

УДК 631.333

Обґрунтування кузовної машини для внесення мінеральних добрив та інших сипких матеріалів із верхнім подавальним пристроєм

Фесенко Г. В.,

к.т.н., доцент Луганського національного аграрного університету, м. Старобільськ, Україна

Анотація

Мета. Підвищення рівномірності розподілу мінеральних добрив та інших сипких матеріалів завдяки стабільності їх подачі з кузова до розкидальних робочих органів із використанням верхнього подавального пристрою.

Методи. Для досягнення поставленої мети використані наступні методи: метод порівняння відмінностей окремих груп машин для внесення добрив, метод аналізу властивостей нової технічної системи, метод функціонального винахідництва, а також методи теоретичної та аналітичної механіки.

Результати. Обґрунтовано тяговий орган транспортера верхньої подачі кузовної тукової машини для внесення мінеральних добрив та інших сипких матеріалів і установлена залежність між висотою його скребків і відстанню між ними, а також визначено характер тиску мінеральних добрив на криволінійну стінку кузова. Крім того, обґрунтована конструкція удосконаленого кузов-

ного розкидача добрив, який забезпечує стабільну подачу добрив із кузова завдяки удосконаленню верхнього подавального пристрою.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлені переваги машин, обладнаних верхнім подавальним пристроєм, які створюють умови примусової подачі мінеральних добрив та інших сипких матеріалів з ємності до розподільчих органів, що є вагомою передумовою для рівномірного розподілу їх по площі. А проте недосконалість відомих машин із верхнім подавальним пристроєм стримує їхнє запровадження в сільськогосподарське виробництво. На основі цього обґрунтовано більш досконале конструктивне рішення кузовного розкидача верхньої подачі, в якому транспортер забезпечує під час роботи стабільну подачу добрив із кузова зі зниженою витратою механічної енергії.

Ключові слова: аналіз, подача, верхній пристрій, транспортер, стабільність, добрива, сипучість, кузов.

UDC 631.333

Substantiation the machine with a basket for the application of mineral fertilizers and other bulk materials with the upper arrangement of the feeding device

Fesenko Hryhorij,

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of department of repair of machines Lugansk National Agrarian University, m. Starobil'sk, Ukraine

Annotation

Purpose. Increasing the uniformity of distribution of mineral fertilizers and other bulk materials due to the stability of their feed from the body to the spreading working bodies using the top feeder.

Methods. The following methods are used to achieve this aim: the method of comparing the differences between individual groups of fertilizers, the method of analyzing the properties of a new technical system, the method of functional inventiveness, and the methods of theoretical and analytical mechanics.

Results. The traction body of the conveyor of the upper feed of the body fat body machine for mineral fertilizers and other bulk materials was

substantiated and the relationship between the height of its scrapers and the distance between them was established, as well as the nature of the mineral fertilizer pressure on the curvilinear wall of the body. In addition, the design of the advanced body fertilizer spreader is justified, which ensures a stable flow of fertilizers from the body due to the improvement of the top feeder.

Conclusions. Because of the conducted researches, the advantages of machines equipped with top feeder are found. They create the conditions for the forced feeding mineral fertilizers and other loose materials from the container to the distribution bodies, which is a prerequisite for their evenness on the surface.

With this, the imperfection of known machines with the top feeder constrains their introduction into agricultural production. On this account, a more thoroughly constructed solution of the body feeder of the top feed is substantiated, in which the conveyor provides a stable supply of

fertilizers from the body with reduced energy consumption during operation.

Keywords: analysis, feed, upper device, conveyor, stability, fertilizers, flow ability, body.

УДК 631.333

Обоснование кузовной машины для внесения минеральных удобрений и других сыпучих материалов с верхним расположением подающего устройства

Фесенко Г. В.,

к.т.н., доцент Луганского национального аграрного университета, г. Старобельск, Украина

Аннотация

Цель. Повышение равномерности распределения минеральных удобрений и других сыпучих материалов благодаря стабильности их подачи с кузова к разбрасывающим рабочим органам с использованием верхнего подающего устройства.

Методы. Для достижения поставленной цели использованы следующие методы: метод сравнения отличий отдельных групп машин для внесения удобрений, метод анализа свойств новой технической системы, метод функционального изобретательства, а также методы теоретической и аналитической механики.

Результаты. Обоснован тяговый орган транспортера верхней подачи кузовной туковой машины для внесения минеральных удобрений и других сыпучих материалов и установлена зависимость между высотой его скребков и расстоянием между ними, а также определен характер давления минеральных удобрений на криволинейную стенку кузова. Кроме того, обоснована конструкция усовершенствованного кузовного разбрасывателя удобрений, который обеспечивает стабильную подачу удобрений из кузова за счет усовершенствования верхнего подающего устройства.

Выводы. В результате проведенных исследований определены преимущества машин, оборудованных верхним подающим устройством, которые создают условия принудительной подачи минеральных удобрений и других сыпучих материалов из емкости к распределительным органам, которые являются весомой предпосылкой для их равномерного распределения по площади. Вместе с этим несовершенство известных машин с верхним подающим устройством сдерживает их использование в сельскохозяйственном производстве. На основе этого обосновано более совершенное конструктивное решение кузовного разбрасывателя верхней

подачи, в котором транспортер обеспечивает во время работы стабильную подачу удобрений из кузова с пониженной затратой механической энергии.

Ключевые слова: анализ, подача, верхнее устройство, транспортер, стабильность, удобрения, сыпучесть, кузов.

Постановка проблемы. Одним із важелів підвищення врожайності сільськогосподарських культур є застосування мінеральних добрив для збалансування основних елементів родючості ґрунту внаслідок поверхневого внесення їх туковими машинами перед основним обробітком [1]. За цих обставин ефективність застосування мінеральних добрив виходить на перший план у зв'язку зі значною їхньою вартістю та негативним впливом на довкілля в разі недотримання умов роботи. Відомо, що показники роботи тукових машин значною мірою залежать від конструктивних особливостей та досконалості їхніх подавальних пристроїв, які суттєво впливають на ефективність застосування мінеральних добрив та інших сипких матеріалів. Водночас виявлено, що в разі розташування подавального пристрою в нижній частині кузова тукової машини, особливо великої вантажопідйомності, на транспортер діє сила від маси всієї товщини шару добрив, що призводить до підвищених витрат енергії на його переміщення та відказів під час роботи. Крім того, в такому подавальному пристрої на виході з кузова присутній активний шар добрив, що погіршує показники подачі їх, а отже і рівномірність внесення їх.

У сільськогосподарському машинобудуванні знайшли застосування пристрої верхньої подачі, характерною особливістю яких є розташування подавального транспортера в ємності зверху добрив [2]. Під час роботи машини з таким пристроєм відбирається верхній шар добрив із ємності і подається на розподільчі робочі органи, або спрямовується по напрямним для заробки в ґрунт. Водночас створюються умови для примусової подачі добрив зі зниженими витратами енергії, показники якої практично не залежать від товщини шару сипких добрив у кузові та їхніх фізико-механічних властивостей, що є однією з головних умов якісної роботи тукової машини. Крім того, в разі відказу верхнього подавального пристрою відпадає необхідність у вивантаженні добрив, які залишились у кузові, що підвищує технологічні властивості тукової машини. А проте відомі конструктивні рішення верхніх подавальних пристроїв тукових машин знайшли застосування лише в бункерних машинах для внесення сипких матеріалів і не поширені в кузовних машинах для внесення мінеральних добрив та інших сипких матеріалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищенню ефективності застосування машин для внесення мінеральних добрив присвятили свої наукові роботи такі відомі вчені: П. М. Василенко, С. І. Назаров, М. С. Хоменко, Н. І. Волошин, Ю. І. Якімов, В. І. Якубаускас, М. Г. Догановський, В. А. Черноволов, В. С. Сергеев, В. В. Адамчук, В. К. Мойсеєнко та ін. Аналіз результатів досліджень технологічних процесів внесення мінеральних добрив для вирощування сільськогосподарських культур показав високий рівень механізації їх. А проте показники роботи кузовних тукових машин не завжди забезпечують сучасні вимоги з ефективності застосування їх через недосконалість їхніх подавальних пристроїв, які відповідно до принципу їхньої роботи поділяють на гравітаційні, примусові та комбіновані [3]. Як показав аналіз, примусові подавальні пристрої відрізняються найбільш надійною подачею добрив, практично незалежно від умов роботи, що забезпечує внесення їх туковими машинами з підвищеними техніко-економічними показниками. Залежно від конструктивних особливостей верхні подавальні пристрої поділяють на наступні групи: з нерухомо установленим подавальним

транспортером і поворотним бункером під час роботи; з радіальним переміщенням транспортера відносно осі свого ведучого барабана; з переміщенням транспортера в горизонтальному положенні відносно кузова.

Характерним для тукових машин із верхнім подавальним пристроєм, в якому транспортер установлений нерухомо, а бункер наділений можливістю повороту відносно своєї осі, є підведення сипких матеріалів до нижньої гілки подавального транспортера, яка і виносить їх із бункера. До стримуючих факторів застосування таких пристроїв у тукових машинах слід віднести необхідність у підйомі бункера з матеріалом до подавального транспортера, що потребує додаткових витрат енергії. Крім того, для збереження заданої подачі під час внесення мінеральних добрив виникає необхідність у зміні швидкості повороту бункера, що визвано збільшенням щільності його нижніх шарів. У зв'язку з цим такі подавальні пристрої знаходять застосування поки що в ґрунтообробних машинах для локального внесення добрив.

Подавальний пристрій з радіальним переміщенням транспортера відносно осі свого ведучого барабана характеризується розташуванням транспортера зверху сипкого матеріалу в бункері [4]. Під час роботи транспортер такої тукової машини своєю нижньою гілкою виносить матеріал з ємності через вихідне вікно, повертаючись при цьому сектороподібно відносно свого ведучого барабана. Водночас, у міру збільшення нахилу транспортера, змінюється й подача матеріалу з ємності, що погіршує показники роботи тукової машини.

Більш пристосованим до умов роботи є подавальний пристрій з переміщенням транспортера в горизонтальному положенні відносно кузова, при цьому транспортер утримується в горизонтальному положенні відповідним механізмом [5]. Особливості такого подавального пристрою обумовлені тим, що під час внесення добрив транспортер, захоплюючи своєю нижньою робочою гілкою верхній шар добрив, виносить їх із кузова через його задню відкриту сторону. У міру опорожнення кузова транспортер опускається під дією сили своєї ваги, залишаючись у горизонтальному положенні. Водночас під час роботи відбувається самовільне обрушення добрива і його висипання через задню відкриту сторону кузова, що призводить до

погіршення показників роботи машини. Зважаючи на це, застосування такого верхнього подавального пристрою для внесення сипких мінеральних добрив не представляється можливим. Тому подібні пристрої знайшли застосування для внесення в ґрунт органічних добрив, які наділені значними силами внутрішнього зчеплення і менше схильні до самовільного обрушення з відкритого кузова.

З аналізу приведених подавальних пристроїв встановлено, що найбільш раціональним для кузовних розкидачів мінеральних добрив є верхній подавальний пристрій, в якому транспортер залишається під час роботи в горизонтальному положенні. Водночас суттєві недоліки цього пристрою, а саме наявність обрушення добрив із кузова і складність пристрою для виводу транспортера з кузова для його завантаження добривом, не дають можливості його широкого застосування в сільськогосподарському виробництві.

Мета досліджень. Підвищення рівномірності розподілу мінеральних добрив та інших сипких матеріалів завдяки стабільності їх подачі з кузова до розкидальних робочих органів із використанням верхнього подавального пристрою.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети використані наступні методи: метод порівняння відмінностей окремих груп машин для внесення добрив, метод аналізу властивостей нової технічної системи, метод функціонального винахідництва, а також методи теоретичної та аналітичної механіки.

Результати досліджень. Для досягнення поставленої мети проведені теоретичні дослідження, що спрямовані на обґрунтування оптимальних параметрів подавального транспортера, розташованого зверху добрив у кузові тукової машини. Водночас було встановлено, що найбільш ефективним видом тягового елемента є транспортерна стрічка,

перевагами якою є здатність виконувати тягову і несучу функції, простота і відносно низька витрата енергії на її переміщення [6]. Також встановлено, що наділення стрічки скребками забезпечує стійкий примусовий характер подачі добрив із кузова, висота скребків h яких визначається за наступною залежністю:

$$h = \frac{Q_{\max}}{V_{\max} \cdot B \cdot \gamma \cdot c}, \quad (1)$$

де Q_{\max} – максимальна подача добрив, кг/с;
 V_{\max} – максимальна швидкість тягового елемента, м/с;
 B – ширина подавального транспортера, м;
 γ – щільність добрив, кг/м³;
 c – коефіцієнт заповнення добривом міжскребкового простору.

Відомими авторами також встановлено, що перед скребками такого транспортера сипучий матеріал знаходиться в граничному напруженому стані, міжскребкову відстань яких пропонується визначати, виходячи із зони розповсюдження місцевого тиску [7]. У результаті проведених теоретичних досліджень отримана наступна залежність для визначення міжскребкової відстані S для суцільного транспортера:

$$S = \frac{h \cdot (\frac{1}{m} - m)}{f}, \quad (2)$$

де m – коефіцієнт рухомості добрив;
 f – коефіцієнт внутрішнього тертя добрив.

Важливим показником роботи тукових машин є потреба потужності кузовної тукової машини для приводу транспортера верхнього подавального пристрою. Дослідженнями встановлено, що під час роботи подавального транспортера, розташованого в кузові зверху добрив, потужність N витрачається на переміщення верхнього шару добрив і самого тягового органа. Вона визначається за наступною залежністю:

$$N = 9,8 \cdot V_m [0,5 \cdot L_m \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot k \cdot c + G_m \cdot (f + \omega_m)], \text{ Вт}, \quad (3)$$

де V_m – швидкість робочої гілки транспортера, м/с;
 L_m – довжина транспортера, м;
 k – коефіцієнт, що враховує об'єм скребків у шарі добрив;
 G_m – маса транспортера, кг;
 ω_m – коефіцієнт опору тягової гілки транспортера.

Порівняльні розрахунки показали, що потужність, яка витрачається на привод подавального транспортера верхньої подачі, у 2,8 рази менша, порівнюючи з витратою потужності на його привод у разі його нижнього розташування в кузові тукової машини.

На основі теоретичних і пошукових досліджень обґрунтовано конструктивне рішення кузовного розкидача верхньої подачі для внесення мінеральних добрив та інших сипких матеріалів [8]. Особливістю цього розкидача є наділення подавального транспортера паралелограмним механізмом і наявність рухомої задньої стінки кузова криволінійної форми, шарнірно зв'язаної з подавальним транспортером, утворюючи з ним вихідну щілину для добрив. Під час обґрунтування конструктивних параметрів такого розкидача появилась необхідність в теоретичному дослідженні характеру тиску

сипких мінеральних добрив на задню криволінійну стінку кузова. У результаті проведених досліджень встановлено, що тиск P_c на стінку можна виразити інтегралом функції $\ln(P_a + 1)$, нижня межа якої дорівнює нулю:

$$P_c = \kappa \cdot \int_0 P_a \ln(P_a + 1) dP, \quad (4)$$

де κ – коефіцієнт пропорційності;
 P_a – активний тиск добрив на стінку, Па.

Подальші дослідження технічного забезпечення технологічного процесу внесення мінеральних добрив призвели до конструктивної розробки кузовного розкидача добрив стабільної подачі, який відрізняється своєю рухомою стінкою, охопленою безкінечною стрічкою, закріпленою до краю днища кузова [9] (рис.).

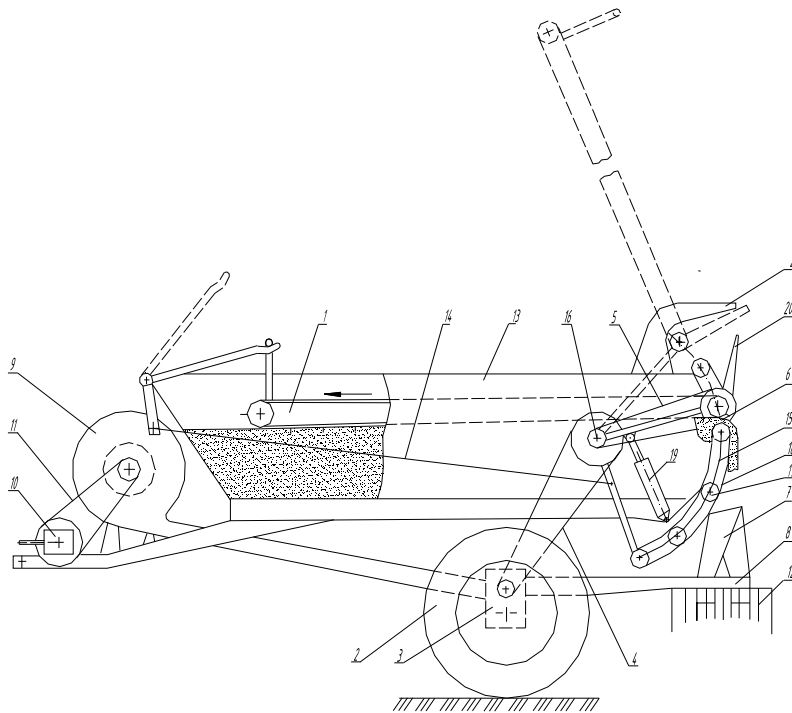


Рис. Схема удосконаленого розкидача добрив із верхньою подачею
Fig. Shema of the improved throwing about fertilizers with anoverhead serve

Під час роботи такої машини подавальний транспортер 1, який приводиться в рух від опорного колеса 2 через редуктор 3 і ланцюгові передачі 4 і 5, захоплює добрива верхнього шару і подає їх через висівну щілину 6 на спрямувач 7. Добрива із спрямувача 7 поступають у пневматичний розсіваючий пристрій 8, де їхні частки під

напором повітря, що створює вентилятор 9, який приводиться в рух від енергетичного засобу через редуктор 10 і ланцюгову передачу 11, розганяються і пальцевим пристроєм 12 розподіляються по ширині захвату розкидача. Відповідно до опорожнення кузова 13 подавальний транспортер 1, опираючись на паралелограмний механізм 14,

опускається в горизонтальному положенні під дією сили своєї ваги, а зв'язана з ним задня стінка 15 повертається водночас відносно своєї осі 16. Водночас стінка 15 своїми роликми 17 перекочується по безкінечній стрічці 18, що забезпечує понижені витрати енергії на її переміщення [10]. Крім того, закріплення стрічки до днища кузова упереджує просипання сипучого матеріалу з кузова. Після опорожнення кузова 13 від добрива гідроциліндри 19, що установлені з бокових сторін кузова 13, приводяться в дію від енергетичного засобу і через механізм 14 виводять транспортер 1 із кузова до зіткнення упорів 20 транспортера 1 із кронштейнами 21, а стінка 15, повертаючись відносно своєї осі 16, закриває задню частину кузова 13. Подальше переміщення транспортера 1 у верхньому напрямку відбувається завдяки його повороту відносно точки зіткнення упорів 20 із кронштейнами 21 до положення вільного завантаження добривом кузова 13. Після завантаження добривом кузова 13 гідроциліндри 18 виключаються з роботи, водночас транспортер 1 опускається на шар добрив у кузові 13 і процес внесення їх продовжується.

Висновки. У результаті проведених досліджень виявлені переваги машин, обладнаних верхнім подавальним пристроєм, які створюють умови примусової подачі мінеральних добрив та інших сипких матеріалів з ємності до розподільчих органів, що є вагомою передумовою для рівномірного розподілу їх по площі. Проте недосконалість відомих машин із верхнім подавальним пристроєм стримує їхнє запровадження в сільськогосподарське виробництво. На основі цього обґрунтовано більш досконале конструктивне рішення кузовного розкидача верхньої подачі, в якому транспортер забезпечує під час роботи стабільну подачу добрив із кузова зі зниженою витратою механічної енергії.

Бібліографія

1. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва / за ред. Б. С. Носка. Київ: Аграрна наука, 1999. 112 с.
2. А. с. 843797 СССР, МКИ А 01 В 49/06. Приспособление к почвообрабатывающим машинам и орудиям для глубокого внесения удобрений и ядохимикатов в почву / А. Р. Аникеев.

№ 2504628; заявл. 07.07.77; опубл. 07.07.81, Бюл. № 25.

3. Назаров С. И. Обоснование параметров питателей машин для подготовки и внесения минеральных удобрений. *Вопросы сельскохозяйственной механики*. Минск: Урожай, 1970, Т. 2. С. 78–212.
4. Appareil pour epandage de chaux, maerl, marne, fumier, etc: Patent 1199401 Франция: Herve-Francois. 1959.
5. Epandeur de fumier perfectionne. Patent 1204618 Франция: Drayer, Heinz. 1975.
6. Иванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини: підручник. Київ: Вища школа, 1993. 413 с.
7. Зенков Р. С. Механика насыпных грузов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1964. 251 с.
8. А. с. 586861 СССР, МПК А 01 С 15/06. Разбрасыватель удобрений / В. Я. Слободюк, Г. В. Фесенко, П. А. Джолос. № 2340027; заявл. 03.03.76; опубл. 05.01.78, Бюл. № 1.
9. А. с. 1313374 СССР, МПК А 01 С 15/06. Разбрасыватель удобрений / Г. В. Фесенко, А. Н. Денисенко. № 3988793; заявл. 16.12.85; опубл. 30.05.87, Бюл. № 20.
10. Фесенко Г. В., Денисенко А. Н. Совершенствование кузовных разбрасывателей с верхним подающим устройством. *Сб. науч. тр. Республ. науч.-т. конф.* Глеваха, 1988. С. 18–19.

Bibliografia

1. Shliakhy pidvyshchennia rodiuchosti gruntiv u suchasnykh umovakh silskohospodarskoho vyrobnytstva / za red. B. S. Noska. Kyiv: Ahrarna nauka, 1999. 112 s.
2. А. s. 843797 SSSR, МКУ А 01 V 49/06. Prysposoblenye k pochvoobrabatyvaiushchym mashynam y orudiyam dlia hlubokoho vneseniya udobreniy y yadokhymykatov v pochvu / A. R. Anykeev. № 2504628; zaiavl. 07.07.77; opubl. 07.07.81, Biul. № 25.
3. Nazarov S. Y. Obosnovanye parametrov pytatelei mashyn dlia podgotovky y vneseniya myneralnykh udobreniy. *Voprosy selskokhoziaistvennoi mekhanyky*. Mynsk: Urozhai, 1970. T. 2. S. 78–212.
4. Appareil pour epandage de chaux, maerl, marne, fumier, etc: Patent 1199401 Frantsiia: Herve-Francois. 1959.
5. Epandeur de fumier perfectionne. Patent 1204618 Frantsiia: Drayer, Heinz. 1975.
6. Ivanchenko F. K. Pidiomno-transportni mashyny: pidruchnyk. Kyiv: Vyshcha shkola, 1993. 413 s.
7. Zenkov R. S. Mekhanyka насыпных hruzov. 2-e yzd. M.: Mashynostoroenye, 1964. 251 s.
8. А. s. 586861 SSSR, МПК А 01 S 15/06. Razbrasывatel udobreniy / V. Ya. Slobodiuk,

H. V. Fesenko, P. A. Dzholos. № 2340027; zaiav 1.03.03.76; opubl. 05.01.78, Biul. № 1.

9. A. s. 1313374 SSSR, MPK A 01 S 15/06. Razbrasывatel udobrenyi / H. V. Fesenko, A. N. Denysenko. № 3988793; zaiavl. 16.12.85; opubl. 30.05.87, Biul. № 20.

10. Fesenko H. V., Denysenko A. N. Sovershenstvovanye kuzovnykh razbrasывatelei s verkhnyim podaiushchym ustroystvom. *Sb. nauch. tr. Respubl. nauch.-t. konf. Hlevakha*, 1988. S. 18–19.

References

1. Methods of soil fertility improving under conditions of modern agricultural production / ed. B. S. Noska. Kyiv: Ahrarna nauka, 1999. 112 p.

2. A. c. 843797 USSR, МКИ А 01 В 49/06. Adaptation to tillage machines and implements for deep fertilization of fertilizers and pesticides in the soil / A. R. Anikieiev. № 2504628; appl. 07.07.77; issued. 07.07.81, Bul. No. 25.

3. Nasarov S. I. Substantiation of parameters of feeders of machines for the preparation and application of mineral fertilizers. *Questions of*

agricultural mechanics. Minsk: Urozhai, 1970. Vol. 2. Pp. 78–212.

4. Appareil pour epandage de chaux, maerl, marne, fumier, etc: Patent 1199401 France: Herve-Francois. 1959.

5. Epandeur de fumier perfectionne. Patent 1204618 France: Drayer, Heinz. 1975.

6. Ivanchenko F. K. Lifting-and-shifting machines: manual. Kyiv: Vysha shkola, 1993. 413 p.

7. Zenkov R. S. Bulk cargo mechanics 2 edition. Moscow: Mashinostroenie, 1964. 251 p.

8. A. c. 586861 USSR, МПК А 01 С 15/06. Fertilizer scatterer / V. Ia. Slobodiuk, H. V. Fesenko, P. A. Dzholos. № 2340027; appl. 03.03.76; issued. 05.01.78, Bul. No. 1.

9. A. c. 1313374 USSR, МПК А 01 С 15/06. Fertilizer scatterer / H. V. Fesenko, A. N. Denysenko. No. 3988793; appl. 16.12.85; issued. 30.05.87, Bul. No. 20.

10. Fesenko H. V., Denysenko A. N. Improvement of body spreaders with the top feeder. *Scientific journal of republic scientific technical conference*. Hlevakha, 1988. Pp. 18–19.