

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТОЗДАТНОСТІ ДВОДИСКОВИХ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК НА ҐРУНТАХ РІЗНОЇ ВОЛОГОСТІ

С.С. Добранський, І.О. Бучко

викладачі спеціальних дисциплін

А.В. Кравчук

викладач загальноосвітніх дисциплін

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Дана робота присвячена виявленню основних напрямів щодо забезпечення працездатності дводискових сошників зернових сівалок на ґрунтах різної вологості, дослідженню адгезійних та триботехнічних властивостей полімерних матеріалів, що застосовуються для модернізації дводискових сошників.

***Ключові слова:** сівалка, дводисковий сошник, вологість, триботехнічні властивості, поверхневий шар, надвисокомолекулярний поліетилен.*

Постановка проблеми

Нині підвищення ефективності виробництва зернових культур є найважливішим завданням сталого розвитку сільського господарства України. При збереженні посівних площ одним із факторів, що впливають на кількість і якість продукції, що виробляється, є якісний посів зернових. Прості за конструкцією і надійні в роботі зернові сівалки обладнані дводисковими сошниками, які виконують рядковий і вузькорядний посів.

Такі сошники універсальні, вони підходять для різних типів ґрунту та варіантів якості його підготовки. Задовільно виконують задані агротехнічні вимоги щодо формування борозни, заданої глибини посіву та загортання насіння за рахунок обсіпання ґрунту зі стінок борозни.

У сучасних умовах при вирощуванні озимих зернових культур виникла низка проблем через різкі зміни клімату. Осіння сівба часто супроводжується спекотною сухою погодою, нерідко за межами оптимальних термінів, а посів здійснюється у висушений ґрунт. Через це в багатьох регіонах Півдня понад 10% посівів, що засіваються, вимагають пересіву навесні. Це особливі вимоги до властивостей робочих

поверхонь посівних машин, і насамперед до сошників. Огляд досліджень показує, що ресурс дисків сошника становить у середньому 6–17 га, а, за деякими даними, і понад 30 га одним сошником. Великий діапазон ресурсу сошників характеризує різне поєднання періодів роботи при нормальному і підвищеному зносі дисків сошника, залежний від зношування ґрунту в ці періоди. Незважаючи на те, що нормативно-технічною документацією передбачено шість ремонтних розмірів для дискових сошників, у літературі відсутні рекомендації щодо прогнозування їхнього ресурсу в різних умовах експлуатації. Як показав проведений аналіз, втрата працездатності дисків сошника відбувається в основному через зношування їх ріжучої кромки, а також через налипання ґрунту при роботі в умовах підвищеної вологості. Застосування пластикових покриттів із фторопласту та поліетилену знижують липкість на ґрунтах вологістю 25–30%, але в посушливих умовах такі покриття не працездатні через швидке та інтенсивне зношування. У зв'язку з цим застосування покриттів з матеріалів, які при низькій адгезії мають високу зносостійкість, наприклад, надвисокомолекулярного поліетилена (НП), представляє науковий та практичний інтерес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розробкою, дослідженнями, обґрунтуванням конструктивно-технічних параметрів та підвищенням надійності роботи зернових сіялок та їх основних робочих органів займалися П.М. Василенко, В.А. Желіговський, Г.М. Бузенков, А.Б. Лур'є, Я.П. Лобачевський, О.М. Зазуля, Н.П. Ларюшин, Н.М. Беспам'ятнова, А.Ю. Несмітін, М.П. Набатян, М.Х. Каскулов та інші вчені.

Розробкою питань підвищення довговічності дискових робочих органів, технологій зміцнення робочих поверхонь дисків сошників та технологічного оснащення під час ремонту сошників займалися О.Г. Пастухов, В.М. Гадалов, С.К. Федоров, Г.Р. Латипова та інші вчені. Дослідження щодо ефективності застосування НП для виготовлення робочих органів ґрунтообробних машин та іншої сільськогосподарської техніки виконали В.І. Пахомов, С.І. Камбулов, В.Б. Риков, Г.Г. Прохоренко, С.В. Брагинець, М.М. Московський та інші.

Незважаючи на це, НП досі не застосовували для модернізації дискових сошників зернових агрегатів з метою забезпечення їхньої працездатності на ґрунтах різної вологості.

Наукова гіпотеза – збільшення довговічності робочих органів сіялок час роботи в посушливих умовах та підвищення надійності про-

роботи на ґрунтах підвищеної вологості може бути досягнуто за рахунок застосування сучасних полімерних матеріалів для модернізації дводискових сошників зернових сівалок.

Об'єкт дослідження – технологічний процес роботи дводискового сошника зернової сівалки на ґрунтах різної вологості.

Предмет дослідження – закономірності зміни працездатного стану дводискового сошника зернової сівалки на ґрунтах різної вологості.

Мета дослідження – забезпечення працездатності дводискових сошників зернових сівалок на ґрунтах різної вологості.

Запропонований модернізований дводисковий сошник зернової сівалки під час роботи на ґрунтах підвищеної вологості забезпечує можливість раннього проведення посівних робіт порівняно з існуючими сошниками, тим самим знижуючи час його роботи при підвищеному зносі у посушливих ґрунтах.

Виклад основного матеріалу дослідження

Нами пропонується дводисковий сошник (Рис. 1) для висіву насіння, який складається з повідця 1, з'єднаного з корпусом 2, встановлених на ньому двох плоских дисків 3 під кутом один до одного з ріжучими кромками з можливістю їх обертання, розміщених між ними чистиком 4 для очищення внутрішніх площин диска, розтрубом 5 для подачі насіння і маточинами 6, виступаючими назовні дисків 3, причому на кожен плоский диск ззовні встановлена суцільна захисна накладка 7 з гідрофобного і зносостійкого матеріалу з центруючими ребрами 8 навколо ступиці до диска кліпсами 9 головками з внутрішньої сторони, для чого в захисній накладці 7 і дисках 3 влаштовані отвори 10 і 11 відповідно необхідних діаметрів і форми.

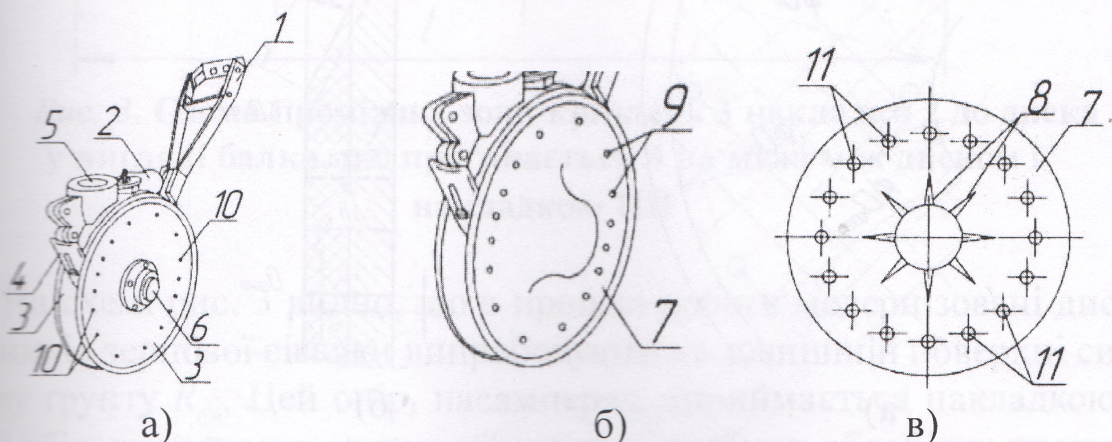


Рис. 1. Схема модернізованого дводискового сошника:
а) загальний вигляд сошника; б) вид бічної накладки диска;
в) точки механічного кріплення накладки

Таким чином, краще використовувати НП РЕ-500 товщиною не менше $\delta_n = 3$ мм, оптимальний діаметр розташування точок її кріплення $D_{\text{креп}} = 310$ мм з відстанню між ними $l = 38 \dots 42$ мм. Ці параметри гарантовано забезпечують багаторазовий запас зусилля притискання накладки до диска по всьому периметру та гарантовано виключають можливість потрапляння ґрунту між диском та накладкою. Дані теоретичні розрахунки необхідно перевірити у межах експериментальних досліджень.

Збільшення меж зони «нормальної працездатності» системи «дводисковий сошник» за рахунок модернізації робочих поверхонь дисків НП дозволить знизити залежність господарств від агротехнічних термінів та проводити посівні роботи в більш ранні терміни (на 20 – 60 годин раніше) у перезволожений ґрунт вологістю понад 24% без порушення режимів посівного агрегату. При цьому за рахунок підвищеної зносостійкості НП модернізований сошник може працювати і в умовах підвищеного зносу T , сухого ґрунту вологістю менше 13%.

Результати дослідження

Польові випробування проводилися протягом одного сезону у весняних та осінніх умовах, методика проведення описана нижче.

Наприкінці лютого, на початку березня 2023 року на полях при вологості ґрунту $W_a = 15 \dots 18\%$ (середньосуглинистий чорнозем), тобто в умовах її фізичної стиглості та найкращої якісної обробки нами проводилися такі випробування.

Визначення середньої кількості маси ґрунту, що налипає на широкорядні дводискові сошники сівалки СЗ – 3,6 проводилося при зазначеній вище вологості та швидкості посівного агрегату 10 км/год. У ході польових випробувань до робочих поверхонь дисків стандартно-

го сошника прилипало в середньому 0,29 кг ґрунту, що у 2,6 рази більше, ніж на модернізований сошник – 0,11 кг (рис. 5).



Рис. 5 Вид модернізованого та стандартних широкорядних (однорядкових) сошників сівалки СЗ-3,6 після польових випробувань

На фото рис. 5 видно, що налиплий ґрунт присутній на стандартних сошниках навіть в умовах фізичної стиглості ґрунту. У той час як на модернізованому сошнику ґрунт залишається лише на фасці диска, на межі між диском та накладкою НП.

Для експериментального обґрунтування оптимальної кількості механічних кріплень (заклепок) $n_{\text{Конт}}$ накладки із НП в ході польових випробувань нами фіксувалася кількість ґрунту, що потрапляв на межу між диском та накладкою. Чим менша маса цього ґрунту, тим надійніше з'єднання та прилягання накладки із НП до робочої поверхні диска. На рис. 6 показаний графік, складений за результатами даних.

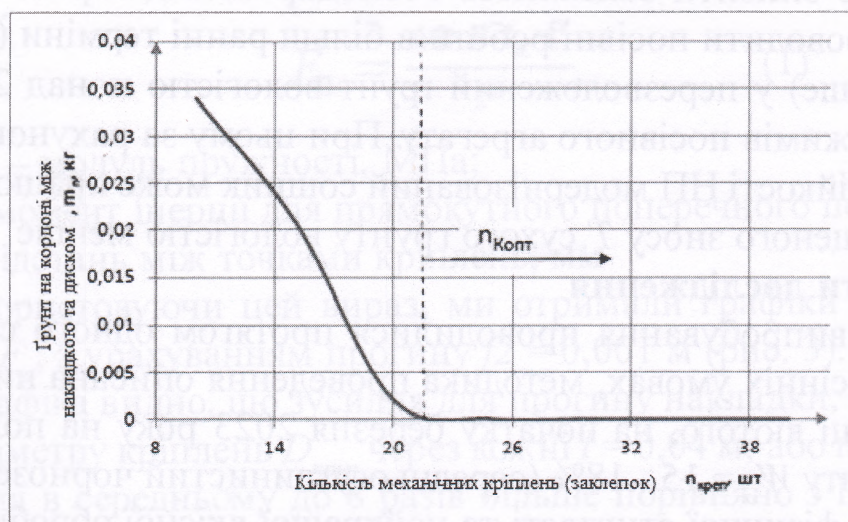


Рис. 6 Залежність кількості ґрунту m_n , на межі між диском та накладкою із НП, від кількості механічних кріплень $n_{\text{крп}}$ заклепок (без приклеювання накладки)

Як очевидно з рисунку, отриманий під час теоретичного аналізу діапазон $l = 0,038 \dots 0,042$ м між кріпленнями по діаметру $D_{\text{крп}}$, відповідний 23...26 точкам кріплення, підтверджується польовими випробуваннями модернізованих дводискових сошників з різною кількістю механічних кріплень. З результатів польових дослідів видно, що ґрунт на межі між накладкою і диском накопичується при 10...22 шт. заклепок у кількості 0,034...0,003 кг та з подальшим нарощуванням точок кріплення відсутня. Таким чином, установка більше 22 шт. механічних кріплень є необов'язковою і буде супроводжуватись зайвими витратами та часом робіт при встановленні накладки НП.

Тому, з урахуванням наявного обладнання для закріплення на-

кладок на диски та виготовленого розмітного диска, що дозволяє виробляти кріплення накладок 12, 24 та 36 шт. заклепками, для подальших випробувань прийняли $n_{\text{Конт}} = 24$ шт.

Додатково в ході польових випробувань модернізованих сошників з накладками із НП визначалася порівняльна якість висіву (глибина загортання насіння та форма борозни) їх зі стандартними сошниками при вологості ґрунту $W_a \approx 27\%$.

Фіксувалися відхилення при заданій глибині загортання насіння $h=0,06\text{м}$ (6 см) з урахуванням допустимих відхилень не більше 0,01 м (рис.7).

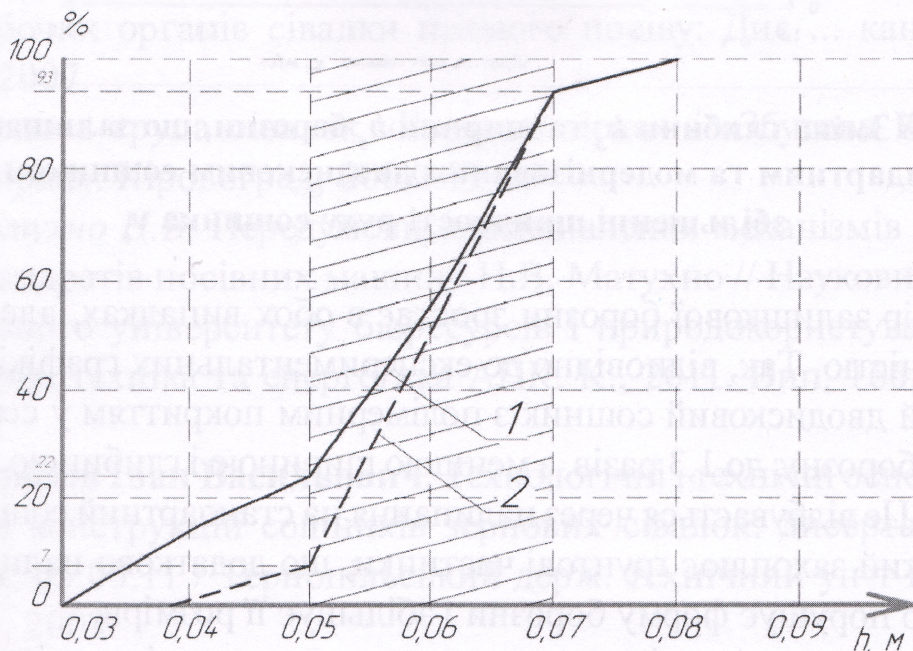


Рис. 7 Розподіл по глибині насіння (%) пшениці при висіві їх стандартними 1 та модернізованими 2 дводисковими сошниками сівалки СЗ-3,6 при швидкості руху 2,6 м/с

Як видно з графіка, стандартні сошники висівають в середньому до 22% насіння нижче заданої глибини і до 7% вище за неї. Отже, в умовах підвищеної вологості ґрунту від 24 до 27%, стандартні дводискові сошники укладають на задану глибину лише до 71% насіння, тоді як модернізовані до 86%, що відповідає агрономічним (допустиме відхилення за глибиною загортання $\pm 15\%$).

Форма утвореної дводисковими сошниками борозни також дуже впливає на якість закладення насіння зернових культур. Зміни показників глибини h_b і ширини b_b борозни залежно від швидкості руху сошників v_c , що порівнюються, представлені на рис. 8.

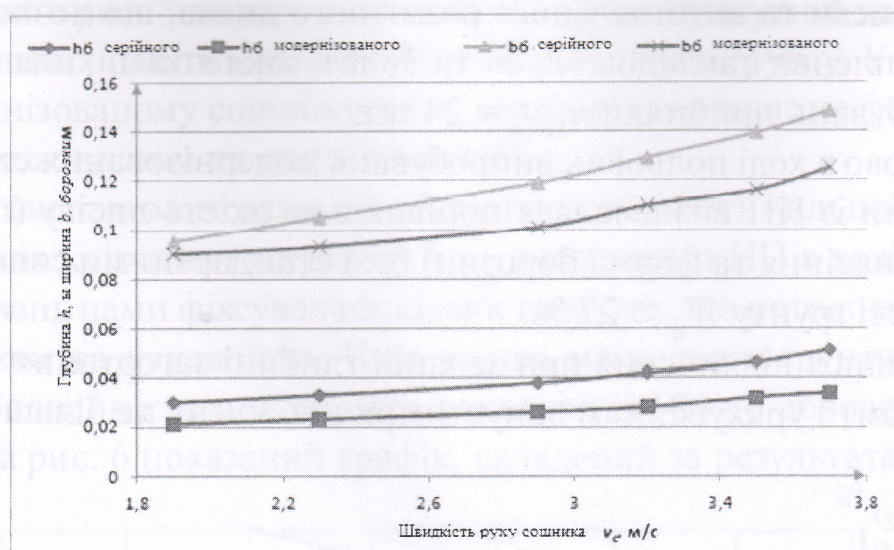


Рис. 8 Зміна глибини h_b та ширини b_b борозни, що залишається стандартним та модернізованим дводисковим сошником при збільшенні швидкості руху сошника v_c

Розмір залишкової борозни зростає в обох випадках, але з різною інтенсивністю. Так, відповідно до експериментальних графіків, модернізований дводисковий сошник з полімерним покриттям у середньому залишає борозну, до 1,3 разів, з меншою шириною і глибиною ніж стандартний. Це відбувається через налипання на стандартний сошник шару ґрунту, який захоплює ґрунтові частинки, що додатково налипають на нього, що порушує форму борозни і збільшує її розміри.

Аналізуючи ці дані можна сказати, що модернізовані полімером НП дводискові сошники зернової сівалки будуть створювати вирівняну борозну, що призводить до якісного закладення насіння на задану глибину при підвищеній вологості ґрунту.

Висновки з дослідження й перспективи

1. Виконаними дослідженнями підтверджено ефективність модернізації дисків сошників на ґрунтах різної вологості:

- ✧ експериментально підтверджено зниження тягового опору модернізованих сошників у 1,3...1,5 рази порівняно зі стандартними;
- ✧ отримані значення інтенсивності зношування (для стандартного та модернізованого сошника);

2. Модернізовані сошники забезпечують необхідну якість робіт

формуванні борозенки та заданої глибини посіву до 86%, наміну від стандартних сошників, на ґрунтах підвищеної вологості.

3. Впровадження результатів досліджень із забезпечення працездатності дводискових сошників на ґрунтах різної вологості за рахунок модернізації дисків сошників зернової сівалки дозволяє знизити річні експлуатаційні витрати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дьяконов С.О. Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів сівалки прямого посіву: Дис ... канд. наук: 05.05.11. 2007.

2. Зернова група сівалок «Червона зірка» / «Збутова Компанія Червона зірка». Кіровоград, 2008. 11 с.

3. Матухно Н.В. Передумови вдосконалення механізмів приводу посівних апаратів посівних машин / Н.В. Матухно // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2011. Вип. 166, ч. 2. С. 27 – 272.

4. Морозов Іван Васильович. Технологічні і технічні основи удосконалення конструкцій сошників зернових сівалок: дисертація д-ра техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. Т., 2003.

5. Добранський С.С., Бучко І.О. Електронно-мікроскопічний аналіз поверхні сталі 65Г після електроерозійної обробки. Сучасні проблеми теробської механіки: 2021 рік: матеріали XXII Міжнар. наук. конф. ЮН України, 16 – 18 жовтня 2021р. Київ-Ніжин, 2021. С. 188-191.

The paper is devoted to revealing the problem of double-disc planter efficiency under the conditions of different soils' humidity as well as under studying of adhesive and friction characteristics of polymer materials that are used for double-disc planters modernization.

Key words: seeding machine, double-disc planter, humidity, friction characteristics, surface layer, highmolecular polythene.

Для перевірки працездатності накладки із НП та обґрунтування її параметрів приймемо деякі припущення, враховуючи особливості реальної експлуатації дисків сошника. Для забезпечення жорсткості конструкції модернізованого сошника на першому етапі дослідження замінимо знімну поверхню на нерухомо закріплену. При цьому замість більш складних у виготовленні кліпс застосуємо механічне кріплення, наприклад, заклепки. Така фіксація, на наш погляд, усуне рухливість самої поверхні та точок її кріплення до диска, що має забезпечити відносну постійність конструктивних та геометричних параметрів елементів модернізованого диска сошника (диска та накладки). Крім того, при забезпеченні нерухомості накладки усувається можливість попадання ґрунту між диском та накладкою.

Виходячи з поданих припущень та вимог, виконаємо розрахунок основних конструктивних та технологічних параметрів, які необхідно забезпечити під час проведення модернізації дисків сошника. Розглянемо схему модернізованого сошника, представлену на рис. 2.

Для забезпечення основного призначення сошника, розрізання ґрунту та утворення борозни, накладка модернізованого сошника не повинна закривати ріжучу кромку диска та повинна перешкоджати проникненню ґрунту між ними. Для забезпечення ремонтпридатності модернізованого диска задаємося умовою, що кріплення накладки здійснюється лише під час модернізації.

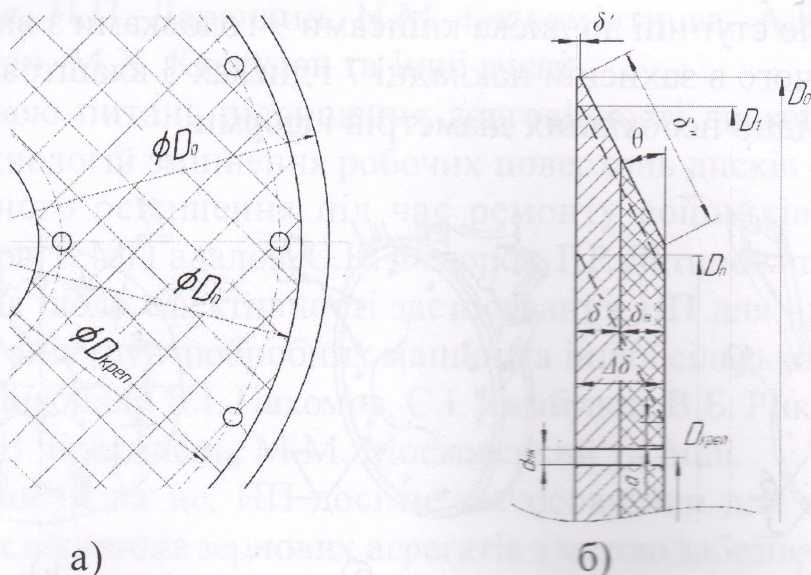


Рис. 2. Схема фрагментів лицьової
(а) та профільної (б) частин модернізованого диска

Як видно з рис. 2. механічні кріплення розташовуються по діаметру диска $D_{крп}$, який повинен бути меншим за D_n , гранично допустимого за технічними умовами розміру, враховувати товщину накладки D_o , необхідну геометрію ріжучої фаски (δ' – загострення та δ'' – ширина) та розміри кріпильних елементів заклепок.

Тоді, теоретичний діаметр $D_{крп}$ визначимо з наступної нерівності:

$$D_{крп} \leq D_n - d_{мк} - \Delta\delta \cdot \text{ctg}\theta - 2a, \quad (1.1)$$

де $d_{мк}$ – діаметр механічного кріплення, м;

a – технологічний припуск, м.

Таким чином, при $D_n = 326$ мм, $d_{мк} = 6$ мм, вугіллі заточування $\theta = 20^\circ$, ширині диска $\delta = 2,5$ мм, ширині накладки $\delta_n = 3$ мм і $a = 2$ мм, діаметр кріплень повинен бути $D_{крп} \leq 310,9$ мм. Приймаємо $D_{крп} = 310$ мм.

Також важливо визначити кількість механічних кріплень $n_{крп}$ для надійного прилягання поверхні із НП до диска сошника по діаметру $D_{крп}$. Ймовірно, що при поступовому нарощуванні кількості кріплень буде виявлено їхню оптимальну кількість $n_{конм}$, після чого додаткова установка кріплень буде не доцільною (Рис. 3.).

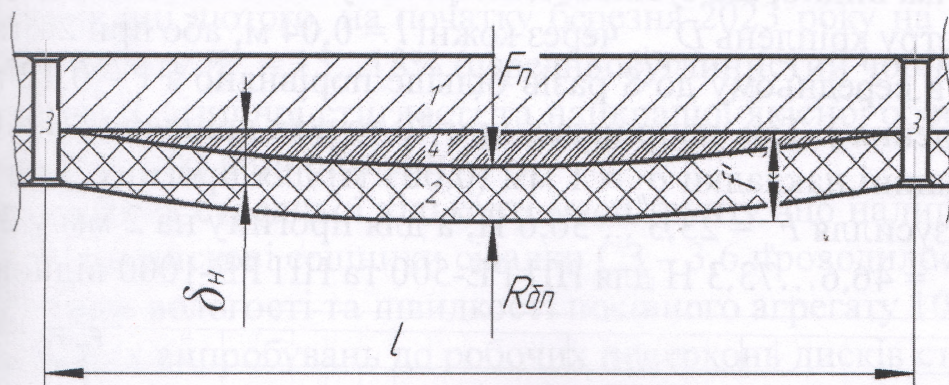


Рис. 3. Схема проміжної зони кріплень 3 накладки 2 до диска 1 у вигляді балки, що прогинається 4 на межі між диском і накладкою НП

На схемі рис. 3 видно, що в процесі роботи модернізовані диски сошників зернової сівалки випробовують на зовнішній поверхні сили опору ґрунту $R_{\delta n}$. Цей опір, насамперед, сприймається накладкою із НП і збільшуватиметься при збільшенні глибини обробітку ґрунту, а також від фізичних властивостей ґрунту. При роботі модернізованого сошника можуть виникати умови, здатні відігнути накладку і утвори-

ти зазор, в який потраплятиме ґрунт, що підсилює ефект, що розклинює. При цьому, певна критична величина сили F_n для прогину f накладки, яку можна розглядати як пружну балку. Величина прогину та порушення герметичності з'єднання по периметру диска визначатиметься параметрами накладки і, насамперед, відстанню між кріпленнями l .

Для визначення зусилля F_n , необхідного для створення заданого прогину накладки, між місцями її кріплення діаметром $D_{крп}$ змодельовано різні варіанти модернізації дводискових сошників. Для цього скористаємося відомою формулою для розрахунку максимального прогину балки f з теорії опору матеріалів, перетворивши її для визначення F_n :

$$F_n = \frac{48 \cdot E \cdot I_x \cdot f'}{l^3}, \quad (1)$$

де E – модуль пружності, МПа;

I_x – момент інерції для прямокутного поперечного перерізу, мм⁴;

l – відстань між точками кріплень, мм

Використовуючи цей вираз, ми отримали графіки залежностей зусилля F_n , з урахуванням прогину $f_2 = 0,001$ м (рис. 3).

З графіка видно, що зусилля для прогину накладки, яка закріплена по діаметру кріплень $D_{крп}$ через кожні $l = 0,04$ м, або при 24 точках кріплення в середньому до 8 разів більше порівняно з $l = 0,12$ м (12 точок кріплення). Так, наприклад, при 40 точках кріплення ($l = 0,024$ м) при товщині накладки $\delta_n = 1$ мм (0,001 м) для прогину її на 1 мм необхідно зусилля $F_n = 23,3 \dots 36,6$ Н, а для прогину на 2 мм у 2 рази більше – $F_n = 46,6 \dots 73,3$ Н для НП РЕ-500 та НП РЕ-1000 відповідно.

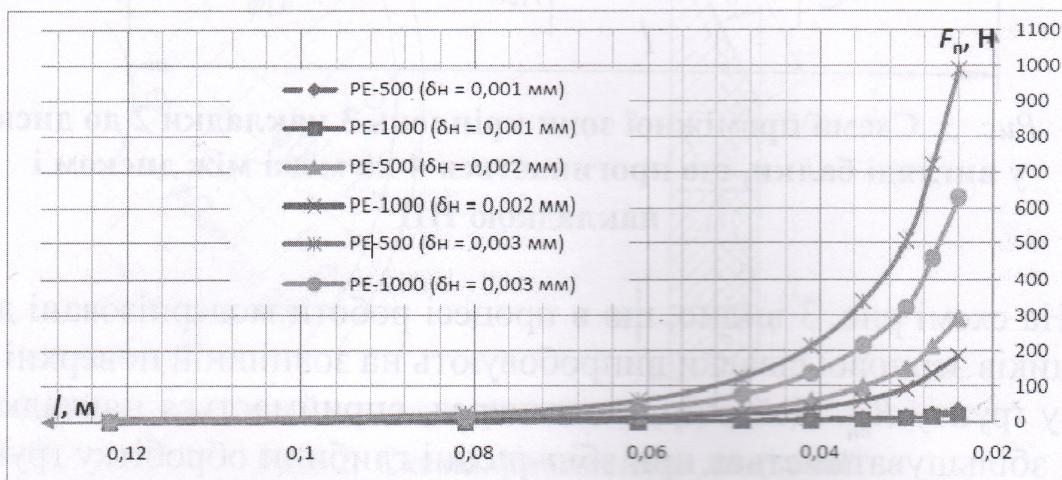


Рис. 4 Графік залежностей зусилля F_n при прогинанні $f_2 = 0,001$ м та різних товщині накладки δ_n від відстані l між кріпленнями