси за різних умов і різних режимів роботи.

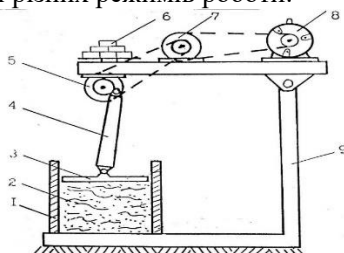


Рис. 2. Схема лабораторної установки: 1 – обичайка; 2 – силосна маса; 3 – опора; 4 – шатун; 5 – кривошипний механізм; 6 – вантаж; 7 – контрпривід; 8 – електродвигун

Fig. 2. Scheme of the laboratory installation: 1 – shell; 2 – silage mass; 3 – support; 4 – connecting rod; 5 – crank mechanism; 6 – load; 7 – counter drive; 8 – electric motor.

У результаті проведених дослідів визначено оптимальні режими ущільнення силосної маси. За оптимальні режими ущільнення при-

йнято такі співвідношення між масою ущільнювача (що в дослідях імітується вантажем 6), частотою коливань кривошипного механізму 5, амплітудою коливань штовхача (в дослідях – опори 3) та тривалістю ущільнення, за яких максимальне ущільнення проби силосу (450...500 кг/м³) здійснюється за мінімальних витрат енергії.

Такий експеримент багатofакторний. Тому був складений раціональний план проведення експерименту. Досліди проведені на подрібненій масі із злакових трав і кукурудзи. Біометричні характеристики матеріалу такі:

Злакові трави.

Ботанічний склад: злаки – 90,45%; різнотрав'я – 9,55%. Середня довжина рослин – 62,8 см. Середня довжина січки – 3,22 см. Фаза розвитку – колосіння.

Кукурудза.

Довжина рослин – 275 см, співвідношення маси частин рослин: стебла – 64,43%; листя – 11,86%; початки – 23,71%. Фаза розвитку – молочно-воскова стиглість зерен.

Обичайку 1 наповнювали подрібненою зеленою масою, призначеною для заготівлі силосу. Попередньо масу не ущільнювали. Згідно з планом експерименту встановлювали амплітуду і частоту коливань кривошипного механізму. Частоту встановлювали, змінюючи передаточне число пасової і ланцюгової передач від електродвигуна до кривошипного механізму. Амплітуду коливань встановлювали, змінюючи радіус кривошипа. Встановлювали і закріплювали необхідний вантаж 6. Опору 3 із шатуном 4 ставили на пробу силосної маси, вмикали електродвигун. Під дією ударів, що здійснюються кривошипом через шатун і опору, зелена маса ущільнюється. Через певний час, що вибраний згідно з планом експерименту, електродвигун вимикали, опору 3 піднімали із камери ущільнення зеленої маси, залишкову висоту проби вимірювали і записували у журнал спостережень. Після цього пробу висипали із камери і зважували. Виходячи із розмірів проби і її ваги, визначали залишкову щільність проби зеленої маси.

Далі насипали свіжу зелену масу в обичайку 1, відповідно до плану експерименту встановлювали нові частоту і амплітуду коливань та інший вантаж. Дослід повторювали.

Результати експериментів.

У результаті обробки експериментальних даних одержана формула, яка виражає функціональну залежність залишкової щільності утрамбованої силосної маси γ від факторів, що впливають на процес ущільнення.

Для злакових трав ця залежність така:

$$\gamma = 0,04 \cdot \left(\frac{M_0}{S}\right)^{0,61} \cdot \ln(t+1) \cdot (f^{2,39} \cdot R^{0,41} + 1) + 0,79 \cdot W^{1,3} + 38,53, \quad (1)$$

де M_0 – маса механізму, кг; S – площа опори штовхача, м²; f – частота ударів штовхача, Гц; R – радіус кривошипа, м; t – тривалість трамбування, с; W – вологість, %.

Для кукурудзи залишкова щільність виражається аналогічною залежністю:

$$\gamma = 0,31 \cdot \left(\frac{M}{S}\right)^{0,45} \cdot \ln(t+1) \cdot (f^{2,12} \cdot R^{0,67} + 1) + 1,31 \cdot W^{1,3} + 50,3. \quad (2)$$

Для аналізу впливу кожного фактора на процес ущільнення за приведеними залежностями побудовані окремі графіки. На рис. 3 зображений графік залежності залишкової щільності від частоти ударів штовхача. Цей графік належить до випадку, коли робочим матеріалом була подрібнена маса із злакових трав вологістю 50%.

Графічний вигляд приведених залежностей свідчить про те, що частота ударів – найвпливовіший фактор. В умовах дослідження ця функція не досягає екстремуму, який був би критичним значенням частоти при виборі її оптимальних значень. Тому за оптимальне потрібно приймати найбільше із можливих значень частоти з врахуванням конструктивних можливостей кривошипного механізму.

На рис. 4 зображений графік залежності залишкової щільності силосної маси із кукурудзи від радіуса кривошипа, тобто від амплітуди коливань штовхача. Графік належить до випадку, коли тривалість трамбування дорівнювала 10 секундам. Графік побудований для чотирьох значень частоти коливань штовхача і показує, що із збільшенням радіуса кривошипа різко зростає залишкова щільність, хоча не так інтенсивно, як при зростанні частоти. При виборі параметрів конструкції ущільнювача радіус кривошипа потрібно вибирати максимальний, із конструктивно можливих значень.

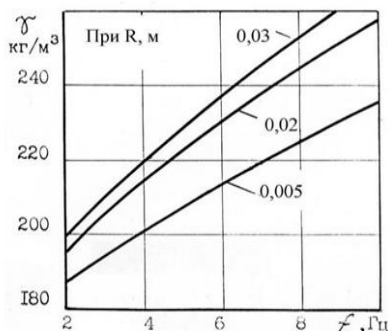


Рис. 3. Залежність величини залишкової щільності силосної маси вологістю 50% від частоти ударів штовхача для тривалості трамбування 10 с

Fig. 3. Dependence of the value of the residual density of the silage mass with a moisture content of 50% on the frequency of blows of the pusher for a duration of tamping of 10 s

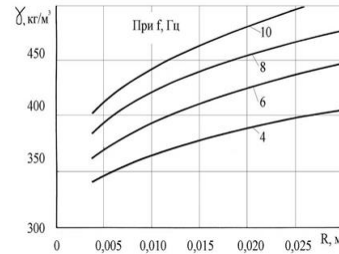


Рис. 4. Залежність величини залишкової щільності утрамбованої силосної маси із кукурудзи вологістю 70% від радіуса кривошипа для тривалості трамбування 10 с

Fig. 4. Dependence of the value of the residual density of the compacted corn silage mass with a moisture content of 70% on the radius of the crank for the duration of tamping of 10 s

На рис. 5 зображений графік залежності залишкової щільності силосної маси із кукурудзи вологістю 70% від тривалості трамбування при різній частоті ударів штовхача. Для злакових трав ця залежність аналогічна.

Графік показує, що найінтенсивніше ущільнення проходить у перші 5...10 секунд. Далі воно продовжується, але менш інтенсивно. Тривалість трамбування не є параметром ущільнювача. Його потрібно враховувати лише з технологічної точки зору процесу трамбування. Але при виборі конструкції ущільнювача ефект від тривалості трамбування враховується. Враховуючи характер впливу тривалості трамбування на залишкову щільність силосної маси, а також умови роботи ущільнювача, можна для розрахунків вважати доцільним прийняти тривалість трамбування на одному місці в межах 10...30 секунд.

Проаналізувавши загалом результати експериментів, можна констатувати:

- ущільненням силосної маси робочим органом віброударного типу із параметрами, прийнятими для виробничих умов, можна досягти залишкової щільності силосної маси, що дорівнює середній щільності силосної маси в баштових сховищах в процесі зберігання.

- найінтенсивніше ущільнюється силосна маса протягом перших 10...30 секунд. Таку тривалість можна вважати основною для трамбування на одному місці вібраційними робочими органами;

- у процесі трамбування силосної маси із злакових трав при радіусі кривошипа 0,03 м, частоті штовхача 8 Гц, тривалості трамбування 10 секунд і масі механізму еквівалентній 80 кг, що припадають на 1 м² площі башмака штовхача, досягнута щільність проби 377 кг/м³.

Такої щільності можна досягнути, ущільнюючи пробу зеленої маси статичним тиском, що створюється вантажем 1200 кг на 1 м² протягом 72 годин.

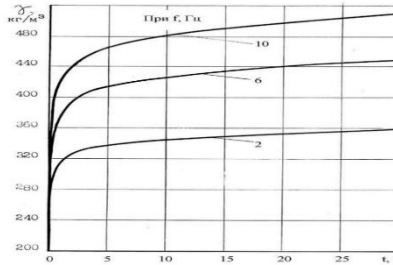


Рис. 5. Залежність величини залишкової щільності силосної маси із кукурудзи вологістю 70% від тривалості трамбування для радіуса кривошипа 0,02 м
Fig. 5. Dependence of residual density corn silage with a moisture content of 70% on the duration of tamping for a crank radius of 0.02 m

Виробничі випробування експериментального зразка ущільнювача

Експериментальний зразок віброущільнювача виготовлений із параметрами, оптимальні значення яких визначені при дослідженні режимів ущільнення силосної та сінажної маси. Попередні випробування експериментального зразка ущільнювача перевірені в лабораторних умовах, наближених до виробничих. При цьому визначали такі показники:

- ступінь ущільнення зеленої маси залежно від тривалості трамбування;
- витрати електроенергії й часу праці людини на одиницю продукції. Ступінь ущільнення зеленої маси залежно від тривалості вібровпливу.

Дослідження проведені в такій послідовності. У металевий ящик із квадратним дном 1,7×1,7 м і висотою 85 см була насипана подрібнена зелена маса кукурудзи (вологість 70,3%, встановлена довжина різки – 1 см, середня довжина – 1,84 см, кількість зеленої маси – 498,5 кг). На поверхню зеленої маси опускали ущільнювач, вмикали електродвигун і починали процес ущільнення. Ущільнювач по чергову переносили з місця на місце по поверхні зеленої маси. Через певні проміжки часу вимірювали висоту шару зеленої маси і записували у відомість. Потужність двигуна визначали за величиною сили струму, що споживається електродвигуном. Для цього використовували спеціальний прилад Ц -90.

Дослід продовжували до практично повного ущільнення. Отримані результати порівнювали із експериментами в лабораторній установці.

Виробничі випробування ущільнювача проведено з врахуванням вимог керівних нор-

мативних документів КНД-3-6-93 і КНД 46.16.02.12-96 [1-13].

Випробування проведені в умовах селянського господарства. Ущільнювач працював на ущільненні подрібненої зеленої маси із кукурудзи. Вологість – 59,5%, середня довжина подрібнених частинок – 18,5 см. Бетонувана силосна яма була діаметром 1,5 м і глибиною 2,85 м. Вона розрахована на силос для однієї корови. В яму помістилось 1650 кг зеленої маси.

Випробування проведено в такій послідовності. Із автомобіля-самоскида подрібнена комбайном КСС-2,6 зелена маса висипана на подвір'ї на віддалі до 4 м від силосної ями. Із купи зелену масу вручну набирали в кошики і висипали в яму. Через кожних 200...300 кг масу в ямі вирівнювали і ущільнювали експериментальним ущільнювачем. Так повторювали до моменту заповнення ями. Після заповнення ями подрібнену масу трамбували до повного ущільнення. На операції ущільнення проводили хронометраж. На інших роботах хронометраж не робили, бо вони були не типовими і висновку зробити з такого хронометражу не було потреби.

У результаті одержали такі показники:

- продуктивність основного часу роботи ущільнювача, т/год;
- потужність електроприводу, кВт;
- питомі витрати електроенергії, кВт.год/т;
- ступінь ущільнення подрібненої маси, кг/м²;
- необхідну кількість обслуговуючого персоналу, чол.

Схема ущільнювача силосу зображена на рис. 6. Конструкція складається з ущільнюючої плити 1, шатуна 2, кривошипа 3, валу 4, елек-

тродвигуна 7 і клинопасової передачі від електродвигуна до валу. Маса ущільнювача становить 250 кг, потужність електродвигуна – 11 кВт, частота опори об кормову масу – 8 Гц. Конструкцією передбачена зміна радіуса кривошипа, що видно на рис. 6. Це потрібно для того, щоб у процесі перевірки роботи ущільнювача вибрати такий радіус, який забезпечив би завантаження електродвигуна на 70...90% потужності. В подальшому був вибраний радіус кривошипа 3 см (амплітуда коливань – 6 см). З таким радіусом кривошипа були проведені всі заплановані досліди і виробничі випробування. Теоретичні розрахунки показують, що при вказаних параметрах сила удару може досягати 17 000Н (приблизно 1 700 кгс). Для переміщення ущільнювача по площі сховища виготовлена тринога, до якої на тросі з лебідкою підвішений ущільнювач. При потребі тринога може легко переставлятися, щоб охопити всю площу сховища.

Виробничі випробування

Попередні випробування експериментального зразка ущільнювача провели в лабораторних умовах. Подрібнену масу в кількості 498,5 кг в металевому ящику розміром 1,7×1,7×0,85 м ущільнювали протягом 55 хвилин. Зміна щільності подрібненої маси показана на рис.8. На осі абсцис позначені питомі витрати часу на ущільнення (у хвилини на квадратний метр площі поверхні подрібненої маси). Із графіка випливає, що для ущільнення верхнього шару подрібненої зеленої маси розробленим ущільнювачем віброударного типу із вказаними вище параметрами потрібно витратити близько 15 хвилин часу на кожний квадратний метр поверхні подрібненої маси.

Отож, для ущільнення верхнього шару подрібненої маси із кукурудзи у сховищі з найбільш імовірною площею 3х6=18 м² потрібно витратити 4,5 години. Після закінчення ущільнення визначили розподіл щільності подрібненої маси за товщиною шару. Як зазначено в методиці досліджень, після взяття проб, їх зважування і проведених розрахунків побудований відповідний графік (рис. 7). На графіку вісь абсцис h показує глибину розміщення проби в шарі, а на осі ординат відкладені значення щільності (у кг/м³). Цю залежність описують формулою

$$\gamma = 330,9 \cdot h^{1,08} + 227 \quad (3)$$

У результаті встановлено, що після ущільнення подрібненої маси протягом 45 хвилин (що відповідає питомим витратам часу 15,1 хв/м²) маса ущільнилась з 197,6 (насіпна щільність) до 383,5 кг/м³. При цьому середня щільність усього об'єму досягла 357,6 кг/м³. Ці

дані стосуються тільки поверхневого шару. Варто зауважити: під час роботи ущільнювача вібрація передається за межі захвату опори і верхній шар навколо неї частково розрихлюється. Але розрихлення поверхні виявлено лише на глибину 5...10 см. Це практично не впливає на процес ущільнення. У процесі заготівлі силосу в умовах селянського господарства ущільнення подрібненої маси здійснювали упродовж усього часу заповнення сховища. Після заповнення масу ущільнювали до припинення зменшення товщини шару. Процес ущільнення маси після заповнення сховища показаний на графіку (рис. 8).

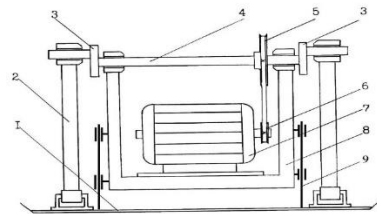


Рис. 6. Схема експериментального ущільнювача: 1 – опора; 2 – шатун; 3 – кривошип; 4 – вал; 5 і 6 – шків; 7 – електродвигун; 8 – рама

Fig. 6. Scheme of the experimental seal:

1 – support; 2 – connecting rod; 3 – crank; 4 – shaft; 5 and 6 – pulleys; 7 electric motor; 8 – frame

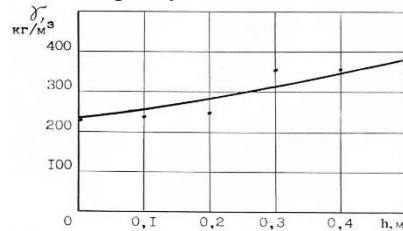


Рис. 7. Розподіл щільності силосної маси за товщиною поверхневого шару у сховищі

Fig. 7. Distribution of the density of the silage mass by the thickness of the surface layer in the storage

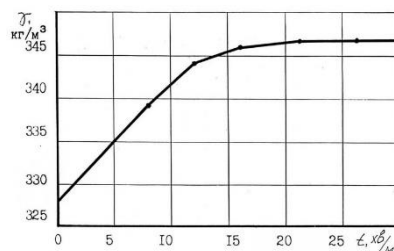


Рис. 8. Зміна середньої щільності подрібненої маси в залежності від тривалості трамбування (після заповнення сховища і 17 годин перерви)

Fig. 8. Change in average density of crushed mass depending on the duration of tamping (after filling the storage and 17 hours of break)

У результаті виробничого випробування ущільнювача одержали такі дані:

- продуктивність чистої роботи ущільнювача становить 3,27 т/год;
- потужність, яку споживає ущільнювач, – 9,9 кВт;
- питомі витрати енергії – 3,02 кВт.год/т;

- щільність подрібненої маси за вологості 59,5% – 347,4 кг/м³ (це відповідає щільності подрібненої маси в перерахунку на вологість 70% з врахуванням наявної сухої речовини – 442,8 кг/м³);

- необхідна кількість обслуговуючого персоналу – 2 чоловіки.

У процесі виробничої перевірки виявлено такі недоліки:

а) установка потребує ручної підтримки у вертикальному положенні під час роботи. Для цього потрібний додатковий пристрій, який би не допускав перекидання установки при роботі. З таким пристроєм установку може обслуговувати одна людина;

б) у процесі роботи між корпусом ущільнювача і опорою набивається подрібнена маса, що потребує регулярної очистки;

г) тринога для підвищення ущільнювача над силосною ямою дуже обмежує маневреність установки. Підвіска повинна забезпечувати легке і зручне переміщення ущільнювача по площі сховища, це може бути найпростіша кран-балка з ручним приводом.

г) для опускання і піднімання ущільнювача за допомогою ручної лебідки потрібно докладати великих зусиль. Для цього потрібний електричний привід.

Отже, розроблена установка працездатна, якість її роботи відповідає агрозоотехнічним вимогам на процес заготівлі силосу та сінажу, витрати енергії та праці людини допустимі для умов селянських господарств регіону. Установку можна рекомендувати для впровадження у виробництво.

Висновки

1. Досліджено закономірності ущільнення силосної маси ущільнювачем віброударної дії у сховищах малої місткості.

2. Встановлені аналітичні залежності між кінематичними і динамічними параметрами конструкції ущільнювача, залежності від них зусиль ущільнення і енергетичних витрат:

- сили трамбування пропорційні масам складових частин системи вібрації, радіусу кривошипа і квадратів частоти коливань;

- споживана енергія електродвигуна при вібрації пропорційна масам складових частин системи, квадратів радіуса кривошипа і квадратів частоти коливань;

- споживана потужність пропорційна масам складових частин системи, квадратів радіуса кривошипа і кубові частоти коливань.

3. На основі аналітичних досліджень встановлено, що важливим фактором, який впливає на ефективність ущільнення кормової маси, є

робота вібратора в режимі резонансу. Визначені співвідношення між амплітудою коливань вібратора і радіусом кривошипа для роботи в режимі резонансу. Це співвідношення не залежить від мас складових частин системи вібрації.

4. У конструкції ущільнювача кормової маси повинно бути передбачене ручне або автоматичне керування частотою обертань кривошипа з метою підтримання роботи ущільнювача в режимі резонансу.

5. Визначені аналітичні залежності залишкової щільності силосної і сінажної маси від факторів, що діють у процесі ущільнення за допомогою робочого органа віброударного типу. Ці залежності є основою для вибору конструкційних параметрів ущільнювача. Найінтенсивніше ущільнюється силосна маса протягом перших 10...15 секунд. Таку тривалість можна прийняти як розрахункову для трамбування на одному місці.

6. У процесі трамбування силосної маси із злакових трав з вологістю 50 відсотків при радіусі кривошипа 0,03 м, частоті ударів штовхача 8 Гц, тривалості трамбування 10 с і масі механізму, еквівалентній 80 кг, що припадають на 1 м² площі опори штовхача, досягнута щільність проби 337 кг/м³. Такої щільності можна досягнути, ущільнюючи пробу статичним тиском, що створюється вантажем 1200 кг на 1 м² протягом 72 годин.

Для експериментального ущільнювача вибрані такі технічні параметри:

- потужність – 10 кВт;

- маса – 250 кг;

- радіус кривошипа – 3 см;

- частота штовхача – 8 Гц;

- площа опори штовхача – 0,35 м²;

Експериментально визначений розподіл щільності за товщиною поверхневого шару подрібненої кукурудзи після завершення трамбування експериментальним ущільнювачем. Встановлено, що для шару товщиною 50 см щільність зростає з глибиною від 227 до 383,5 кг/м³ за середньої щільності 357,6 кг/м³.

7. Проведене випробування експериментального зразка ущільнювача силосу і сінажу в умовах селянського господарства. Одержали такі дані:

- продуктивність чистої роботи – 3, 27 т/год;

- потужність, яку споживає ущільнювач – 9,9 кВт;

- питомі витрати енергії – 3,02 кВт.год/т;

- щільність подрібненої зеленої маси при вологості 59,5% – 347,4 кг/м³ (у перерахунку на 70% вологості з врахуванням наявної сухої речовини це відповідає щільності 442,8 кг/м³).

8. Випробування ущільнювача в умовах селянського господарства показали, що розроблена установка працездатна, якість її роботи відповідає агрозоотехнічним вимогам на процес заготівлі подрібненої зеленої маси, витрати енергії та живої праці людини допустимі для умов селянських господарств регіону. Економічна оцінка розробленого ущільнювача показала, що приведені витрати на трамбування, які припадають на одну тонну корму, при його роботі нижчі, ніж при роботі на трамбуванні трактора Т-150К.

Бібліографічний список

1. Випробування сільськогосподарської техніки. Методи вимірювання і аналізування вібрації механізмів та вузлів. СОУ 74.3-37-134:2004, 2006-08-01 РД 10.2.34-91
2. Техніка сільськогосподарська. Методика випробувань елементної бази на віброміцність та вібростійкість. М 46.16.02.07-96, 1997-03-01
3. Техніка сільськогосподарська. Машина і обладнання для заготівлі кормів нетрадиційними методами (консервування в полімерних рукавах, обмотування рулонів та тюків плівкою). Методи випробувань. ГСТУ 46.013-2000, 2001-02-01
4. Мала механізація. Робочі органи. Параметри та приєднувальні розміри/ ГСТУ 3-37-126-96, 1996-07-01
5. Техніка сільськогосподарська. Машина та установки сушильні. Методи функціональних випробувань. КНД 46.16.10.01-94, 1994-06-01
6. Сільськогосподарська техніка. Обладнання для вирощування та відгодівлі великої рогатої худоби. Методи випробувань. СОУ 74.3-37-730:2009, 2010-01-01
7. Техніка сільськогосподарська. Комплекси обладнання для молочних ферм. Методи випробувань. СОУ 74.3-37-274:2005, 2006-08-01
8. Випробування сільськогосподарської техніки. Машина і обладнання для тваринництва і кормовиробництва. Методи оцінки безпечності і ергономічності. СОУ 74.3-37-133:2004, 2006-08-01
9. Корми рослинні. Сінаж. Заготівля та зберігання. Типовий технологічний процес. Настанова 01.3-37-63:2005, 2006-01-01
10. Корми рослинні. Силос із зелених рослин. Заготівля і зберігання. Типовий технологічний процес. Настанова 01.3-37-61:2005, 2006-01-01.
11. Корми для тварин. Соево-кукурудзяна суміш для заготівлі силосу консервованого. Технічні умови. СОУ 15.71-37-542:2007, 2007-09-01
12. Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання для приготування кормів. Методи функціональних випробувань. ГСТУ 46.007-2000, 2001-01-01 РД 10.19.2-
13. Методика оцінки якості виготовлення та прогнозування надійності і конкурентоспроможності сільськогосподарської техніки на стадії її розробки, випробувань і виробництва. М 46.16.02.09-2000, 2001-06-01.
14. Нормативи трудомісткості випробувань техніки для кормовиробництва і тваринництва. МР 46.16.02.04-95, 1996-01-02.
15. Техніка сільськогосподарська. Випробування. Методи визначення біоенергетичної ефективності машин для рослинництва. КНД 46.16.02.11-95, 1996-04-01
16. Випробування сільськогосподарської техніки. Оцінювання показників надійності при скорочених ресурсних випробуваннях. СОУ 74.3-37-04604309-904:2011, 2011-05-01

Стаття надійшла 15.05.2024