

**Тернопільський національний технічний університет  
ім. Івана Пулюя**

**Бабарика Степан Федорович**

УДК 622.331

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРґАНІВ МАШИН ДЛЯ  
ПОВЕРХНЕВОГО ВНЕСЕННЯ САПРОПЕЛІВ**

05.05.11 – машини і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Луцькому національному технічному університеті  
Міністерства освіти і науки України

- Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Дідух Володимир Федорович,**  
Луцький національний технічний університет,  
професор кафедри сільськогосподарського  
машинобудування
- Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор,  
**Ковбаса Володимир Петрович,**  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, м. Київ, завідувач  
кафедри сільськогосподарського машинобудування  
та лісового комплексу;
- кандидат технічних наук, доцент  
**Серілко Леонід Степанович,**  
Національний університет водного господарства  
та природокористування, м. Рівне,  
в.о. завідувача кафедрою «Теоретична механіка»

Захист відбудеться “12” жовтня 2010 р. о 14.00 на засіданні спеціалізованої  
вченої ради Д.58.052.02 у Тернопільському національному технічному  
університеті ім. Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56,  
ауд. 79.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Тернопільського  
національного технічного університету ім. Івана Пулюя за адресою: 46001,  
м. Тернопіль, вул. Руська, 56, ауд. 58

Автореферат розісланий “11” вересня 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

\_\_\_\_\_ П.В.Попович

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У комплексі заходів щодо впровадження інтенсивних технологій в аграрному виробництві важливе місце належить підвищенню родючості ґрунтів за рахунок внесення органічних добрив, до яких слід віднести сапропелі прісноводних озер. Сапропелі містять цілий ряд необхідних елементів живлення для рослин: фосфор, калій, азот і речовини, які поліпшують органічні, хімічні і біологічні властивості ґрунту і тим самим сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. За різними даними воно може становити в межах 15...48 %.

При суцільному внесенні органічних добрив їх рівномірно розкидають по полю з подальшим загортанням у ґрунт при передпосівній культивуванні або оранці на глибину 10...20 см. Спосіб суцільного внесення є найбільш поширеним і використовується у випадках внесення великих доз добрив в межах 10...60 т/га. Добрива повинні бути рівномірно розкидані по полю і добре зароблені в ґрунт для запобігання втрат азоту і їх висихання. При внесенні добрив допускається не більше 10% відхилення фактичної дози від заданої нерівномірність розподілу добрив за шириною захвату – не більше  $\pm 15\%$ .

Тому одним із актуальних завдань сільськогосподарського виробництва є покращення родючості ґрунтів за рахунок якісного поверхневого внесення сапропелів, як органічних добрив, що потребує обґрунтування конструктивних, технологічних і кінематичних параметрів робочих органів – ланцюгово-пластинчастого транспортера і гвинтових бітерних розкидачів машин для внесення органічних добрив.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до державної науково-технічної програми Луцького національного технічного університету та Ковельського ВАТ “Ковельсьільмаш” у відповідності до державних науково-технічних програм ДНКТП з пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки. Основні положення дисертаційної роботи увійшли до звіту за темою “Дослідження взаємодії механізмів сільськогосподарських машин з матеріалами” (номер державної реєстрації 0100U000258), яка реалізується згідно постанови Кабінету Міністрів “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентоздатною технікою”.

**Мета та задачі досліджень.** *Мета роботи* – вироблення науково-практичних рекомендацій для проектування робочих органів машин при поверхневому внесенні сапропелів у якості органічних добрив на основі ресурсозберігаючих технологій.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

– на основі проведеного аналізу технологічних процесів поверхневого внесення органічних добрив і конструкцій подаючих і розкидаючих механізмів розробити удосконалені робочі органи цих машин для сапропелів;

– теоретично обґрунтувати технологічний процес розкидання органічних добрив вертикальними гвинтовими робочими органами (ГРО) - бітерами з визначенням силових, кінематичних і конструктивних параметрів із створенням

умов забезпечення швидкості і дальності польоту частинок подрібненого промороженого сапропелю;

- визначити взаємозв'язок силових, кінематичних і конструктивних параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення твердих органічних добрив із забезпеченням рівномірного розподілу їх по поверхні поля;

- обґрунтувати параметри вертикального гвинтового бітера для розкидання сапропелів, запропонувати комплекс заходів із його балансування на стадії виготовлення та ремонту;

- розробити динамічну модель технологічного процесу розкидання сапропелів з врахуванням подачі та визначенням динамічних навантажень у бітерах і запропонувати шляхи усунення виникнення коливань в процесі роботи машини;

- обґрунтувати енергосилові параметри розкидання сапропелів прісноводних озер вертикальними бітерами та розробити методику для їх проектування;

- розробити методику проектування високопродуктивних механізмів подачі та розкидання проморожених озерних сапропелів, відповідно, ланцюгово-планчастого транспортера і вертикального ГРО;

- розробити програму і методику проведення комплексу експериментальних досліджень з визначенням рівномірності та продуктивності внесення твердих органічних добрив і сапропелів серійною МТО-7 та модернізованою машиною РТД-14 і дати практичні рекомендації виробництву;

- на основі комплексу проведених теоретичних і експериментальних досліджень розробити інженерну методику проектування вертикальних гвинтових роторних розкидачів машин для поверхневого внесення сапропелів прісноводних озер.

*Об'єкт дослідження* – механізовані процеси подачі та розкидання твердих органічних добрив по поверхні поля.

*Предмет досліджень* – робочі органи машин для внесення твердих органічних добрив та зв'язок їх параметрів і режимів з матеріалом.

*Методи дослідження.* Теоретичні дослідження проведені з використанням методів теоретичної механіки, математичного аналізу та статистики. При обґрунтуванні раціональних конструктивно-технологічних параметрів машин для поверхневого внесення сапропелів використовувалось комп'ютерне моделювання, методи дослідження операцій та інженерної творчості, вибору раціональних технічних рішень з використанням методів кваліметрії в теорії уніфікованого синтезу. Апробація розроблених алгоритмів, програм і методик проводилася методом комп'ютерного моделювання. При проведенні експериментальних досліджень застосовувався метод математичного планування експерименту.

**Науковою новизною, що отримано вперше є:**

- визначення взаємозв'язку силових, кінематичних і конструктивних параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення твердих органічних добрив з рівномірним розподілом їх по поверхні поля;

- розроблена динамічна модель технологічного процесу подрібнення сапропелів із врахуванням їх подачі ланцюгово-планчастим транспортером в зону

захоплення бітерами з визначенням динамічних та силових навантажень та досліджено вплив дисбалансу гвинтових бітерів на коливання машини;

- створено графічну модель конструкції гвинтового бітера, яка може бути базовою для створення розкидаючих пристроїв та варіанти можливого виконання елементів його структури, які розкривають взаємозв'язки між параметрами твердих органічних добрив, технологією їх подачі в зону захоплення їх ГРО та конструктивно-технологічними параметрами вертикальних гвинтових бітерів.

#### **Практичне значення отриманих результатів:**

- запропоновані нові конструкції робочих органів машин для поверхневого внесення твердих органічних добрив;

- визначено основні конструктивно-кінематичні та технологічні параметри гвинтових вертикальних бітерів;

- на основі проведеного комплексу теоретичних і експериментальних досліджень розроблено та виготовлено дослідні зразки робочих органів машини РТД-14 з покращеними технічно-економічними показниками;

- за результатами експериментальних досліджень виведені рівняння регресій для визначення продуктивності машини і рівномірності розкидання твердих органічних добрив в залежності від конструктивних, кінематичних і технологічних факторів;

- запропоновано комплекс заходів балансування бітерів на стадії виготовлення, експлуатації та ремонту.

Отримані результати впроваджені на ВАТ “Ковельсьільмаш”, а також в навчальному процесі підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, спеціаліст за спеціальністю 7.090.215 "Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва ” у Луцькому національному технічному університеті. Технічну новизну розроблень захищено п'ятьма деклараційними патентами України на корисні моделі.

#### **Особистий внесок здобувача.**

Основні теоретичні та експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи виконані автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві [1-9,11-15], здобувачем виведено аналітичні залежності для визначення технологічних, конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення сапропелів. Здобувачем також запропоновано основні елементи конструкції робочих органів цих машин і стендове обладнання для дослідження характеристик вузлів машини, їх балансування [8,16-24], які захищені патентами України.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати роботи доповідались і обговорювались на науково-технічних семінарах і наукових конференціях Луцького національного технічного університету (2007-2009) „Інноваційні технології в АПК”, Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя «Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино-та приладобудуванні» (2007-2010 рр.), Міжнародних науково-практичних конференціях: “Проблеми землеробської механіки” у Харківському Національному технічному університеті сільськогосподарства імені П.М. Василенка (2008-2009 рр.), „Проблеми конструювання, виробництва та

експлуатації сільськогосподарської техніки” у Кіровоградському національному технічному університеті (2009р.), „Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві” у Національному науковому центрі „Інститут механізації і електрифікації сільського господарства”, Глеваха, Київська обл., 2009 р., „Сучасні проблеми землеробської механіки, присвяченої річниці народження П.М. Василенка у Дніпропетровському державному аграрному університеті, 2009 р., Вінницькому національному аграрному університеті (2010 р.), Тернопільському національному технічному університеті ім. Івана Пулюя (2010 р.).

**Публікації.** Результати наукових досліджень викладені у 24 друкованих працях, із яких 15 - статті у фахових виданнях, 5 - деклараційні патенти України на корисні моделі.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків і рекомендацій, списку використаних джерел із 120 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 193 сторінки, в тому числі 155 сторінок основного тексту, 55 рисунків і 11 таблиць.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформовано мету, задачі дослідження і основні положення, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

**У першому розділі** наведено аналіз стану сучасних технологій поверхневого внесення твердих органічних добрив, конструктивно-технологічний аналіз подаючих і розкидних механізмів машин та наведено огляд наукових досліджень з даної проблеми.

Одним із актуальних завдань сільськогосподарського виробництва є покращення родючості ґрунтів за рахунок якісного поверхневого внесення органічних добрив, особливо нових видів, таких як озерні сапропелі. Останні містять основні елементи живлення рослин: фосфор, калій, азот і речовини, які поліпшують органічні, хімічні і біологічні властивості ґрунту і тим самим сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур за різними даними вчених в межах 15...48%. При цьому запаси озерних сапропелів тільки у північно-західному регіоні держави складають більше 12 млн. тонн.

Проблемами поверхневого внесення органічних добрив в ґрунт займалися такі вчені, як Василенко П.М., Летошнев М.Н., Босой Е.С., Кислов Н.В., Адамчук В.В., Бакум М.В., Войтюк Д.Г., Головчук А.Ф., Гаврилюк Г.Р., Дмитренко П.О., Лінник М.К., Єрмоленко В.А., Ковбаса В.П., Рябченко І.К., Євтушенко В.Є., Соколов В.М., Вожик Ю.Г., Донець С.М., Меєровський А.С., Бараннікова Є.В., Серілко Л.С., Павловський І.В. Основна їх увага приділялася теоретичним і експериментальним дослідженням процесу поверхневого внесення гною тваринного походження як органічних добрив та компостів на їх основі, розробці конструкцій машин для внесення добрив, а також визначення їх раціональних і оптимальних конструктивно-кінематичних, технологічних і динамічних параметрів.

Але дослідженню процесів і засобів внесення нових, нетрадиційних органічних матеріалів достатньої уваги не приділялось. Різке скорочення в останні десятиліття поголів'я худоби в господарському комплексі країни призвело до зменшення внесення органічних добрив, що є негативною тенденцією поповнення гумусотворюючих речовин у ґрунтах. Тому, основним завданням дисертаційної роботи було розроблення і дослідження робочих органів машин для поверхневого внесення сапропелів на основі ресурсозберігаючих технологій. Існує ряд досліджень, в яких звернено особливу увагу на цінність сапропелів, що підвищують родючість ґрунтів. Вагомий внесок у ці питання зробили відомі вчені Лопотко М.З., Дубовец А.Г., Косаревич И.В., Шевчук М.Й., Вірясов Г.П., Лиштвин И.И., Мартинсон А.Г., Вилеба Б.Г., Євдокимова Г.А., Рубінштейн А.Я., Дідух В.Ф., Добровольская И.А., Ильина Е.А., Курзо Б.В., Смирнов А.В., Титов Е.И., Хохлов В.И, Бодак В.І., Булік Ю.В. та інші.

Аналіз досліджень робочих органів машин для поверхневого внесення добрив показав, що в багатьох випадках ці механізми не відповідають вимогам агротехніки: відсутнє якісне подрібнення і розкидання добрив, недостатнє забезпечення щільності на одиницю площі, мала продуктивність при розкиданні. Використання у якості розкидаючого робочого органу вертикальних гвинтових бітерів викликає значні динамічні навантаження і коливання машини, особливо після розвантаження кузова машини добривами більше 50%. Крім того, це пов'язано також з недосконалістю подавальних і розкидаючих робочих органів, їхнім розташуванням в конструктивно-компонувальних схемах машин, а також неправильним вибором їх конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи.

**В другому розділі** на основі аналізу найбільш типових конструкцій бітерів розкидаючих пристроїв сучасних машин запропоновано модель побудови гвинтового бітера та варіанти можливого виконання елементів його структури, з вказуванням необхідних параметричних характеристик таких об'єктів. Вона може стати базовою для створення нових конструкцій розкидаючих пристроїв машин для внесення твердих органічних добрив з вертикальними бітерами.

Проведено дослідження технологічного процесу розкидання сапропелів вертикальними бітерами із забезпеченням рівномірності розподілу їх по полю. Встановлення по периметру гвинтової лінії додатково подрібнюючих ножів та врахування частоти обертання бітерів дозволяє стверджувати, що в даній зоні суцільний пласт сапропелів перетворюється в неоднорідну масу окремих частинок.

Приймаємо частинку сапропелів за матеріальну точку. Частинка здійснює складний рух: відносний вздовж елемента гвинтової поверхні бітера та переносний – обертальний разом з бітером. На частинку  $M$  згідно розрахункової схеми (рис.1) діють такі сили: сила ваги ( $mg$ , де  $m$  – маса частини матеріалу); відцентрова сила інерції  $P_{ин}$ ; нормальна реакція поверхні бітера  $N$ ; сила тертя матеріалу по поверхні бітера  $F_{тр}$  та коріолісова сила  $P_{к}$ .

Складено диференціальні рівняння руху частинки сапропелю вздовж виділеного елемента на поверхні бітера.

За прийнятих допущень та початкових умов  $y = \dot{y} = \ddot{y} = 0$  та  $z = \dot{z} = \ddot{z} = 0$  проведено їх аналітичний розв'язок:

$$\dot{x} = V = \left( R\omega - \frac{fg \cos \gamma}{\omega} - \frac{g \sin \gamma}{2\omega} \right) \frac{e^{\omega t}}{2} - \left( R\omega - \frac{g \cos \gamma}{\omega} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega} \right) \frac{e^{-\omega t}}{2} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega} \cos(\omega t), \quad (1)$$

$$x = \left( R - \frac{fg \cos \gamma}{\omega^2} - \frac{g \sin \gamma}{2\omega^2} \right) \frac{e^{\omega t}}{2} + \left( R - \frac{fg \cos \gamma}{\omega^2} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega^2} \right) \frac{e^{-\omega t}}{2} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega^2} \sin(\omega t) + \frac{fg \cos \gamma}{\omega^2}, \quad (2)$$

де:  $R$  – радіус вала бітера, м;

$\omega$  – кутова швидкість обертання бітера,  $\text{с}^{-1}$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя ковзання частинки сапропелів гвинтисловою поверхнею.

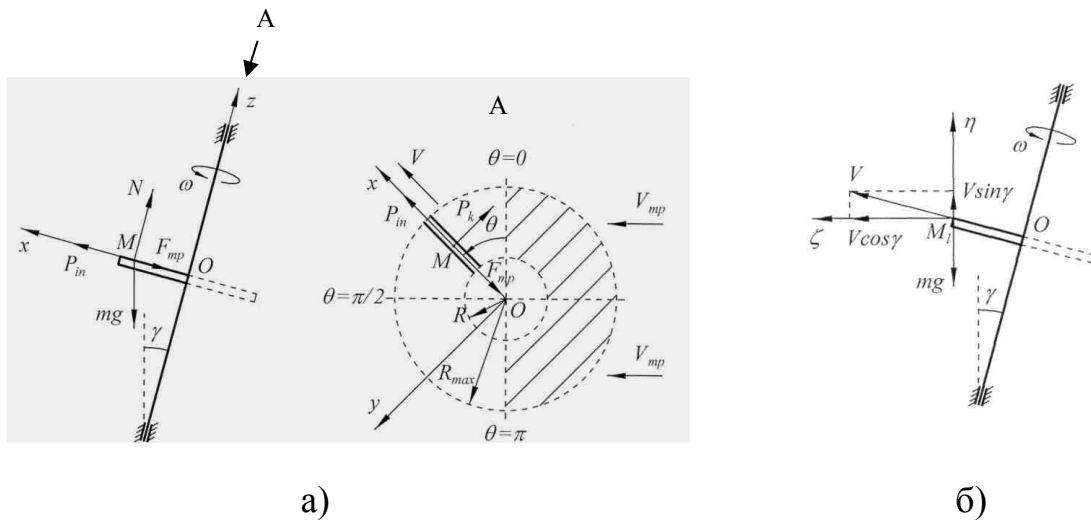


Рис.1. Розрахункова схема переміщення частинки сапропелю по поверхні бітера (а) в момент відриву від бітера (б)

Побудовані траєкторії переміщення частинок сапропелю поверхнею бітера у полярних координатах (рис.2) з врахуванням кута нахилу бітера до горизонту вказують, що їх виліт у зоні  $0 \dots \pi$  градусів відбувається при частоті обертання бітера  $10 \dots 15 \text{ с}^{-1}$ .

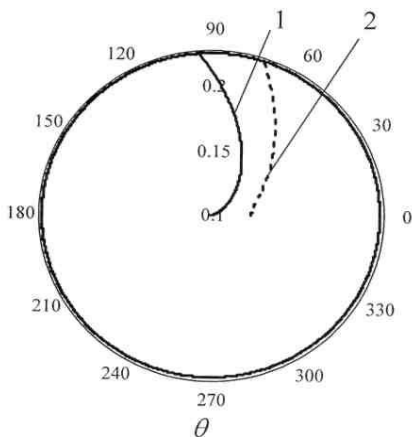


Рис.2. Траєкторії переміщення частинок сапропелів поверхневого бітера в полярних координатах при  $\gamma = 5 \text{ град}$ ,  $\omega = 11,1 \text{ с}^{-1}$   $f = 0,3$ ;  $R = 0,1 \text{ м}$  (положення частинки відносно центра т. О:  $R_1 = 0,10 \text{ м}$ ;  $R_2 = 0,13 \text{ м}$ )

Аналіз отриманих траєкторій вказує, що



при поверхневому внесенні органічних добрив, які попередньо підготовлені до розкидання шляхом подрібнення, просіювання, дозволяють зменшувати частоту обертання бітерів, що зменшує виникнення можливих горизонтальних коливань машини.

На основі отриманого рівняння (3) побудовано залежності дальності польоту частинки сапропелів (рис.4) від кута  $\theta$ , що дозволяє оцінити можливість збільшення ширини захвату машини

$$\xi_n = \left( \frac{V \sin \gamma + \sqrt{V^2 \sin^2 \gamma + 2gH}}{g} \right) V \cos \gamma. \quad (3)$$

де:  $V$ - швидкість частинки після відокремлення від поверхні бітера, м/с;

$H$  – висота поверхні відриву частинки сапропелю відносно поверхні поля, м.

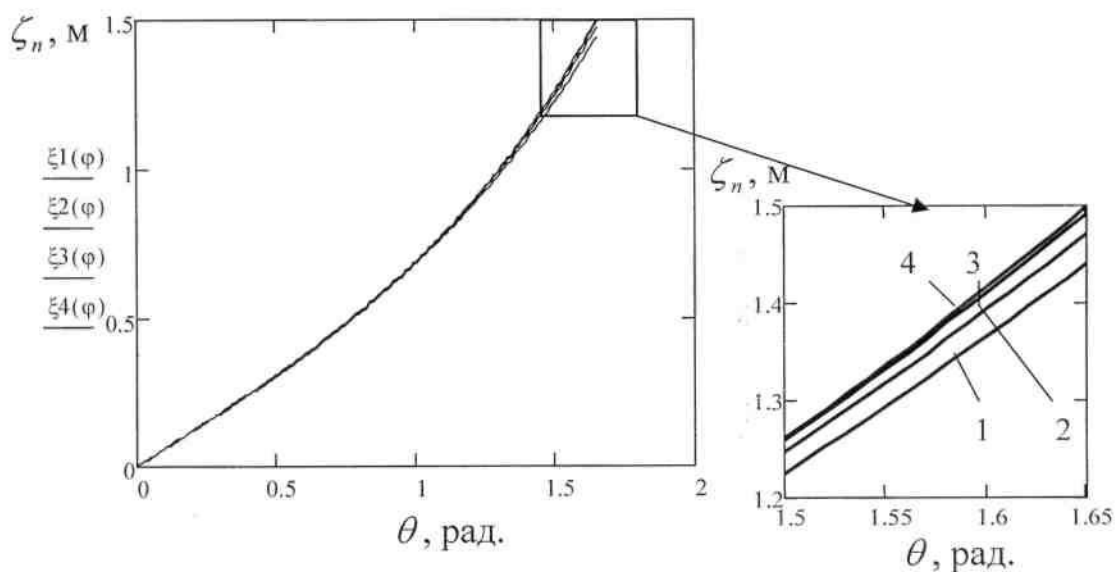


Рис. 4. Залежність дальності польоту частинок сапропелів від значення кута  $\theta$  при різних кутах  $\gamma$  (1 –  $\gamma = 0^\circ$ ; 2 –  $\gamma = 5^\circ$ ; 3 –  $\gamma = 10^\circ$ ; 4 –  $\gamma = 15^\circ$ )

Розроблено імітаційну модель подачі сапропелів та взаємодії з ними розкидаючого чотирьохбітерного пристрою (рис.5). Дана модель враховує зміну маси машини через зменшення об'єму сапропелів у кузові розкидача органічних добрив в процесі їх внесення на поверхню поля, а також конструктивні особливості як самого розкидаючого пристрою, вмонтованого в окрему жорстку раму, так і пружно-пластичного з'єднання, що встановлюється між жорсткою рамою та кузовом машини. Таке з'єднання виконує функцію гасника коливань у складній механічній системі, якою є розкидач органічних добрив.

Згідно з вказаною моделлю досліджено явище виникнення коливань машини при роботі ГРО - бітерів та їх зміну в процесі розвантаження кузова з використанням принципу Д'Аламбера. Встановлено, що горизонтальні коливання є більш небезпечними з точки зору руйнування як самих збудювачів коливань, якими є активні розкидаючі пристрої, так і окремих складових вузлів машини, що утворюють механічні системи та сприймають виниклі динамічні навантаження.

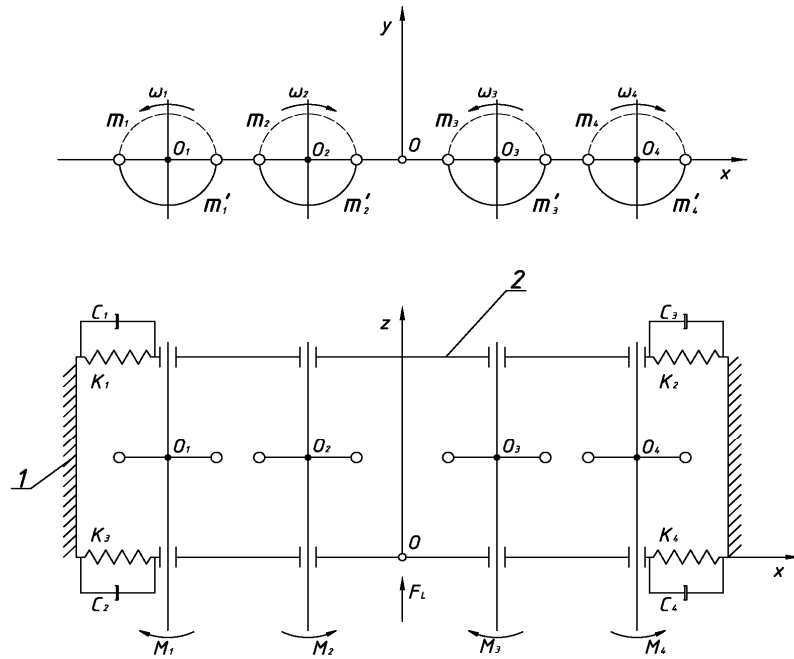


Рис.5. Розрахункова схема визначення збудуючої сили, що викликає коливання машини: 1-кузов розкидача; 2-чотирьохбітерний розкидаючий пристрій;

Складені диференційні рівняння механічної системи згідно рис.5:

$$\left. \begin{aligned} m \ddot{x} + kx + cx &= \sum P_i \cos(\omega t + \varphi_i) \\ m \ddot{y} + ky + cy &= \sum P_i \cos(\omega t + \varphi_i) \\ I_0 \ddot{\beta} + k_\varphi \beta + c_\varphi \dot{\beta} &= \sum P_i \cdot l_i \cos(\omega t + \varphi_i) \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

де:  $m$ -маса матеріалу, яка сприяє виникненню коливань у бітері, кг;

$P_i$  – збудуюча сила, Н;

$I_0$  – момент інерції маси чотирьохбітерного розкидаючого пристрою відносно т. О;

$k_\varphi, \tilde{n}_\varphi$  – відповідно кутові в'язкість та жорсткість в'язко-пружної системи (Па·с, Н·м);

$\beta$  – кутове зміщення відносно т. О, град;

$\varphi_i$  - кутове фазове зміщення виникнення сили інерції на  $i$ -му бітері, рад.;

$l_i$  – відстань від точки прикладання збудуючої сили до точки прикладання крутного моменту на  $i$ -му бітері, м.

Розв'язок системи нелінійних диференціальних рівнянь (5) дозволив отримати рівняння (5,6,7,) та на їх основі побудувати графічні залежності, які пояснюють характер виникнення коливань в машині, знайти шляхи їх усунення.

$$x = -\frac{e^{\frac{[-k-\sqrt{k^2-4cm}]t}{2m}} \left( k + \sqrt{k^2-4cm} \right) p}{2c\sqrt{k^2-4cm}} + e^{\frac{[-k+\sqrt{k^2-4cm}]t}{2m}} \left( -\frac{p}{2c} + \frac{kp}{2c\sqrt{k^2-4cm}} \right). \quad (5)$$

$$y = -\frac{e^{\frac{[-k-\sqrt{k^2-4cm}]t}{2m}} \left( k + \sqrt{k^2-4cm} \right) p}{2c\sqrt{k^2-4cm}} + e^{\frac{[-k+\sqrt{k^2-4cm}]t}{2m}} \left( -\frac{p}{2c} + \frac{kp}{2c\sqrt{k^2-4cm}} \right). \quad (6)$$

$$\beta = \frac{lp}{c_\varphi} - \frac{e^{\frac{[-k_\varphi-\sqrt{-4c_\varphi I_0+k_\varphi^2}]t}{2I_0}} \left( k_\varphi + \sqrt{-4c_\varphi I_0+k_\varphi^2} \right) p}{2c_\varphi\sqrt{-4c_\varphi I_0+k_\varphi^2}} + e^{\frac{[-k_\varphi+\sqrt{-4c_\varphi I_0+k_\varphi^2}]t}{2I_0}} \left( -\frac{lp}{2c_\varphi} + \frac{k_\varphi lp}{2c_\varphi\sqrt{-4c_\varphi I_0+k_\varphi^2}} \right). \quad (7)$$

Нерівномірність захоплення сапропелів вертикальними бітерами призводить до виникнення дисбалансу у ГРО. При цьому виникають сили інерції, які призводять до коливання машини. Аналіз отриманих графічних залежностей вказують на їх стохастичний характер (рис.6,7). Усунення виниклих коливань можливе за умови зміни конструкції бітерів, наприклад: виготовлення гвинтової поверхні суцільною та встановлення захисних дисків діаметром 500 мм у їх нижній частині, які виконують функцію маховиків. Це збільшить момент інерції та масу розкидаючого пристрою, що в свою чергу зменшить його коливання та, відповідно, машини загалом. Іншим заходом зменшення коливань машини є встановлення в'язко-пружного гасника коливань між кузовом машини та розкидаючим пристроєм.

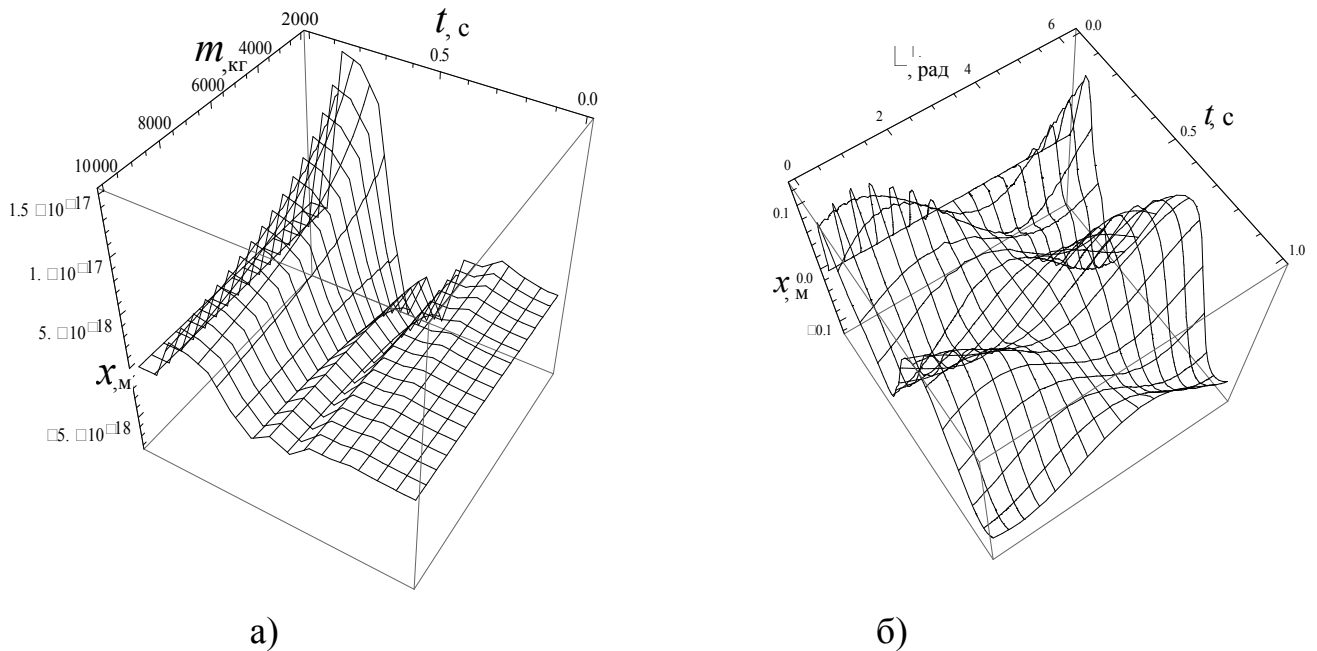


Рис. 6. Характер виникнення коливань машини у напрямку вісі X в залежності від маси кузова з добривами, кг (а) та зсуву по фазі між збуреннями у бітерах, що обертаються в одному напрямі, рад; (б).

За умови, що  $-P_i = p_1 \cdot \cos(-\omega t + \varphi_1) + p_2 \cdot \cos(\omega t + \varphi_2) + p_3 \cdot \cos(\omega t + \varphi_3) + p_4 \cdot \cos(-\omega t + \varphi_4)$ , та наступних параметрах відповідно для (а) та (б)-  
 $l=0,5.L=4.\omega=10.p_1=500.p_1=500.p_2=500.p_3=500.p_4=500.\varphi_1=\pi.\varphi_2=0.\varphi_3=0.\varphi_4=\pi.k=100.$   
 $c=10000.\{t=0,1\}.\{m=2000;10000\}.$   
 $l=0,5.L=4.m=10.\omega=10.p_1=500.p_1=500.p_2=500.p_3=500.p_4=500.\varphi_1=\pi.\varphi_2=0.\varphi_3=0.\varphi_4=\pi.$   
 $k=100.c=10000.\{t=0,1\}.\{\varphi_4=0;2\pi\}.$

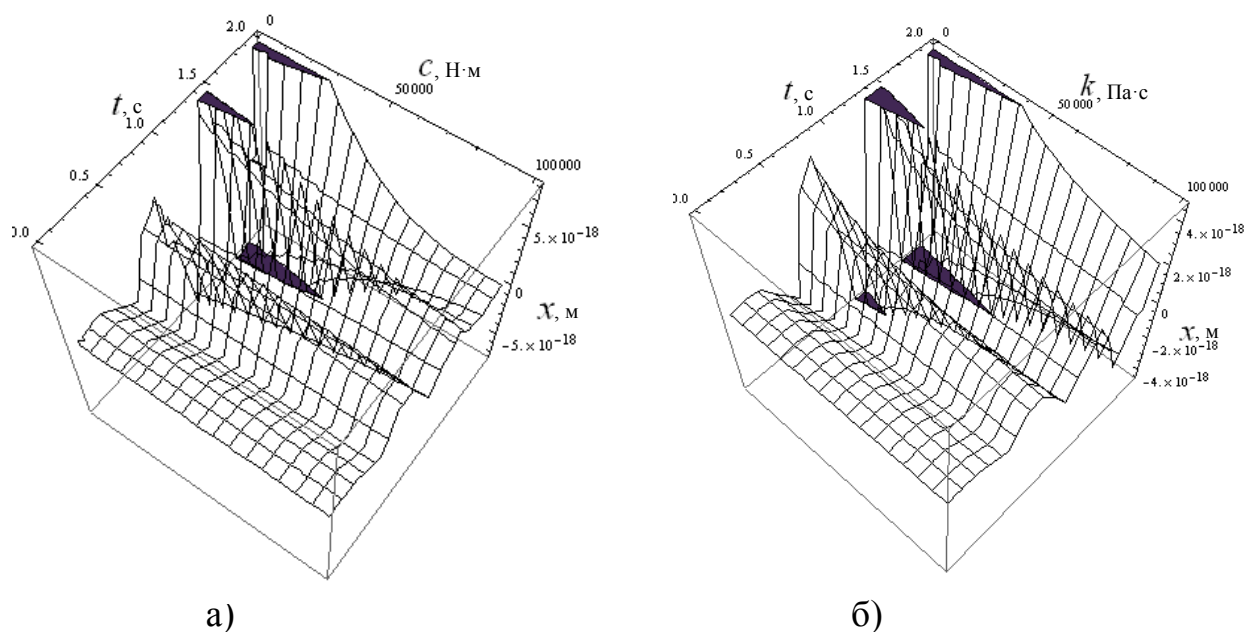


Рис. 7. Характер затухання коливань машини у напрямку вісі X в залежності від параметрів в'язко-пружного гасника коливань, відповідно жорсткості (а) та в'язкості(б).

За умови, що  $P_i = p_1 \cdot \cos(-\omega t + \varphi_1) + p_2 \cdot \cos(\omega t + \varphi_2) + p_3 \cdot \cos(\omega t + \varphi_3) + p_4 \cdot \cos(-\omega t + \varphi_4)$ , та наступних параметрах відповідно для (а) та (б)-  
 $l=0,5.L=4.m=10000.\omega=10.p_1=500.p_1=500.p_2=500.p_3=500.p_4=500.\varphi_1=\pi.\varphi_2=0.\varphi_3=0.\varphi_4=\pi.$   
 $k=100.\{c=10;10000\}.\{t=0,2\}.$   
 $l=0,5.L=4.m=10.\omega=10.p_1=500.p_1=500.p_2=500.p_3=500.p_4=500.\varphi_1=\pi.\varphi_2=0.\varphi_3=0.\varphi_4=\pi.$   
 $k=100.c=5000.\{t=0,2\}.\{k=1;100000\}.$

Характер виникнення та затухання коливань по координатах Y та. Z будуть аналогічними в залежності від величини збурюючої сили  $P_i$  та параметрів  $c$  і  $k$  в'язко-пружного елемента.

Запропонована методика розрахунку енергосилових параметрів з врахуванням продуктивності гвинтових бітерів та їх конструктивних особливостей. Енергетичні затрати на переміщення частинок сапропелю поверхнями гвинтових бітерів представлено через суму робіт, яка затрачається на підйом сапропелю по гвинтовій спіралі, сил тертя між сапропелем і поверхнями відповідно до спіралі і вала, Дж:

Повну роботу, яка затрачена на розкидання сапропелю реальним бітером можна подати у вигляді:

$$A = k_B k_{3Г} k_{ГР} A_n, \quad (8)$$

де:  $k_B, k_{3Г}, k_{ГР}$  – коефіцієнти, які враховують затрати на перемішування, подрібнення, злипання, або заклинення сапропелю; неточність виготовлення спіралі і вала, їх відхилення від розрахункового значення; вертикальне розміщення бітерів.

Сумарну осьову силу  $P_z$  і крутний момент  $M_z$  від дії вантажу визначено з врахуванням стабільності усередненого кута нахилу витків  $\alpha_\rho$  за робочою довжиною бітера:

$$P_z = \frac{\gamma_G Q}{g_{jc}} (\cos \alpha_\rho - \mu_1 \sin \alpha_\rho) \int_0^L \frac{g \sin \gamma + \mu_2 \rho_s \omega_A^2}{\alpha_{z1} g g_{jc}} dl; \quad (9)$$

$$M_z = \rho_s \frac{\gamma_G Q}{g_{jc}} (\sin \alpha_\rho - \mu_1 \cos \alpha_\rho) \int_0^L \frac{g \sin \gamma + \mu_2 \rho_s \omega_A^2}{\alpha_{z1} g g_{jc}} dl, \quad (10)$$

де  $Q$  - об'ємна витрата вантажу, м<sup>3</sup>/с;  $H, L$  - висота і робоча довжина бітера, м;  $\mu_1, \mu_2$  - коефіцієнти тертя між сапропелем і гвинтовими елементами та валом відповідно;  $\omega_A$  - кутова швидкість бітера, рад/с;  $\rho_s$  - відстань розміщення частинки вантажу відносно центру бітера, мм;  $T$  - крок спіралі, мм;  $v_{oc}$  - осьова швидкість перенесення сапропелю, мм/с;  $\gamma$  - кут підйому сапропелю, рад;  $\gamma_G$  - об'ємна вага сапропелю, Н/м<sup>3</sup>;  $\alpha_{z1}$  - кут підйому витків бітера, град.

В загальному випадку інтеграли, які входять в залежності (9,10), визначаються числовим методом.

**В третьому розділі** розроблено програму і методику проведення експериментальних досліджень в лабораторно-польових умовах.

Програмою передбачалась перевірка достовірності та ступеня точності аналітичних залежностей і припущень з метою встановлення раціональних конструктивних і технологічних параметрів виготовлення бітерів та процесів розкидання органічних добрив, в тому числі озерних сапропелів.

Для визначення розмірних параметрів інтенсивності подрібнення частинок промороженого озерного сапропелю, рівномірності його розподілу по поверхні поля, виготовлялись та використовувались додатково засоби у вигляді квадратних рамок розмірами 1x1 м, зтягнутих прозорою плівкою та ємність у вигляді сита з отворами 22 мм, а також стандартного сита з отворами 7 мм із комплекту обладнання для визначення гранулометричного складу неоднорідних сумішей. Такі засоби дозволили визначити загальну масу, внесену машиною на площі 1 м<sup>2</sup>, рівномірність розподілу подрібнених сапропелів за шириною захвату машини, величину часток сапропелів, подрібнених бітерами.

Дослідження процесу поверхневого внесення сапропелів і рівномірності його розкидання по стерні в польових умовах зображено на рис. 8 і 9.



Одночасно проводились експериментальні дослідження як у польових, так і лабораторних умовах зі встановлення вологості промороженого озерного сапропелю та підстилкового напівперепрілого гною, величини та інтенсивності подрібнення сапропелю бітерами, рівномірність розподілу проморожених озерних сапропелів після проходження МТА.

Рис. 8. Вертикальний ГРО машини МТО-7





а)



б)

Рис. 9 Дослідження процесу внесення твердих органічних добрив  
а) процес розкидання гною; б) ділянка поля після розкидання сапропелю

Для визначення впливу конструктивно-кінематичних параметрів машини на розкидання сапропелів розроблено методики проведення двох окремих повнофакторних експериментів для твердих органічних добрив: проморожених озерних сапропелів і напівперепрілого підстилкового гною. За мету ставилося визначення залежності кількості добрив, внесених на одиницю площі поля від зміни трьох основних факторів: швидкості транспортера  $V_T$ , швидкості руху МТА  $V_M$ , висоти шару сапропелів на причепі  $H$ , тобто  $Q=f(V_T, V_M, H)$ , а також виявлення різниці у якості внесення цих двох видів добрив ГРО з вертикальними бітерами.

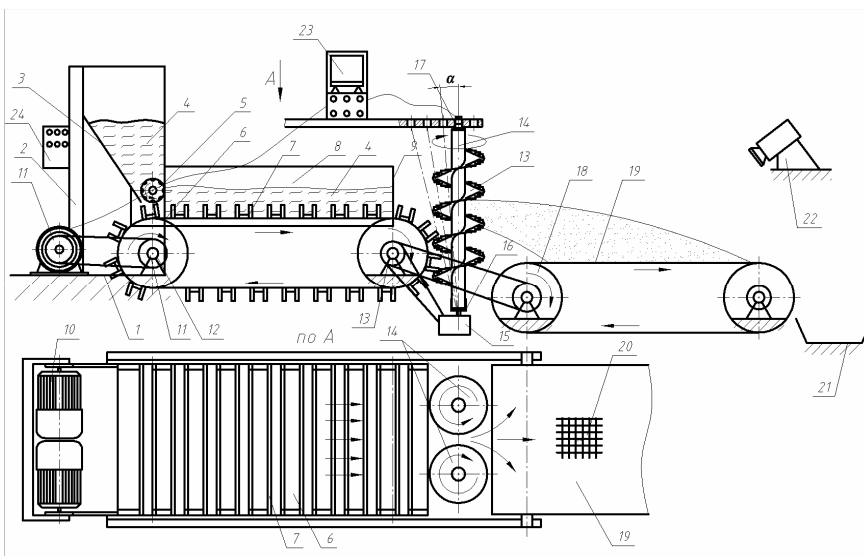


Рис. 10. Стенд для дослідження характеристик бітерів:  
1 – рама; 2 – вертикальні стійки; 3 – бункер;  
4 – розкидний матеріал; 5 – подаючий механізм;  
6 – ланцюг; 7 – планки; 8 – кузов; 9 – борт;  
10 – електродвигун; 11 – привідний вал; 12 – привідна зірочка;  
13 – ведений вал; 14 – бітер; 15 – редуктор;  
16 – карданний шарнір; 17 – опора; 18 – стрічковий конвеєр;  
19 – стрічка; 20 – сітка; 21 – ємність;  
22 – швидкісна кінокамера; 23 – комп'ютер; 24 – пульт управління

Розроблено також стенд для дослідження характеристик бітерів (рис.10), який захищений патентом України №41207, запропоновано обладнання для їх балансування.

**В четвертому розділі** наведено результати польових досліджень машинами МТО-7 та РТД-14 на внесенні сапропелю. Дослідження проводили за двома основними показниками: кількістю та рівномірністю внесення сапропелю на одиницю площі поля за розробленою власною

програмою і методикою.

Експериментально-польові дослідження проводились в листопаді місяці 2008р. при температурі повітря 0...-3°C з органічними добривами у вигляді перепрілого підстилкового гною та замороженого озерного сапропелю і весняний період 2009р..

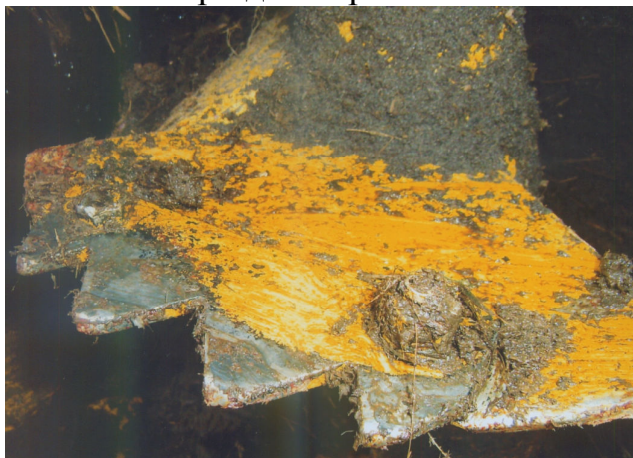


Рис. 12. Кріплення ножів до бітера

Для подрібнення такого замороженого сапропелю за зовнішніми діаметрами гвинтових вертикальних бітерів були закріплені подрібнюючі ножі, які зображені на рис.12, що сприяло якісному подрібненню сапропелів і щільному розміщенню їх по площі поля. Визначені параметри технологічності конструкції машини для внесення замороженого озерного сапропелю у ґрунт.

Встановлено, що вологість заморожених озерних сапропелів залежить від величини їх подрібнення: у фракції > 2 мм її значення становить 18...22%, < 25 мм – 70...80%. В свою чергу вологість напівперепрілого підстилкового гною не залежить від величини його подрібнення, а при значенні > 60% процес подрібнення вертикальними бітерами затрудняється, відповідно досягти рівномірності розподілу таких добрив по полю не представляється можливим.

В свою чергу, при внесенні заданої норми заморожених озерних сапропелів 40, 50, 60 т/га, досягалась 20 відсоткова рівномірність розподілу їх по поверхні поля із збільшенням ширини захвату машини до 8 м. Величини частинок сапропелю при цьому становили: для фракцій >5мм у межах 20...30%, 2...25 мм – 40...50%, < 25 мм – 15...25% залежно від полоси потрапляння частинок на поверхню поля за агрегатом.

Повнофакторні експерименти ПФЕ 3<sup>3</sup> проводили з одночасною зміною трьох незалежних параметрів в наступних межах: швидкість транспортера  $V_T=0,02...0,03$  м/с, швидкість руху машини  $V_M=5,3...9,5$  км/год, висота шару органічних добрив на причепі  $H=1,6...2,4$  м.

Експерименти проводили згідно рандомізованої план-матриці повнофакторного експерименту із виведенням рівнянь регресій для визначення кількості сапропелів, що вносяться на одиницю площі поля. Рівняння регресії має наступний вигляд:

$$Q_{(V_T, V_M, H)}^C = -5,73 + 499,49V_T - 5,75V_M + 20,93H + 210V_T H - 2,88V_M H - 58,81V_T V_M - 300V_T^2 + 0,78V_M^2 + 0,12H^2. \quad (12)$$

На рис. 12, 13 представлено поверхні відгуку (а) та двомірні перерізи поверхонь відгуку (б) залежності кількості внесеного сапропелю на одиницю площі поля  $Q_{(V_T, V_M)}^C$  від швидкості транспортера, швидкості руху МТА та висоти шару добрив в причепі.

Як показали польові випробування, рівномірність поверхневого вкриття ґрунту твердими органічними добривами, в тому числі, замороженими озерними

сапропелями в першу чергу залежить від їх подрібнення і величини частинок. Тому згідно агротехнічних вимог величини частинок сапропелів повинна бути не більшими 25мм, що залежить від конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів машини.

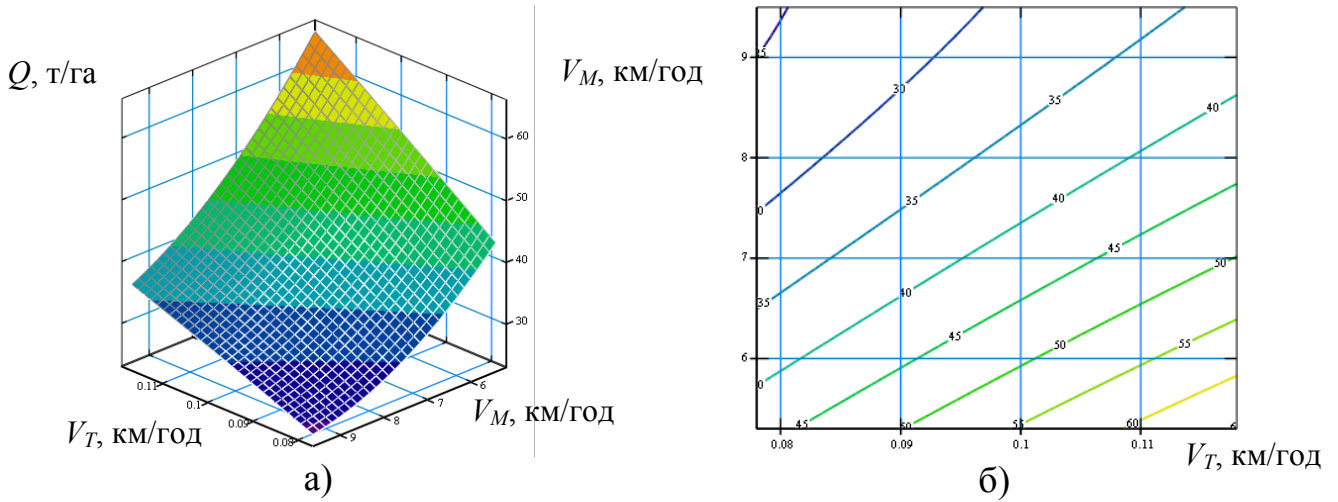


Рис.12. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності кількості внесеного сапропелю на одиницю площі поля  $Q_{(V_T, V_M)}^C$  від швидкості транспортера і швидкості руху МТА при висоті шару добрив у кузові ( $H=2\text{м}$ ).

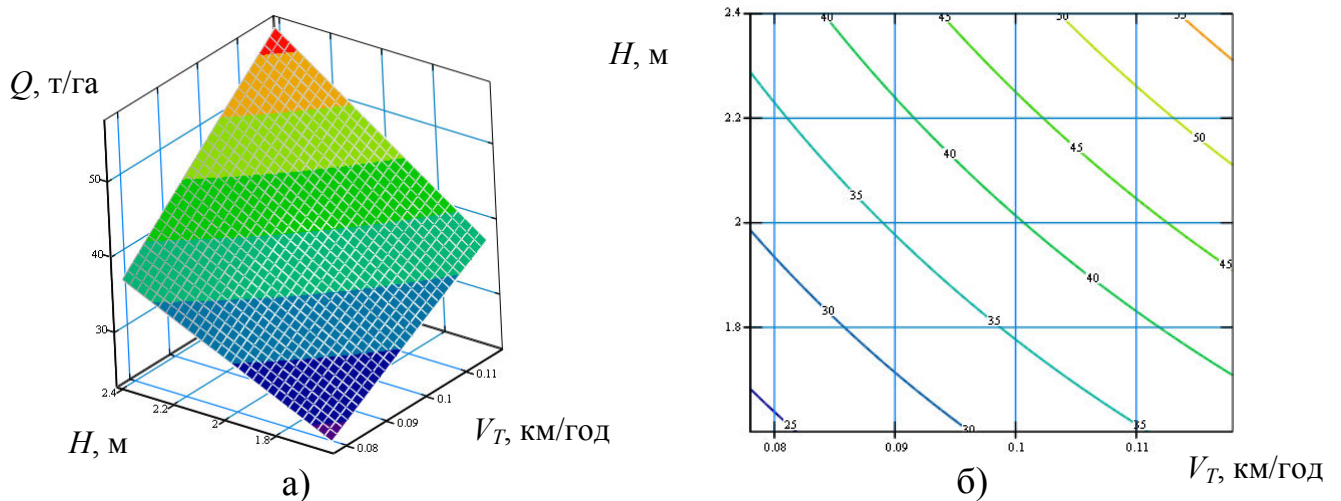


Рис. 13. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності кількості внесеного сапропелю на одиницю площі поля  $Q_{(H, V_T)}^C$  від висоти шару добрив у кузові та швидкості МТА ( $V_M=7,4\text{км/год}$ )



**В п'ятому розділі** запропоновано математичну модель динамічної системи верстата для балансування ГРО та інженерні методики їх проектування з визначенням раціональних конструктивних і технологічних параметрів, а також конструктивно-компонувальні схеми. Для порівняльної оцінки запропонованої математичної моделі проведено балансування бітерів на стандартизованому приладі балансировочному мікропроцесорному двохплощинному ПБ-02М. Розроблено конструкції нових бітерів та автоматизоване проектування їх формоутворення. Обґрунтовано їх параметри. Спроектвана установка для балансування ГРО – бітерів (рис. 14), яка захищена патентом України №48523. Для динамічного балансування запропоновано також конструкцію стану з вертикальним розміщенням бітерів.

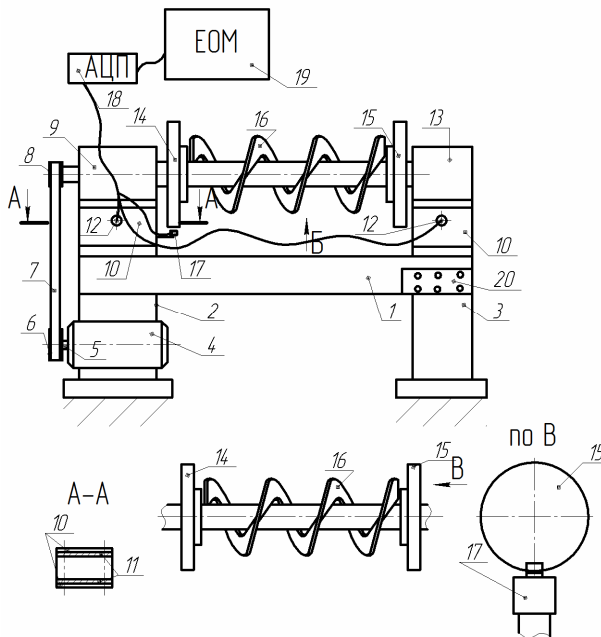


Рис. 14. Установка для балансування ГРО-бітерів

Установка, що представлена на рис.14, складається з таких конструктивних елементів: 1 – станина; 2 – ліва тумба; 3 – права тумба; 4 – двигун; 5 – вал; 6 – шків; 7 – пас; 8 – верхній шків; 9 – привідна головка; 10 – стійка; 11 – пружинна пластина; 12 – датчик прискорення; 13 – права привідна головка; 14 – лівий патрон; 15 – правий патрон; 16 – гвинтовий робочий орган; 17 – датчик нульового положення; 18 – перетворювач; 19 – комп'ютер; 20 – пульт управління.

Розроблено методику вибору перспективних нових технічних рішень при проектуванні гвинтових розкидаючих пристроїв із множини їх синтезованих варіантів в уніфікаційному синтезі. Розрахована економічна ефективність виготовлення і використання модернізованої машини для внесення твердих органічних добрив з вертикальними ГРО показує, що загальна економія на одній машині становитиме 664,2 грн.

## ВИСНОВКИ

1. У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове технічне вирішення науково-прикладної задачі, яка полягає в підвищенні якості поверхневого внесення озерних сапропелів, збільшенні продуктивності розкидачів органічних добрив. Теоретично обґрунтовано технологічний процес розкидання сапропелів вертикальними гвинтовими бітерами з визначенням силових, конструктивних і кінематичних параметрів і на основі цього удосконалено конструкції механізму їх розкидання гвинтовими вертикальними бітерами з подрібнюючими ножами та гасниками вібрацій, що забезпечує покращення техніко-економічних параметрів машини та її експлуатаційну надійність і довговічність.

2. Вперше теоретично обґрунтовано технологічний процес розкидання проморожених озерних сапропелів вертикальними гвинтовими бітерами з одночасним подрібненням. Обґрунтовано параметри гвинтових вертикальних бітерів з зовнішнім діаметром 400 мм, у вигляді неперервної гвинтової спіралі з кроком -250 мм, що забезпечує зону покриття поля органічними добривами у межах 7 м при частоті обертання бітерів до 600 об/хв.

3. Вперше розроблена динамічна модель технологічного процесу розкидання сапропелів з врахуванням зміни їх подачі ланцюгово-планчастим транспортером і визначенням динамічних навантажень та досліджено вплив дисбалансу гвинтових бітерів на коливання машини при частоті вала відбору потужності (ВВП) трактора 1000 об/хв. Обґрунтовано енергосилові параметри розкидання сапропелів гвинтовими бітерами з визначенням продуктивності, потужності та осьової швидкості, сил та крутних моментів.

4. Ланцюгово-планчастий транспортер і гвинтові вертикальні бітери машин для розкидання сапропелів з одночасним їх подрібненням відпрацьовані на технологічність і визначені технологічні передумови компонування схем конструкцій вказаних робочих органів з відповідною синхронізацією їх роботи.

5. Розроблена програма і методика проведення експериментальних досліджень з визначенням продуктивності і рівномірності поверхневого покриття ґрунту сапропелями. Для проведення експериментальних досліджень спроектовано та виготовлено ланцюгово-планчастий транспортер і механізм розкидання сапропелів з вертикальними гвинтовими бітерами з прив'язкою до машини МТО-7.

6. Розроблено конструкції стендів для дослідження характеристик механізмів розкидання сапропелів вертикальними гвинтовими бітерами з визначенням продуктивності, рівномірності та щільності і балансування гвинтових бітерів з розробленням необхідних математичних програм. Обґрунтовано необхідність встановлення в'язко-пружного з'єднання між корпусом кузова машини та рамою блока бітерів для гасіння випадкових збурюючих коливань. При цьому жорсткість в'язко-пружного елемента має бути  $c=0,5 \cdot 10^5 \dots 1,0 \cdot 10^5$  Н·м, а в'язкість  $k=0,75 \cdot 10^5 \dots 1,00 \cdot 10^5$  Па·с.

7. Обґрунтовані параметри гасників вібрацій вертикальних гвинтових бітерних розкидачів із зазором між сусідніми роторами 80...120 мм. До нижніх кінців бітерних валів перпендикулярно до їх осей приварені диски-маховики  $\varnothing$  500 мм з чоротирьома ребрами жорсткості для гасіння вібрацій під час розкидання добрив, а також визначені параметри подрібнюючих ножів для бітерів довжиною 80...120 мм і шириною 40...50 мм з зубами в кількості 6...8.

8. Розроблено пакет прикладних програм для проведення машинного експерименту встановлення закономірності зміни продуктивності машини РТД-14 з удосконаленими робочими органами – ланцюгово-планчастим транспортером і механізмом розкидання сапропелів вертикальними гвинтовими бітерами і синхронізовано їх роботу. В результаті проведених двох окремих повнофакторних експериментів ПФЕ  $3^3$  виведені рівняння регресії з визначення продуктивності машини, рівномірності і щільності поверхневого внесення проморожених озерних сапропелів.

9. У результаті проведеного комплексу теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що удосконалені конструкції робочих органів машини РТД-14 забезпечують підвищення якості і рівномірності покриття ґрунту сапропелями на одиницю площі поля, зменшують величину коливань машини при розкиданні добрив не залежно від маси добрив у кузові машини. Розроблена інженерна методика проектування робочих органів розкидачів органічних добрив, технічна новизна яких захищена 5 деклараційними патентами України на корисну модель. Розробки впроваджені на ВАТ «Ковельсьільмаш». Економічний ефект - 664,2 грн. на одну машину .

## **СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Бабарика С.Ф. Методика вибору перспективних нових технічних рішень із множини їх синтезованих варіантів в уніфікаційному синтезі / С.Ф. Бабарика, В.В. Васильків // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва» – Харків, 2009. – Вип. 78. – С. 309-321.

2. Бабарика С.Ф. Енергосилові параметри розкидання сапропелів вертикальним бітером // С.Ф. Бабарика, О.М. Лясота // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. «Механізація сільськогосподарського виробництва» – Харків, 2009. – Вип. 79. – С. 83-89.

3. Бабарика С.Ф. Дослідження умов зневоднення сапропелю шнековими пристроями / О.П. Шимчук, С.Ф. Бабарика. // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. – Луцьк, 2007. – Вип. 16. – С. 233-236.

4. Бабарика С.Ф. Аналіз і класифікація гвинтових розкидальних пристроїв як основа для генерування нових конструкцій розкидачів органічних добрив / С.Ф. Бабарика, В.В. Васильків. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямком «Інженерна механіка»), Луцьк. – 2008. – Вип. 23. – С.33-44.

5. Бабарика С.Ф. Дослідження технологічного процесу розкидання органічних добрив вертикальними шнеками / С.Ф. Бабарика, І.Б. Гевко. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. «Механізація сільськогосподарського виробництва» – Харків, 2008. – Вип. 75. – С. 142-148.

6. Бабарика С.Ф. Технологічність конструкції роторного розкидача органічних добрив і сапропелів. / В.Ф. Дідух, С.Ф. Бабарика // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя «Науковий журнал ». – Тернопіль, 2008. – №3. – С. 93-98.

7. Бабарика С.Ф. Обґрунтування параметрів гвинтових роторних робочих органів розкидачів сапропелів. / М.І. Пилипець, С.Ф. Бабарика, І.Б. Гевко // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя «Науковий журнал ». – Тернопіль, 2008. – №3. – С.104-108.

8. Бабарика С.Ф. Стенд для дослідження характеристик технологічних машин для розкидання сапропелю. / С.Ф. Бабарика, М.М. Заїкін. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямком «Інженерна механіка»), Луцьк. – 2009. – Вип. 24. – С.4-10.

9. Бабарика С.Ф. Результати експериментальних досліджень технологічного процесу поверхневого внесення сапропелів у ґрунт. / В.Ф. Дідух, С.Ф. Бабарика, М.М. Заїкін, І.Б. Гевко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. «Механізація сільськогосподарського виробництва» – Харків, 2009. – Вип. 78. – С. 76...84.

10. Бабарика С.Ф. Льонарство в Україні має бути обов'язково відроджено. / В.Ф. Дідух, О.В. Голій, С.Ф. Бабарика, А.С. Суховецький // Науково-виробничий журнал «Легка промисловість». – 2009. – №3. – С. 8-9.

11. Бабарика С.Ф. Автоматизоване проектування технологічних процесів вигоитовлення гвинтових робочих органів. / В.В. Васильків, О.М. Лясота, С.Ф. Бабарика, Б.Т. Бригадир, М.М. Заїкін. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямком «Інженерна механіка»), Луцьк. – 2008. – Вип. 23. – С.

12. Бабарика С.Ф. Динамічна модель процесу розкидання сапропелів машини для розкидання добрив. / В.Ф. Дідух, С.Ф. Бабарика, В.В. Тарасюк // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямком «Інженерна механіка»), Луцьк. – 2009. – Вип. 24. – С.201-211.

13. Бабарика С.Ф. Математична модель коливання шнека робочого органу машини для розкидання добрив / В.Ф. Дідух, С.Ф. Бабарика, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. – Луцьк, 2009. – Вип. 19. – С. 42-47.

14. Бабарика С.Ф. Стендове обладнання для дослідження характеристик гвинтових робочих органів машин для розкидання твердих добрив. / Б.М. Гевко, О.Л. Ляшук, С.Ф. Бабарика, М.М. Заїкін // Збірник наукових праць. Краматорськ, 2009. – Вип. 25. – С. 100-105.

15. Бабарика С.Ф. Дослідження балансування гвинтових робочих органів для внесення сапропелів. / В.Ф. Дідух, Ю.Б. Гладько, С.Ф. Бабарика, О.Л. Ляшук // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя «Науковий журнал». – Тернопіль, 2010. – №2. – С.99-107.

16. Пат. №40640 Україна, на корисну модель Заявл. 2008 1091Н подано 05.09.2008; Опубл. 27.04.2009; Бюл. №8, 2009. Машини для внесення сапропелів. Гевко І. Б., Заїкін М.М., Бабарика С.Ф., Ляшук О.Л., Васильків В.В., Лясота О. М.

17. Пат. №41207 Україна, МПК (2009) В65G 33/00 на корисну модель. Стенд для дослідження характеристик гвинтових вертикальних бітерних розкидачів / Гевко І.Б., Бабарика С.Ф., Заїкін М.М., Ляшук О.Л.; заявник і власник патенту ТДТУ. - №u200814391; заявл. 15.12.2008; опубл. 12.05.2009, Бюл. №9.

18. Пат. №42655 Україна, МПК (2009) В65G 33/00 на корисну модель. Стенд для складання ланцюгово-планчастих полотен / Ляшук О.Л., Бабарика

С.Ф. та інші; заявник і власник патенту ТДТУ. - №u200902463; заявл. 19.03.09; опубл. 10.07.2009, Бюл. №13.

19. Пат. №48523 Україна, МПК (2009) В23В 1/00 на корисну модель. Установка для балансування гвинтових робочих органів / Гладьо Ю.Б., Бабарика С.Ф. та інші; заявник і власник патенту ТДТУ. - №u200908923; заявл. 27.08.09; опубл. 25.03.2010, Бюл. №6.

20. Пат. №49569 Україна, МПК (2009) А01С03/00 на корисну модель. Гвинтовий бітер для подрібнення і розкидання органічних добрив/ Гевко І.Б., Бабарика С.Ф. та інші; заявник і власник патенту ТДТУ. - №u2009011613; заявл. 13.11.09; опубл. 26.04.2010, Бюл. №8.

21. Бабарика С.Ф. Класифікація гвинтових розкидальних пристроїв як передумова генерування нових конструкцій розкидачів органічних добрив/ В.В. Васильків, С.Ф. Бабарика // Матеріали восьмої молодіжної науково-технічної конференції ЛДТУ. – Луцьк: ЛДТУ, 2008. – С.81-83.

22. Бабарика С.Ф. Машина для внесення сапропелів. Всеукраїнська конференція ТДТУ ім. Івана Пулюя, 13-14 травня 2009, Тернопіль. – С. 139.

23. Бабарика С.Ф. Стенд для дослідження характеристик гвинтових вертикальних бітерних розкидачів. / С.Ф. Бабарика // Матеріали всеукраїнської наукової конференції Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя, 13-14 травня 2009 р. – Тернопіль, 2009. – С. 128.

24. Бабарика С.Ф. Стенд для дослідження технологічних параметрів машини для розкидання сапропелів / М.М. Заїкін, С.Ф. Бабарика // Матеріали восьмої молодіжної науково-технічної конференції ЛДТУ. – Луцьк: ЛДТУ, 2008. – С.114-116.

### Анотація

Бабарика С.Ф. Обґрунтування параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення сапропелів – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя. – Тернопіль. 2010 р.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукової задачі покращення якості поверхневого внесення сапропелів розкидаючими пристроями з вертикальними гвинтовими бітерами з подрібнюючими ножами та гасниками коливань з підвищенням продуктивності машин. Теоретично обґрунтовано технологічний процес розкидання приморожених озерних сапропелів вертикальними гвинтовими бітерами з визначенням силових, кінематичних і конструктивних параметрів. Проведено синтез гвинтових розкидних бітерів і встановлені раціональні їх параметри: зовнішній діаметр 400 мм, крок спіралі 250 мм, визначена зона розкидання бітерами в межах 7 м при кількості обертів до 600 об/хв.

Розроблена динамічна модель технологічного процесу розкидання сапропелів з врахуванням подачі ланцюгово-планчастим транспортером з визначенням динамічних навантажень та досліджено вплив дисбалансу гвинтових

бітерів на коливний рух машини. Обґрунтовано енергосилові параметри розкидання сапропелів гвинтовими бітерами з визначенням продуктивності, потужності та осьової швидкості, сил та крутних моментів.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтовані раціональні, конструктивні, кінематичні і технологічні параметри робочих органів машин для поверхневого внесення добрив з виведенням рівнянь регресії і встановлення продуктивності розкидання. Результати досліджень впроваджені на ВАТ “Ковельсільмаш”.

Ключові слова: сапропелі, ланцюгово-планчасті транспортери, гвинтові вертикальні бітери, технологічний процес поверхневого внесення добрив.

### **Анотація**

Бабарыка С.Ф. Обоснование параметров рабочих органов машин для поверхностного внесения сапропелей: Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства Тернопольский национальный технический университет им. Ивана Пулюя, Тернополь, 2010 р..

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи, которая направлена на улучшение качества и производительности поверхностного внесения сапропелей в качестве органических удобрений механизмами с вертикальными винтовыми бiteraми, на которых установлены измельчающие ножи и гасители колебаний.

Анализ конструкций разбрасывающих и подающих рабочих органов машин для внесения органических удобрений и теоретические исследования по обоснованию их параметров и режимов работы показали, что существующие технические средства не в полной мере соответствуют агротехническим и энергетическим требованиям. Несбалансированные быстровращающиеся элементы рабочих органов вызывают повышенные колебания и вибрацию машин в процессе их эксплуатации. Неравномерность подачи органической массы на разбрасывающие устройства не обеспечивают однородности распределения материала по поверхности поля.

Теоретически обосновано технологический процесс разбрасывания замороженных сапропелей вертикальными винтовыми бiteraми с учетом их подачи и определения силовых, кинематических и конструктивных параметров. Произведен синтез винтовых разбрасывающих битеров и определены их параметры: внешний диаметр – 400 мм, шаг спирали – 250 мм. Определена зона разбрасывания измельченных сапропелей в пределах 7 м при частоте вращения до 600 об/мин.

Разработаны динамические модели перемещения органических удобрений цепно-планчатым транспортером в кузове машины, определены динамические нагрузки и разбрасывание измельченных сапропелей вертикальными бiteraми с установлением влияния дисбаланса на появление колебаний МТА при его эксплуатации.

Теоретически обоснованы энергосиловые параметры разбрасывания сапропелей винтовыми битерами с определением производительности, мощности, сил и крутящих моментов.

На основании теоретических и экспериментальных исследований обоснованы рациональные конструктивные, кинематические и технологические параметры рабочих органов машин для поверхностного внесения органических удобрений с получением уравнений регрессии и определения производительности разбрасывания.

Результаты исследований внедрены на ОАО «Ковельсельмаш». Конструктивная новизна разработок защищена 5 патентами Украины.

Ключевые слова: сапропели, цепочно-планчатые транспортеры, винтовые вертикальные битеры, технологический процесс поверхностного внесения удобрений.

### **Annotation**

Babaryka S.F. The substantiation of parameters of machine's working bodies for surface applying the sapropels into the soil. – Manuscript.

A thesis for the scholarly degree of the Candidate of Sciences (Engineering) in speciality 05.05.11 – Machines and Agriculture Mechanization Means. – Ternopol, 2010.

The thesis is dedicated to solving the scientific task of improving the quality and efficiency of surface applying of sapropels by means of mechanisms with vertical screw beaters with crushable knives and vibration damper. The technological process of dropping the frozen sapropels by vertical screw beaters with the determining of power, kinematic, and structural parameters is theoretically substantiated. The synthesis of screw folding beaters is conducted and their rational parameters are determined as well: external diameter 400mm, coil step 250mm, the determined zone of dropping by beaters within 6m at 600 revolutions per minute.

The dynamic model of technological process of supplying the sapropels by means of a chain-slat transporter in a machine cabin with the determining of dynamic loadings is developed and the effect of misbalance of screw beaters on the vehicle's vibrate motion is investigated. The power parameters of dropping the sapropels by screw beaters with the determining of efficiency, power and axel velocity, forces, and torques are substantiated.

On the basis of mathematical model of dropping the sapropels by screw beaters the kinematic, structural and technological parameters are determined.

On the basis of theoretical and structural research, the rational, structural, kinematic, and technological parameters of machine's working bodies are determined for the surface applying fertilizers with the developing of equations of regression of dropping efficiency. The results of investigations are implanted at the open joint stock company "Kovel'sil'mash".

Key words: sapropels, chain-  
technological process of surface

slat transporter, vertical screw beaters,  
applying fertilizers.

Підписано до друку 24.08.2010 р. Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 0,9.  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 прим.  
Віддруковано у редакційно-видавничому відділі Тернопільського  
національного технічного університету ім. Івана Пулюя.  
26001. вул. Руська, 56,  
м. Тернопіль, Україна. Тел.: (0352) 22-90-97