

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2020-11-5>
УДК 631.833

Взаємодія прутково-планчастого конвеєра машини з мінеральними добривами

Вітрух П. І.,

н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: pvitrukh@rambler.ru; ORCID iD 0000-0003-4467-611X

Анотація

Мета. Визначення впливу та взаємодії прутково-планчастого конвеєра з масою добрив для обґрунтування вибору його параметрів та режиму роботи, що забезпечують стабільність протікання процесу.

Методи. Теоретичні розрахунки, їх аналіз.

Результати. Обґрунтовано структурну схему процесу витікання мінеральних добрив прутково-планчастим конвеєром через вивантажувальне вікно.

Ефективність добрив значною мірою залежить від правильного сполучення прийомів їх внесення в ґрунт. Існують два способи використання добрив: суцільний поверхневий розсів і внутрішньо ґрунтове внесення.

Залежно від термінів і норм виконують основне й приписівне внесення, а також підживлення [1].

Розкидачі мінеральних добрив відцентрового типу, в яких використовуються диски з можливістю внесення робочої суміші на поверхню під кутом до горизонту, отримали широке роз-

повсюдження. Пояснюється це передусім універсальністю засобу, в якому завдяки переорієнтації диска можна отримати високу якість внесення мінеральних добрив та досягти високих показників за шириною розкидання.

Висновки. Результати проведеного кінематичного аналізу показали, що теоретично можлива нерівномірність розподілу мінеральних добрив може досягати 34–60%, фактично вона менша внаслідок пружності та осипання добрив.

Для зменшення нерівномірності розподілу в конструкції машини нами передбачений проміжний бункер із похилим шнеком, завдяки якому ми змогли суттєво знизити переривання подачі маси конвеєром. По-друге, завдяки шнеку ми домоглися універсальності машини: після зняття відцентрового робочого органа машину можна використовувати на інших роботах.

Ключові слова: мінеральні добрива, прутково-планчастий конвеєр, розкидне та локальне внесення добрив.

UDC 631.333

Interaction of the bar-plate conveyor of the machine with mineral fertilizers

Vitrukh P. I.,

Researcher, National Scientific Center “Institute of Agricultural Engineering and Electrification”, e-mail: pvitrukh@rambler.ru; ORCID iD 0000-0003-4467-611

Annotation

Purpose. Determining the impact and interaction of the bar-plate conveyor with the mass of fertilizers to justify the choice of its parameters and mode of operation, ensuring the stability of the process.

Methods. Theoretical calculations, their analysis.

Results. The structural scheme of the process of mineral fertilizers leakage by bar-plate conveyor through the unloading window is substantiated.

The effectiveness of fertilizers largely depends on the correct combination of methods of their introduction into the soil. There are two ways to use fertilizers: continuous surface sifting and internal soil application.

Depending on the terms and norms perform basic and pre-sowing application, as well as fertilization [1].

Centrifugal mineral fertilizer spreaders, which use disks with the possibility of making the working mixture on the surface at an angle to the horizon have

become widespread. This is due primarily to the versatility of the tool, in which due to the reorientation of the disk you can get high quality fertilizers and achieve high widths of spread.

Conclusions. The results of the kinematic analysis showed that the theoretically possible uneven distribution of mineral fertilizers can reach 34–60%, in fact it is less due to the elasticity and shedding of fertilizers.

To reduce the uneven distribution in the design of the machine, we have provided an intermediate hopper with an inclined auger, due to which we were able to significantly reduce the intermittent supply of mass by the conveyor. Secondly, due to the auger, we have achieved the versatility of the machine: after removing the centrifugal working body, the machine can be used for other work.

Keywords: mineral fertilizers, bar-plate conveyor, spreading and local fertilization.

УДК 631.333

Взаимодействие прутково-планчатого конвейера машины с минеральными удобрениями

Витрух П. И.,

н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: pvitruх@rambler.ru;
ORCID iD 0000-0003-4467-611

Аннотация

Цель. Определение влияния и взаимодействия прутково-планчатого конвейера с массой удобрений для обоснования выбора его параметров и режима работы, обеспечивающих стабильность протекания процесса.

Методы. Теоретические расчеты, их анализ.

Результаты. Обоснованно структурную схему процесса истечения минеральных удобрений прутково-планчатым конвейером через выгрузное окно.

Эффективность удобрений в значительной степени зависит от правильного сочетания приемов их внесения в почву. Существуют два способа использования удобрений: сплошной поверхностный рассев и внутривспашечное внесение.

В зависимости от сроков и норм выполняют основное и припосевное внесение, а также подкормки [1].

Разбрасыватели минеральных удобрений центробежного типа, в которых используются диски с возможностью внесения рабочей смеси на поверхность под углом к горизонту, получили широкое распространение. Объясняется это прежде всего универсальностью средства, в котором за счет перераспределения диска можно получить высокое качество внесения минеральных удобрений и достичь высоких показателей по ширине разбрасывания.

Выводы. Результаты проведенного кинематического анализа показали, что теоретически возможная неравномерность распределения минеральных удобрений может достигать 34–60%, фактически она меньше за счет упругости и осыпания удобрений.

Для уменьшения неравномерности распределения в конструкции машины нами предусмотрен промежуточный бункер с наклонным шнеком, за счет которого мы смогли существенно снизить прерывность подачи массы конвейером. Во-вторых, за счет шнека мы добились универсальности машины: после снятия центробежного рабочего органа машину можно использовать на других работах.

Ключевые слова: минеральные удобрения, прутково-планчатый конвейер, разбросное и локальное внесение удобрений.

Постановка проблемы. Для каждой сільськогосподарської культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах існують опти-

мальні дози внесення добрив. Способи та строки внесення залежать від біологічних і сортових особливостей культури, попередників, ґрунтових умов, можливостей конкретного господарства. Зазвичай застосовують розкидний і локальний способи внесення добрив. Розкидне та локальне внесення добрив може бути основним, припосівним удобреньям і підживленням. Проте відсутність чіткого трактування ряду конструкційних особливостей як робочого органа, так і машини загалом створюють проблеми з виконанням агротехнічних вимог та збільшення екологічного навантаження [2]. Одним із показників агротехнічних вимог до виконання операції внесення мінеральних добрив є нерівномірність розподілу на ширині захвату 20%, по ходу руху агрегату 10%. Машини для внесення мінеральних добрив вітчизняного виробництва забезпечують рівномірність внесення 25–30%, що призводить до погіршення якості та кількості врожаю, строкатості посівів [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено [5, 6], що нерівномірне внесення мінеральних добрив та вапна призводить до суттєвих втрат урожаю та погіршення його якості.

Основними недоліками відцентрових машин для внесення мінеральних добрив є:

- висока нерівномірність розподілу на ширині захвату;
- перерозподіл по фракціях у межах ширини захвату;
- нестабільність ширини захвату.

Зрозуміло, що якість розкидання вітчизняними машинами треба підвищити, але це вимагає суттєвих витрат. Тому, удосконалюючи технічний рівень машин, треба орієнтуватися на економічно обґрунтовані межі. Усе це вказує на необхідність подальших досліджень процесу внесення добрив.

Під час аналітичних досліджень нами була створена математична модель внесення

гранульованих добрив відцентровим дисковим апаратом і запропонована конструкційна схема розкидача.

Оскільки в машинах для внесення мінеральних добрив застосовуються переважно бункери трапецеїдальної форми, тому й ми будемо використовувати його [8, 9].

Для вивчення цього питання в технологічному процесі розподілу добрив по площі необхідно розглянути умову, що забезпечує непереривність і стабільність дозування добрив.

Подавальний конвеєр розкидача призначений для подачі мінеральних добрив та розподілу їх по робочих органах із метою забезпечення рівномірності їх розподілу. Робота подавальних конвеєрів описана багатьма дослідниками, але в цих роботах є один суттєвий недолік, який значно впливає на рівномірність розподілу добрив по площі. Він полягає в нерівності подачі добрив до робочих органів. Ця нерівномірність є наслідком роботи кулісного механізму дозування. Специфіка роботи такого механізму полягає в тому, що в період зворотного руху куліси по зірочці привода ведучого вала конвеєра змінюється відповідно до встановленої дози внесення. Чим менша доза, тим менше часу витрачається на зворотній хід заслінки в початкове положення. Крім цього, після встановлення механізму на необхідну дозу внесення мінеральних добрив швидкість конвеєра змінюється навіть у короткий проміжок часу, який необхідно для виконання циклу подачі порції добрив до розподільного робочого органа.

Мета досліджень. Визначення впливу та взаємодії прутково-планчастого конвеєра з масою добрив для обґрунтування вибору його параметрів та режиму роботи, що забезпечують стабільність протікання процесу.

Методи досліджень. Теоретичні розрахунки, їх аналіз.

Результати досліджень. Продуктивність конвеєра можна визначити за формулою:

$$q = v_{TP} \cdot b_{TP} \cdot h \cdot \gamma \cdot k, \quad (1)$$

де q – секундна подача добрив прутково-планчастим конвеєром, кг/с;

v_{TP} – середня швидкість руху конвеєра, м/с;

b_{TP} – ширина конвеєра, м;

h – висота випускного отвору, м;

γ – об'ємна маса добрив, кг/м³;

k – поправочний коефіцієнт.

Поправочний коефіцієнт враховує ряд факторів, що впливають на фактичну продуктивність конвеєра. Одним із них є різниця швидкості переміщуваного конвеєром матеріалу від швидкості самого конвеєра. Ця різниця з'являється внаслідок пробуксовування самого конвеєра відносно матеріалу, а також через явища, що мають місце в потоці матеріалу, які взаємодіють із частинками, що знаходяться в різних шарах, і зсув матеріалу та ступінь ущільнення використання площі випускного вікна.

За даними А. И. Мандельбаума, коефіцієнт можна запропонувати як:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує різницю між середньою й фактичною швидкостями матеріалу та швидкістю самого конвеєра;

k_2 – коефіцієнт, що показує відношення фактичного об'єму маси матеріалу на сходженні з конвеєра до насипної маси;

k_3 – коефіцієнт, що враховує ступінь використання площі випускного вікна;

k_4 – коефіцієнт, що характеризує вплив об'єму робочого органа на його продуктивність.

Таке уявлення коефіцієнта k можна застосувати здебільшого для будь-якого робочого органа, але бувають випадки, коли, розглядаючи ту чи іншу конструкцію подавального робочого органа, можна знехтувати деякими його складовими. У даному разі можна знехтувати k_3 і k_4 , прийнявши їх за

1. Коефіцієнт k_1 , на основі експерименту, приймають таким, що дорівнює 0,90–0,95 м/с, а k_2 змінюється за проміжок від початку до кінця розвантаження кузова машини: спочатку зростає від 1 до 1,2–1,3, а в подальшому повертається в початкове положення до 1.

Введемо значення $b \cdot h = F$, де F – площа поперечного перерізу шару матеріалу, що переміщується й виходить через випускне вікно, то формула (1) буде:

$$q = v_{TP} \cdot F \cdot \gamma \cdot k. \quad (2)$$

Але з іншого боку продуктивність визначається з умови:

$$q = B \cdot v_{\max} \cdot Q_{\min} \cdot (Q_{\max}) \cdot 10^{-4}$$

Прирівнявши праві частини двох останніх виразів та вирішивши отриману залежність відносно швидкості подачі конвеєра, отримаємо:

$$v_{TP} = \frac{v_{\text{маш}} \cdot B_{\text{роб}} \cdot Q_{\text{мін}} \cdot (Q_{\text{макс}})}{F \cdot \gamma \cdot k \cdot 10^{-4}} \quad (3)$$

Швидкість, отриману з даного виразу, потрібно розглядати як швидкість рівномірного руху конвеєра. Враховуючи, що в даному разі конвеєр нерівномірно переміщується, то отримана швидкість із формули (3) повинна відображати середню фактичну швидкість конвеєра.

Для визначення зміни ступеня величини швидкості конвеєра необхідно провести кінематичний аналіз механізму прутково-планчастого конвеєра (рис. 1) з вибраними конструкційними розмірами. Для цього необхідно побудувати швидкості, які дозволять визначити миттєву швидкість будь-якої точки механізму, відповідно миттєву кругову швидкість привода ведучої зірочки та конвеєра.

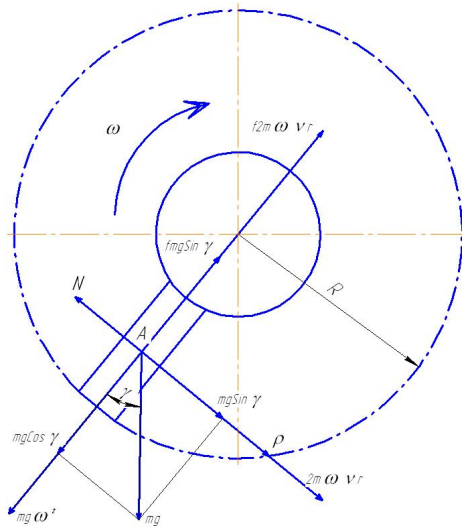


Рис. 1. Схема впливу сил на частинку:

ω – кутова швидкість прутка; R – радіус прутка; mg – сила тяжіння; ρ – сила опору маси розриву; $mr\omega^2$ – центробіжна сила та сила інерції; $2m\omega Vr$ – сила Кориоліса; N – реакція прутка

Fig. 1. The scheme of the power's influence on the particle:

ω – angular velocity of the rod; R – radius of the rod; mg – gravity; ρ – the resistance force of the rupture mass; $mr\omega^2$ – centrifugal force and force of inertia; $2m\omega Vr$ – Coriolis force; N – rod reaction

Миттєва кругова швидкість точки, що рухається разом із коромислом з однаковою

кутовою швидкістю, може бути визначена, якщо відома відстань від осі обертання коромисла, за формулою:

$$v_{\rho} = v_{\text{в.кор}} \cdot \frac{\rho}{l} \quad (4)$$

де v_{ρ} – кругова швидкість точки, міцно зв'язаної з коромислом, м/г;
 ρ – відстань даної точки від осі обертання коромисла, м;
 l – довжина коромисла, м.

Зважаючи на формулу (4), визначаємо миттєву кругову швидкість привода ведучої зірочки конвеєра та будуємо графік (рис. 2), який підтверджує коливання маси прутково-планчастим конвеєром із кулісним приводом механізму.

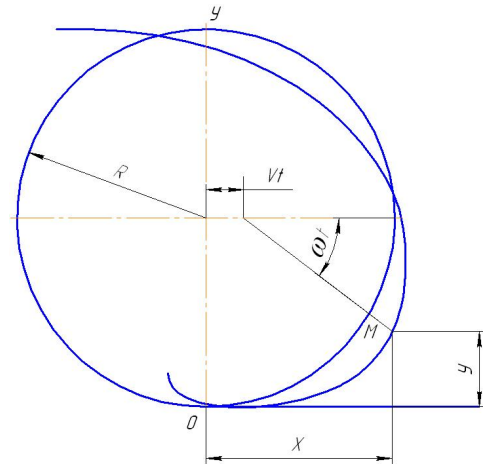


Рис. 2. Схема утворення шару:

R – радіус прутка; X – вісь; ωt – кутова швидкість прутка; y – висота опору шару добрив

Fig. 2. Layer formation scheme:

R – radius of the rod; X – axis; ωt – angular velocity of the rod;

y – the height of the resistance of the fertilizer layer

Використавши (рис. 2) та врахувавши, що машина рухається по полю із заданою робочою швидкістю, будуємо графік зміни швидкості конвеєра подачі маси у функції шляху, що пройшла машина. Застосувавши формулу (2) за заданих розмірів випускного отвору та відомої швидкості конвеєра, визначаємо зміну секундної подачі добрив конвеєром до розподільних органів залежно від шляху, пройденого машиною (рис. 3).

Отримані графіки мають практичне застосування та дають уявлення про характер розподілу добрив по довжині проходу машини. Вони дозволяють прийти до висновку, що

періодичні зупинки конвеєра негативно впливають на якість розподілу мінеральних добрив.

Обґрунтовано структурну схему процесу витікання мінеральних добрив прутково-планчастим конвеєром через вивантажувальне вікно.

Ефективність добрив значною мірою залежить від правильного сполучення прийомів їх внесення в ґрунт. Існують два способи використання добрив: суцільний поверхневий розсів і внутрішньо ґрунтове внесення.

Залежно від термінів і норм виконують основне й приписівне внесення, а також підживлення [1].

Розкидачі мінеральних добрив відцентрового типу, в яких використовуються диски з можливістю внесення робочої суміші на поверхню під кутом до горизонту, отримали широке розповсюдження. Пояснюється це передусім універсальністю засобу, в якому завдяки переорієнтації диска можна отримати високу якість внесення мінеральних добрив та досягти високих показників за шириною розкидання.

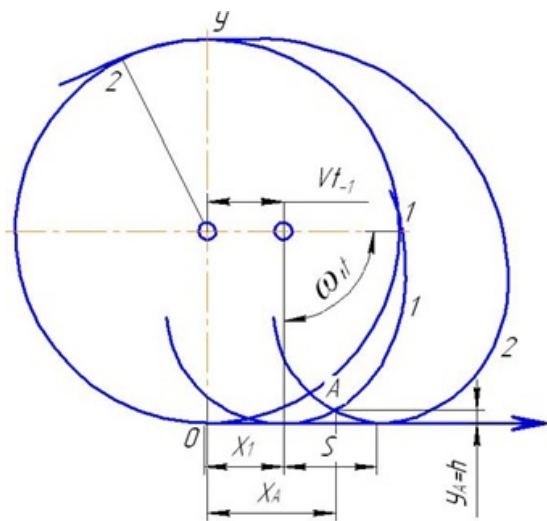


Рис. 3. Схема утворення гребенів:

X_A – зміщення шару добрив відносно осі S ;

V_{t-1} – кутова швидкість прутка;

V_{t-1} – відстань між центрами шару добрив;

1, 2 – хвилові шари добрив; X_A – абсциса;
 $y_A = h$ – свободоутворення між шарами добрив

Fig. 3. Scheme of ridge formation:

X_A – displacement of the fertilizer layer relative to the axis S ; V_{t-1} – angular velocity of the rod;

V_{t-1} – the distance between the centers of the fertilizer layer; 1, 2 – wave layers of fertilizers;
 X_A – abscissa;

$y_A = h$ – freedom of formation between layers of fertilizers

Висновки. Результати проведеного кінематичного аналізу показали, що теоретично можлива нерівномірність розподілу мінеральних добрив може досягати 34–60%, фактично вона менша внаслідок пружності та осипання добрив.

Для зменшення нерівномірності розподілу в конструкції машини нами передбачений проміжний бункер із похилим шнеком, завдяки якому ми змогли суттєво знизити переривання подачі маси конвеєром. По-друге, завдяки шнеку ми домоглися універсальності машини: після зняття відцентрового робочого органа машину можна використовувати на інших роботах.

Бібліографія

1. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов (основания расчета погрузочно-разгрузочных и транспортных устройств). Москва : Машиностроение, 1964.
2. Кобец А. С., Нагиева Н. А. Состояние и перспективы развития конструкций разбрасывателей минеральных удобрений / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; за ред. П. П. Казакевича, О. О. Дударева. Минск : РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2010. В 2 т. Т. 1. С. 95–100.
3. Теоретична механіка : навч. посібник для практ. занять / Г. М. Калетнік та ін.; за ред. акад. НААН В. М. Булгакова. Київ : Аграрна наука, 2014. 576 с.
4. Кильчевский Н. А. Курс теоретической механики. Москва : Наука, 1977. Т. I (Кинематика, статика, динамика точки). 2-е изд. 480 с.
5. Кильчевский Н. А. Курс теоретической механики. Москва : Наука, 1977. Т. II (Динамика системы, аналитическая механика, элементы теории потенциала, механика сплошной среды, специальной и общей теории относительности). 544 с.
6. Popov, Valentin L. Kontakt Mechanik und Reibung. Ein Lehr- und Anwendungsbuch von der Nanotribologie bis zur numerischen Simulation. Springer-Verlag, 2009. 328 s. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88837-6>
7. Xisto, A., Boas, E., Nunes, E., Federal, B. M. V. B. Guerreiro, M. C. Volatile profile and physical, chemical, and biochemical changes in fresh cut watermelon during storage. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2012. Vol. 32. No. 1. Pp. 173–178. Doi: 10.1590/s0101-20612012005000020
8. Erukainure, O. L. Oke, O. V., Daramola, A. O., Adenekan, S. O., Umanhonlen, E. E. Improvement of the Biochemical Properties of Watermelon Rinds Subjected to *Saccharomyces cerevisiae* Solid Media Fermentation. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2010. Vol. 9. Issue 8. Pp. 806–809. DOI: 10.3923/pjn.2010.806.809

Bibliografii

1. Zenkov, R. L. (1964). *Mekhanika nasypnykh gruziv (osnovaniya rascheta pogruchno-razgruchnykh i transportnykh ustroystv)* Moskva : Mashinostroyeniye.
2. Kobets, A. S., Nagiyeva, N. A. (2010). *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya konstruksiy razbrasyvateley mineral'nykh udobreniy / RUP «Nauchno-prakticheskiy tsentr Natsional'noy akademii nauk Belarusii po mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva»*; za red. P. P. Kazakevicha, O. O. Dudareva. Minsk : RUP «NPTS NAN Belarusii po mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva». V 2 t. T. 1. S. 95–100.
3. (2014). *Teoretychna mekhanika : navch. Posibnyk dlya prakt. Zanyat / H. M. Kaletnik ta in.; za red. akad. NAAN. M. Bulhakova. Kyiv : Ahrmanauka. 576 s.*
4. Kil'chevskiy, N. A. (1977). *Kurs teoreticheskoy mekhaniki. Moskva : Nauka. T. I (Kinematika, statika, dinamika tochki). 2-ye izd. 480 s.*
5. Kil'chevskiy, N. A. (1977). *Kurs teoreticheskoy mekhaniki. Moskva : Nauka. T. II (Dinamika sistemy, analiticheskaya mekhanika, element teorii potentsiala, mekhanika sploshnoy sredy, spetsial'noyi obshchey teorii otноситel'nosti). 544 s.*
6. Popov, Valentin L. *Kontakt Mechanik und Reibung. Ein Lehr-und Anwendungsbuch von der Nanotribologie bis zur numerischen Simulation. Springer-Verlag, 2009. 328 s. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88837-6>*
7. Xisto, A., Boas, E., Nunes, E., Federal, B. M., Guerreiro, M. C. (2012). Volatile profile and physical, chemical, and biochemical changes in fresh cut watermelon during storage. *Food Science and Technology (Campinas)*, vol. 32, no. 1, 173–178. Doi: 10.1590/s0101-20612012005000020
8. Erukainure, O. L. Oke, O. V., Daramola, A. O., Adenekan, S. O., Umanhonlen, E. E. (2010). Improvement of the Biochemical Properties of Watermelon Rinds Subjected to *Saccharomyces cerevisiae* Solid Media Fermentation. *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 9, issue 8, 806–809. DOI: 10.3923/pjn.2010.806.809

References

1. Zenkov, R. L. (1964). *The mechanics of bulk cargoes. (grounds for calculating the loading of full-time unloading and transport devices). Moscow : Mashinostroenie Publishing House. [in Russian].*
2. Kobets, A. S., Nagieva, N. A. (2010). *State and prospects of development of structures of spreaders of mineral fertilizers / RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for the mechanization of agriculture”*; edited by P. P. Kazakevich, O. O. Dudarev. Minsk : RUE “Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Agricultural Mechanization”. Vol. 1, 95–100. [in Belarus].
3. Kaletnik, G. M., Bulgakov, V. M., Grynnyk, I. V., Adamchuk, V. V., Tishchenko, L. M., & Yaremenko V. V. (2014). *Theoretical mechanics. V. M. Bulgakov (Ed.). Kyiv : Agricultural science [in Ukrainian].*
4. Kilchevsky, N. A. (1977). *Course in theoretical mechanics. (Vol. I (Kinematics, statics, point dynamics). (2nd ed.) Moscow : Nauka.*
5. Kilchevsky, N. A. (1977). *Course in theoretical mechanics. Vol. II (System dynamics, analytical mechanics, elements of potential theory, continuum mechanics, special and general theory of relativity). Moscow : Nauka.*
6. Popov, Valentin L. (2009). *Kontakt Mechanik und Reibung. Ein Lehr-und Anwendungsbuch von der Nanotribologie bis zur numerischen Simulation. Springer-Verlag. 328 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88837-6>*
7. Xisto, A., Boas, E., Nunes, E., Federal, B. M., & Guerreiro, M. C. (2012). Volatile profile and physical, chemical, and biochemical changes in fresh cut watermelon during storage. *Food Science and Technology (Campinas)*, 32, 1, 173–178. Doi: 10.1590/s0101-20612012005000020
8. Erukainure, O. L. Oke, O. V., Daramola, A. O., Adenekan, S. O., & Umanhonlen, E. E. Improvement of the Biochemical Properties of Watermelon Rinds Subjected to *Saccharomyces cerevisiae* Solid Media Fermentation. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9, 8, 806–809. DOI: 10.3923/pjn.2010.806.809