spraying. Other factors that need to be maintained in chemical protection include compliance with the rate of outflow per unit target area.

Based on this, the factors that affect the technical efficiency of spraying were analyzed. Among them, the influence of the position of the rod on compliance with the rate of outflow of the working solution per unit area is highlighted. To realize the purpose of the work, which is to find the allowable amplitude of oscillation of the rod, an analysis of a number of literature sources was done. From there, the link between the height of the rod above the treatment object and the pour rate is established. Based on the obtained criteria, a model is constructed, which connects the height of the bar installation above the cultivated area and the quantitative flow through the spraying device per unit of processing area. The implementation of the model is a numerical experiment, which allowed to obtain the percentage numerical values of the uneven coverage of the processing area. Such results were obtained for models that simulate spraying of areas with continuous application of the working solution and treatment of row crops.

According to calculations, the following results were obtained. When continuous application of the working solution and the use of sprays with a spray angle $\alpha_ф = 120^0$, the minimum installation height of the bar above the workpiece must be ≥0,15 m; for sprayers with $\alpha_ф = 80^0$ – height ≥0,15 m.

When processing row crops with rows of 0,45 m and the width of the effective area of spraying 0,15 m, we will have: for sprays $\alpha_ф = 80^0$ the minimum optimum height of installation of a bar is 0,6 m – amplitude ±0,045 m; for sprayers with $\alpha_ф = 120^0$ – 0,43 m ±0,04 m.

When processing row crops with rows of 0,7 m and an effective spraying area of 0,3 m, we will have: for sprays $\alpha_ф = 80^0$ the minimum optimum height of installation of a bar is 0,6 m – amplitude ± 0,08 m; for sprayers with $\alpha_ф = 120^0$ – 0,6 m.

vertical oscillations, bar, spray, width of row spacing, working solution.

Одержано (Received) 26.02.2022 *Прорецензовано (Reviewed) 14.03.2022*
Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022

УДК. 633.854.54: 338.43 DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.226-235

В.Ф. Дідух, проф., д-р техн. наук, **В.В. Буснюк,** асп., **М.В. Бодак,** асп.
Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна
e-mail: Didukh_V@ukr.net

Обґрунтування обладнання для збирання льону олійного зернозбиральним комбайном

В статті проводиться аналіз технологій збирання льону олійного з використанням зернозбирального комбайна. Тривалі дослідження у Луцькому НТУ вказують на можливість застосування брання стеблостою льону олійного. Запропонована конструкція широкозахватного брального апарату для даного способу з врахуванням сучасної методології створення сільськогосподарської техніки. Визначено необхідні робочі органи, які забезпечують формування потоку групи стебел і передачу їх на жатку зернозбирального комбайна. Встановлена умова нерозривності потоку групи стебел для забезпечення рівномірної подачі у молотильний апарат для якісного відділення насіння.

льон олійний, брання, обладнання, комбайн, стеблостій, група стебел, потік, насіння, сили, вальці, опорна поверхня

© В.Ф. Дідух, В.В. Буснюк, М.В. Бодак, 2022

Постановка проблеми. Льон олійний – сільськогосподарська культура, призначена для отримання олії з насіннєвої частини, врожайність якої сягає 20 ц/га і більше. Насіннєві коробочки розміщуються на розгалуженій частині стебла, яка у процесі збирання створює додаткові труднощі при формуванні потоку групи стебел при передачі їх на жатну частину зернозбирального комбайна для якісного обмолоту.

Поширення льону олійного по всій території України з різними кліматичними умовами вимагає пошуку нових технологій збирання для збереження всього вирощеного врожаю. Традиційна технологія для територій Півдня – пряме комбайнування не завжди підходить для застосування в інших кліматичних зонах через формування високого стеблостою з врожайністю соломи більше 40 ц/га та наявності у стеблах волокна. Експериментальні та польові дослідження вказують на можливості реалізації у технологіях збирання таких технічних засобів, як: очісувальну жатку, роторні косарки, підбирачі валків, бральні вальці різних конструкцій та ін..

Прийняття правильного конструктивного рішення, при розробці обладнання, залежить від врахування відомих критеріїв[1] для забезпечення головного «…підвищення продуктивності машин і агрегатів при виконанні відповідних технологічних процесів, або розширення універсальності сільськогосподарської машини» [1]. Тому, створення обладнання для збирання льону олійного зернозбиральним комбайном є важливим завданням і умовою відродження галуззі льонарства в особливих кліматичних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загалом всі відомі технології збирання льону олійного спрямовані на збереження тільки насіння, яке дає достатній економічний ефект. Значний потенціал є і у стеблах, але після подрібнення їх заорюють у грунт або спалюють, чим наносять значної шкоди навколишньому середовищу[2]. Закордонні дослідники приділяють значну увагу якості волокна не тільки у льону-довгунцю, але й у льоні олійному. Так, у роботі, Єржи Манковського та ін., [3] вказується, що технологія скошування льону-довгунця є проблемним для її застосування. Х. Моррисон, Д. Д. Арчибальд та ін. у [4] виявили вплив технологій природного та штучного мочіння на формування міцності волокна. Поява волокна у стеблах льону олійного ускладнює роботу сегментно – пальцевого різального апарату, що призвело до застосування технології роздільного збирання і очісування коробочок льону олійного на корені[5, 6]. Проведені значні дослідження з різання стеблових матеріалів як за кордоном, так і в Україні[7, 8, 9].

Значну увагу комплексному використанню врожаю льону олійного приділяють у Херсонському національному технічному університеті[10, 11]. При цьому виробляється особливий підхід до можливості використання волокна із стеблової частини врожаю, яка залишається після її зрізання сегментно-пальцевим різальним апаратом.

Нові конструктивні рішення у машинах для збирання льону полягають у створенні нових робочих органів, які одночасно паралельно виконують технологічний процес[12, 13] або їх модернізацію спрямовують на збільшення універсальності[14].

Постановка завдання. Таким чином, мета дослідження полягала у визначенні необхідних робочих органів для застосування широкозахватного обладнання при збиранні льону олійного і з’ясуванні умови нерозривності потоку групи стебел при його русі до жатної частини зернозбирального комбайна.

Виклад основного матеріалу. Розроблення обладнання для універсалізації зернозбирального комбайна збільшує його можливості використовувати при збиранні окремих сільськогосподарських культур з врахуванням умов вирощування та стану стеблостою. Висота стеблостою льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся може сягати одного метра. При цьому, у стеблах формується коротке неорієнтоване волокно, яке перешкоджає якісному їх зрізуванню на корені у період збирання.

Пропозиції щодо створення бральних апаратів для льону олійного мають місце у багатьох дослідників. Найбільш перспективними конструкціями бральних апаратів є конструкції, які дозволяють їх монтувати на стандартні жатки зернозбиральних комбайнів[15, 16] з врахуванням ширини захвату. Якісна робота робочих органів у період збирання, в певній мірі, залежить від фізико-механічних властивостей стебел льону олійного та стану стеблостою загалом (ґрунтового середовища), погодних умов. Тому, проведені дослідження у польових умовах(рис.1) протягом останніх п'яти років на полях Волинської дослідної станції інституту картоплярства НААН з встановлення зусилля витягування стебел з ґрунту різняться за значеннями (табл.1..).

Досліди проводили на сорті Лірина для різної кількості стебел від одного до десяти, як з одного рядка, так і суміжних для встановлення середнього значення зусилля брання. При цьому посіви не вирізнялися рівномірністю дозрівання, що дозволило вибирати ділянки, які характеризували фази стиглості льону олійного. Початок досліджень: середина липня, кінець – до 01.09. Затискач фіксували на різній висоті від мінімальної відносно поверхні ґрунту та у місцях гілкування стебел. Окремими дослідами, були досліди з використанням циліндричної опорної поверхні різного діаметру, що дозволяло змінювати кут прикладання зусилля брання. Як показали досліди, запропонований принцип використання опорної поверхні для зміни зусилля брання не є ефективний, що призводило до значної кількості обривання стебел на різній висоті. Найкраще вибирались стебла за умови вертикального прикладеного зусилля.

а) в)

Рисунок 1 – Дослідження зусилля брання льону олійного в польових умовах:
а) у вертикальній площині; в) з використанням опорної поверхні

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1 – Значення зусилля брання льону олійного, Н

Рік проведення дослідів і фаза стиглості	Рання жовта	Жовта	Повна
2017	16,6 – 94,5	23,2 – 97,8	33,2 – 148,9
2018	32,4 – 140,1	32,0 – 122,3	52,1 – 188,9
2019	11,9 – 107,8	25,4 – 130,1	21,0 – 117,6
2020	37,8 – 133,5	31,2 – 135,6	46,5 – 169,7
2021	28,9 – 96,7	30,1 – 126,4	39,8 – 141,2

Джерело: розроблено авторами

Отримані значення зусилля брання коливаються у межах 15 – 190 Н. Дані значення вказують, що забезпечення якості витягування стебел з ґрунту, необхідне миттєве прикладання зусилля у вертикальній площині з одного рядка.

На основі проведених досліджень запропоновано структурно-логічну схему обладнання для зернозбирального комбайну(рис. 2) з використанням операції брання. Призначення вказаної операції – миттєве витягування стебел з ґрунту. Аналіз даної схеми дозволяє визначитись з необхідними робочими вузлами для забезпечення якісного збирання льону олійного будь якої фази стиглості, не змінюючи конструкції жатної частини.

У сільськогосподарському виробництві, процес брання застосовується переважно при збиранні льону – довгунця для отримання високоякісного волокна. Відповідно до цього, пропонуються нові бральні апарати з подальшим обґрунтуванням їх параметрів[18]. Основою процесу брання є затискання стебел, групи стебел рухомими поверхнями робочого органу. При незначній ширині захвату машини, такими поверхнями виступають безкінцеві паси, шківи, тощо. Використання вказаних елементів не дозволяє збільшувати ширину захвату до необхідної величини. Тому, при створенні нового обладнання, необхідно розробити структурно – логічну схему.

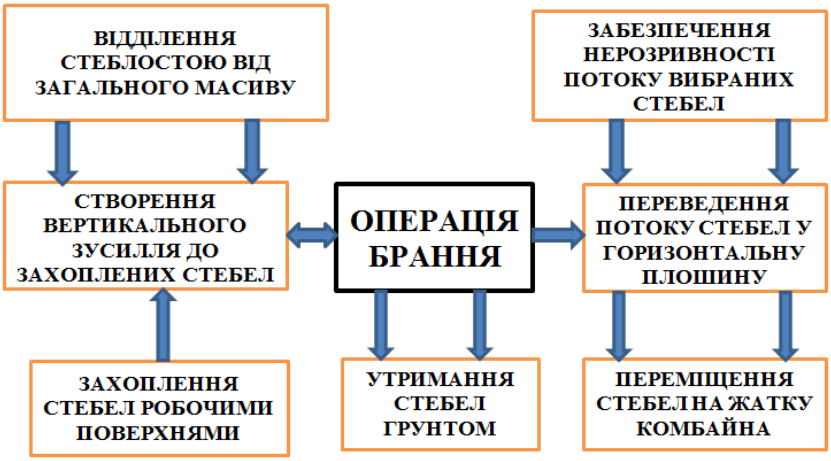


Рисунок 2 – Структурно – логічна схема обладнання зернозбирального комбайну для збирання льону олійного у фазі повної стиглості

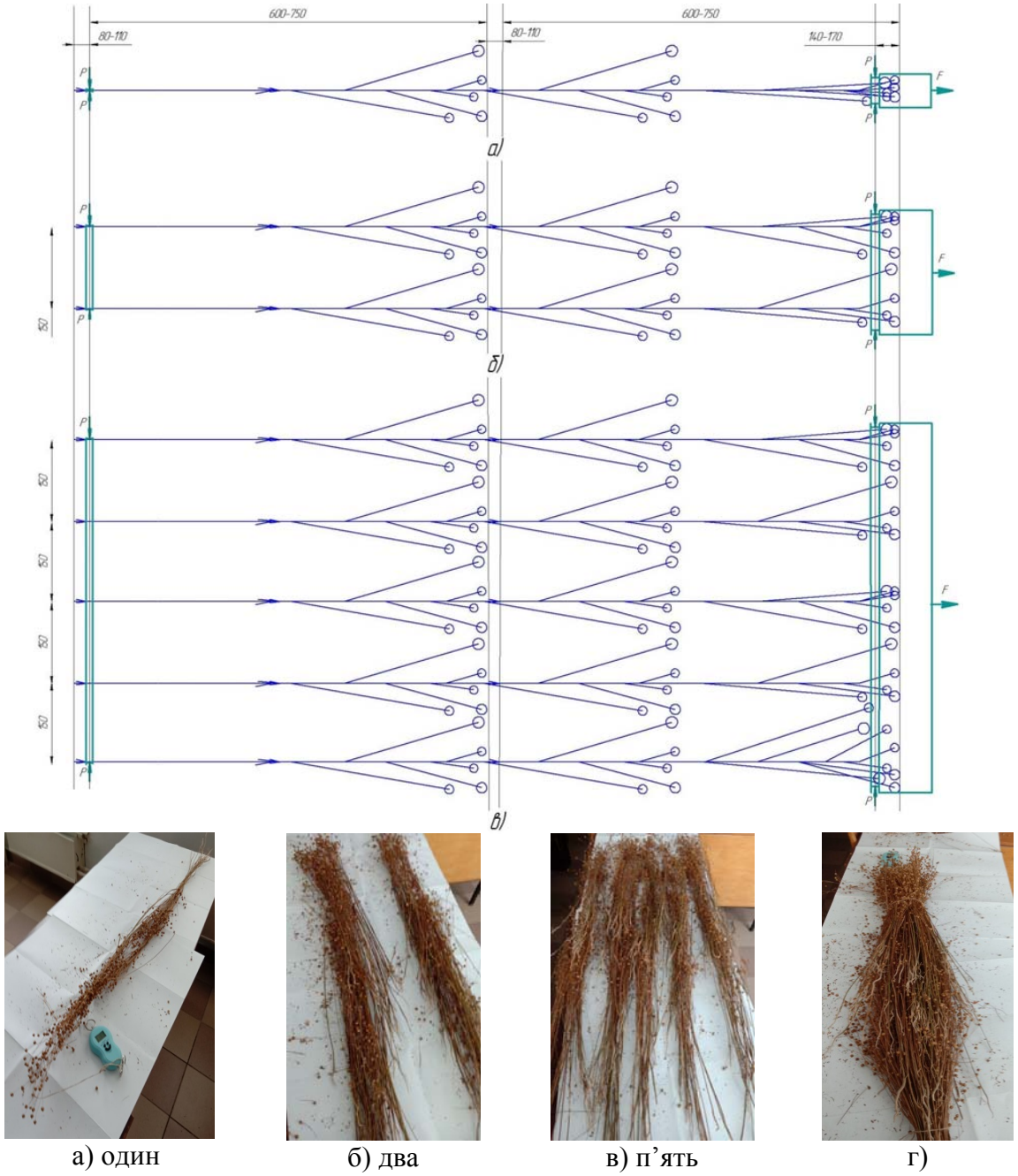
Джерело: розроблено авторами

Застосування широкозахватних жаток у зернозбиральних комбайнах забезпечує їм високу продуктивність при збиранні сільськогосподарських культур, що дає можливість забезпечити виконання технологічної операції у визначенні агротехнічні терміни. Складність процесу різання стебел льону олійного сегментно – пальцевим різальним апаратом доведена у виробничих умовах. Особливо у фазі повної стиглості, коли у стеблах сформовано волокно за всією їх довжиною.

Як відомо, на зернозбиральних комбайнах встановлюють сегментно-пальцеві різальні апарати нормального різання з відстанню між сегментами 76,2 мм. Таким чином, для захоплення стебел необхідні робочі поверхні з врахуванням даного параметру. Поширення ідеї щодо використання у якості робочих елементів обертових горизонтальних вальців[15, 16] вказує, що відстань між осями таких вальців має становити також 76,2 мм. Створення вертикального зусилля забезпечується попарне обертання вальців. Для якісного брання стеблостою передбачено робочий орган, який працює за принципом мотовила. Також, можливе попадання стебел у зону захоплення вальців з паралельних рядків. При цьому стебла будуть відхилятись від вертикалі. Польові дослідження вказують, що у такому випадку, виникають умови розриву стебла.

Тому, кут відхилення стебла є важливим чинником, особливо при дослідженні якості брання стебел запропонованим обладнанням. Вибиранні стебла з ґрунту необхідно спрямувати нерозривним потоком на жатку зернозбирального комбайна.

Дослідження явища нерозривності потоку будо проведено у лабораторних умовах. Для цього було проведено моделювання вибрання стебел від одного до п’яти суміжних рядків(рис. 3). Складність забезпечення нерозривності потоку групи стебел, при переміщенні їх на жатку зернозбирального комбайна, пов’язано з будовою самих стебел. Їх розгалуження проявляється від самого кореня і до верхівкової частини, що викликає між ними зачеплення вже на початковому етапі при захопленні лопатями. В свою чергу, нерозривність потоку необхідна для забезпечення якості відділення насіння, так як це забезпечує рівномірність подачі стеблостою у молотильний апарат комбайна.



а) один б) два в) п’ять г)

Рисунок 3 – Моделювання кількості вибраних рядків у горизонтальному положення для визначення розтягуючого зусилля при об’єднанні потоків; (г) - з п’яти рядків

Джерело: розроблено авторами

Моделювання вибраних стебел проводили з врахуванням відстані між стеблами у рядку рівною 150 мм, накладаючи стебла одне на одне із зміщенням у 50 мм. Для випадків, коли встановлювали зусилля розтягу Fp більше одного рядка, об'єднували стебла в один потік, нівелюючи величину міжрядь. Після чого прикореневу частину зафіксовували, а до верхівкової приєднували динамометр.

В результаті проведених досліджень встановлено, що для потоку групи стебел з одного рядка розтягуюче зусилля коливається у межах 11,6 – 12,2 Н, з двох - 31,0 - 39,1 Н, трьох – 65,3 – 71,2 Н. У випадку збільшення кількості рядків та об'єднання їх у суцільний потік, зусилля різко зростає і не представляє можливості його встановити. Дані результати вказують, що зчеплення у потоках з груп стебел викликають силу, яка здатна забезпечити переміщення вибраних стебел на жатку комбайна.

Результати проведених польових і лабораторних досліджень дозволили розробити компонувальну схеми обладнання для збирання льону олійного способом брання (рис.4).

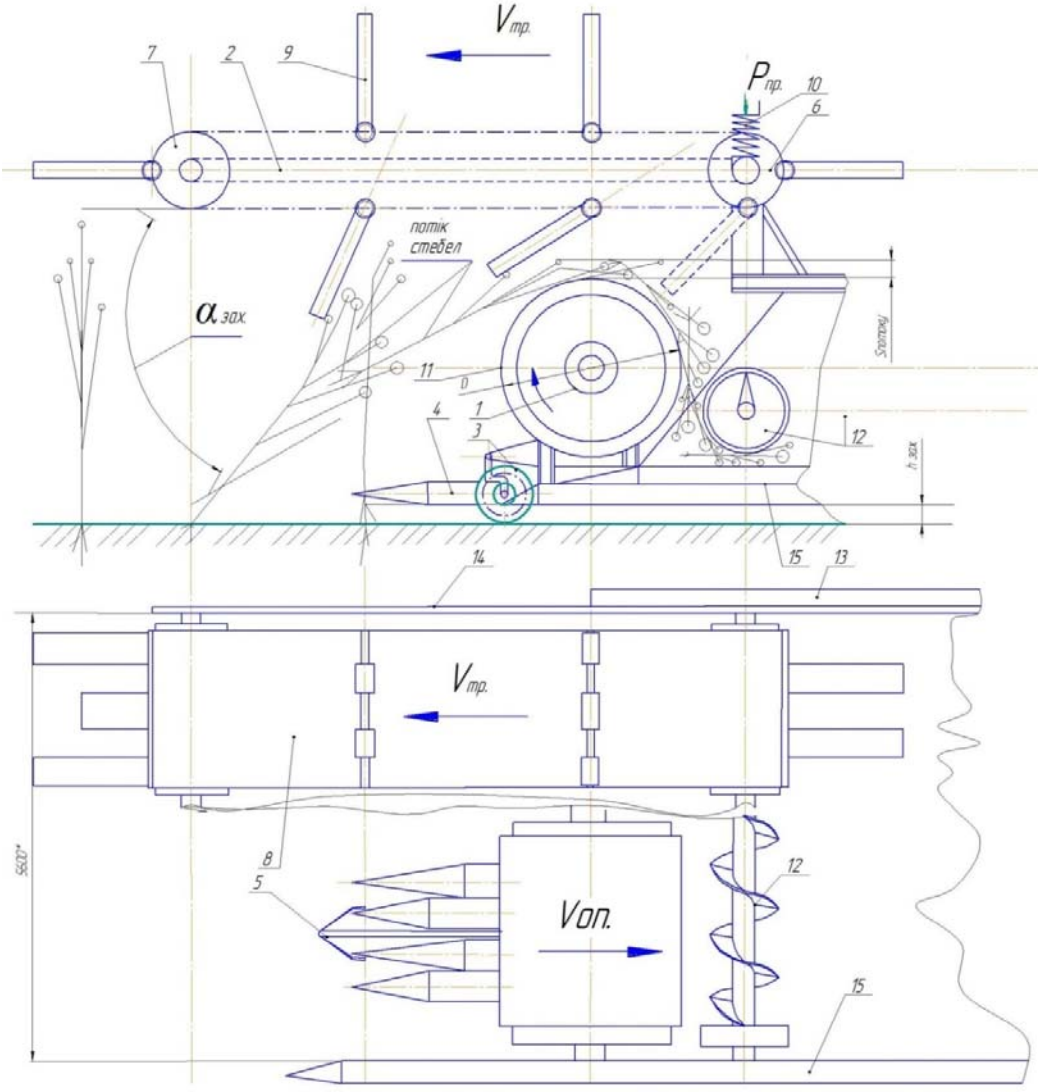


Рисунок 4 - Схема широкозахватного обладнання для збирання льону олійного способом брання:
1 – опорна поверхня; 2 – механізм захоплення стебел; 3 – опорні колеса; 4 – пальцевий бральний механізм; 5 – подільник; 6 – привідний барабан 7 – натяжний барабан; 8 – тяговий ланцюг; 9 – притискні планки; 10 – пружини; 11 - шорстка поверхня; 12 – шнек жатки; 13 – рама; 14 – рама механізму захоплення стебел; 15 - корпус жатки

Джерело: розроблено авторами

Основною проблемою у виготовленні даного обладнання є ширина захвату. Це відноситься, в першу чергу, до механізмів для відділення стеблостою від загального масиву та брання стебел. Необхідність встановлення опорної поверхні між вказаними механізмами сприяє нерозривності подачі потоку стеблової маси на платформу жатної частини комбайна. При цьому опорна поверхня 1 циліндричної форми діаметром D з покритою шорсткою поверхнею 11 встановлена на двох опорах і вільно обертається у підшипникових вузлах.

Найбільш складним робочим органом даного обладнання є механізм захоплення стебел 2, на що вказують польові дослідження, адже в процесі вегетації рослин відбувається їх з'єднання між собою верхівковою частиною. Тому, застосування стандартного мотовило є проблемним для використання способу брання при збиранні льону олійного. Робочий орган у вигляді стиснутого мотовила забезпечує почергове захоплення стеблостою різними за довжиною планками 9, які шарнірно встановлені на тягових ланцюгах. Механізм захоплення стебел 2 встановлюється на окрему раму 13, яка з'єднується з жаткою комбайна а, зміна кута $\alpha_{зах.}$ дозволяє збирати різний за висотою стеблостій. Мінімальна висота захоплення ($h_{зах.}$) стебел вальцями 4 залежить від регулювання опорних коліс 3 брального механізму. Між двома парами вальців передбачені подільники 5.

Якісне брання стебел з ґрунту залежить від стану стеблостою та багатьох інших випадкових факторів, пов'язаних з природно-кліматичними умовами у період збирання. Лабораторна перевірка розробленого вальцевого механізму показала, що якість вибраних стебел коливається у межах 95 - 98% з врахуванням стебел, які розривались у зоні контакту з вальцями. Таким чином, поставлене завдання з бранням стебел робочим органом виконується і втрат насіння фактично на даному процесі не відбувається. Тому, для забезпечення нерозривності потоку стеблової маси необхідна циліндрична опорна шорстка поверхні 11, яка повинна забезпечити наступні умови: $P_{оп.} \leq P_{р.п.} \geq F_{р.}$ Тут $P_{оп}$ – сила витягування стебел з ґрунту, Н; $P_{р.п.}$- сила, яка забезпечує рух потоку групи стебел, Н; $F_{р.}$ – розтягуюче зусилля, Н, встановлюється експериментально. Якщо $P_{р.п.} \geq F_{р.}$, то переміщення потоку стебел опорною поверхнею 11 відбувається за умови: $V_{потоку.} = V_{т.\,л.} = V_{к..}$, де: $V_{потоку}$ – швидкість потоку з групи стебел м/с; $V_{т.\,л.}$ – швидкість тягового ланцюга механізму відділення стеблостою від загального масиву, м/с; $V_{к..}$ – швидкість поступального руху комбайна, м/с, у напрямку У (рис. 5).

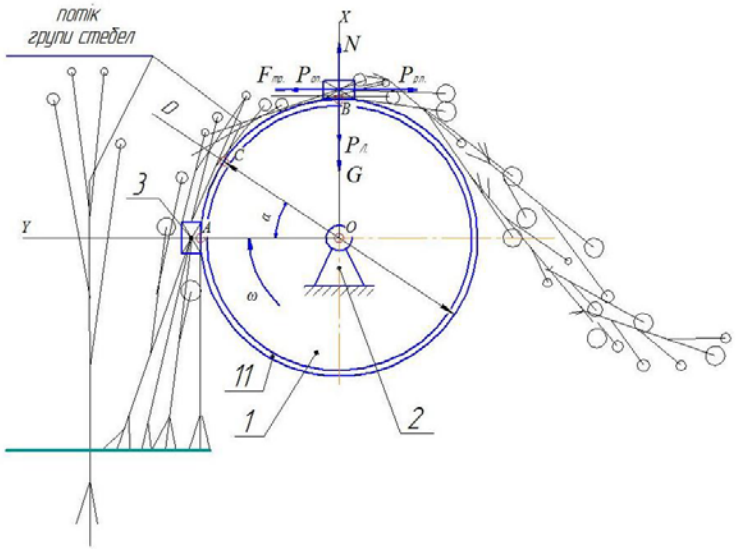


Рисунок 5 – Схема до визначення умов нерозривності потоку групи стебел
Джерело: розроблено авторами

Розглянемо формування та рух потоку групи стебел льону олійного, розміщених на опорній поверхні. Для цього необхідно зробити наступні допущення:

- стебла льону олійного однакової висоти;
- зусилля витягування стебел $P_{оп.}$ коливається у межах, встановлених експериментально та є максимальним для одночасного брання п'яти стебел;
- приведена маса потоку групи стебел $m_{п.}$ є сталою величиною;
- опорна поверхня обертається з постійною кутовою швидкістю ω.

Опорна поверхня 1 з шорсткою поверхнею 11, вільно обертається на двох опорах 2. З одного рядка у вертикальній площині формується потік з 4 - 5 стебел, одночасно вибраних бральним механізмом і не вибраних стебел, які створюють силу опору $P_{оп.}$. В результаті з'єднання насіннєвими головками у т. А, відбувається контакт потоку з шорсткою поверхнею, яка обертається під дією максимальних сил, вказаних у т. В. Таким чином, аналіз формування та переміщення потоку групи стебел під дією вказаних сил, необхідно розглядати у межах $0 \leq \alpha \leq 90^0$. Після проходження т. В, вірогідність розриву потоку стебел відсутня. Розглянемо дію сил на приведену масу $m_{п}$ 3 із потоку групи стебел, який формується у т. А та переміщається у т. В з використанням методів теоретичної механіки для переміщення твердих тіл шорсткими циліндричними поверхнями[19].

Серед вказаних сил, сила $P_{р.п.}$ та $P_{тр.}$ забезпечують нерозривність переміщення потоку стебел на жатну частину комбайна. Сила тертя $P_{тр}$, що виникає у т. А, має додатній знак і сприяє обертанню опорної поверхні. Сила $P_{р.п.}$ на початковому етапі дорівнює розтягуючому зусиллю $F_{р.}$ з поступовим зростанням від дії притискних лопаток $P_{л}$. Позитивний ефект для даного процесу має сила G. Проте, внаслідок малого її значення, в окремих випадках, можна нехтувати. Відповідно змінною буде нормальна реакція N, від т. А до т. В. Негативною силою, яка впливатиме на нерозривність потоку групи стебел, є сила опору $P_{оп.}$. від реакції ґрунту, яка постійно буде змінною у т. А, так як вона залежить від кількості стебел які попадають у формуючий потік, не залежно від того чи вони вибрані з ґрунту.

Висновки. Поєднання результатів польових і лабораторних досліджень з аналізом сил при переміщенні стеблової маси у вигляді потоку групи стебел з використанням опорної поверхні дозволило запропонувати конструктивну – компонувальну схему обладнання для збирання льону олійного у фазі повної стиглості. Дане обладнання передбачено встановлювати на жатну частину зернозбирального комбайна без зміни її конструкції. Глибокий аналіз сил, що проведений для циліндричної опорної поверхні, необхідний також для використання іншого обладнання при збиранні льону олійного роздільним способом – скошуванням стеблостою та вкладання його у валки. Після дозрівання стеблової маси у валках, використовують підбирач для збереження всього врожаю льону олійного.

Список літератури

1. Сисолін П.В., Сисоліна І.П. Сучасна методологія створення сільськогосподарської техніки (на прикладі висівного апарата): монографія. Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2014. 120 с.
2. Optimization on efficient combustion process of small-sized fuel rolls made of oleaginous flax residues / V. Didukh, V. Busnyuk, G. Boyko, O. Shubalyi . *INMATEH – Agricultural engineering.* Vol. 62, No. 3/2020, Bucharest 2020, p. 361. URL: https://doi.org/10.35633/inmateh-62-38. (дата зверенення: 04.01.2022)
3. Jerzy Mańkowski, Wojciech Maksymiuk, Grzegorz Spychalski, Jacek Kołodziej, Andrzej Kubacki, Damian Kupka & Krzysztof Pudełko . Research on New Technology of Fiber Flax Harvesting, *Journal of Natural Fibers.* 2018. 1. P. 53–61.
4. Morrison, W. H., Archibald, D. D., Sharma, H. S. S., Akin, D. E. Chemical and physical characterization of water-and dew-retted flax fibers. *Industrial Crops and Products.* 2000. 12. P. 39–46.
5. Шувар А.М., Войтович Р.М. Оцінка способів збирання льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 149-153.

6. Пахучий А.М. Аналіз та напрямки підвищення ефективності жниварок обчісувального типу. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів.* 2018. №13. С. 55-61.
7. Ягелюк С.В., Дідух В.Ф., Артюх Т.М., Голій О.В. Зусилля різання біомаси олійних луб'яних культур з врахуванням вологості. *Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст.* 2021. Вип. №46. С. 124…132.
8. Munder, F. et al., Results of an Advanced Technology For Decortica s tion of Hemp, Flax and Linseed, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*. 2004. 418. P. 165-179.
9. Шеїна А.В., Заплетніков І.М. Гордієнко О.В. Експериментальні дослідження процесу різання рослинних матеріалів. *Актуальные вопросы современной науки.* 2014. №33. С. 52–61.
10. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного : монографія / Л. А. Чурсіна, Г. А. Тіхосова, О.О. Горач, Т.І. Янюк. Херсон: Олді-плюс, 2011. 356 с.
11. Головенко Т.М., Бойко Г.А., Іваненко О.О. Шовкомуд О.В. Загальна характеристика показників льону олійного з метою виготовлення інноваційних товарів. *Молодий вчений*. 2016. 5 (32). С. 218-222
12. Дударєв І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія . Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2015. 268 с.
13. Борисюк Д.В., Колеснік І.А. Тенденції розвитку техніки і технологій для збирання льону. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. №1(91). С. 13-17.
14. Дацюк Л.М., Юхимчук С.Ф., Вржещ М.В., Сай В.А. Обґрунтування параметрів універсальної льонозбиральної машини. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2019. Том 2, № 13. С. 63-67. URL: https://doi.org/10.36910/automash.v2i13. (дата зверенення: 12.01.2022)
15. Жатка для збирання льону олійного: пат. №118379 UA: МПК A01D45/06, A01D41/14, A01D63/02, A01D69/03(2006.01). Заявл. 18.11.2016; опуб.10.01.2019; Бюл.№1.
16. Пристрій для збирання льону олійного: пат. на КМ №148359 UA: МПК A01 D45/00, A01 D41/14. заявл. 05.04.2021; опубл. 28.07.2021; Бюл. № 30.
17. Буснюк В.В. Обгрунтування конструкції та параметрів вальцьового брального апарата для збирання льону олійного. *Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст*. 2019. Вип. №43. С. 30…40.
18. Хайлис Г.А. Теория льноуборочных машин . М.: Росинформагротех, 2011. 322 с.
19. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики: прак. пособ. Киев: Изд.- во УСХА, 1992. 512 с.

References

1. Sysolin, P.V. & Sysolina, I.P. (2014). *Suchasna metodologia stvorenia silskogospodarskoi techniky (na prykladi vysivnogo aparata)* [*Modern methodology for the creation of agricultural machinery (on the example of a sowing device)*]. Kirovograd : Lysenko V.F. [in Ukrainian].
2. Yaheliuk, S., Busnyuk, V., Boyko, G. & Shubalyi, O. (2020). Optimization on efficient combustion process of small-sized fuel rolls made of oleaginous flax residues . *INMATEH – Agricultural engineering. Vol. 62, No. 3*/2020, Bucharest 2020, p. 361. Retrieved from https://doi.org/10.35633/inmateh-62-38 [in English].
3. Jerzy Mańkowski, Wojciech Maksymiuk, Grzegorz Spychalski, Jacek Kołodziej, Andrzej Kubacki, Damian Kupka & Krzysztof Pudełko (2018). Research on New Technology of Fiber Flax Harvesting, *Journal of Natural Fibers*, *1,* p. 53–61 [in English].
4. Morrison, W. H., Archibald, D. D., Sharma, H. S. S., Akin, D. E. (2000). Chemical and physical characterization of water-and dew-retted flax fibers. *Industrial Crops and Products*, *12*, 39–46 [in English].
5. Chyvar, A.M. & Voaitovych, R.M. (2012). Ocinka sposobiv zbyrania lionu olijnogo [Estimation of harvesting methods for oil flax]. *Naukovo-technichnyj bijleten olijnych kulijtur NNAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, *17*, 149-153 [in Ukrainian].
6. Pachuchyij, A.M. (2018). Analiz ta napriamky pidvychenia efektyvnosti gnuvarok obchisuvaknogo typu [Analysis and directions of improving the effectiveness of the rectangular type]. *Technichnyij servis agropromyslovogo, lisovogo ta transpotnogo kompltksiv – Technical service of agriculture, forestry and transport systems, 13*, 55-61 [in Ukrainian].
7. Jgelijk, S.V., Didukh, V.F. Artijch, T.M. & Golij, O.V. (2021). Zusyllij rizannij biomasy olijnych lubijnych kulijtur z vrachuvannijm vologosti [Зусилля різання біомаси олійних луб'яних культур з врахуванням вологості]. *Silijskogospodarsi machyny – Agricultural machines*, *Vol.*46, 124…132 [in Ukrainian].
8. Munder, F. et al. (2004). Results of an Advanced Technology For Decortica s tion of Hemp, Flax and Linseed, *Mol. Cryst. Liq. Cryst., 418,* 165-179 [in English].
9. Cheijna, A.V., Zaplijtnikov, I.M. & Gordienko, O.V. (2014). Eksperymentalijni doslidgennij procesu riszannij roslynnych materialiv [Experimental studies of the process of cutting plant materials]. *Aktualijnij voprosy sovremennoij nauki – Current issues of modern science, 33*, 52–61 [in Ukrainian].
10. Chyrsina, L.A., Tichosova, G.A., Gorach, O.O. & Jinjok, T.I. (2011). *Naukovi osnovy kompleksnoij pererobky stebel ta nasinnij lionu olijnogo* [*Scientific basis of complex processing of linseed stems and seeds*]. Cherson: Oldi-plijs [in Ukrainian].

11. Golovenko, T.M., Boijko, G.A., Ivanenko, O.O. & Chovkomud, O.V. (2016). Zagalna charakterystyka pokaznykiv lionu olijnogo z metoij vygotovlennij innovacijnych tovariv [The general description of oil flax characteristics aimed at manufacturing innovative products]. *Molodyij vchenyij – A young scientist., 5 (32)* , 218-222 [in Ukrainian].
12. Dudarev, I.M. (2015). *Teoretychni osnovy modernizacij machyn dla vyrobnyctva ljonu* [*Theoretical foundations of modernization of machines for the production of flax*] . Luck: Red.-vyd. viddil Luckogo NTU [in Ukrainian].
13. Borysijk, D.V. & Kolisnyk, I.A. (2015). Tendencij rozvytku techniky i technologij dla zbyranna ljonu [Trends in the development of machinery and technologies for harvesting flax]. *Technika, energetyka, transport APK – Engineering, Energy, Transport AIC*, *1(91)*, 13-17 [in Ukrainian].
14. Dacijk, L.M., Jchymchuk, S.F., Vrgech, M.V. & Saij, V.A. (2019). Obgruntuvanna parametriv universakijnoij lojnozbyralijnoij machyny [Justification of parameters of a universal flax harvester]. *Suchaasni technologij v machynobuduvanni ta transporti – Advances in mechanical engineering and transport*, *Vol. 2, 13,* 63-67. Retieved from https://doi.org/10.36910/automash.v2i13 [in Ukrainian].
15. Pat. №118379 UA, MPK A01D45/06, A01D41/14, A01D63/02, A01D69/03(2006.01). Gatka dla zbyranna lionu [Reaper for harvesting oilseed flax]. Stated November 18, 2016; has been published October 10, 2019, Bul. No. 1.
16. Patent na KM №148359 UA, MPK A01 D45/00, A01 D41/14. Prystrij dla zbyranna lionu olijnogo [A device for collecting oilseed flax]. Stated April 05, 2021; has been published July 28, 2021, Bul. No. 30.
17. Busyijk, V.V. (2019). Obgruntyvanna konstrukcii ta parametriv vakijcojvogo bralijnogo aparata dla zbyranna lionu olijnogo [Substantiation of the structure and parameters of the drum roller for cleaning flax oily]. *Silijskogospodarsi machyny*: *zb. nauk. st. – Agricultural machines*, *Vol. 43*, 30-40 [in Ukrainian].
18. Chaijlis, G.A. (2011). *Teorij lojnouborochnych machyn* [*Theory of flax harvesters*]. Moskow: «Rosinformagrotech» [in Russian].
19. Zaika, P.M. (1992). *Izbrannye zadachi zemledelcheskoij mechaniki* [*Selected tasks of agricultural mechanics*]. Kyijv: Izd.- vo USCHA [in Russian].

Volodymyr Didukh, Prof. DSc., **Vitalij Busyijk,** mast., **Maksym Bodak,** post-graduate
Lutsk National Technical University, Lutsk,Ukraine

Substantiation of Equipment for Harvesting Oil Flax with a Combine Harvester

Presentation of the results of experimental field research, laboratory to determine the conditions for harvesting oilseed flax stalks in the phase of full maturity. Outlining the conditions for the technological operation of harvesting oilseed flax by extracting stems from the soil. Presentation of the methodology for determining the necessary working elements of the equipment for extracting stems from the soil and forming the continuity of the flow of a group of stems on the harvesting part of the combine harvester.

The problem that arises in the process of harvesting flax oil in the phase of full maturity is due to the presence of fiber in the stems, which complicates the work of the segmental-finger cutter. Therefore, the collection of such stems is carried out by the method of taking (extraction from the soil). This phenomenon requires the development of equipment for the universalization of the combine harvester, which increases its ability to be used in the harvesting of crops, taking into account the growing conditions and the state of the stalk. The experiments were conducted in the field on the Lyrina variety to establish the average value of the collection effort. The crops were not characterized by uniform ripening, which allowed to choose areas that characterized the maturity phases of oilseed flax. Start of research: mid-July, end - until 01.09. Accordingly, the study of the continuity of flow was conducted in the laboratory by simulating the selection of stems from one to five adjacent rows. It was found that a cylindrical support rough surface is required to ensure the continuity of the flow in the equipment. Based on the proposed structural and logical scheme, the main working units of the equipment to ensure high-quality harvesting of oilseed flax of any phase of ripeness without changing the design of the harvesting part of the combine harvester. These include: the mechanism of separation of portions of the stem from the total array and the picking device, which consists of pairs of rollers with horizontal axes of rotation and a distance between them of 76.2 mm.

Combining the results of field and laboratory studies with the analysis of forces when moving the stem mass in the form of a flow of a group of stems on the supporting surface allowed to offer a constructive - layout scheme of equipment for harvesting oilseed flax. This equipment is intended to be installed on the harvesting part of the combine without changing its design. The analysis of forces performed for the flow of stems moving inseparably on a cylindrical support surface is important for the study of the selection of the stem mass of crops from rolls.

flax, equipment, combine, stalk, flow, seeds, surface

Одержано (Received) 14.02.2022 *Прорецензовано (Reviewed) 21.03.2022*
Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022