

STUDY OF INTERACTION OF BREAKER-SPREADER WITH LINSEED STEM FLOW

D. Albota*

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES

AM
CM

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

Linseed is grown by farms for seed production. The most common flax harvesting techniques are direct harvesting or separate harvesting. Under favorable growing conditions, the stem part of the crop can reach 45 t/ha, which creates additional difficulties at the harvesting stage. In this paper, the process of interaction of the thinner tooth of the beater with the flow of flax stems to ensure the separation of stems and the separation of seeds has been studied. Theoretical studies were carried out and the necessary conditions for high quality processing of flax stalk flow were determined. Factors influencing the degree of flax seed separation and hull loosening were determined. A model of a tooth and comb for a beater-thickener was developed. The position of the teeth on the comb was substantiated. The deflection of the stalk clamped on both sides by the force of the tooth was determined. The force with which the flax stalks are pulled out of the fixings of the equipment is also determined. The time required to separate the seeds from the stalk layer and the percentage of separated seeds at different rotation frequencies of the loosener shaft were determined. The necessary distance between adjacent pairs of rollers to destroy the seed pods and separate the seeds was determined to be 40 cm. Increasing this distance causes the stalks to sag and wind up on the working elements of the machine. Processing a stream of flax stalks with the help of the developed equipment ensures complete separation of seeds from compacted layers of stalks with a minimum content of waste impurities and minimal loss of seeds. According to the results of the conducted researches it is recommended to install in the machine for flax harvesting a knot for stacking of stalks.

Key words:

linseed,
flax seeds,
tooth of beater-raiser,
flax stem,
stream of stems

Article history:

Received 29.03.2024

Accepted 18.04.2024

*Corresponding author:

kobzar_volun@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi50.1322

To cite this article:

Albota, D. (2024). Study of interaction of breaker-spreader with linseed stem flow. *Agricultural Machines*, 50, 18-24. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1322>

УДК 677.11.08

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ПІДБИВАЧА-РОЗПУШУВАЧА
З ПОТОКОМ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО****Д.С. Альбота****Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

AGRICULTURAL MACHINES

**А
С М М**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Вирощування льону олійного фермерськими господарствами спрямоване на отримання насіння. При збиранні урожаю найчастіше використовують пряме комбайнування або роздільну технологію збирання. За сприятливих умов вирощування стеблова частина урожаю може досягати 45 ц/га, що створює додаткові труднощі на етапі збирання. У статті досліджували процес взаємодії зубця підбивача-розпушувача з потоком стебел льону для забезпечення розпушування стебел та відокремлення насіння. Проведені теоретичні дослідження та визначені необхідні умови для якісного оброблення потоку стебел льону. Визначено фактори, які впливають на ступінь відокремлення насіння та розпушування стебел. Розроблено модель зубця та гребінку для підбивача-розпушувача. Обґрунтовано розташування зубців на гребінці. Визначено відхилення затисненого з обох сторін стебла за дії на нього зусилля від зубця. Також визначено зусилля, за якого відбувається висмикування стебел льону з фіксаторів установки. Визначено час, необхідний для відокремлення насіння з шару стебел, а також частку відокремленого насіння за різної частоти обертання валу розпушувача. Встановлено необхідну відстань між сусідніми парами вальців для руйнування насінневих коробочок та відокремлення насіння, що дорівнює 40 см. Збільшення цієї відстані спричиняє провисання стебел та намотування їх на робочі органи машини. Оброблення потоку стебел льону олійного за допомогою розробленого пристрою забезпечує повне відокремлення насіння з ущільнених шарів стебел з мінімальним вмістом сміттєвих домішок та мінімальними втратами насіння льону. За результатами проведених експериментальних досліджень рекомендовано встановити вузол для розпушування стебел у машині для збирання льону олійного.

Ключові слова:

льон олійний,
насіння льону,
зубець підбивача-розпушувача,
стебло льону,
потік стебел

Історія публікації:

Отримано 29.03.2024

Затверджено 18.04.2024

***Автор для листування:**

kobzar_volun@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi50.1322

Цитувати цю статтю:

Альбота, Д. С. (2024). Дослідження процесу взаємодії підбивача-розпушувача з потоком стебел льону олійного. *Сільськогосподарські машини*, 50, 18-24. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1322>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

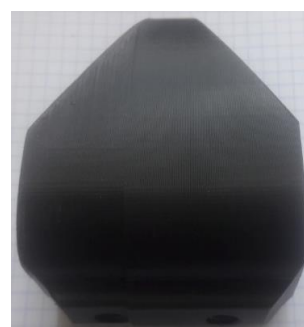
Для збирання льону олійного, як правило, використовують пряме комбайнування або роздільну технологію. Незалежно від способу збирання більшість фермерів використовують зернозбиральний комбайн, робочі органи якого неадаптовані до оброблення луб'яних культур. Як наслідок, отримують лише насіння, а стеблова частина урожаю втрачається після оброблення та перетворюється на стеблово-волоконисту масу, яка стає проблемою внаслідок неможливості її позбутися, оскільки спалювати стеблову масу заборонено, а у випадку заорювання у ґрунт можливі труднощі при подальшому оброблюванні поля (Narduzzi, 2015). У випадку вирощування льону олійного за технологією органічного землеробства, на етапі збирання урожаю льону використовують роздільну технологію збирання (Альбота та ін., 2021). За такого підходу не потрібно використовувати десиканти, натомість стебла зрізають на висоті до 5 см та вкладають у валки. Під час вилежування льону насіння у коробочках дозріває, після чого можна проводити оброблення стебел. Якщо льон олійний вирощувати на території Полісся України, то урожайність стеблової частини льону може становити до 45 ц/га за висоти стеблостою 0,7 м. Для збереження урожаю льону олійного доцільно застосовувати нові способи його збирання (Вербіцький, 2010; Allagui et al., 2021; Dudarev & Kirchuk, 2011; Singh et al., 2011; Налобіна & Селезньов, 2012; Петраченко, 2014; Palanisamy et al., 2022). Також доцільно розробити нову машину для збирання льону, яка б відокремлювала насіння від стебел та зменшувала б пружні властивості стеблової маси льону, оскільки у випадку оброблення валка стебел декортикатором після першої пари вальців має місце значне ущільнення стебел. Як наслідок, ускладнене відокремлення насіння з ущільненого шару стебел. Тому нова машина має містити пристрій для розпушування шару стебел для створення сприятливих умов для проходження насіння крізь стебла.

Мета дослідження – дослідити процес взаємодії зубця підбивача-розпушувача з рухомим потоком стебел льону олійного для забезпечення відокремлення насіння льону з внутрішніх шарів потоку стебел.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для експериментального дослідження можливості розпушування потоку стебел та відокремлення насіння льону запропонована методика досліджень і розроблене лабораторне устаткування, що дозволяє визначити зусилля, необхідне для піднімання затисненого з обох сторін стебла, та кількість насіння льону, що відокремлене з потоку стебел.

Для теоретичного обґрунтування взаємодії потоку стебел льону олійного з підбивачем-розпушувачем було розроблено зубець (рис. 1, а) та гребінку (рис. 1, б).



а



б

Рис. 1 – Зубець (а) та гребінку (б) підбивача-розпушувача

Для ефективного відокремлення насіння льону з потоку стебел необхідно забезпечити виконання умов: щільність потоку стебел ρ (кг/м³) у зоні дії розпушувача (точка В) має бути меншою за щільність ρ_1 (кг/м³) шару стебел після першого проминання вальцями (точка А) (рис. 2):

$$\rho < \rho_1. \quad (1)$$

Щільність ρ – це кількість стебел льону, яку можна помістити в одиницю об'єму – міжвальцьовому просторі декортикатора.

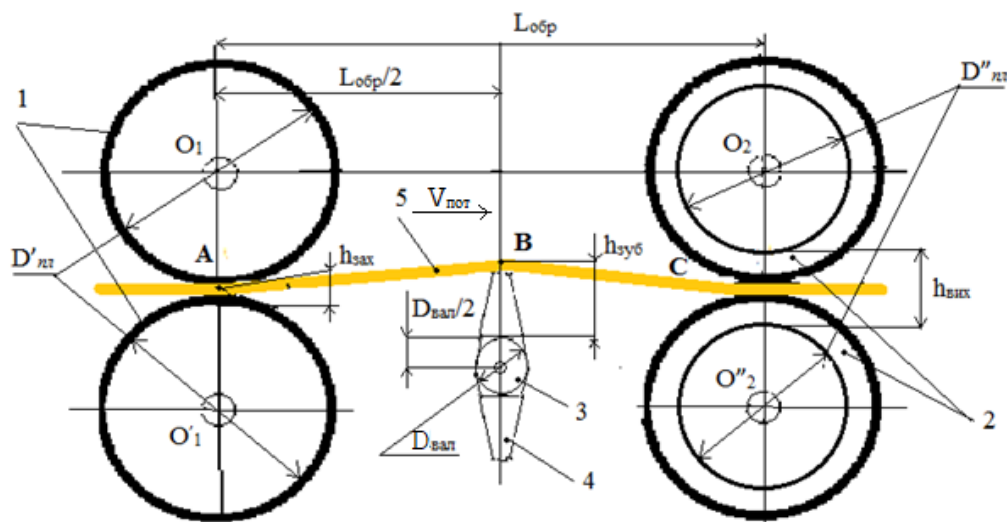


Рис. 2 – Розташування потоку стебел між сусідніми парами вальців:
 1– перша пара вальців; 2 – друга пара вальців; 3 – розпушувач; 4 – зубець розпушувача;
 5 – потік стебел льону олійного

Обов'язкове також виконання ще однієї умови: за час проходження потоку стебел від першої пари вальців до другої пари вальців вал розпушувача має здійснити оберт на ділянці $L_{обр}/2$ для відокремлення насіння у цій зоні. У протилежному випадку насіння залишиться у потоці стебел льону, оскільки стебла покинуть зону дії зубців. Ураховуючи зазначене, отримаємо умову відокремлення насіння льону з потоку стебел:

$$l_{ном.} \leq \omega_B R t, \quad (2)$$

де $l_{ном.}$ – довжина обробленої частини потоку стебел, м; ω_B – кутова швидкість обертання вальців декортикатора, c^{-1} ; R – радіус вальців, мм; t – тривалість взаємодії розпушувача з потоком стебел льону.

Для визначення необхідного зусилля для піднімання затиснутого з обох кінців стебла відповідно до схеми (рис. 2) використовували пристосування, конструктивна схема якого зображена на рис. 3.

Для дослідження стебло льону олійного фіксували, а посередині прикладали силу та фіксували відхилення стебла від горизонталі й значення сили.

При дослідженні процесу відокремлення насіння льону з шару стебел важливо було створити умови оброблення, наближені до реальних. Відповідно до схеми (рис. 4) була розроблена установка для дослідження

процесу розпушування стебел льону олійного (рис. 1, б).

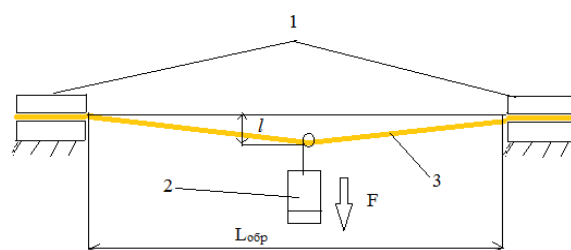


Рис. 3 – Схема установки для визначення необхідного зусилля для відхилення стебла льону олійного зубцем розпушувача:
 1 – затискачі; 2 – динамометр; 3 – стебло льону олійного

Розміщення зубців на валу розпушувача зі зміщенням забезпечує рівномірне за всією шириною потоку стебел розпушування. Також внаслідок дії сил стиску та тертя відбувається додаткове руйнування насінневих коробочок льону. Зміщення рядів гребінки на $l/2$ дозволить створити коливання стебел у горизонтальній площині. У момент взаємодії зубців гребінки зі стеблами льону відбудеться розпушування стебел з ударом, що забезпечить їх вертикальні коливальні рухи. Проходження відокремленого насіння та відокремлених насінневих коробочок крізь стебла відбудеться внаслідок створення коливань стебел льону з амплітудою $h_{зуба}$ під дією розпушувача.

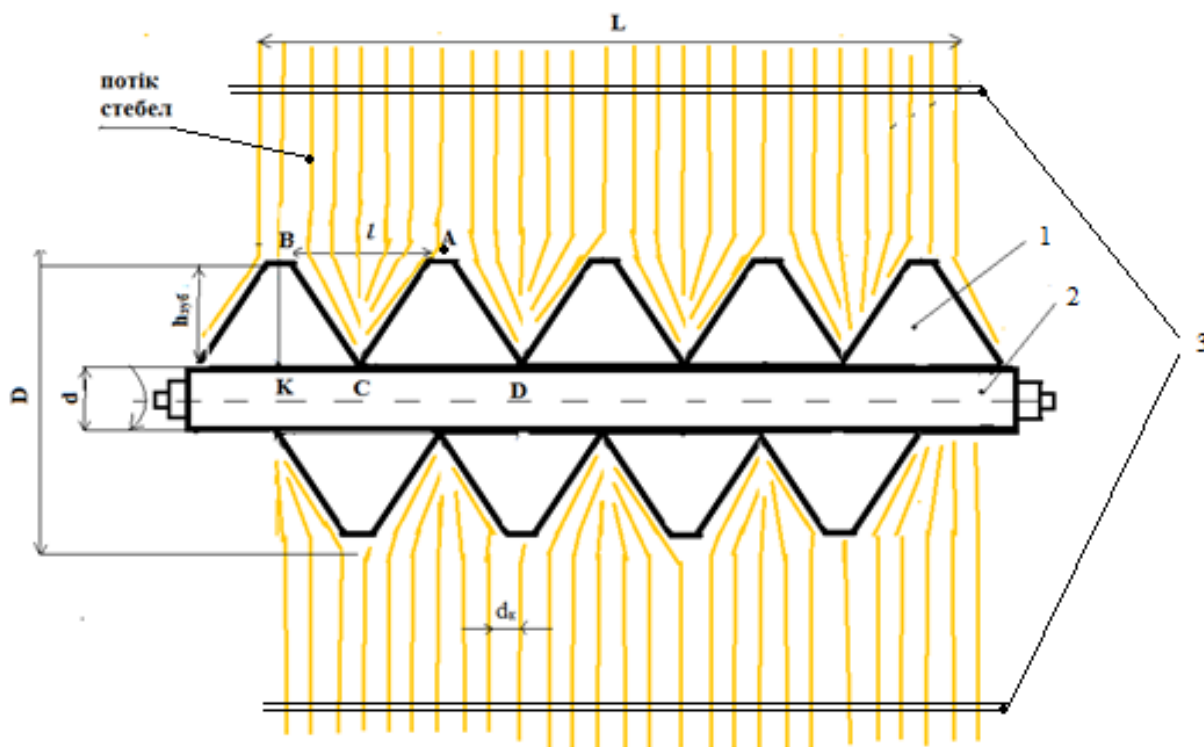


Рис. 4 – Розпушування потоку стебел льону олійного за допомогою розпушувача:
1 – гребінка; 2 – вал; 3 – затискачі

Насіння або насіннева коробочка, що перебувають в шарі ущільнених стебел, вивільнюються та спрямовуються у бункер для насіння. На процес відокремлення насіння впливає щільність потоку стебел льону. На ділянці AB буде відбуватися стиск шару стебел і, відповідно, щільність шару стебел буде збільшуватися, а на ділянці CD шар стебел розпушується і його щільність зменшується.

З **рис. 4** очевидно, що $AC = AD = DC = l$, відповідно, трикутник $\triangle ADC$ – рівносторонній, а BK – висота зубця (мм):

$$BK = h_{зуба} = \frac{l\sqrt{3}}{2}. \quad (3)$$

Зовнішній діаметр кола, яке описує зубець розпушувача (мм):

$$D = 2h_{зуба} + d = l\sqrt{3} + d. \quad (4)$$

Розміри гребінки (**рис. 4**): $h_{зуба} = 20$ мм; $D = 50$ мм; $L = 200$ мм.

Для проведення дослідження були відібрані стебла льону олійного сорту Орфей з вологістю 17%. Зі стебел моделювали валок.

Валок обробили вальцями та зафіксували з обох кінців. Відстань між затискними пристроями становила $2/3$ довжини стебла льону, тобто 0,4 м. Оскільки в цьому експерименті акцент робився на можливості відокремлення насіння з внутрішніх шарів потоку стебел, то насіння льону насипали поверх ущільненого шару стебел. Гребінку приєднували до електродвигуна та підбирали висоту так, щоб вал розташовувався одразу під шаром стебел льону (**рис. 5**).



Рис. 5 – Розташування гребінки під шаром стебел льону олійного

Після вмикання двигуна фіксували час, протягом якого відокремлювалося насіння льону з шару стебел у певних проміжках до моменту його повного відокремлення. Відокремлене насіння зважували. Дослід повторювали тричі. Дослідження проводили за частоти обертання валу розпушувача 500 та 1700 об/хв.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

За результатами визначення сили та відхилення стебла льону встановили, що для одного стебла льону, у випадку прикладання сили 10 Н, відхилення стебла від початкового положення становило 6–8 мм, а у випадку сили 20 Н – відхилення становило 17–20 мм. За збільшення прикладеної сили понад 25 Н стебло льону висмикувалося із затискачів. На **рис. 6** зображено графічну залежність відхилення стебла льону від прикладеної до нього сили. Отже, прикладання сили до шару стебел льону олійного понад 25 Н може спричинити руйнування взаємозв'язаного шару стебел і надходження значної їх частини у ворох. При обґрунтуванні режиму роботи розпушувача стебел необхідно урахувати результати цих досліджень.

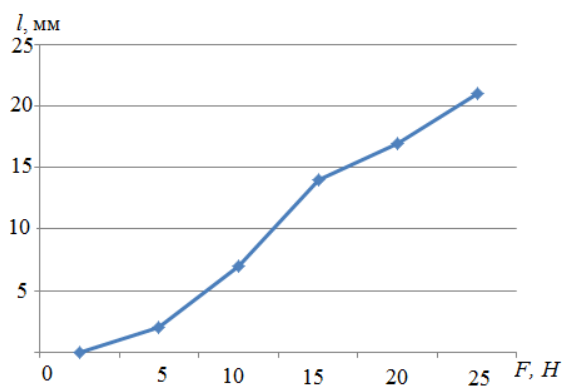


Рис. 6 – Залежність відхилення стебла льону олійного від прикладеної до нього сили

Під час дослідження проходження насіння через шар стебел льону виявлено, що відстань між затискними пристроями не впливає на ефективність проходження насіння. Однак, за збільшення довжини до 54 см спостерігалось провисання окремих стебел та їх намотування на розпушувач. Результати дослідження відокремлення насіння льону з шару стебел подані у **таблиці 1**.

У результаті дослідження встановлено (**рис. 7**), що за частоти обертання 500 об/хв необхідно було 8 с для відокремлення насіння та 3 с для відокремлення насіння за частоти обертання 1700 об/хв. За меншого значення частоти обертання відбувалося намотування окремих стебел на гребінку, а за більшого значення – такого явища не спостерігалось.



а



б

Рис. 7 – Шар стебел льону олійного:
а – до розпушування; б – після взаємодії з розпушувачем

Втрати насіння льону становили 4% за частоти обертання 500 об/хв. У воросі містилося не лише насіння, але й частинки суцвіття стебел та окремі стебла. За частоти обертання 1700 об/хв втрати насіння льону становили 5%, однак ворох переважно містив лише насіння льону й оболонки насінневих коробочок, тобто стеблових включень було значно менше.

Результати дослідження впливу часу взаємодії робочого органу з шаром стебел льону за частоти його обертання 500 та 1700 об/хв подані у **таблицях 2 та 3**.

Найбільше насіння льону олійного відокремлювалося у перші секунди взаємодії робочого органу з шаром стебел, а тому для унеможливлення намотування та ефективного відокремлення насіння доцільно приймати більшу частоту обертання валу розпушувача.

Таблиця 1 – Результати дослідження відокремлення насіння льону з шару стебел

| Частота обертання валу розпушувача, об/хв | Тривалість взаємодії, с | Початкова маса насіння у шарі стебел, г | Маса відокремленого насіння г |
|---|-------------------------|---|-------------------------------|
| 500 | 8 | 40,10 | 38,49 |
| 1700 | 3 | 40,16 | 37,97 |

Таблиця 2 – Результати визначення кількості відокремленого насіння льону залежно від тривалості взаємодії робочого органу з шаром стебел (частота обертання розпушувача 500 об/хв)

| Тривалість взаємодії, с | Маса відокремленого насіння, г | Частка відокремленого насіння, % |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 16,53 | 40 |
| 3 | 29,11 | 72 |
| 5 | 36,43 | 91 |

Таблиця 3 – Результати визначення кількості відокремленого насіння льону залежно від тривалості взаємодії робочого органу з шаром стебел (частота обертання розпушувача 1700 об/хв)

| Тривалість взаємодії, с | Маса відокремленого насіння, г | Частка відокремленого насіння, % |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 23,68 | 59 |
| 2 | 36,17 | 90 |

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень встановили можливість відокремлення насіння льону олійного з шару стебел з використанням розпушувача з частотою обертання валу 1700 об/хв. Також обґрунтовано амплітуду коливань стебла льону при дії зубця розпушувача, що відповідає висоті зубця 20 мм. Втрати насіння льону за рекомендованої частоти обертання розпушувача не перевищували 5%. Отже, можна рекомендувати встановити вузол для розпушування шару стебел у машині для збирання льону олійного.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Allagui, S., Mahi, A. E., Rebiere, J., Beyaoui, M., Bouguecha, A. et al. (2021). Effect of recycling cycles on the mechanical and damping properties of flax fibre reinforced elium composite: experimental and numerical studies. *Journal of Renewable Materials*, 9(4), 695-721. <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.013586>
- Dudarev, I., & Kirchuk, R. (2011). Reasoning of technology and design parameters of oil flax harvesting machines. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 33(1), 37-42.
- Narduzzi, D. (2015). What to do with that flax straw. *Grainews*. Retrieved April 10, 2024, from <https://www.grainews.ca/features/what-to-do-with-that-flax-straw/>
- Palanisamy, S., Kalimuthu, M., Santulli, C., Nagarajan, R., & Karuppiyah, G. (2022). Effect of extraction methods on the properties of bast fibres. In G. Rajeshkumar et al. (eds.), *Bast Fibers and Their Composites* (pp. 17-37). https://doi.org/10.1007/978-981-19-4866-4_2
- Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J., & Barnwal, P. (2011). Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 210-222. <https://doi.org/10.1080/10408390903537241>
- Альбота, Д. С., Дідух, В. Ф., Кірчук, Р. В., & Буснюк, В. В. (2021). Спосіб збирання льону олійного (*Oil flax harvesting technology*). Патент України 147162. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
- Вербицький, О. М. (2010). Оптимізація технологічного процесу одержання трести з луб'яних культур (*Optimization of the technological process of obtaining a retting stem from bast crops*). *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 46, 45-47.
- Налобіна, О. О., & Селезньов, Д. Е. (2012). Результати дослідження процесів руйнування в системі стебло-коробочки льону-довгунця. *Наукові нотатки*, 39, 128-133.
- Петраченко, Д. О. (2014). Удосконалення процесів формування шару льонотрести до механічної переробки (*Improvement of processes of forming a layer of flax retting stem before mechanical processing*) [Дис. канд. техн. наук]. Херсон: ХНТУ.