

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИСІВНОГО АПАРАТА
УНІВЕРСАЛЬНОЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ VESTA 8
PROFI КОМПАНІЇ ELVORTI”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61

спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Карпінський Андрій Богданович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Семен Я.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Миронюк О.С.
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

УДК 631.338:632.21

Карпінський Андрій Богданович. Дослідження параметрів висівного апарата універсальної пневматичної сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУП, 2025.

56 с. текст. част., 18 рис., 4 табл., 28 джерел

Проаналізовано існуючі способи сівби сільськогосподарських культур, зокрема просапних. Виконано огляд конструкцій посівних машин вітчизняного та зарубіжного виробництва для сівби просапних культур та особливостей пневматичних висівних апаратів, які на них використовуються.

Проведено аналітичні дослідження пневматичного висівного апарату з плоским диском і отворами на його поверхні аналітично обґрунтовані його основні параметри.

Наведено програму, методики й результати експериментальних досліджень висівного апарату універсальної пневматичної сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI, отвори на дисках якого мають різні діаметри, під час встановлення їх на задану норму висіву насіння кукурудзи з графічним відображенням отриманих закономірностей зміни норми висіву технологічного матеріалу від ваги 1000 зерен кукурудзи.

Розроблено карту умов праці під час використання агрегату для сівби просапних культур та побудовано логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час технічного обслуговування універсальної пневматичної сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI.

Виконано економічне обґрунтування й здійснено порівняльний аналіз використання різних агрегатів під час сівби кукурудзи.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1 Аналіз способів сівби просапних культур.....	8
1.2 Аналіз конструкцій сівалок для сівби просапних культур.....	10
1.3 Аналіз конструкцій пневматичних висівних апаратів.....	14
Висновки.....	23
2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕМАТИЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ	24
2.1 Обґрунтування технологічного процесу сівби насіння пневматичним апаратом.....	24
2.2 Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пневматичного висівного апарата.....	27
2.3 Обґрунтування параметрів бункера висівного апарату сівалки.....	30
Висновки.....	31
3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
Висновки.....	38
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	39
5.1 Складання карти під час сівби просапних культур	39
5.2. Оцінка рівня виникнення небезпеки аварій і травм.....	42
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СІВАЛКИ VESTA-8 PROFİ	47
Висновки.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	54
ДОДАТКИ	57
ДОДАТОК А Механізм передач на висівні апарати сівалки	

VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI.....	58
ДОДАТОК Б Таблиці для встановлення норм висіву висівних апаратів сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI.....	59
ДОДАТОК В Кількість насіння на гектар висіяної площі, шт.....	61

ВСТУП

Згідно агротехнічних вимог просапні сівалки повинні забезпечувати якісне дозування посівного матеріалу й укладати насіння у вологий ґрунт, рівномірно розподіливши його на полі за зоною живлення у відповідність з біологічними особливостями кожної сільськогосподарської культури [2, 4, 11, 15, 20].

Під час сівби просапних культур, таких як кукурудза ставляться підвищені вимоги стосовно якості розподілу насіння. Основним показником посівного матеріалу, за яким він розподілявся на певній площі була визначена норма сівби (кг/га). Але як показали дослідження, важливим чинником виступає також крупність самого насіння, тобто маса 1000 його насінин. Тому для сівби насіння різних сільськогосподарських культур застосовують диски, які мають 15, 30, 40 та 60 отворів на своїй поверхні з різними діаметрами та розміщеними у один або два ряди [12].

Зважаючи на те, що просапна сівалка VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI – це універсальна машина, яка може висівати різноманітні сільськогосподарські культури, то під час сівби може змінюватися її глибина та норма висіву насіння. Саме тому сівалку обладнують різними системами автоматизованого керування технологічним процесом та вдосконаленими робочими органами, зокрема посівними секціями для роботи полях за традиційного обробітку ґрунту і нульового (мінімального) обробітку ґрунту. Крім того для сівалки пропонується ряд висівних дисків з різною кількістю рядів і отворів на них. Тому важливим постає питання якісного розподілу посівного матеріалу різних сортів та гібридів одного виду сільськогосподарських культур.

Актуальність теми. На сівалках VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI для сівби кукурудзи рекомендують використовувати плоскі диски з 30-ма отворами на поверхні, діаметри яких становлять 4,0 та 5,5мм. Кожен диск призначений для висівання дрібної чи крупної фракції насіння кукурудзи, а тому воно повинно бути каліброване. Під час налаштування пневматичних висівних апаратів на відповідні норми сівби кукурудзи користуються таблицями та ана-

літичними розрахунками. Але у випадку сівби некаліброваним насінням кукурудзи постає питання якісного його розподілу на площі та забезпечення заданої норми висіву, особливо, якщо потрібно висівати різні сорти чи гібриди, які характеризуються різною масою їх 1000 зерен.

Саме тому актуальним є дослідження роботи пневматичних висівних апаратів з різними діаметрами отворів на поверхні диска стосовно впливу крупності насіння кукурудзи на задану норму його висіву.

Метою досліджень є підвищення ефективності процесу сівби кукурудзи пневматичним висівним апаратом VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати способи, технології, посівні машини та їх робочі органи для сівби просапних культур і кукурудзи зокрема;
2. Провести аналітичні дослідження дискового висівного апарату;
3. Експериментально дослідити роботу дискових висівних апаратів сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI;
4. Розробити карту умов праці та логіко–імітаційну модель процесу виникнення травм під час сівби кукурудзи;
5. Визначити економічну ефективність застосування просапних сівалок, обладнаних пневматичними висівними апаратами.

Об'єкт дослідження: пневматичний висівний апарат сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI.

Предмет дослідження: вплив крупності насіння на закономірність його висівання пневматичним апаратом, отвори на диску якого мають різний діаметр.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 1 статтю у матеріалах і тезах наукових конференцій

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз способів сівби просапних культур

Для сівби окремих просапних сільськогосподарських культур застосовують різні способи, вибір яких залежить від їх біологічних особливостей, які характеризуються певною зоною живлення як кореневої системи, так і чи наземної частини рослин за яких формується відповідна густина сходів, і, відповідно, кінцева врожайність [2, 4, 11, 15, 19].

На рисунку 1.1 наведено способи сівби основних сільськогосподарських культур, серед яких рядковий (рисунок 1.1, а), вузькорядний (рисунок 1.1, в) та перехресний (рисунок 1.1, б) застосовують переважно для сівби зернових, зернобобових культур, льону та трав.



Рисунок 1.1 Схеми способів сівби:

a — рядковий; *б* — перехресний; *в* — вузькорядний; *г* — широкорядний; *д* — стрічковий; *е* — пунктирний; *є* — ґніздовий; *ж* — квадратно-ґніздовий; *з* — смуговий; *і* — розкидний;

Для сівби просапних культур застосовують переважно широкорядний спосіб (див. рисунок 1.1, г). Це обумовлюється вибагливістю просапних культур до збільшених площ живлення підземної чи наземної їх частин. Саме тому для кукурудзи ширина міжрядь становить 60-70см, для соняшнику ширина міжрядь становить 70см, для цукрових буряків – 45см, картоплю садять з міжряддям 70см. Для усіх культур, посіяних широкорядним способом в подальшому можна проводити міжрядні обробітки для знищення бур'янів й розпушення ґрунту у міжрядді, а також відновлення повітряно-водного режиму живлення рослин в часі їх проростання і вегетації [2, 18, 19].

Під час стрічкового способу сівби (див. рисунок 1.1, д) насіння в ґрунті розміщується окремими стрічками в два- три рядки, відстань між якими коливається від 6,5 до 15см. Під час вирощування овочевих культур (цибулі, часнику, моркви, столових буряків та ін.) відстань між окремими стрічками міжряддя може бути збільшене до 45-60см і більше [2, 11, 19].

Під час сівби цукрових буряків, соняшнику, сорго, рицини, кукурудзи на зерно та ін. с.-г. культур, які характеризуються підвищеною вибагливістю до зони живлення кореневої системи, водного й теплового режимів та освітлення застосовують пунктирний спосіб сівби (див. рисунок 1.1, е), за якого насіння розміщується через певну відстань в рядку на один погонний метр. Сіють такі культури сівалками точного висіву.

За гніздового способу (див. рисунок 1.1, є) насіння укладають по декілька штук в окремі гнізда робочими органами спеціальних сівалок. Такий спосіб використовують для сівби насіння, що має погану схожість або, якщо насіння культур, які висіваються вимагають конкуренції за площею живлення. Подібний спосіб застосовують під час сівби розсади для наступного її пересаджування [2, 11, 19].

За квадратно-гніздового способу (див. рисунок 1.1, ж) насіння (розсада) розміщуються у вершинах квадратів (60×60 або 70×70 см), утворених за двох взаємно-перпендикулярних напрямків руху агрегату, що дозволяє обробляти сходи культиваторами у двох напрямках [2, 4, 19].

1.2 Аналіз конструкцій сівалок для сівби просапних культур

Для сівби каліброваного або некаліброваного насіння кукурудзи, соняшнику, рицини та ін. с.-г. культур пунктирним способом з одночасним внесенням у ґрунт близько до насіння мінедобрив застосовують універсальні пневматичні сівалки точного висіву СУПН-8А, СУПН-12А, УПС-8, УПС-12 та ін. Вони обладнані пневмомеханічними висівними апаратами, а за конструкцією робочих та службових органів подібні між собою і різняться розмірами рами, кількістю посівних секцій та туковисівних апаратів [2, 4, 19, 24].

Універсальна пневматична начіпна сівалка УПС-8 має вісім посівних секцій 6 (рисунок 1.2), які можуть переміщуватися на рамі 2 і забезпечувати сівбу з міжряддями 45, 60, 70 та 90см [24].



Рисунок 1.2 – Пневматична начіпна сівалка УПС-8:
 1 – вентилятор; 2 – рама; 3 – туковисівний апарат; 4 – причіпний пристрій;
 5 – сошник для добрив; 6 – посівна секція; 7 – маркер.

Сівалка обладнана вентилятором 1 з повітропроводами для створення розрідження у забірних камерах висівних апаратів, чотирима туковисівними апаратами 3, двома маркерами 7. Кожна посівна секція має у передній частині сошник для добрив 5. Для транспортування сівалки служить причіпний пристрій 4.

Сівалка VEGA 8 PROFІ компанії ELVORTI також призначена для сівби каліброваного, некаліброваного й дражованого насіння соняшнику, кукурудзи,

рицини, сорго, сої, квасолі, кормових бобів та ін. с.-г. культур з одночасним внесенням ґрунт окремо від насіння мінеральних добрив (їх суміші). Сівалка може працювати на полях з традиційною чи мінімальною технологіями обробітку ґрунту [12].

VEGA 8 PROFİ – це напівначіпна сівалка, що містить вісім посівних секцій 3 (рисунок 1.3), маркера 1, два приводні колеса 2, туковисівну систему 4 з окремими сошниками 10 для внесення мінеральних добрив і вентилятором 5, раму 7, противагу 8, транспортувальний пристрій 9 та систему контролю якості сівби (дозволяє налаштувати сівалку перед виїздом у поле і оцінювати якість посіву в часі сівби на полі, оптимізувавши швидкість руху агрегату).



Рисунок 1.3 – Сівалка універсальна пневматична VEGA 8 PROFİ:

1 – маркер; 2 – приводні колеса; 3 – посівні секції; 4 – туковисівна система; 5 – вентилятор; 6 – карданний вал; 7 – рама; 8 – противага; 9 – транспортувальний пристрій; 10 – сошник для міндобрив.

Привід робочих органів сівалки здійснюється від ВВП трактора через карданну передачу 6.

Працює сівалка так. Під час руху посівного агрегату завдяки розрідженню, створюваного вентилятором 5 сівалки, насіння, що присмокталося до отворів диска, переміщується під час його обертання із забірної камери висівного апарата до місця укладання в борозенку, наперед утворену сошником

(полозоподібним або дводисковим у залежності ввід технології обробітку ґрунту) для насіння. Одночасно, окремо від насіння, туковисівною системою 4 сівалки через сошник 10 в зону рядка вносяться гранульовані міндбріва.

Диск маркера 1, опущений на незасіяну частину поля, утворює і залишає на поверхні слід у вигляді борозенки, який служить орієнтиром механізатору для забезпечення міжрядного стикування з наступним проходом посівного агрегату.

Восьмирядна напівначіпна сівалка VESTA 8 PROFІ (рисунок 1.4) призначена для сівби каліброваного насіння кукурудзи, сорго, соняшнику, рідини, кормових бобів, квасолі та сої з міжряддям 700мм за традиційного обробітку ґрунту перед сібою [12].

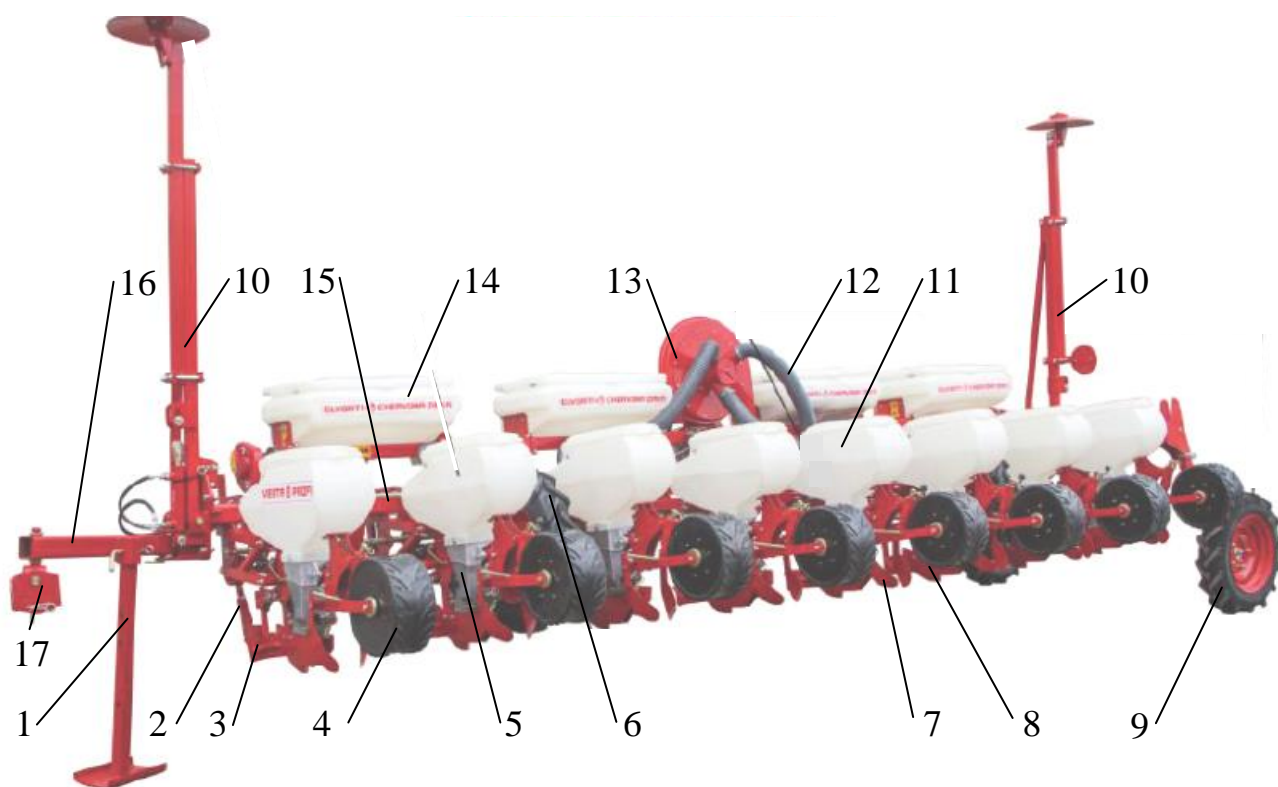


Рисунок 1.4 Сівалка універсальна пневматична VESTA 8 PROFİ:
 1 – стійка (опора) транспортного пристрою; 2 – сошник для внесення мінеральних добрив; 3 – грудковідбивач; 4 – коток-ущільнювач; 5 – секція посівна; 6 – колесо опорно-привідне; 7 – загортач насіння; 8 – полозоподібний сошник для утворення борозенки, в яку укладається насіння; 9 – колесо опорно-привідне і транспортного пристрою; 10 – маркер; 11 – бункер для насіння; 12 – ресивер з повітропроводами; 13 – відцентровий вентилятор; 14 – бункер для мінеральних добрив з туковисівним апаратом; 15 – рама; 16 – сниця транспортного пристрою; 17 – замок.

Сівалка має вісім посівних секцій 5 (див. рисунок 1.4) з окремими бункерами 11 для насіння, відбивачами 3 грудок, котками-ущільнювачами 4, заго- ртачами 7 й полозоподібними сошниками 8 для утворення в ґрунті борозенок й укладання в них насіння, раму 15, вісім сошників 2 для внесення мінераль- них добрив, два опорно-привідні колеса 6 з механізмами передач, пневмосис- тему, яка включає вентилятор 13 з ресивером і повітропроводи 12, чотири ту- ковисівні апарати з бункерами 14 для міндобрив. Сівалка обладнана двома ма- ркерами 10 та транспортним пристроєм, який містить два опорно-привідних колеса 9, стійки 1 та сницю 16 з замком 17. Окрім того, усі моделі сівалок V- ESTA 8 PROFІ обладнуються системою контролю, подібною за призначенням і конструкцією до сівалки VEGA 8 PROFІ.

Для сівби просапних культур (соняшнику, кукурудзи, ріцини, сорго, сої, квасолі, кормових бобів та ін. с.-г.) компанія HORSCH пропонує модельний ряд сівалок Maestro: Maestro 12.70-75 SW, Maestro 24.70-75 SW, Maestro 8.70– 75–80 CC, Maestro 12.45-50 CC (рисунок 1.5) та ін. [23].

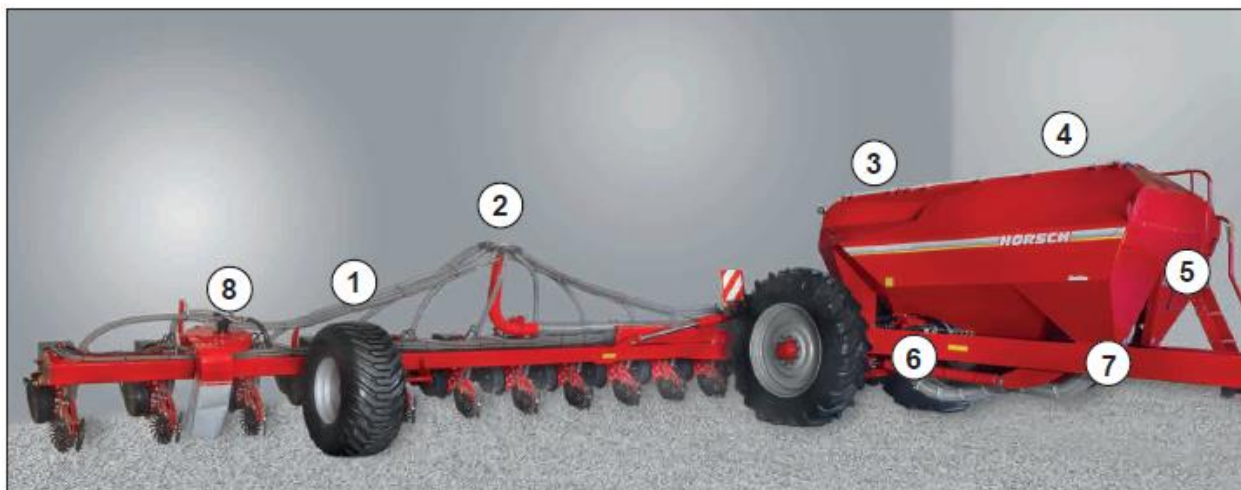


Рисунок 1.5 – Сівалка Maestro 12.45-50 CC компанії HORSCH:

1 – колесо опорне; 2 – розподільна головка для міндобрив; 3 – бункер для на- сіння; 4 – бункер для добрив; 5 – драбина; 6 – вентилятор для створення розрі- дження у забірних секціях для насіння; 7 – вентилятор для міндобрив; 8 – пові- тропроводи.

Усі сівалки Maestro мають однакове призначення і будову. Різняться тільки компонуванням робочих вузлів та кількістю посівних секцій.

1.3 Аналіз конструкцій пневматичних висівних апаратів

Посівні секції сівалки СУПН-8А кріпляться до бруса рами шарнірно за допомогою паралелограмних механізмів. Кожна секція обладнана вакуумним

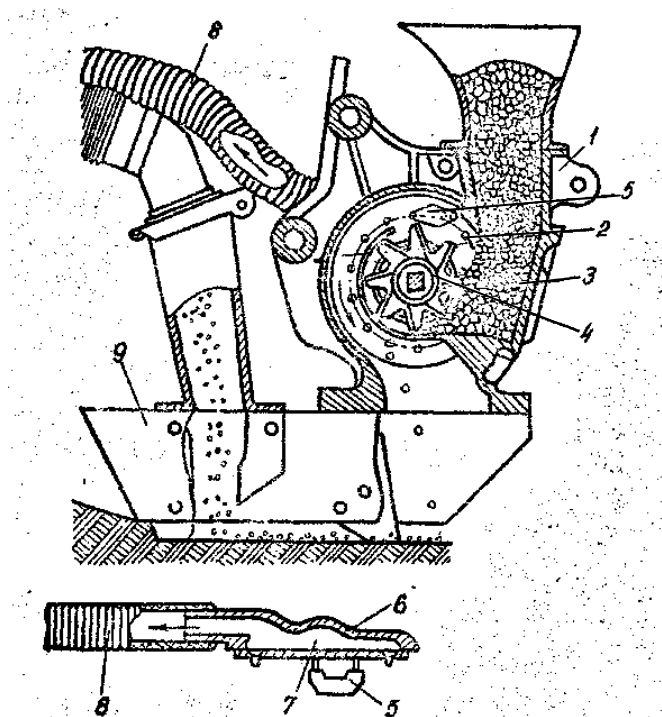


Рисунок 1.6 Вакуумний пневматичний висівний апарат

пневматичним висівним апаратом (рисунок 1.6), містить бункер для насіння, комбінований полозоподібний сошник 9, колесо-ущільнювач, підпружинений загортач та шлейф [2, 4, 19].

Вакуумний пневматичний висівний апарат має литий корпус 1 із забірною камерою 3 для посівного матеріалу, кришку 6 з камерою розрідження 7, прогумований зворушувач 4 насіння, вилчастий скидач 5 зайвого насіння та висівний диск 2, що приводиться в дію

ланцюгового передавальним механізмом. Висівний диск встановлений на квадратному кінці валу отворами з меншим діаметром до забірної камери, а до камери розрідження 7 – отворами більшого діаметра й притиснутий зворушувачем 4 до камери розрідження кришки 6. Камера розрідження 7 у зоні створення вакууму має підковоподібну форму. Вона сполучена повітропроводом 8 з розтрубом вентилятора сівалки.

Подібним за будовою і принципом роботи є висівний апарат кожної посівної секції сівалок УПС-8 і УПС-12. Він має литий корпус 1 (рисунок 1.7), фланець 3, зворушувач 4, висівний диск 5 і скидач зайвих насінин з механізмом регулювання. Сівалки комплектують змінними висівними дисками з отворами 2,2; 3; 4 та 5,5мм. Вони мають по 30, 40 і 60 отворів на поверхні. Диски підбирають в залежності від сільськогосподарської культури та крупності її

насіння. Саме від кількості отворів залежатиме норма висіву насіння, яку також можна регулювати зміною обертів самого диска [2, 4, 19].

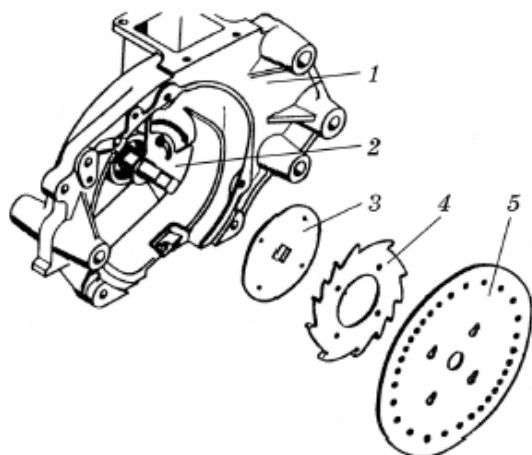


Рисунок 1.7 – Висівний апарат сівалок УПС-8 і УПС-12:

1 – корпус; 2 – заслінка; 3 – фланець; 4 – зворушувач; 5 – висівний диск.

Посівна секція сівалки VEGA 8 PROFІ під час технологічного процесу сівби формує посівне ложе, висіває насіння та ущільнює ґрунту над кожним засіяним рядком.

Посівна секція складається з грудковідбивача 4 (рисунок 1.8) або колте-ра 5, змонтованих перед прорізними дисками 8 з ґрунтоущільнювальними котками 6 насінневого сошника, обладнаного також регулятором 10 глибини укладання насіння в борозенку, які формують на поверхні поля посівне ложе та V-подібного широкого ущільнювального котка 1 (або V-подібного вузького ущільнювального котка 2 чи широкого ущільнювального котка 3) з регулятором 9 тиску котків на ґрунт [2, 4, 19].

Над висівним апаратом 7 кожної секції міститься бункер 13 для насіння. Кожна секція кріпиться до рами через паралелограмну підвіску 17 для плоско-паралельного її переміщення й копіювання рельєфу поля. Висівний диск кожної секції приводиться в дію ланцюговою передачею 16. Тиск посівної секції на ґрунт, особливо під час сівби на підвищених швидкостях, регулюють шляхом знімання або встановлення додаткових пружин 15.

Для повного видалення з котків налиплого ґрунту над ободом кожного ґрунтоущільнювального котка 6 змонтовані чистики 11, які слід ставити у відповідне положення і залежності від ступеня налипання.

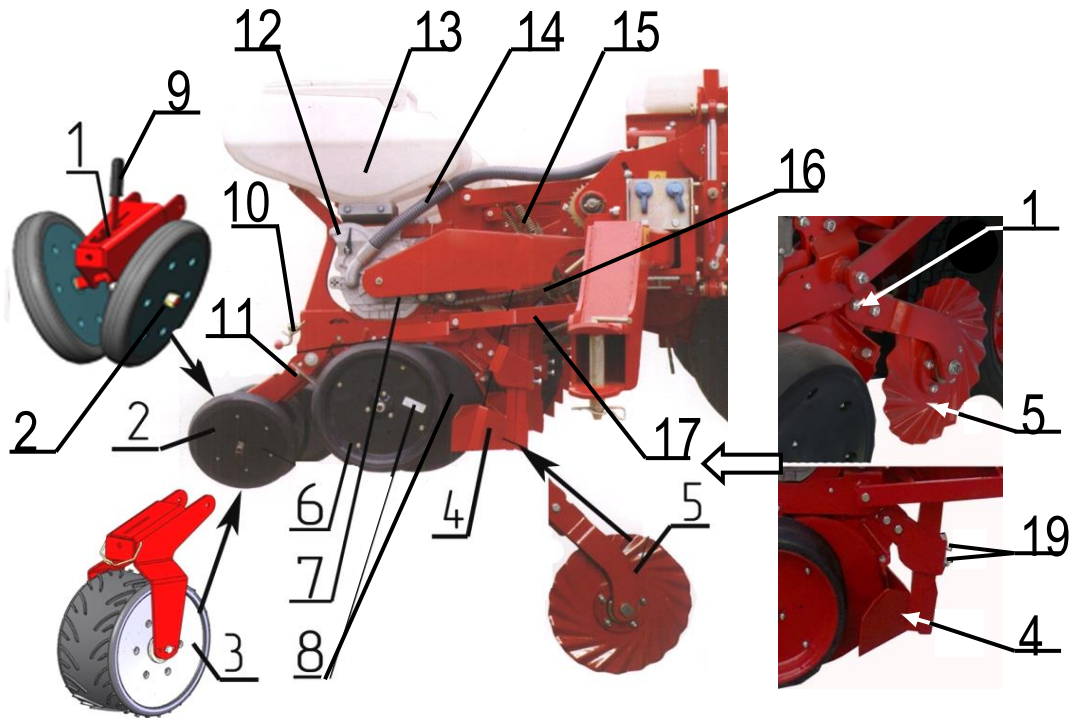


Рисунок 1.8 – Посівна секція сівалки VEGA 8 PROFi:

1 – V-подібний широкий ущільнювальний коток; 2 – V-подібний вузький ущільнювальний коток; 3 – коток широкий ущільнювальний; 4 – грудковідбивач; 5 – диск прорізний; 6 – коток ґрунтоущільнювальний сошника для насіння; 7 – апарат висівний; 8 – диск прорізний сошника для насіння; 9 – регулятор тиску котків на ґрунт; 10 – регулятор глибини укладання насіння в борозенку; 11 – чистик; 12 – шкала з покажчиком положення верхнього скидача зайвого насіння; 13 – бункер для насіння; 14 – повітропровід; 15 – пружина регулювання тиску секції на ґрунт; 16 – ланцюговий привід висівного диска посівної секції; 17 – паралелограмний механізм кріплення секції до рами сівалки; 18, 19 – болти; 20 – вісь кріплення котків.

Глибина укладання насіння в утворену прорізними дисками 8 сошника борозенку змінюється регулятором 10, прокручуючи і фіксуючи у відповідному положенні його важіль.

Регулювання зусилля тиску ущільнювальних котків 1 на ґрунт здійснюється важелем регулятора 9, який переміщують і фіксують у відповідних пазах кронштейна залежності від вологості ґрунту.

Відстань між ущільнювальними котками здійснюють шляхом встановлення втулок з внутрішнього або зовнішнього боку ущільнювального котка на осі 20 його кріплення.

На сівалці VEGA 8 PROFІ встановлено висівний апарат пневматичного типу, який забезпечує однозернову дозовану сівбу насіння в залежності від норми висіву окремої сільськогосподарської культури. Із зовнішнього боку на кришці його корпусу є шкала 12 (див. рисунок 1.8) з покажчиком положення верхнього скидача зайвого насіння та патрубков, з під'єднаним до неї повітропроводом 14 від вентилятора.

Висівний апарат має корпус 7 (рисунок 1.9) в якому змонтовано зворушувач 6, на якому кріпляться змінні висівні диски 5 та верхній скидач насіння 8, а за допомогою підпружиненого важеля 1 швидкого доступу до корпусу 7 приєднується кришка 2, всередині якої містяться заслінка 3 регулятора подачі насіння в забірну камеру висівного апарату, нижній 4 та додатковий 9 скидачі зайвого насіння. У верхній частині кришки є горловина 10, через регульовану заслінкою 3 щілину якої насіння з бункера 13 (див. рисунок 1.8) самопливом потрапляє у забірну камеру висівного апарату.

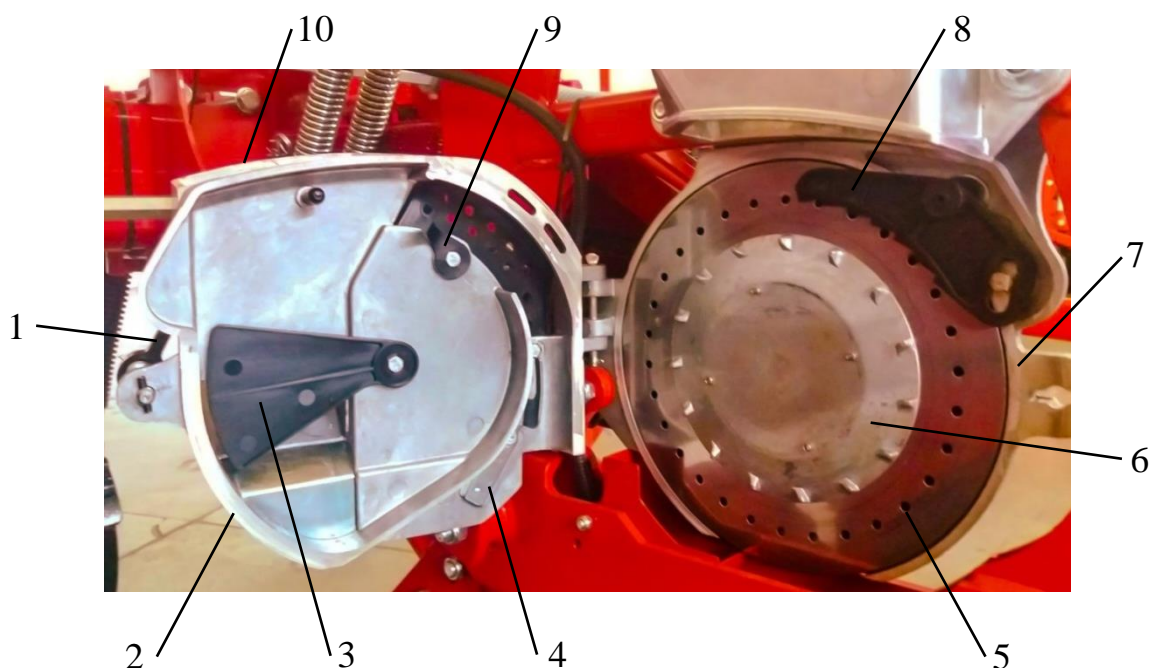


Рисунок 1.9 – Висівний апарат сівалки VEGA 8 PROFІ:

1 – підпружинений важіль швидкого доступу до висівного диска; 2 – кришка; 3 – заслінка регулятора подачі насіння в забірну камеру висівного апарату; 4 – нижній скидач насіння; 5 – висівний диск; 6 – зворушувач; 7 – корпус; 8 – верхній скидач насіння; 9 – верхній додатковий скидач насіння; 10 – горловина.

Висівні апарати сівалок VEGA 8 PROFІ комплектуються однорядними висівними дисками товщиною 0,8мм із зовнішнім діаметром 245мм і з діаметром по осях отворів – 200мм. Підбираючи висівний диск для відповідної сільськогосподарської культури необхідно враховувати, що за вищої норми висіву потрібно вибирати диск з більшою кількістю отворів і для крупнішої фракції насіння діаметри отворів на ньому мають бути більшими [12].

Посівна секція сівалки VESTA 8 PROFІ (рисунок 1.10) призначена для забезпечення точного укладання та загортання насіння у ґрунт на однакову глибину з одночасним прикочуванням засіяного рядка за традиційного способу обробітку ґрунту.

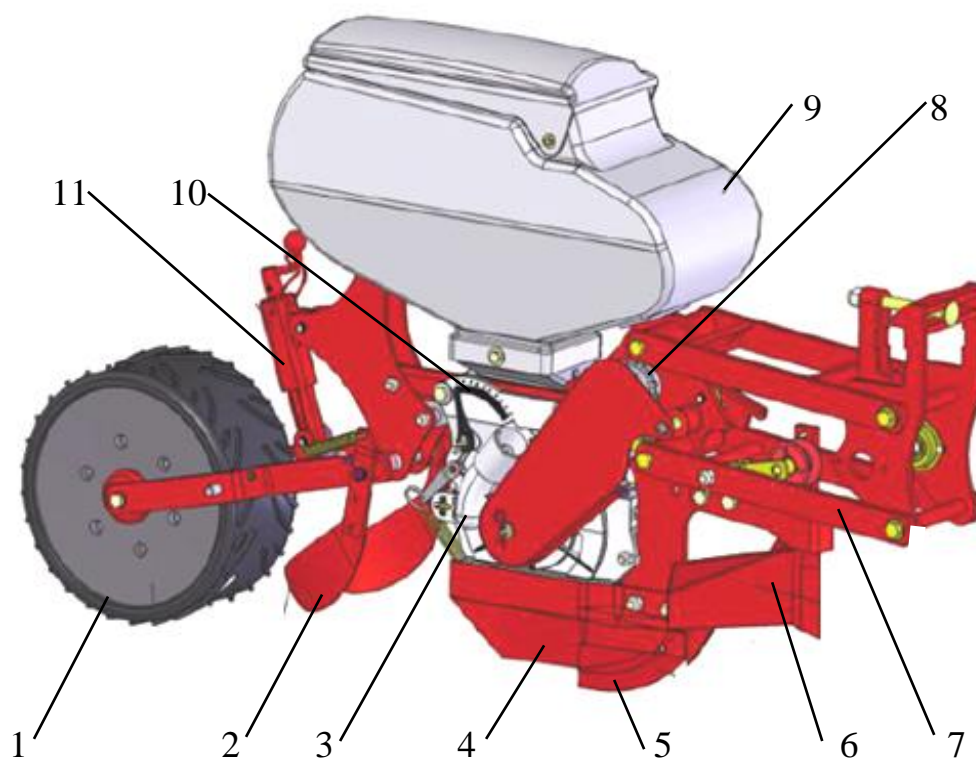


Рисунок 1.10 – Посівна секція сівалки VESTA 8 PROFІ:

1 – коток ущільнювальний; 2 – загортач; 3 – висівний апарат; 4 – сошник полозоподібний; 5 – п'ятка сошника для крупного насіння; 6 – грудковідбивач; 7 – паралелограмний механізм кріплення секції до рами сівалки; 8 – ланцюговий привід висівного диска посівної секції; 9 – бункер для насіння; 10 – шкала з показчиком положення скидача зайвого насіння; 11 – гвинтовий регулятор глибини укладання насіння.

Посівна секція має грудковідбивач 6 (див. рисунок 1.10), який змонтовано безпосередньо перед сошником 6, що утворює на поверхні поля вирівняне посівне ущільнене ложе за допомогою п'ятки 5, підпружинений загортач 2 у вигляді двох зігнутих лап та ущільнювальний коток 1 з гвинтовим регулятором 11, за допомогою якого змінюють глибину укладання насіння в борозенку.

Над висівним апаратом 3 кожної секції міститься бункер 9 для насіння. Кожна секція кріпиться до рами через паралелограмну підвіску 7 для плоскопаралельного її переміщення й копіювання рельєфу поля. Висівний диск кожної секції приводиться в дію ланцюговою передачею 8.

Висівний апарат сівалки VESTA 8 PROFІ забезпечує однозернову дозовану сівбу дрібного, середнього і крупного насіння в залежності від норми висіву окремої с.-г. культури.

Висівний апарат сівалки змонтовано між сошником 1 (рисунок 1.11) посівної секції й бункером 3 для насіння [12].

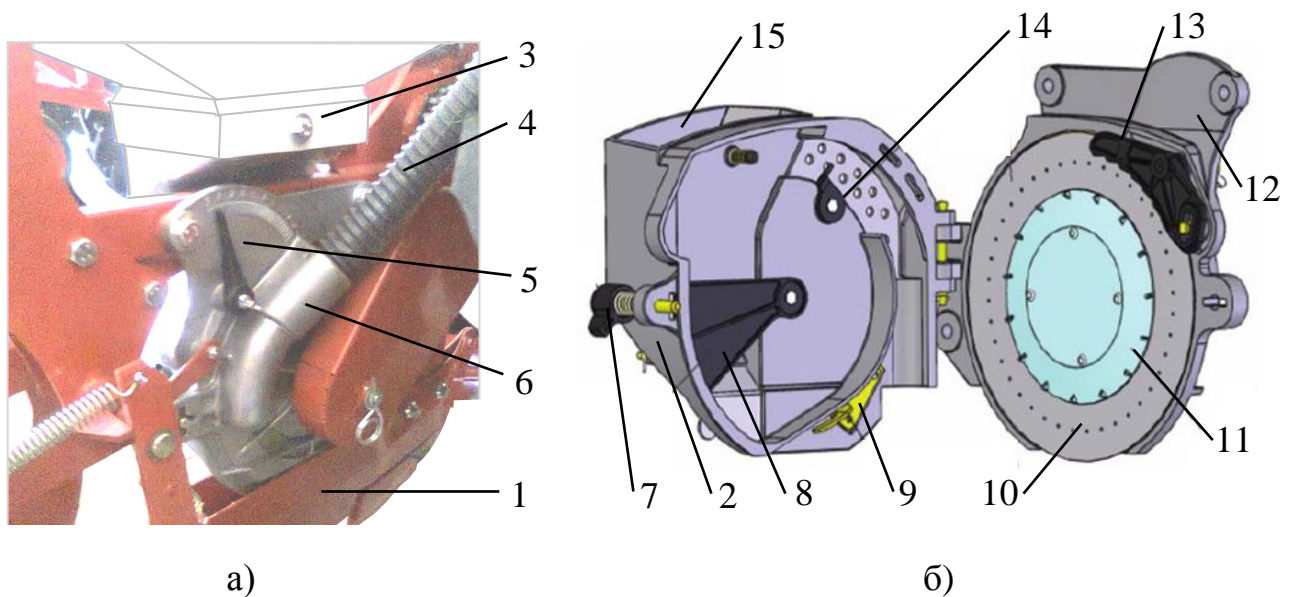


Рисунок 1.11 – Висівний апарат сівалки VESTA 8 PROFİ:

а) загальний вигляд; б) розчинений вигляд апарату; 1 – полозоподібний сошник; 2 – кришка; 3 – бункер для насіння; 4 – повітропровід; 5 – шкала з показником положення верхнього скидача зайвого насіння; 6 – патрубок; 7 – підпружинений важіль швидкого доступу до висівного диска; 8 – заслінка регулятора подачі насіння в забірну камеру висівного апарату; 9 – нижній скидач насіння; 10 – висівний диск; 11 – зворушувач; 12 – корпус; 13 – верхній скидач насіння; 14 – верхній додатковий скидач насіння; 15 – горловина.

Основою висівного апарату сівалки VESTA 8 PROFІ є корпус 12 (див. рисунок 1.11), в якому міститься зворушувач 11 із закріпленням на ньому висівним диском 10 та верхній скидач насіння 13. За допомогою підпружиненого важеля 7 швидкого доступу до корпусу 12 приєднується кришка 2, всередині якої є заслінка 8 регулятора подачі насіння в забірну камеру висівного апарату, нижній 9 та додатковий 14 скидачі насіння. З зовнішнього боку на кришці 2 є шкала 5 з покажчиком положення верхнього скидача зайвого насіння й патрубком 6, до якого під'єднується повітропровід 4. У верхній частині кришки виготовлена горловина 15, через яку насіння з бункера 3 самопливом потрапляє у забірну камеру висівного апарату. Потік насіння регулюють зміною розміру щілини за допомогою заслінки 8.

Висівні апарати сівалок VESTA 8 PROFІ комплектуються однорядними висівними дисками із зовнішнім діаметром, що становить 245мм (діаметр за осями отворів – 200мм). Товщина дисків становить 0,8мм. Діаметри отворів на дисках залежать від розмірів (крупності) насіння с.-г. культури, яку будуть висівати. Висівні диски підбирають, користуючись таблицею 1.1 [12].

Таблиця 1.1–Комплекти дисків висівних апаратів сівалок VESTA 8 PROFІ

Позначення диска	К-сть отворів, шт.	Діаметри отворів, мм	Сільськогосподарська культура, яку висівають диском
1	2	3	4
1. Основний комплект			
СУС 00.4157-04	30	5,5	Кукурудза, рицина, кормові боби, квасоля
2. Додатковий комплект			
СУС 00.4157	40	2,2	Сорго, соняшник (дрібна фракція)
СУС 00.4157-02	30	3,0	Соняшник
СУС 00.4157-03	30	4,0	Кукурудза
СУС 00.4157-08	80	4,0	Соя
3. Можливі комплекти за окремими замовленнями споживачів			
СУС 00.4157-01	40	3,0	Соняшник

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
СУС 00.4157-05	60	2,2	Сорго
СУС 00.4157-06	60	4,0	Соя
СУС 00.4157-07	72	4,0	Соя
СУС 00.4157-09	80	1,0	Дрібне насіння
СУС 00.4157-10	-	-	«Глухий диск»
СУС 00.4538 (дворядний)	120	4,0	Соя
СУС 00.4538-01 (дворядний)	144	4,0	Соя
СУС 00.4538-02 (дворядний)	160	4,0	Соя

Посівна секція сівалки Maestro 12.45-50 СС (рисунок 1.12) призначена для однонасінневої сівби насіння кукурудзи, соняшнику, сорго та ін. с.-г. культур у підготовлений та непідготовлений ґрунт [23].

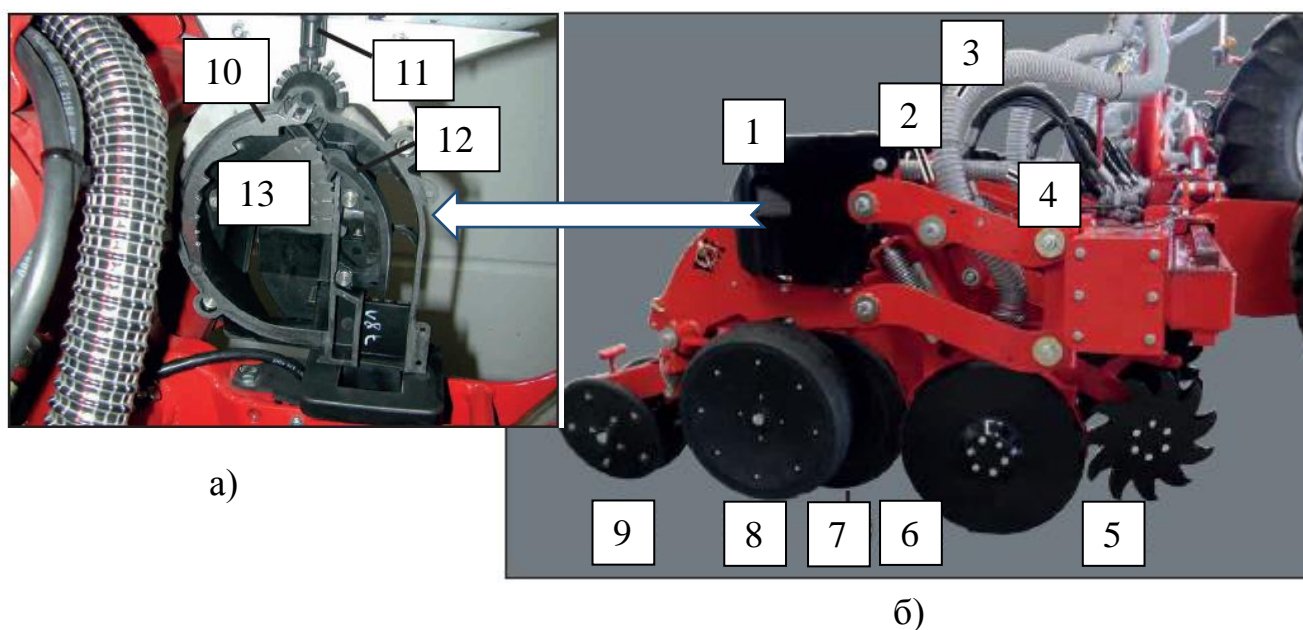


Рисунок 1.12 – Посівна секція сівалки Maestro 12.45-50 СС (б)
та її висівний апарат (а):

1 – висівний апарат; 2 – гідроциліндр тиску сошників; 3 – тукопроводи; 4 – насіннепроводи; 5 – очисні зірочки; 6 – сошник для добрив; 7 – сошник для насіння; 8 – реборди; 9 – ущільнювальні ролики; 10 – зовнішній скребок; 11 – важіль налаштування зовнішнього скребка; 12 – внутрішній скребок; 13 – впускна засувка для насіння.

Посівна секція кріпиться до рами сівалки за допомогою паралелограмної підвіски із можливістю регулювання тиску на ґрунт за допомогою гідроциліндра 2. Секція містить тукопроводи 3 для транспортування мінеральних добрив до сошників 6 та насіннепроводи 4, якими насіння транспортується до дискових сошників 7, обладнаних ребордами 8, які забезпечують задану глибину сівби. Ролики 9, які змонтовані у задній частині секції забезпечують ущільнення ґрунту в навкол насіннєвій зоні.

Система подачі насіння у забірну камеру висівного апарату містить зовнішній 12 і зовнішній 10 скребки та впускну засувку для насіння 13.

Посівна секція сівалки обладнується одно- та трирядними дисками для сівби окремих сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи (рисунок 1.13, а), соняшнику (рисунок 1.13, б), цукрових буряків (рисунок 1.13, в), сорго (рисунок 1.13, г) та сої (рисунок 1.13, д) [23].

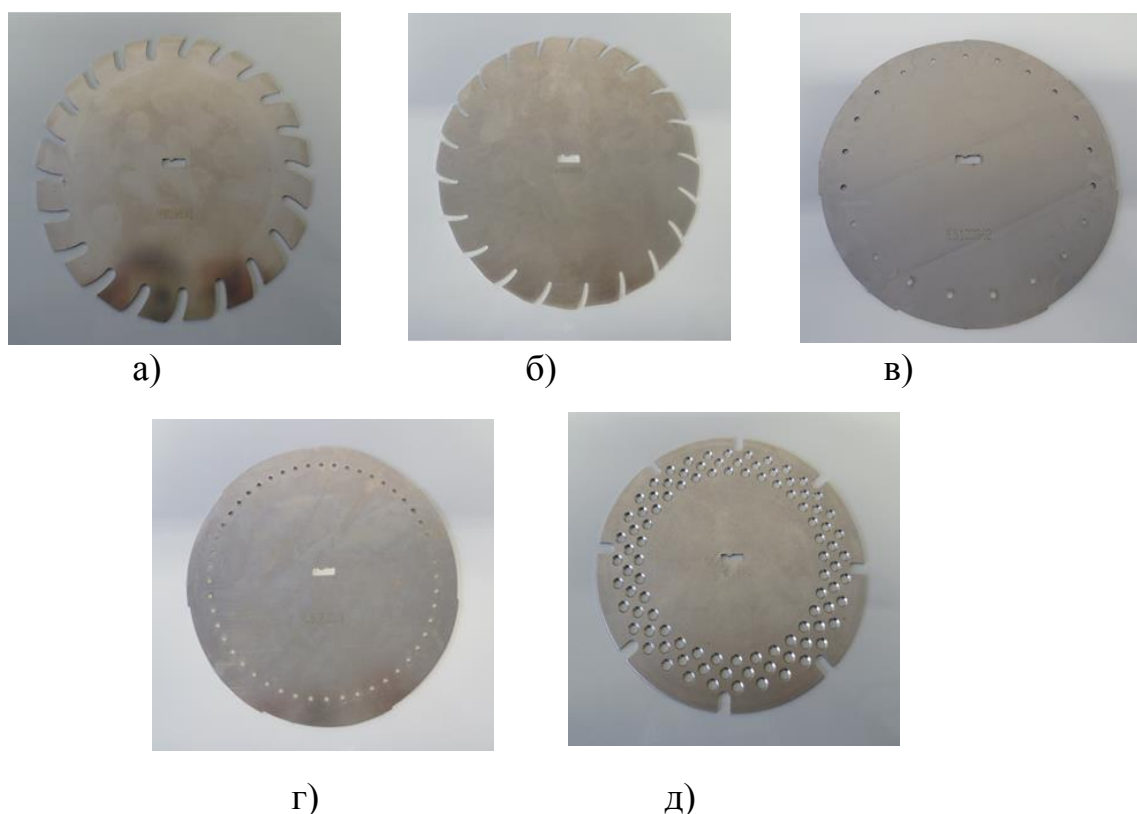


Рисунок 1.13 – Висівні диски посівної секції сівалки Maestro 12.45-50 СС

Розміри отворів на кожному із дисків вибирають в залежності від розмірів (крупності) насіння, яке ними висіватиметься.

Висновки

1. Просапні культури, зокрема кукурудзу на зерно сіють переважно рядковим (пунктирним) способом, за якого ширина міжряддя становить 70см.

2. У відомих конструкціях пневматичних висівних апаратів на вітчизняних просапних сівалках, зокрема VESTA 8 PROFІ застосовують переважно одно-, дворядні диски з кількістю отворів на них 15, 30, 40 та 60 штук.

3. На сівалках моделей Maestro 12.45-50 CC компанії Horsch застосовують висівні апарати з одно- та трирядними дисками для сівби окремих сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи, соняшнику, цукрових буряків, сорго та сої.

2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕМАТИЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ

2.1 Обґрунтування технологічного процесу сівби насіння пневматичним апаратом

У технологічному процесі сівби насіння пневматичними висівними апаратами можна виділити декілька послідовних етапів [2-4, 13, 19]:

- створення самопливного потоку насінневого матеріалу з бункера до висівного диска;
- захоплення (присмоктування до отворів диска) насінин і винесення їх із загального шару;
- зчищення (скидання) зайвого насіння;
- транспортування (переміщення обертовим диском) насіння до місця відокремлення його від отворів на диску;
- відокремлення (примусове скидання) насіння з присмоктуючих отворів диска.

Найвідповідальнішим вважається другий етап, коли насіння має присмоктуватися до отворів на поверхні диска і винестися із загального шару насінин без відривання від його поверхні.

Насінина 2 (рисунок 2.1) присмоктується до отвору на поверхні висівного диска 1 безпосередньо біля всмоктувального поля, де швидкість повітряного потоку, створюваного вентилятором, є найвищою. Імовірність присмоктування насіння в міру віддалення їх від отвору зменшується через фактично різке падіння швидкості повітряного потоку.

Проаналізуємо умову захоплення і винесення однієї насінини всмоктувальним повітряним потоком з загального шару насіння, яке міститься в забірній камері висівного апарату кожної посівної секції сівалки, скориставшись рисунком 2.1 [3, 7, 11].

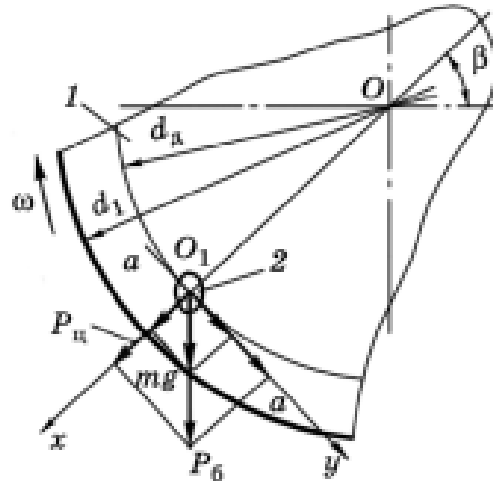


Рисунок 2.1 – Схема присмоктування і винесення диском однієї насінини із загальної маси насіння: 1 – диск; 2 – насінина.

Як видно з рисунка 2.1 на насінину діють: присмоктувальна сила P повітряного потоку; осьовий тиск P_0 у масі насінин, який залежить в основному від загальної висоти стовпа насінин у забірній камері висівного апарата й подавальної дії еластичного прогумованого зворушувача; сила ($G=mg$) ваги насінини; інерційна відцентрова сила $P_{ц}$; сила $P_б$ бокового тиску насіння.

Насінина утримується в отворі на поверхні диска, що обертається завдяки силі тертя, яка утворюється внаслідок дії сил присмоктувального й осьового тисків, тобто:

$$F = (P + P_0) \operatorname{tg} \varphi_1 \quad (2.1)$$

де φ_1 – кут тертя насінин по диску висівного апарату.

Інші сили, які діють на насінину перешкоджають винесенню окремих насінин із загальної маси, яка знаходиться в цей час у забірній камері висівного апарату, створюючи результуючу сил, яка напрямлена проти напрямку обертання диска з кутовою швидкістю ω .

За початок координат вибираємо точку O_1 (див. рисунок 2.1), як центр точки присмоктування насінини до отвору висівного диска, зовнішній діаметр якого d_1 , а діаметр диска по отворах $d_д$. Позначимо координатні осі, скерувавши вісь O_1y по $a-a$.

Знайдемо результуючу сил, які діють на насінину, спроектувавши їх на відповідні осі x та y :

$$\begin{aligned} P_x &= P_u + mg \cdot \sin \beta + P_o \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi, \\ P_y &= mg \cdot \cos \beta + P_o \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi, \end{aligned} \quad (2.2)$$

де φ – кут внутрішнього тертя насіння.

Через порівняно мале значення протидіючих величин з першого рівняння виразу (2.2) можна вилучити складову P_o бокового тиску насіння та силу P_o осьового тиску, що сприяє утриманню насінини в отворі диска, який обертається. З врахуванням таких допущень наближено знайдемо результуючу сил, як корінь суми квадратів проекцій сил на відповідні осі:

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \\ &= \sqrt{P_u^2 + 2P_u m f \sin \beta + m^2 g^2 \sin^2 \beta + m^2 g^2 \cos^2 \beta +} \\ &\quad + 2P_o m g \cos^2 \beta \operatorname{tg} \varphi + P_o^2 \cos^2 \beta \operatorname{tg}^2 \varphi \end{aligned} \quad (2.3)$$

Після перетворень і спрощення будемо мати

$$R = \sqrt{P_u^2 + 2P_u m g \sin \beta + m^2 g^2 + P_o \cos^2 \beta \operatorname{tg} \varphi (2m g + P_o \operatorname{tg} \varphi)}. \quad (2.4)$$

Умова присмоктування і винесення насінин із загальної маси насіння, яке міститься у забірній камері пневматичного висівного апарату має вигляд

$$P \operatorname{tg} \varphi \geq R. \quad (2.5)$$

З врахуванням (2.4) та (2.5) числове значення сили присмоктування можна виразити нерівністю

$$P \geq \sqrt{P_u^2 + 2P_u m g \sin \beta + m^2 g^2 + P_o \cos^2 \beta \operatorname{tg} \varphi (2m g + P_o \operatorname{tg} \varphi)} / \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.6)$$

Якщо $\beta=0$, то нерівність (2.6) матиме такий вигляд

$$P \geq \sqrt{P_u^2 + m^2 g^2 + P_o \operatorname{tg} \varphi (2m g + P_o \operatorname{tg} \varphi)} / \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.7)$$

У пневматичних висівних апаратах більшості моделей сучасних просапних пневматичних сівалок максимальний тиск P_o утворюється за найбільшої величини стовпа насіння над присмоктувальним отвором. Таке явище спостерігається за кута $\beta = 45$ град. Аналітичними дослідженнями встановлено, що для пневматичних висівних апаратів рівень (стовп) насіння над отвором для

його присмокування є впливовим на ефективність його захоплення і винесення із загальної маси.

2.2 Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пневматичного висівного апарата

Силу вакууму для ефективного присмокування насіння і винесення його із загального шару можна виразити через площу отвору S посівного диска і величину розрідження, скориставшись формулою

$$P = k\Delta P S, \quad (2.8)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, який враховує сумарну дію різних чинників на процес присмокування насіння до отворів диска і визначається експериментально (для насіння цукрових буряків $k = 0,35 \dots 1,15$; для бавовнику $k = 0,35 \dots 1,35$ [10, 17, 27]).

Площу S присмокувального отвору диска визначають за його діаметром, що вибирається в залежності від крупності насіння, тобто:

$$d = (0,6 \dots 0,7) b_c, \quad (2.9)$$

де d – діаметр отвору висівного диска, мм;

b_c – середня ширина насіння, мм.

Формула (2.8) дозволяє визначити силу вакууму з певними наближеннями. Якщо врахувати вплив аеродинамічного поля отвору диска та маси насіння у забірній камері висівного апарату, то розрідження, необхідне для присмокування насіння до отвору диска можна визначити із нерівності

$$H \geq \frac{P}{Skf} \sqrt{1 + \left(\frac{V_d}{gr_d}\right)^2 - \frac{2V_d^2}{gr_d} \sin \beta}, \quad (2.10)$$

де P – сила тяжіння, Н;

f – динамічний коефіцієнт тертя насіння об висівний диск;

V_d – швидкість висівного диска за діаметром присмокувальних отворів, м/с;

g – прискорення вільного падіння;

r_d – радіус кола присмокувальних отворів, м.

Витрати повітря через один висівний диск (апарат) будуть становити:

$$Q = \frac{1}{4} \eta \pi d^2 z \sqrt{\frac{2gH}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де η – коефіцієнт аеродинамічного опору висівного диска;

z – кількість одночасно відкритих присмоктувальних отворів на диску, шт;

γ – щільність повітря, кг/м³.

Коефіцієнт опору висівного диска можна визначити за формулою

$$\eta = \left[0,5(1-f)^2 + \tau(1-f) + \lambda \frac{l}{d} \right] \frac{1}{f^2}, \quad (2.12)$$

де $f = \frac{f_{отв.}}{F_0}$ – коефіцієнт перерізу диска;

τ – коефіцієнт, який сумарно враховує вплив товщини диска, форми кромки отвору та умови протікання повітря через присмоктувальний отвір;

λ – лінійний коефіцієнт опору тертя за глибиною отворів диска;

R – число Рейнольдса;

$f_{отв.}$ – площа перерізу присмоктувального отвору, мм²;

F – площа перерізу вакуумної камери, мм²;

l – товщина висівного диска, мм;

d – діаметр присмоктувального отвору, мм.

Між режимами роботи пневматичного апарата і всією сівалкою, а також конструктивними параметрами апарата існує певний зв'язок. Так, секундна подача насіння Q_c висівним диском становить:

$$Q_c = \frac{u}{d + \Delta l}, \quad (2.13)$$

де u – колова швидкість диска по центру отворів;

Δl – відстань між отворами.

Проте $d + \Delta l = l_k$ – це крок отворів на диску. Для нормального процесу присмоктування і винесення насінин потрібно, щоб

$$l_k \geq 2l_{\max} \quad (2.14)$$

де l_{\max} – максимальний розмір насіння.

Секундну подачу насіння Q_c можна також визначити через швидкість сівалки V_m і крок пунктиру l_n (відстань між зернинами або гніздами зернин у рядку) за формулою

$$Q_c = \frac{V_m}{l_n}. \quad (2.15)$$

Крок пунктиру l_n можна розрахувати за формулою (2.15):

$$l_n = \frac{10^4 Z_n}{Q_c b}. \quad (2.16)$$

Порівнявши рівняння (2.13) і (2.15), дістанемо

$$u = \frac{V_m (d + \Delta l)}{l_n} \quad (2.17)$$

Оскільки $u = \frac{\pi d_d n}{60}$, то за допомогою рівняння (2.17) знайдемо діаметр висівного диска по центрах отворів:

$$d_d = \frac{60 V_m (d + \Delta l)}{\pi n l_n}. \quad (2.18)$$

Повний діаметр диска

$$d_l = d_d + (3 \dots 4) l_{\text{пик}}. \quad (2.19)$$

Кількість отворів Z_d на висівному диску

$$Z_d = \frac{\pi d_d}{d + \Delta l}. \quad (2.20)$$

Загальні витрати повітря Q вентилятором визначають за формулою

$$Q = k_n V_m S Z_B Z, \quad (2.21)$$

де $k_n = 0,55 \dots 0,72$ – коефіцієнт присмоктування [27];

$V_{n.n}$ — швидкість повітряного потоку в отворі диска;

Z_B — кількість комірок диска, що знаходяться одночасно у вакуумній коморі;

Z — кількість апаратів.

Швидкість повітряного потоку $V_{п.п}$ в отворі (без зерна) при відомому розрідженні ΔP у повітряній системі сівалки становить

$$V_m = \alpha \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}}. \quad (2.22)$$

На практиці розрідження ΔP підбирають таким чином, щоб сила присмоктування була в десятки разів більшою від сили ваги насіння.

2.3 Обґрунтування параметрів бункера висівного апарату сівалки

Розміри бункерів просапних сівалок вибирають з умови забезпечення постійного витоку посівного матеріалу з їх горловин, які мають мати відповідні площі поперечного перерізу. У випадку, якщо площа поперечного перерізу вихідного отвору (горловини) буде зменшуватися, то потік посівного матеріалу через нього може повністю припинитися. Таке можливе, якщо не буде виконуватися умова [4, 17]:

$$r_{кр} \leq 4\sqrt{ab}, \quad (2.23)$$

де $r_{кр}$ – критичний радіус отвору горловини, мм,

a, b – середній поперечний розмір насінини, мм.

Ширину днища бункера сівалки можна визначити, скориставшись виразом:

$$b_{дн} = d_0 + 2b_1, \quad (2.24)$$

де d_0 – задовільний діаметр вихідного отвору, мм,

b_1 – припуск на вихід з отвору горловини бункера сівалки, мм.

Передні та задні стінки бункерів сівалок виготовляють під кутом до основи. Цей кут повинен дорівнювати подвоєному куту тертя зернового матеріалу (насіння) по пофарбованій металевій поверхні.

Довжину l_m (м) бункера просапної сівалки визначають за формулою

$$l_m = b(z-1), \quad (2.25)$$

де b – ширина міжряддя, м;

z – кількість посівних секцій сівалки, шт.

Робочий обсяг насіннєвого бункера V_m (м³) визначаємо з врахуванням довжини ділянки, яку пройде сівалка до наступного його заповнення посівним матеріалом, а саме:

$$V_m = \frac{l_2 b_p Q_{max}}{10^4 \rho \eta_m}, \quad (2.26)$$

де l_2 – довжина гону між двома заправками просапної сівалки посівним матеріалом, м,

b_p – ширина захвату просапної сівалки, м,

Q_{max} – максимальна норма висіву насіння, кг/га,

ρ – щільність посівного матеріалу, кг/м³,

η_m – коефіцієнт заповнення бункера просапної сівалки, $\eta_m = 0,85 \dots 0,90$.

Таким чином, отримані формули (2.24) – (2.28) дозволяють визначити основні конструктивні параметри бункерів посівних машин.

Висновки

1. Теоретичними дослідженнями підтверджено, що у пневматичних висівних апаратах більшості моделей сучасних просапних пневматичних сівалок максимальний тиск P_6 утворюється за найбільшої величини стовпа насіння над присмоктувальним отвором; таке явище спостерігається тоді, коли інерційна відцентрова сила $P_{ц}$ діє під кутом $\beta = 45$ град.

2. Аналітичними дослідженнями отримано рівняння, які дозволяють визначити основні конструктивні та кінематичні параметри й режими роботи пневматичного висівного апарату, зокрема: силу вакууму (формула 2.8), необхідну величину розрідження (формула 2.10), витрати повітря через один диск (формула 2.11), повний діаметр висівного диска (формула 2.19) та швидкість повітряного потоку (формула 2.22).

3. Аналітичними дослідженнями отримано формули (2.24) – (2.28), які дозволяють визначити основні конструктивні параметри бункерів для насіння посівних машин.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження пневматичного висівного апарату сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI проводились з метою визначення дійсного значення вказаної норми висіву й можливого відхилення від заданого параметру під час встановлення сівалки на задану норму висіву кукурудзи з врахуванням ваги її 1000 насінин (крупності насіння), як впливового фактору на вибір діаметра отворів на сисному диску сівалки.

Експериментальні дослідження проводились у два етапи. На першому з них визначалась вага 1000 насінин кукурудзи, а на другому – перевірялась норма висіву насіння пневматичним висівним апаратом сівалки VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI, обладнаним рекомендованими інструкціями (див. таблиця 1.1) та додатками Б і В (див. додатки) дисками СУС 00.4157-04 з діаметрами отворів 5,5мм та СУС 00.4157-03 з діаметрами отворів 4мм.

Під час визначання ваги 1000 насінин кукурудзи їх відбирали й відраховували необхідну кількість, поміщали у тару 2 (рисунок 3.1) та зважували електронними вагами 1.

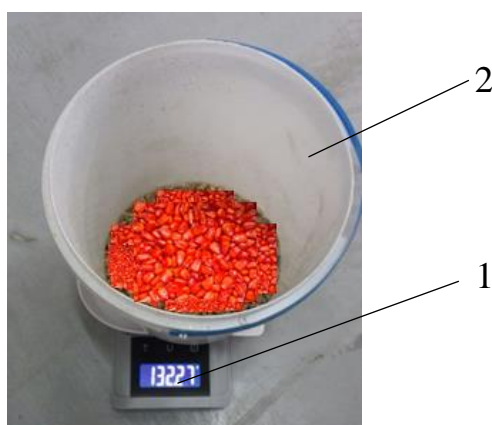


Рисунок 3.1 Обладнання для зважування 1000 насінин кукурудзи:
1 – електронні ваги; 2 – тара.

Відібраний таким чином посівний матеріал засипався у бункер посівної секції сівалки (лабораторної установки, відображеної на рисунку 3.2) і проводився другий етап досліджень, а саме оцінювалось відхилення від заданої норми висіву кукурудзи різними дисками.

Лабораторна установка має раму 2 з бункерами 1 для мінеральних добрив та 9 для досліджуваного посівного матеріалу, пневматичний висівний апарат 6, загортач 7 та коток-ущільнювач 8. Привід висівного апарату здійснювався від опорно-привідного колеса 5 через ланцюгову передачу і механізм передач 10. Для створення розрідження у забірній камері посівної секції лабораторної установки використовувався пілосос 4, з'єднаний із забірною камерою посівної секції повітропроводом 3.



Рисунок 3.1 – Лабораторна установка на базі робочої секції сівалки VESTA-8 PROFİ для дослідження параметрів роботи висівного апарату:

1 – бункер для міндобрив; 2 – рама; 3 – повітропровід; 4 – пілосос; 5 – колесо опорно-привідне; 6 – висівний апарат; 7 – загортач; 8 – коток-ущільнювач; 9 – бункер для насіння; 10 – механізм передач.

На початку експериментальних досліджень (кожної серії дослідів) висівний апарат обладнувався однорядними дисками з діаметрами 4 та 5,5мм і кількістю отворів на них 30шт.

Суть експериментів полягала у визначенні кількості насіння, висіяного посівною секцією за певну кількість обертів опорно-приводного колеса лабораторної установки. Для цього за допомогою механізму передач (див. додаток А) встановлювалося відповідне передаточне відношення шляхом встановлення ланцюгової передачі на відповідні зірочки ведучого й веденого валів.

Шукана кількість обертів колеса визначалась із умови забезпечення висіяної норми Q_n (шт./га) насіння на один гектар кожним диском висівного апарату за відомою наперед відстанню між насінинами в рядку (див. додатки Б та В), скориставшись наступною залежністю:

$$Q_n = \frac{10000}{bl_n}, \quad (3.1)$$

де b – ширина міжряддя, м;

l_n – відстань між насінинами в рядку, м.

Знаючи ширину захвату сівалки, визначаємо шлях, який вона пройде, щоб засіяти один гектар площі без розворотів у кінці загінки, скориставшись залежністю

$$L = \frac{10000}{B_p}, \quad (3.2)$$

де B_p – робоча ширина захвату сівалки, м; ($B_p=5,6$ м).

Знаючи діаметр опорно-приводного колеса лабораторної установки визначався шлях, який пройде сівалка за один його оберт, скориставшись залежністю

$$l_k = \pi D_k. \quad (3.3)$$

Якщо відомий шлях, який пройде сівалка за один оберт його опорно-приводного колеса, то необхідна кількість його обертів для орієнтовного висіву насіння кукурудзи на один гектар визначалась із співвідношення

$$n_k = \frac{L}{l_k}. \quad (3.4)$$

Оскільки діаметр опорно-приводного колеса лабораторної установки на базі робочої секції сівалки VESTA-8 PROFІ становить 680мм, то після розра-

хунків отримаємо, що для посіву кукурудзи на одному гектарі поля, колесо сівалки має зробити 836,4 оберти. Відповідно, для сівби на 0,01га потрібно зробити орієнтовно 8,4 оберти колеса.

Враховуючи вищенаведене, на колесі лабораторної установки робилась відмітка, щоб можна було від слідкувати вказану кількість обертів під час дослідів. У висівному апараті встановлювався відповідний диск, а в бункер для насіння засипалось зерна кукурудзи.

У відповідність з таблицями Б та В (див. додатки) вибиралась задана норма висіву кукурудзи, встановлювалось відповідне передаточне відношення механізму передач (див. Додаток А), включався пілосос і проводився експеримент, під час якого колесо 5 прокручували вручну 8,4 оберти, збирали висі-яне через сошник зерно кукурудзи і зважували його.

Експерименти проводились у трикратній повторюваності для кожної норми висіву кукурудзи і окремо для дисків з діаметрами 4 та 5,5мм та порівнювали їх з табличними даними та теоретичними розрахунками.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Після завершення експериментів на двох типах дисків пневматичних висівних апаратів сівалки VESTA 8 PROFІ було проведено їх обробку з метою визначення отриманих даних теоретично розрахованим за відповідними формулами (див. розділ 3) та рекомендованим у відповідних інструкціях (див. Додатки Б і В). Основну увагу було акцентовано на здатність диска висівати задану норм висіву насіння, 1000 насінин якого за масою має певний діапазон величин. Це пов'язано з тим, що у сортів і гібридів кукурудзи спостерігається доволі широкий діапазон маси 1000 насінин – від 200 до 400г [28].

Усі дані експериментів та аналітичних розрахунків ведено таблицю 4.1.

Таблиця 4.1–Результати експериментальних досліджень

№ за/п	Кількість насінин на 1 пог.м, шт.	Кількість насінин на 1 га, шт.	Кількість насінин на 0,01 га, шт.	Вага висіяних насінин на 0,01 га, г*	Вага висіяних насінин на 0,01 га, г**	Вага висіяних насінин на 0,01 га, г***	Вага висіяних насінин на 0,01 га, г****
1	5,91	84377	843,77	168,75	209,25	215,12	206,22
2	6,14	87752	877,52	175,50	217,62	225,51	211,14
3	6,52	94502	945,02	189,00	234,36	238,13	228,58
4	6,34	99198	991,98	198,39	246,01	251,87	241,45
5	7,09	101252	1012,52	202,50	251,10	255,47	245,26
6	7,48	106828	1068,28	213,65	264,93	269,92	258,79
7	7,61	108645	1086,45	217,29	269,43	273,11	264,18
8	8,01	114459	1144,59	228,91	283,85	289,31	278,25
9	8,19	117002	1170,02	234,00	290,16	297,65	285,43
10	8,41	120081	1200,81	240,16	297,80	304,47	290,92
11	8,78	125360	1253,6	250,72	310,89	316,44	303,15
12	8,87	126753	1267,53	253,50	314,344	318,99	308,46
13	9,05	129318	1293,18	258,63	320,70	325,32	314,67
14	9,56	136503	1365,03	273,00	338,52	345,37	330,18

*за ваги 1000 зерен 200г;

**за ваги 1000 зерен 248г – теоретичні розрахунки;

***за ваги 1000 зерен 248г – диск з діаметром отворів 5,5мм;

**** за ваги 1000 зерен 248г – диск з діаметром отворів 4,0мм.

За даними теоретичних та експериментальних досліджень було побудовано графічні залежності доз висіяного насіння кукурудзи (рисунок 4.1) дисковими висівними апаратами сівалки VESTA 8 PROFІ від потрібної кількості насінин на 1 погонному метрі (шт.) для фракцій насіння з вагою 1000 зерен 248г.

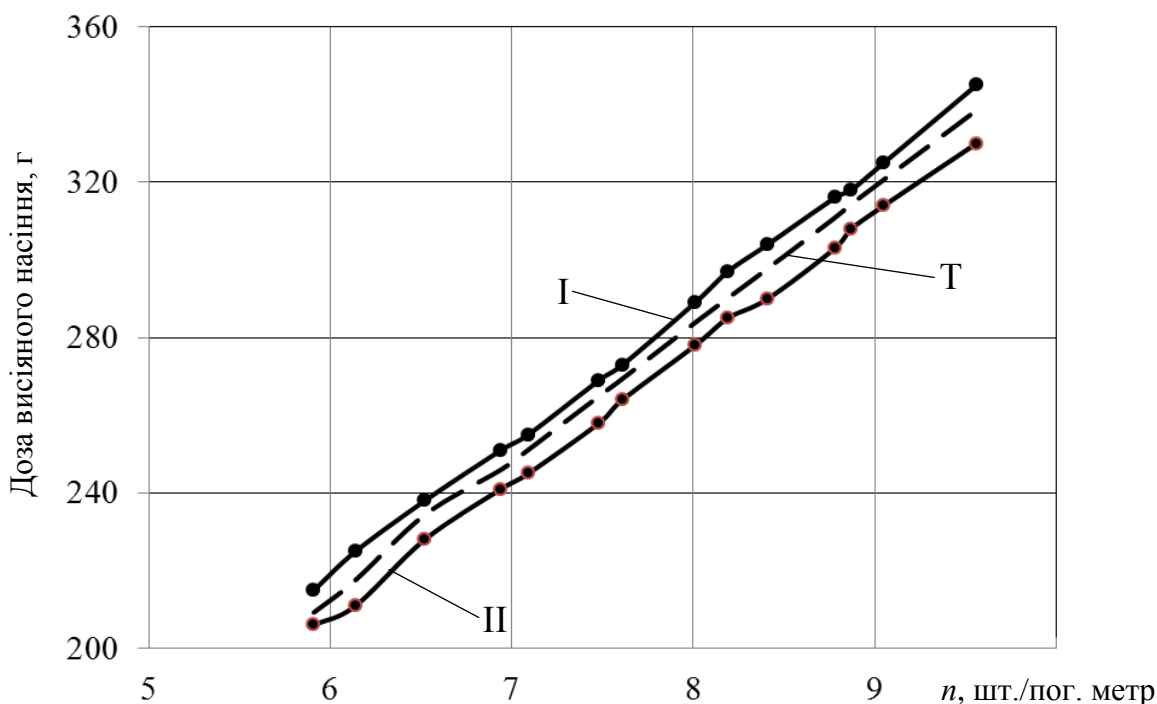


Рисунок 4.1 Залежність дози висіяного насіння кукурудзи пневматичним висівним апаратом сівалки VESTA-8 PROFІ від кількості зерен n (шт./пог. метр) з вагою 1000 насінин 248г дисками з діаметром отворів: 5,5мм (I); 4,0мм (II); T – теоретична крива.

Як видно з графіків в цілому пневматичні висівні апарати сівалки VESTA-8 PROFІ забезпечують задану норму висіву насіння кукурудзи не залежно від ваги 1000 її насінин. Проте, для насіння кукурудзи різної крупності слід правильно підбирати висівні диски, особливу увагу звертаючи на діаметр їх отворів. Як видно з графіків диски з діаметром отворів 5,5мм висівають дещо збільшені норми в порівнянні з теоретично розрахованими, а диски з діаметром отворів 4,0мм, навпаки, зменшені норми. Але такі висновки справедливі для ваги 1000 зерен кукурудзи 248г. Це пояснюється тим, що крупніші зерна

гірше присмоктуються до менших отворів на диску, а тому можливі огріхи під час сівби, що виражається у дійсно висіаній кількості насіння на задану площу.

Слід також врахувати, що розрідження у забірній камері висівного апарату створювалося за допомогою пирососа було постійним під час експериментів. Окрім того, за окремих дослідів спостерігалася певна відмінність між швидкістю обертання опорно-приводного колеса (проводилося вручну) лабораторної установки, що не дозволяло вибрати абсолютно однакові оберти для усіх дослідів.

Експериментальними дослідженнями також підтверджено необхідність налаштування кожного пневматичного висівного апарату сівалок VESTA-8 PROFІ перед виїздом у поле, враховуючи сорт чи гібрид кукурудзи.

Висновки

1. Експериментами встановлено, що в цілому пневматичні висівні апарати сівалки VESTA-8 PROFІ забезпечують задану норму висіву насіння кукурудзи не залежно від ваги 1000 її насінин; проте, для насіння кукурудзи різної крупності слід правильно підбирати висівні диски, особливу увагу звертаючи на діаметр їх отворів.

2. Експериментальними дослідженнями встановлено, що диски висівних апаратів сівалки VESTA-8 PROFІ з діаметром отворів 5,5мм висівають дещо збільшені норми в порівнянні з теоретично розрахованими, а диски з діаметром отворів 4,0мм, навпаки, зменшені норми для ваги 1000 зерен кукурудзи 248г.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Складання карти умов праці під час сівби просапних культур

Для сучасного с.-г виробництва характерним є вплив на організм людини різних технічних, біологічних та інших факторів. З метою прогнозування цих факторів необхідно провести паспортизацію робочого місця механізатора.

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів та прийняття інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, ділянка, робоча зона бригади, робоче місце) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, які діють на працюючого і визначають ефективність його виробничої діяльності. Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій представлені фактори безпеки по трьох напрямках факторів небезпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному та технічному [1, 5, 8, 9].

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці.

Карта умов праці на робочому місці становить основу санітарно-технічного паспорту виробничої ділянки (бригади, майстерні, ферми тощо).

Паспорт господарства складається з паспортів ділянок і містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти

колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства організовує обстеження умов праці і стан технічної безпеки і підпорядковані їй йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДР, ГДК), які заносять в графи 1, 2 та 3 (таблиця 5.1).

Складаємо карту умов праці робочого місця механізатора під час механізованого посіву кукурудзи, виконавши розрахунки окремих коефіцієнтів за наступними формулами.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою [4, 7]

$$K_n = 1 \pm \frac{A_e - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де A_e – фактичне значення умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{\text{дф}} = K_n \cdot T_{\text{дф}}, \quad (5.2)$$

де $T_{\text{дф}}$ – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів становить:

$$K = \frac{K_{\text{дф}}}{n}, \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів умов праці.

Під час складання умов праці на робочому місці механізатора використовуємо дані нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.003-83 – Шум. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 12.1.005-86 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;

На підставі аналізу даних таблиці 5.1 можна зробити висновок, що фактичне значення умов праці механізатора під час безпосереднього посіву дещо перевищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є вібраційні фактори, пов'язані з технологічним процесом сівби кукурудзи, під час якого на остов трактора передаються віброударні коливання від активних конструктивних елементів сівалки.

Шкідливими є також пари нафтопродуктів (дизельного палива, оливи гідросистеми та гідроприводу). Для запобігання шкідливої дії вказаних небезпек механізатору необхідно щогодини робити технологічні перерви на 5–10 хв., вимкнувши при цьому двигун та покинувши кабіну енергетичного засобу

5.2 Оцінка рівня безпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня безпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-кого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмонезбезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними.

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонезбезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”. Про-

цес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі [16].

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту подію P_4 , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує n подій з ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2.$$

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1, P_2 і P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людини – машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко – імітаційну модель процесу її формування (рисунок 5.1):

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,2.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,32.$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,2.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,2.$$

$$P_{14} = P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = 0,32.$$

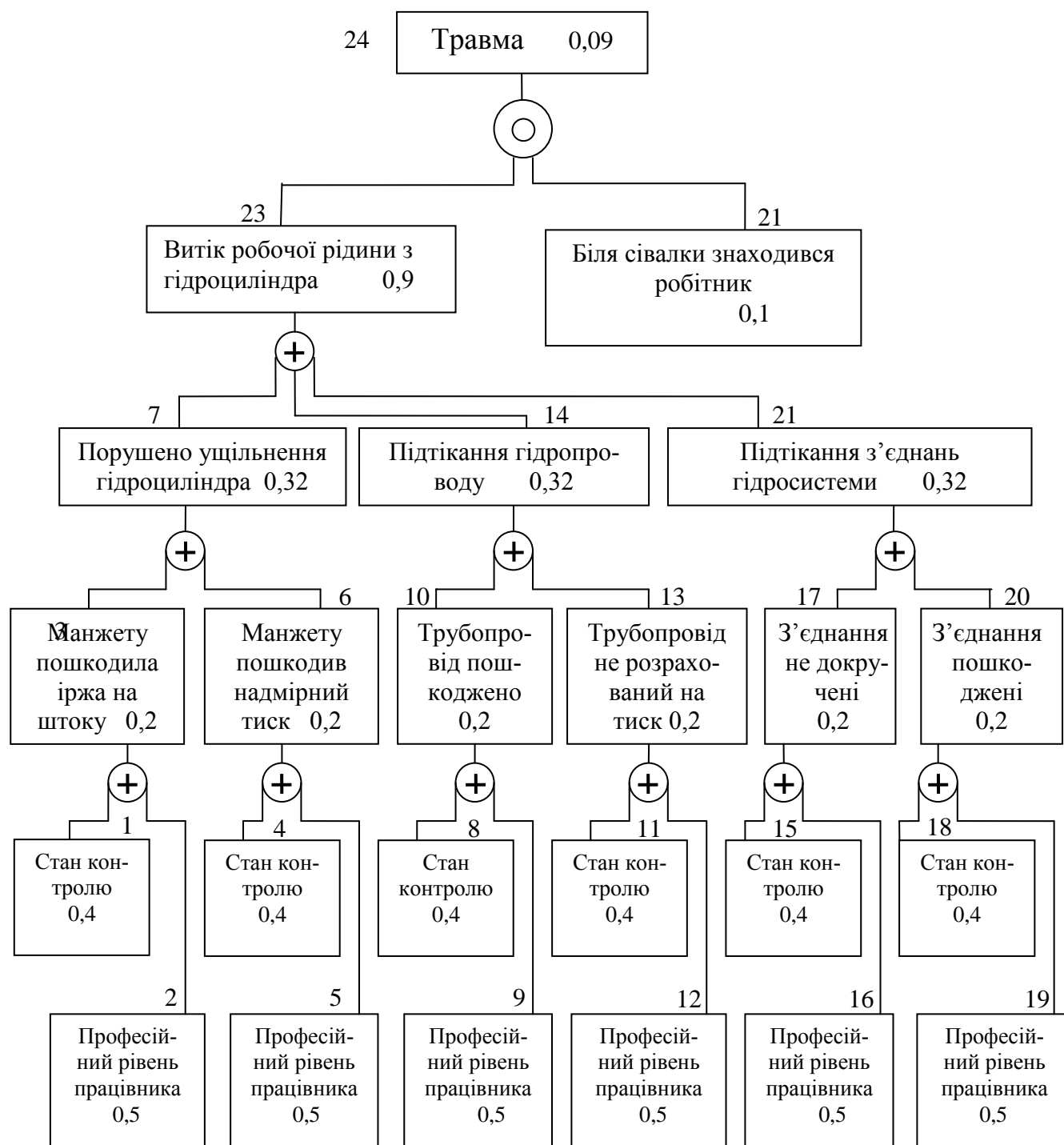
$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} = 0,2.$$

$$P_{20} = P_{18} + P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} = 0,2.$$

$$P_{21} = P_{17} + P_{20} - P_{17} \cdot P_{20} + P_{17} \cdot P_{20} = 0,32.$$

$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

$$P_{24} = P_{23} \cdot P_{22} = 0,09.$$



Оператори:



Рисунок 5.1 Схема логіко-імітаційної моделі процесу виникнення травм при технічному обслуговуванні сівалки VESTA-8 PROFi:

1, 2, 3 – номери подій; 0,3; 0,4 – ймовірність подій.

Таким чином, на робочому місці під час технічного обслуговування сівалки, начепленого на гідравлічну систему начіпки енергетичного засобу за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, поліпшити контроль та замінити пошкоджені елементи гідроприводу), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, зокрема обслуговування сівалки без вимкнення працюючого двигуна, які призведуть до травми з інших причин.

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку механізатора і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм [1, 16].

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СІВАЛКИ VESTA-8 PROFİ

Для порівняльної оцінки економічної ефективності роботи просапних сівалок вибирались модель пневматичної сівалки VESTA 8 PROFİ компанії ELVORTI, агрегатованої з трактором КИЙ 14820 та посівний комплекс Horsch Maestro 8.45-70 CC, агрегатований з енергетичним засобом John Deere 7310 R [25, 26].

Основним критерієм економічної ефективності від покращання технічних і технологічних параметрів машини є економічний ефект. Його визначають як різницю між отриманими показниками використання запропонованого посівного агрегату та їх чинними значеннями на даний момент для базової моделі [21, 22].

Дослідження економічної ефективності використання зернових сівалок VESTA 8 PROFİ компанії ELVORTI та Maestro 8.45-70 CC проводимо на основі методики розрахунку ефективності спеціалізованої сільськогосподарської техніки [18].

Прямі питомі експлуатаційні затрати визначаються за формулою

$$I = Z_n + A + R + П + Z_{зб}, \quad (6.1)$$

де Z_n – сума заробітної плати механізаторів і допоміжних працівників, грн./га;

A – амортизаційні відрахування, грн./га;

R – відрахування на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$П$ – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./га;

$Z_{зб}$ – відрахування на зберігання, грн./га.

Відрахування на зарплату визначаються з виразу

$$Z_n = \sum (n_i \tau_i k_i) / W_{зм}, \quad (6.2)$$

де n_i – чисельність i -го виробничого персоналу, чол.;

τ_i – годинна тарифна ставка працівників, грн./год;

k_i – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Амортизаційні відрахування всіх складових агрегату визначаються з виразу:

$$A = \Sigma (B_i a_i / (W_{зм} T_{ф.р.i})), \quad (6.3)$$

де B_i – балансова вартість i -ої складової агрегату та допоміжного обладнання, грн.;

a_i – коефіцієнт відрахувань на реновацію;

$T_{ф.р.i}$ – тривалість фактичного річного використання складових МТА, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою

$$R = \Sigma (B_i (p_i + \kappa_i) / (W_{зм} T_{н.р.i})), \quad (6.4)$$

де p_i – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування i -ої складової агрегату;

κ_i – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт трактора або складних самохідних машин;

$T_{н.р.i}$ – нормативне річне завантаження i -ої складової агрегату, год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначається з виразу

$$П = GЦ / W_{зм}, \quad (6.5)$$

де G – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/год;

$Ц$ – комплексна вартість нафтопродуктів, грн./кг.

Витрати на зберігання машин визначаються виходячи із затрат на їх консервацію та підготовку до використання й приймаються в межах 6,5 % від витрат на ремонти і технічне обслуговування, тобто

$$З_{зб} = 0,065 R. \quad (6.6)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання становлять:

$$K = \Sigma (B_i / (W_{зм} T_{н.р.і})). \quad (6.7)$$

Затрати праці на виконання виробничого процесу

$$Z_{зб} = \Pi_o / W_{зм}, \quad (6.8)$$

де Π_o – чисельність обслуговуючого персоналу, чол.

Зведені затрати знаходяться за формулою:

$$Z = I + E \Sigma (B_i / (W_{зм} T_{н.р.і})), \quad (6.9)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини E_m визначається за формулою:

$$E_m = (Z_{б} - Z_n) B_p, \quad (6.10)$$

де $Z_{б}$, Z_n – зведені затрати на одиницю напрацювань для базової та модернізованої машини, грн./га.;

B_p – річне напрацювання модернізованої машини, га.

Річну економію (перевитрату) прямих і зведених затрат, робочої сили та капіталовкладень виражають через ступінь зміни C у відсотках:

$$C = 100(Z_{рб} - Z_{рн})/Z_{рб}, \quad (6.11)$$

де $Z_{рб}$, $Z_{рн}$ – річні затрати (праці, капітальних вкладень, прямих та зведених витрат) відповідно для базової та модернізованої машин.

Вихідні дані для проведення досліджень економічних показників вибирались на основі найсприятливіших умов використання сівалок, на підставі яких була визначена його продуктивність. Посівний агрегат обслуговували по одному допоміжному працівнику.

Ціна техніки вибиралась на основі рекламної інформації заводів-виготовлювачів станом на 1.09.2024 р. [25, 26]; годинні тарифні ставки обслуговуючого персоналу визначались з умови отримання середньої заробітної плати в межах 18500 грн.

Таблиця 6.1 – Економічна ефективність використання сівалок

Показники	John Deere 7310R+ Horsch Maestro 8.45- 70 CC	КІЙ 14820+ VESTA 8 PROFI
1	2	3
Річне напрацювання, га	231,4	77,14
Прямі затрати, грн./га на:		
- оплату праці	34,54	41,44
- паливно-мастильні матеріали	504,0	492,0
- ТО, поточний і капітальний ремонт	631,28	315,56
- реновацію	442,39	222,22
- інші прямі затрати	41,03	20,51
- всього прямих затрат	1653,23	1091,73
Капітальні вкладення, грн.	3539,09	1777,78
Зведені затрати, грн.	2184,10	1358,40
Річний економічний ефект від експлуатації модернізованої машини, грн.	-	63773,75
Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби модернізованої машини, грн.	-	231904,53
Затрати праці, люд. год/га	0,05	0,22
Річна економія праці, люд. год	-	-13,06
Зменшення (%):		
- затрат праці	-	-320,0
- прямих затрат	-	33,96
- зведених затрат	-	37,80
- капітальних вкладень	-	49,77
Термін окупності, років	-	2,6

Отримані результати проведених за формулами (6.1)–(6.11) розрахунків (див. таблицю 6.1) свідчать про доцільність використання сівалки VESTA 8 PROFI, агрегатованої з трактором КІЙ 14820 в порівнянні з МТА в складі

трактора John Deere 7310R та сівалки Horsch Maestro 8.45-70 CC, оскільки річний економічний ефект в цьому випадку становить 63773,75, а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 231904,53 грн.

Завдяки збільшенню змінної продуктивності зменшуються на одиницю напрацювання: прямих затрат – на 33,96%; зведених затрат – на 37,80%; капітальних вкладень – на 49,770%, а термін їх окупності становить 2,6 року. При цьому затрати праці зростають на 320,0%.

Висновки

1. Проведені розрахунки підтверджують ефективність використання сівалки VESTA 8 PROFІ, агрегатованої з трактором КИЙ 14820 в порівнянні з МТА в складі трактора John Deere 7310R та сівалки Horsch Maestro 8.45-70 CC.

2. Виконані розрахунки показують те, що річний економічний ефект від використання посівного агрегату КИЙ 14820 + VESTA 8 PROFІ становить 63773,75, а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 231904,53 грн.

3. Використання посівного комплексу у складі трактора КИЙ 14820 + VESTA 8 PROFІ дозволить зменшити на одиницю напрацювання прямих затрат – на 33,96%; зведених затрат – на 37,80%; капітальних вкладень – на 49,77%, а термін їх окупності становить 2,6 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Просапні культури, зокрема кукурудзу на зерно сіють переважно рядковим (пунктирним) способом, за якого ширина міжряддя становить 70см.

2. У відомих конструкціях пневматичних висівних апаратів на вітчизняних просапних сівалках, зокрема VESTA 8 PROFІ застосовують переважно одно-, дворядні диски з кількістю отворів на них 15, 30, 40 та 60 штук.

3. На сівалках моделей Maestro 12.45-50 СС компанії Horsch застосовують висівні апарати з одно- та трирядними дисками для сівби окремих сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи, соняшнику, цукрових буряків, сорго та сої.

4. Теоретичними дослідженнями підтверджено, що у пневматичних висівних апаратах більшості моделей сучасних просапних пневматичних сівалок максимальний тиск P_6 утворюється за найбільшої величини стовпа насіння над присмоктувальним отвором; таке явище спостерігається тоді, коли інерційна відцентрова сила $P_{\text{ц}}$ діє під кутом $\beta = 45$ град.

5. Аналітичними дослідженнями отримано рівняння, які дозволяють визначити основні конструктивні та кінематичні параметри й режими роботи пневматичного висівного апарату, зокрема: силу вакууму (формула 2.8), необхідну величину розрідження (формула 2.10), витрати повітря через один диск (формула 2.11), повний діаметр висівного диска (формула 2.19) та швидкість повітряного потоку (формула 2.22).

6. Аналітичними дослідженнями отримано формули (2.24) – (2.28), які дозволяють визначити основні конструктивні параметри бункерів для насіння посівних машин.

7. Експериментами встановлено, що в цілому пневматичні висівні апарати сівалки VESTA-8 PROFІ забезпечують задану норму висіву насіння кукурудзи не залежно від ваги 1000 її насінин; проте, для насіння кукурудзи різної крупності слід правильно підбирати висівні диски, особливу увагу звертаючи на діаметр їх отворів.

8. Експериментальними дослідженнями встановлено, що диски висівних апаратів сівалки VESTA-8 PROFІ з діаметром отворів 5,5мм висівають дещо збільшені норми в порівнянні з теоретично розрахованими, а диски з діаметром отворів 4,0мм, навпаки, зменшені норми для ваги 1000 зерен кукурудзи 248г.

9. Проведені розрахунки підтверджують ефективність використання сівалки VESTA 8 PROFІ, агрегатованої з трактором КИЙ 14820 в порівнянні з МТА в складі трактора John Deere 7310R та сівалки Horsch Maestro 8.45-70 CC.

10. Виконані розрахунки показують те, що річний економічний ефект від використання посівного агрегату КИЙ 14820 + VESTA 8 PROFІ становить 63773,75, а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 231904,53 грн.

11. Використання посівного комплексу у складі трактора КИЙ 14820 + VESTA 8 PROFІ дозволить зменшити на одиницю напрацювання прямих затрат – на 33,96%; зведених затрат – на 37,80%; капітальних вкладень – на 49,77%, а термін їх окупності становить 2,6 року.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бужанська М.В. Безпека життєдіяльності та охорона праці: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2022. 280 с.
2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
4. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник. Київ. Вища освіта, 2004. 544 с.
5. Дерев'янко Д.А., Малиновський А.С., Тіщенко Л.М., Спірін А.М., Герук С.М. Безпека праці механізаторів сільськогосподарських підприємств: навч. посіб. Житомир., 2011. 458 с.
6. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин (у трьох томах). Харків: ОКО, 2001 (4).
8. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. Київ. Основа, 2000. 416 с.
9. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ. Урожай, 1993. 268 с.
10. Мартиненко С.А., Остапчук М.В. Деякі теоретичні аспекти роботи пневматичного висівного апарата. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/7b467aeb-c43c-4c55-b80d-77146f4a75ee/content> (дата звернення: 23.11.2024).
11. Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, Ч.1. 2010. 282 с.

12. [Офіційний сайт АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО ЕЛЬВОРТИ. Електронний ресурс: URL: https://elvorti.com/](https://elvorti.com/) (дата звернення: 28.09.2024).
13. Павловський В.М., Нагірний Ю.П., Мельник І.І. Проектування технологічних систем рослинництва. Навчальний посібник. Тернопіль. «Збруч», 2003. 256с.
14. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ. Техніка, 2004. 512 с: іл.
15. Петриченко В., Лихочвор В.В. Рослинництво. Львів; НВФ Українські технології» 2014. С. 326.
16. Пістун І.П., Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П. Охорона праці (гігієна та виробнича санітарія). Львів: Тріада плюс, 2015. 224 с.
17. Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини: Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів: ЛДАУ. 1998. 264 с.
18. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
19. Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т1. Київ. Агроосвіта, 2012. 584 с.; іл.
20. Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т2. Київ. Агроосвіта, 2012. 432 с.; іл.
21. Сидорчук О.В. Інженерний менеджмент в АПК. Львів: Львів. держ. агр. ун-т, 2005. - 87с.
22. Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
23. Сівалка MESTRO sv/sx. URL: <https://www.horsch.com/ua/produkti/sivalki-tochnogo-visivu/maestro/maestro-sv/sx> (дата звернення: 18.10.2024).
24. Сівалка точного висіву УПС-8. URL: <https://agrott.com.ua/p2015265380->

sivalka-tochnogo-visivu.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjsi4BhB5EiwAFAL0YGpiO8Omrwh3DWerG991YRku0yu0A_5DEt4R5CbJk7yx2oFf04TFIRoC3tMQAvD (дата звернення: 18.10.2024).

25. Трактор КИЙ 14820. Електронний ресурс: URL: <https://traktor-rade.com.ua/traktora/traktor-kij-14820/> (дата звернення: 13.12.2024).
26. Трактор John Deere 7310R URL: <https://www.deere.com/en/tractors>. (дата звернення: 13.12.2024).
27. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Київ: НМК ВО, 1992. 320с.
28. Царенко О.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навч. посібник. Київ: Аграрна освіта, 2000.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. Механізм передач на висівні апарати сівалки VESTA 8 PROFІ
компанії ELVORTI

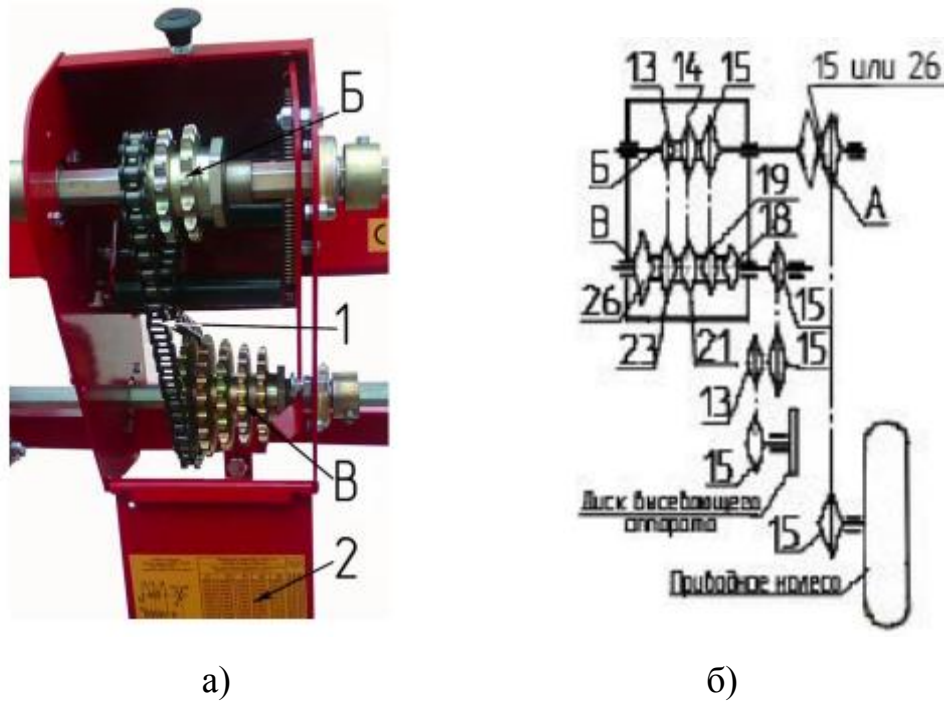





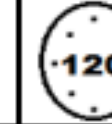










Рисунок А1. Кінематична схема передач: а) – загальний вигляд (1 – ланцюгова передача; 2 – схема передач (табличка); Б, В – змінні зірочки; б) – схема передач (А – змінні зірочки).

ДОДАТОК Б Таблиці для встановлення норм висіву висівних апаратів сівалки
VESTA 8 PROFІ компанії ELVORTI

Відстань між насінинами, см (шт. / пог. метр)							Кількість зубів зірочок		
Кількість отворів на диску, шт.									
							А	Б	В
1-рядний диск			1-рядний диск		2-рядний диск				
56,44 (1,77)	28,22 (3,54)	21,16 (4,73)	14,11 (7,09)	10,58 (9,45)	7,05 (14,18)	5,29 (18,90)	26	13	26
52,41 (1,91)	26,20 (3,82)	19,65 (5,09)	13,10 (7,63)	9,83 (10,18)	6,55 (15,27)	4,91 (20,35)	26	14	26
49,92 (2,00)	24,96 (4,01)	18,72 (5,34)	12,48 (8,01)	9,36 (10,68)	6,24 (16,02)	4,68 (21,37)	26	13	23
48,91 (2,04)	24,46 (4,09)	18,34 (5,45)	12,23 (8,18)	9,17 (10,90)	6,11 (16,36)	4,59 (21,81)	26	15	26
46,36 (2,16)	23,18 (4,31)	17,38 (5,75)	11,59 (8,63)	8,69 (11,50)	5,79 (17,26)	4,35 (23,01)	26	14	23
45,58 (2,19)	22,79 (4,39)	17,09 (5,85)	11,40 (8,78)	8,55 (11,70)	5,70 (17,55)	4,27 (23,40)	26	13	21
43,27 (2,31)	21,63 (4,62)	16,23 (6,16)	10,82 (9,24)	8,11 (12,33)	5,41 (18,49)	4,06 (24,65)	26	15	23
42,33 (2,36)	21,16 (4,73)	15,87 (6,30)	10,58 (9,45)	7,94 (12,60)	5,29 (18,90)	3,97 (25,20)	26	14	21
41,24 (2,42)	20,62 (4,85)	15,47 (6,47)	10,31 (9,70)	7,73 (12,93)	5,16 (19,40)	3,87 (25,86)	26	13	19
39,51 (2,53)	19,75 (5,06)	14,81 (6,75)	9,88 (10,13)	7,41 (13,50)	4,94 (20,25)	3,70 (27,00)	26	15	21
39,07 (2,56)	19,54 (5,12)	14,65 (6,83)	9,77 (10,24)	7,33 (13,65)	4,88 (20,48)	3,66 (27,30)	26	13	18
38,30 (2,61)	19,15 (5,22)	14,36 (6,96)	9,57 (10,44)	7,18 (13,93)	4,79 (20,89)	3,59 (27,85)	26	14	19
36,28 (2,76)	18,14 (5,51)	13,61 (7,35)	9,07 (11,03)	6,80 (14,70)	4,54 (22,05)	3,40 (29,40)	26	14	18
35,74 (2,80)	17,87 (5,60)	13,40 (7,46)	8,94 (11,19)	6,70 (14,92)	4,47 (22,38)	3,35 (29,84)	26	15	19
33,86 (2,95)	16,93 (5,91)	12,70 (7,88)	8,47 (11,81)	6,35 (15,75)	4,23 (23,63)	3,17 (31,50)	26	15	18

Продовження ДОДАТКУ Б

Відстань між насінинами, см (шт. / пог. метр)							Кількість зубів зірочок		
Кількість отворів на диску, шт.							А	Б	В
									
1-рядний диск			1-рядний диск		2-рядний диск				
32,56 (3,07)	16,28 (6,14)	12,21 (8,19)	8,14 (12,29)	6,10 (16,38)	4,07 (24,57)	3,05 (32,76)	15	13	26
30,23 (3,31)	15,12 (6,62)	11,34 (8,82)	7,56 (13,23)	5,67 (17,64)	3,78 (26,46)	2,83 (35,28)	15	14	26
28,80 (3,47)	14,40 (6,94)	10,80 (9,26)	7,20 (13,89)	5,40 (18,52)	3,60 (27,78)	2,70 (37,03)	15	13	23
28,22 (3,54)	14,11 (7,09)	10,58 (9,45)	7,05 (14,18)	5,29 (18,90)	3,53 (28,35)	2,65 (37,80)	15	15	26
26,75 (3,74)	13,37 (7,48)	10,03 (9,97)	6,69 (14,96)	5,01 (19,94)	3,34 (29,91)	2,51 (39,88)	15	14	23
26,30 (3,80)	13,15 (7,61)	9,86 (10,14)	6,57 (15,21)	4,93 (20,28)	3,29 (30,42)	2,47 (40,56)	15	13	21
24,96 (4,01)	12,48 (8,01)	9,36 (10,68)	6,24 (16,02)	4,68 (21,37)	3,12 (32,05)	2,34 (42,73)	15	15	23
24,90 (4,02)	12,45 (8,03)	10,71 (9,34)	6,22 (16,07)	4,67 (21,42)	3,11 (32,13)	2,33 (42,84)	15	17	26
24,42 (4,10)	12,21 (8,19)	9,16 (10,92)	6,10 (16,38)	4,58 (21,84)	3,05 (32,76)	2,29 (43,68)	15	14	21
23,79 (4,20)	11,90 (8,41)	8,92 (11,21)	5,95 (16,81)	4,46 (22,42)	2,97 (33,62)	2,23 (44,83)	15	13	19
22,79 (4,39)	11,40 (8,78)	8,55 (11,70)	5,70 (17,55)	4,27 (23,40)	2,85 (35,10)	2,14 (46,80)	15	15	21
22,54 (4,44)	11,27 (8,87)	8,45 (11,83)	5,64 (17,75)	4,23 (23,66)	2,82 (35,49)	2,11 (47,32)	15	13	18
22,09 (4,53)	11,05 (9,05)	8,29 (12,07)	5,52 (18,10)	4,14 (24,14)	2,76 (36,21)	2,07 (48,28)	15	14	19
20,93 (4,78)	10,47 (9,56)	7,85 (12,74)	5,23 (19,11)	3,92 (25,48)	2,62 (38,22)	1,96 (50,96)	15	14	18
20,62 (4,85)	10,31 (9,70)	7,73 (12,93)	5,16 (19,40)	3,87 (25,86)	2,58 (38,80)	1,96 (51,73)	15	15	19
19,54 (5,12)	9,77 (10,24)	7,33 (13,65)	4,88 (20,48)	3,66 (27,30)	2,44 (40,95)	1,83 (54,60)	15	15	18

ДОДАТОК В Кількість насіння на гектар висіяної площі, шт.

Диск 15 отв.					Диск 30 отв.				
шт/п м	расст.,см	45 см	70 см	75 см	шт/п м	расст.,см	45 см	70 см	75 см
1,77	56,44	39 376	25 313	23 625	3,54	28,22	78 752	50 626	47 251
1,91	52,41	42 405	27 260	25 443	3,82	26,20	84 809	54 520	50 886
2,00	49,92	44 512	28 615	26 707	4,01	24,96	89 024	57 229	53 414
2,04	48,91	45 434	29 207	27 260	4,09	24,46	90 867	58 415	54 520
2,16	46,36	47 936	30 816	28 761	4,31	23,18	95 871	61 632	57 523
2,19	45,58	48 751	31 340	29 251	4,39	22,79	97 502	62 680	58 501
2,31	43,27	51 360	33 017	30 816	4,62	21,63	102 719	66 034	61 632
2,36	42,33	52 501	33 751	31 501	4,73	21,16	105 002	67 501	63 001
2,42	41,24	53 883	34 639	32 330	4,85	20,62	107 765	69 278	64 659
2,53	39,51	56 251	36 161	33 751	5,06	19,75	112 502	72 323	67 501
2,56	39,07	56 876	36 563	34 126	5,12	19,54	113 752	73 126	68 251
2,61	38,30	58 027	37 303	34 816	5,22	19,15	116 055	74 607	69 633
2,76	36,28	61 251	39 376	36 751	5,51	18,14	122 502	78 752	73 501
2,80	35,74	62 172	39 968	37 303	5,60	17,87	124 345	79 936	74 607
2,95	33,86	65 626	42 188	39 376	5,91	16,93	131 253	84 377	78 752
3,07	32,56	68 251	43 876	40 951	6,14	16,28	136 503	87 752	81 902
3,31	30,23	73 501	47 251	44 101	6,62	15,12	147 003	94 502	88 202
3,47	28,80	77 154	49 599	46 292	6,94	14,40	154 307	99 198	92 584
3,54	28,22	78 752	50 626	47 251	7,09	14,11	157 503	101 252	94 502
3,74	26,75	83 089	53 414	49 853	7,48	13,37	166 177	106 828	99 706
3,80	26,30	84 502	54 323	50 701	7,61	13,15	169 003	108 645	101 402
4,01	24,96	89 024	57 229	53 414	8,01	12,48	178 047	114 459	106 828
4,10	24,42	91 002	58 501	54 601	8,19	12,21	182 004	117 002	109 202
4,20	23,79	93 397	60 041	56 038	8,41	11,90	186 793	120 081	112 076
4,39	22,79	97 502	62 680	58 501	8,78	11,40	195 004	125 360	117 002
4,44	22,54	98 585	63 376	59 151	8,87	11,27	197 171	126 753	118 302
4,53	22,09	100 581	64 659	60 349	9,05	11,05	201 162	129 318	120 697
4,78	20,93	106 169	68 251	63 701	9,56	10,47	212 338	136 503	127 403
4,85	20,62	107 765	69 278	64 659	9,70	10,31	215 531	138 555	129 318
5,12	19,54	113 752	73 126	68 251	10,24	9,77	227 505	146 253	136 503

Продовження ДОДАТКУ В

Диск 40 отв.					Диск 60 отв.				
шт/п м	расст.,см	45 см	70 см	75 см	шт/п м	расст.,см	45 см	70 см	75 см
4,73	21,16	105 002	67 501	63 001	7,09	14,11	157 503	101 252	94 502
5,09	19,65	113 079	72 694	67 848	7,63	13,10	169 619	109 041	101 771
5,34	18,72	118 698	76 306	71 219	8,01	12,48	178 047	114 459	106 828
5,45	18,34	121 156	77 886	72 694	8,18	12,23	181 734	116 829	109 041
5,75	17,38	127 829	82 176	76 697	8,63	11,59	191 743	123 263	115 046
5,85	17,09	130 003	83 573	78 002	8,78	11,40	195 004	125 360	117 002
6,16	16,23	136 959	88 045	82 176	9,24	10,82	205 439	132 068	123 263
6,30	15,87	140 003	90 002	84 002	9,45	10,58	210 004	135 003	126 003
6,47	15,47	143 687	92 370	86 212	9,70	10,31	215 531	138 555	129 318
6,75	14,81	150 003	96 430	90 002	10,13	9,88	225 004	144 646	135 003
6,83	14,65	151 670	97 502	91 002	10,24	9,77	227 505	146 253	136 503
6,96	14,36	154 740	99 476	92 844	10,44	9,57	232 110	149 213	139 266
7,35	13,61	163 337	105 002	98 002	11,03	9,07	245 005	157 503	147 003
7,46	13,40	165 793	106 581	99 476	11,19	8,94	248 689	159 872	149 213
7,88	12,70	175 003	112 502	105 002	11,81	8,47	262 505	168 753	157 503
8,19	12,21	182 004	117 002	109 202	12,29	8,14	273 005	175 503	163 803
8,82	11,34	196 004	126 003	117 602	13,23	7,56	294 006	189 004	176 404
9,26	10,80	205 743	132 264	123 446	13,89	7,20	308 615	198 395	185 169
9,45	10,58	210 004	135 003	126 003	14,18	7,05	315 006	202 504	189 004
9,97	10,03	221 570	142 438	132 942	14,96	6,69	332 354	213 656	199 413
10,14	9,86	225 338	144 860	135 203	15,21	6,57	338 007	217 290	202 804
10,68	9,36	237 396	152 612	142 438	16,02	6,24	356 094	228 918	213 656
10,92	9,16	242 671	156 003	145 603	16,38	6,10	364 007	234 005	218 404
11,21	8,92	249 058	160 108	149 435	16,81	5,95	373 586	240 163	224 152
11,70	8,55	260 005	167 146	156 003	17,55	5,70	390 008	250 719	234 005
11,83	8,45	262 894	169 003	157 736	17,75	5,64	394 341	253 505	236 605
12,07	8,29	268 216	172 424	160 930	18,10	5,52	402 324	258 637	241 394
12,74	7,85	283 117	182 004	169 870	19,11	5,23	424 675	273 005	254 805
12,93	7,73	287 374	184 741	172 424	19,40	5,16	431 061	277 111	258 637
13,65	7,33	303 339	195 004	182 004	20,48	4,88	455 009	292 506	273 005