

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**РИБАК ОЛЕКСІЙ ОЛЕГОВИЧ**

**УДК 631.348**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПРИСКУВАЧІВ ДЛЯ  
ОБРОБКИ САДІВ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ О.О. Рибак

**Керівник роботи**

Міненко С.В.

к.т.н., доцент

**Житомир – 2022**

## АНОТАЦІЯ

**Рибак Олексій Олегович. Обґрунтування параметрів обприскувачів для обробки садів.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі теоретично розглянуті етапи формування повітряно-краплинного струменя і встановлені основні залежності, що визначають режими роботи і конструктивні параметри пропонованого обприскувача: отримані математичні залежності швидкості руху частинки робочої рідини в повітряному потоці, створюваному вентилятором запропонованого нами обприскувача, тобто змішаного повітряно-краплинного струменя; відповідно до запропонованої теорією взаємодії двох сполучних струменів у пневматичному щілинному розпилювачі отримані параметри повітряно-краплинного струменя (масової витрати повітря, його тиску та швидкості відповідно для повітря, рідини та суміші) та конструктивні параметри (площі вихідного отвору сопла та діаметра живильної трубки).

Обґрунтовано технологічну схему ультрамалооб'ємного обприскувача, що включає вентилятор з розпилюючим пристроєм і додаткові ежекційні розпилювачі, розташовані ярусами, а їх похилі жиклери мають різні діаметри залежно від ярусу і забезпечені косим зрізом на рівні осі. Експлуатаційні витрати на обприскування саду з використанням розробленого нами ультрамалооб'ємного обприскувача в порівнянні з повнооб'ємним знижуються в 1,7 рази (з 423 грн./га до 257), витрати праці на 13%, а вартість хімічних препаратів, що витрачаються, в 1,3 рази.

*Ключові слова: ультрамалооб'ємний обприскувач, ежекційний розпилювач, витрата, суміш.*

## ANNOTATION

**Rybak Alexey Olegovich. Substantiation of sprayer parameters for garden treatment.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

The master's thesis theoretically considers the stages of airborne jet formation and establishes the main dependences that determine the modes of operation and design parameters of the proposed sprayer: mathematical dependences of the velocity of the working fluid in the air flow created by the fan ; According to the theory of interaction of two connecting jets in a pneumatic slit sprayer, the parameters of air-drop jet (mass flow of air, its pressure and velocity for air, liquid and mixture, respectively) and design parameters (nozzle outlet area and feed tube diameter) were obtained.

The technological scheme of the ultra-low-volume sprayer is substantiated, which includes a fan with a spray device and additional ejection sprayers located in tiers, and their inclined nozzles have different diameters depending on the tier and are provided with an oblique cut at the axis level. Operating costs for garden spraying using our ultra-low-volume sprayer compared to full-volume are reduced by 1.7 times (from 423 UAH/ha to 257), labor costs by 13%, and the cost of chemicals consumed, 1.3 times.

*Key words: ultra-low-volume sprayer, ejection sprayer, consumption, mixture.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ОБПРИСКУВАЧІВ. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБПРИСКУВАЧІВ.....	8
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНОГО ОБПРИСКУВАЧА.....	17
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНОГО ОБПРИСКУВАЧА.....	31
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Одним із резервів зростання ефективності сільськогосподарського виробництва України є ліквідація втрат від шкідників, хвороб і бур'янів. Це досягається комплексом заходів, що включають агротехнічні, карантинні, фізичні, механічні, біологічні та хімічні методи захисту рослин.

Захист сільськогосподарських рослин хімічним способом на теперішній час і в найближчому майбутньому є переважним засобом боротьби зі шкідниками, хворобами та бур'янами. Це пояснюється тим, що, незважаючи на широкий асортимент методів, засобів, прийомів, що використовуються для захисту рослин, втрати від шкідників, хвороб і бур'янів, за даними ФАО, в середньому складають 35%, а в країнах, що розвиваються – до 49%. У нашій країні потенційний недобір врожаю з цих причин становить 28 %, крім втрат для зберігання [1-2].

Найбільш повно принципам економії та охорони навколишнього середовища з одночасним підвищенням економічної ефективності обробітку сільськогосподарських культур відповідає інтегрований захист рослин, що передбачає комплексне та раціональне використання елементів суміші.

На теперішній час найбільш актуальною проблемою при хімічному захисті рослин є зниження питомого вмісту пестицидів за рахунок більш якісного і раціонального їх витрати, зниження доз витрачання робочої рідини, незважаючи на це все загальна потреба хімічного захисту рослин з кожним роком збільшується на 10...15%, саме тому тема роботи є досить актуальною.

**Мета та завдання дослідження.** Метою досліджень є підвищення якісних показників технологічного процесу вентиляторного ультрамалооб'ємного обприскувача з ежекційними розпилювачами шляхом удосконалення його технологічної схеми та оптимізації режиму роботи. Згідно поставленої мети необхідно виконаними наступні завдання:

1. Провести аналіз будови і роботи серійних ежекційно-щілинних розпилювачів;

2. Дослідити процес обприскування новим ежекційно-щілинним розпилювачем у додатковому повітряному потоці.

**Об'єкт дослідження** – ежекційно-щілинний розпилювач вентиляторного ультрамалооб'ємного обприскувача та технологічний процес його роботи.

**Предмет дослідження** – закономірності якісних показників роботи ультрамалооб'ємного обприскувача з ежекційними розпилювачами та додатковим повітряним потоком вентилятора, конструктивні та режимні параметри.

**Методи дослідження.** Дослідження проводилися з використанням методів землеробської механіки та прикладної фізики. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Міненко С. В., Куликівський В. Л., **Рибак О. О.** Обґрунтування технологічної схеми пневматичного щілинного розпилювача. Збірник тез доповідей ХХІІ Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки". 16–18 жовтня 2021 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут». Київ. Ніжин. 2021. С. 24-27.

2. **Рибак О.О.** Агротехнічні вимоги до обприскувачів. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 39-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 287.

3. **Рибак О.О.** Економічна ефективність застосування ультрамалооб'ємного обприскувача. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-

практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. .

**Практичне значення одержаних результатів.** Практична значущість роботи полягає в науково обґрунтованих параметрах нового ультрамалооб'ємного обприскувача (УМО) та режимів його роботи, які можуть бути використані при модернізації та розробці УМО.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 39 сторінок комп'ютерного тексту, містить 7 рисунків та 2 таблиці.

## РОЗДІЛ 1

### АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ОБПРИСКУВАЧІВ. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБПРИСКУВАЧІВ

Відповідно до прийнятих агротехнічних вимог протягом сезону кількість обприскувань проти шкідників та хвороб, календарні терміни кожної обробки, найменування отрутохімкатів, дози їх та порядок змішування встановлюються, та уточнюються агрономічною службою господарства відповідно до зональних рекомендацій [4].

У минулому нашій країні широко практикувалося застосування високих норм витрати засобів захисту рослин, що нерідко призводило до накопичення важких металів, хлорорганічних залишків та інших небезпечних забруднювачів у ґрунтах і водоймах. Так, у зонах інтенсивного садівництва та виноградарства відзначено забруднення ґрунтів міддю у зв'язку із застосуванням бордоської рідини [5].

Економічні труднощі, що виникли останнім часом у більшості господарств, часто роблять проблемним використання обприскування з великими нормами витрати рідини. З цієї причини, а також, враховуючи екологічний аспект, застосування ультрамалооб'ємних обприскувачів є більш перспективним [6].

Робоча рідина повинна бути однорідною за складом, відхилення її концентрації від розрахункової не повинно перевищувати  $\pm 5\%$  [1-7].

Кожне поле необхідно обробляти в стислий термін, рівномірно розподіляти задану норму витрати робочої рідини на оброблюваному ґрунті, рослинах, листі, гілках, стовбурах дерев та ін. [3].

Обприскувачі повинні точно дозувати отрутохімкати в процесі роботи, зберігаючи встановлену витрату робочої рідини на одиницю оброблюваної площі [7].



Обприскування слід проводити з обов'язковим урахуванням посадкових умов у ранкові та вечірні години, коли відсутні висхідні потоки повітря. Не обробляти польові культури при швидкості вітру понад 4-5 м/с, якщо немає захисних пристроїв. Велика кількість ультрафіолетових променів (сонцепек) може викликати опіки рослин, а висхідні потоки повітря будуть перешкоджати осадженню крапель робочої рідини і нести їх за межі оброблюваних площ [6].

Не слід обприскувати рослини по рясній росі, під час дощу, тому що в цих випадках отрутохімікати змиваються або розбавляються рососою та дощовими краплями, а, отже, знешкоджуються [12].

Не слід обприскувати рослини в період їх цвітіння, не пошкоджувати культурні рослини і не допускати огріхи [13].

При обприскуванні способом бічного дуття необхідно суворо стежити за тим, щоб хвиля розпилених частинок рідини лягала по всій ширині захвату і не зносилася за межі оброблюваної ділянки. Вентиляторні обприскувачі повинні пересуватися упоперек напрямку вітру або під кутом не більше 45° [7].

При використанні обприскувачів з польовою штангою її встановлюють на такій висоті, при якій факели розпиленої рідини перекриваються на 20 см при використанні відцентрових розпилювачів або мають подвійне перекриття - при дефлекторних [3].

Обмеженість агротехнічних термінів обробки посівів та насаджень викликає необхідність комплексного виконання основних та допоміжних робіт, пов'язаних із обприскуванням. Машини, що входять до комплексу, повинні бути взаємно пов'язані за продуктивністю, діапазоном регулювання, режимами роботи та часом їх використання [5].

Ефективне застосування техніки, засобів захисту рослин та робочого часу на обприскування забезпечується раціональною організацією технологічних процесів на базі потокової лінії: приготування робочої рідини пестицидів – транспортування її від пункту приготування до ділянки обробки – обприскування. Провідна ланка у процесі виконання робіт – обприскування.

З метою проведення заходів з хімічного захисту рослин вітчизняною наукою розроблено безліч типів обприскувачів, призначених для обробки різних сільськогосподарських культур і багаторічних насаджень [8].

Найчастіше в господарствах використовуються машини таких марок, як ОП-1600, ОП-1600-1, ОН-400, ОН-4005, ОУМ-4, ОВТ-1В, ОВХ-14А, ПОУ, ОВТ-1А, ОП- 2000, ОМБ-400, ОВС-А та ін. [5].

Обприскувач причіпний ОП-1600 вентиляторний, двосторонній призначений для хімічного захисту від шкідників та хвороб звичайних (1 ряд) та пальметних (2-3 ряди) садів, виноградників висотою до 1 м (4 ряди) та більше 1 м (3 ряди) та чагарників шляхом звичайного та малооб'ємного обприскування (рис. 1.1) [8].

Він складається з рами, насоса, резервуара з гідравлічною мішалкою, вентиляторного пристрою, що розпилює, регулятора тиску, механізму приводу від ВВП трактора, комунікацій [3].

ОП-1600-1 відрізняється тим, що відцентровий вентилятор обладнаний двома насадками для обробки садів та польових культур [4].

Обприскувач навісний ОН-400 універсальний призначений для хімічної боротьби зі шкідниками та хворобами польових просапних культур, виноградників при ширині міжрядь 2-3 м, садів при ширині міжрядь 5-10 м, а також для боротьби з бур'янами на польових культурах. Може бути використаний для обробки чагарників полежахисних смуг [10].

Обприскувач навісний ОН-400-4 модифікація 4 призначений для хімічної боротьби зі шкідниками та хворобами хмелю при ширині міжрядь 210, 225 та 250 см шляхом обробки рослин пестицидами у вигляді розчинів суспензій та емульсій. Може бути використаний для цих цілей у садах при міжряддях 5-10 м. Комплектується двома видами сопл: для обробки молодого хмелю методом бічного дугтя (використовується також на обробці садів) і обробки повновікового хмелю [3-8].

Обприскувач ОН-400-5 модель 5 гірський призначений для боротьби зі шкідниками та хворобами садів та виноградників методом обприскування рідкими отрутохімікатами на гірських схилах крутістю до 20°. Може бути використаний для обробки пальметних садів, чагарників, ягідників та виноградників, розташованих на рівнині [11].

Обприскувач універсальний малооб'ємний ОУМ-4 чотирирядний (безнасосного типу) навісний призначений для малооб'ємного обприскування виноградників із шириною міжрядь 2-3 м рідинами підвищеної концентрації, у тому числі суспензіями до п'яти процентної концентрації [5].

Він складається з рами з навіскою, бака, двох осьових вентиляторів з приводом від ВВП трактора через карданну передачу та редуктор, двох щілинних дискових розпилювачів, поточкорозділяючих дифузорів та системи комунікацій з клапаном дистанційного керування. Розпилювач складається з двох дисків із шириною щілини 2 мм та кільцевого наконечника з отворами для проходження робочої рідини [12].

Обприскувач вентиляторний тракторний ОВТ-1В модель В причіпний призначений для хімічної боротьби зі шкідниками та хворобами садів з міжряддями 5-10 м, виноградників із шириною міжрядь 2,5 м і більше, овочевих, технічних та інших сільськогосподарських культур, а також для боротьби із бур'яном (рис. 1.2). Є модифікацією обприскувачів ОВТ-1А та ОН-400-5 [9].

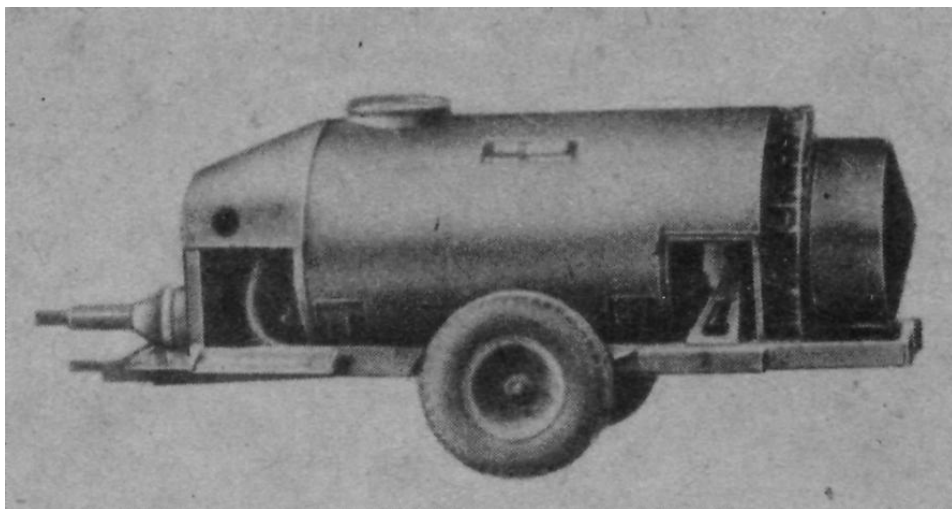


Рис. 1.1. Причіпний вентиляторний обприскувач ОП-1600

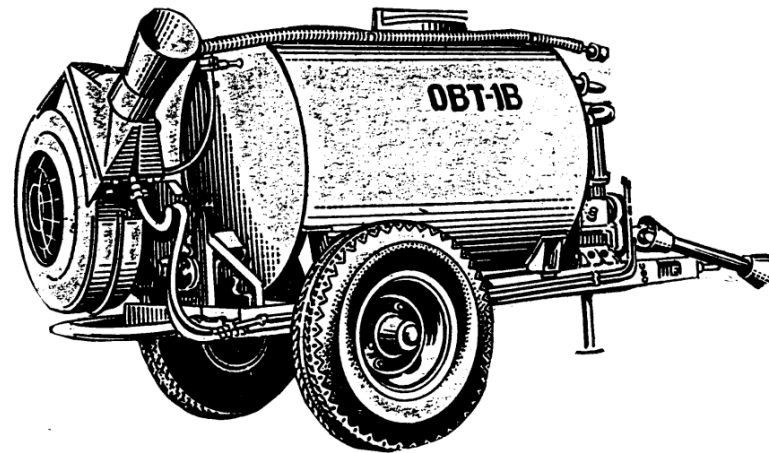


Рис. 1.2. Обприскувач вентиляторний тракторний ОВТ-1В

Він складається з рами напівпричепа зі сницею, що спирається на два пневматичні колеса; резервуара з листової сталі циліндричної форми з гідравлічною мішалкою та ежектором; вентиляторного пристрою зі змінними розпилюючими соплами для обробки садів, виноградників та польових культур, насоса з регулятором тиску, розділово-демпферним пристроєм, механізмом відсічення робочої рідини та дозатором; механізму приводу від ВВП трактора до вентиляторів та насоса [6-9].

Більшість перерахованих машин, призначених для хімічного захисту рослин, мають загальні недоліки, такі як велика енергоємність, складність конструкції, малий діаметр перерізів вихідних отворів розпилювачів, що сприяють їх засміченню, велика витрата робочої рідини, нерівномірність її розподілу по оброблюваній поверхні [2-7].

Зменшити норму витрати, підвищити якість роботи машин і є нашим завданням.

Відомо чимало позитивних рішень конструкцій машин та прогресивних технологічних процесів, що сприяють економії пестицидів, зниженню енергоємності, підвищенню якості обробки рослин [6].

Одним з таких рішень є рециркуляційний метод обприскування, суть якого полягає в наступному: частина робочої рідини, яка не осіла на об'єкт, що обробляється, повертається назад в бак, тобто циркулює в системі [14].

Принципова відмінність рециркуляційних обприскувачів від звичайних полягає в наявності спеціальних пристроїв, призначених для уловлювання невикористаної робочої рідини.

Промисловий випуск рециркуляційних обприскувачів налагоджений рядом американських фірм, таких як Sprayrite, Best Wey, Demco, Red E Waid та ін. Відрізняються вони формою уловлювальних пристроїв, чи то бачки уловлювачі, чи жолоба, чи лотки. Перші кроки у цій галузі були зроблені у Польщі, Угорщині, Франції [4].

Перевага цього методу: економія препарату, виключення зносу, можливість роботи на великих швидкостях та наявність вітру, менше пошкодження культурних рослин.

Французька фірма Covlet пропонує пристрій, що монтується на трактор або причіп, для обробки виноградників різними рідкими або порошкоподібними речовинами, що є подовженим тунелем, який відкритий знизу так, щоб закривати до землі ряд оброблюваних рослин. Він має жорсткий каркас, що складається з верхньої стінки та гнучких бічних стінок, розташованих уздовж тунелю і утворюють безперервний прохід, який закінчується на двох торцях входом та виходом. У тунелі встановлено розпилювальні форсунки. Він може пересуватися у напрямку поздовжньої осі [3].

Фірма Guerard (Франція) розробила пристрій для обприскування фруктових дерев, що монтується на самохідний транспортний засіб. Штанги встановлені в нижній, утвореній двома бічними, і верхньою стінками. Кожна зі стінок розтягується, завдяки чому пристрій придатний для обробки дерев різних форм і розмірів [7].

Угорськими фахівцями випущено експериментальну партію вентиляторних обприскувачів моделі «Kertitox 20» із причепленим збоку тунельним покриттям (рис. 1.3). Розпилювачі знаходяться під брезентом та спрямовані на ряди виноградників. Повітряний потік осьового вентилятора на кінцях тунелю запобігає знесенню крапель вітром. Краплі, що не осіли на

рослини, спадають з брезента тунелю і збираються в стрічці тунелю. Звідси вони вертаються в бак для робочої рідини [3].

У Польщі запропоновано рециркуляційний обприскувач, який монтується на трактор. Бак ємністю 300 л, мембранний насос продуктивністю 40 л/хв, плоскофакельні розпилювачі «Albuz» з широким кутом розпилу. Розподіл робочої рідини проводиться під низьким тиском (0,5 МПА). За допомогою даного обприскувача здійснюються хімізахисні заходи у щойно посадженому саду (відстань між рядами 2,5 м). Норма витрати рідини 100-300 л/га. Була зроблена спроба пристосувати тунель до звичайного обприскувача, що агрегується з транспортним засобом. Такий тунель був зроблений для обприскувача Sleza 2002. Використовувалася легка рама, виготовлена з тонкостінних сталевих труб, яка кріпилася до обприскувача збоку. Розміри тунелю: висота – 2,5 м; ширина – 2 м; довжина – 3 м. Усередині встановлено 11 розпилювачів «Albuz» діаметром вихідного отвору 1 мм, по 4 на обох стінках та 3 горизонтально на стелі [6].

Велася обробка п'ятнадцятирічних насаджень яблунь. Відстань між деревами 5×4 м. Крони попередньо піддали контурній обрізці, ефективність обробки була задовільною. Однак виникли труднощі з маневруванням тунелем, встановленим збоку, на під'їзних дорогах та розворотних смугах [1].

Поряд з цим багато років у нашій країні і за кордоном ведуться дослідження щодо зниження норми витрати рідини під час обприскування. Встановлено, що ефективність багатьох препаратів системної дії у разі зменшення норми витрати робочої рідини з 500 до 3-5 л/га не знижується [7].

Розроблено і випробувано штанговий тракторний обприскувач з розпилювачами, що обертаються, що забезпечують мікрооб'ємне монодисперсне обприскування (ММО) не розведеними водою препаратами.

Дещо пізніше аналогічна апаратура з'явилася і за кордоном і знайшла широке застосування.

Для дослідження ММО на великих площах було вдосконалено розроблений раніше штанговий тракторний обприскувач (рис. 1.4) [9].

На рамі 1 (рис. 1.4), що навішується на міні гідросистему.

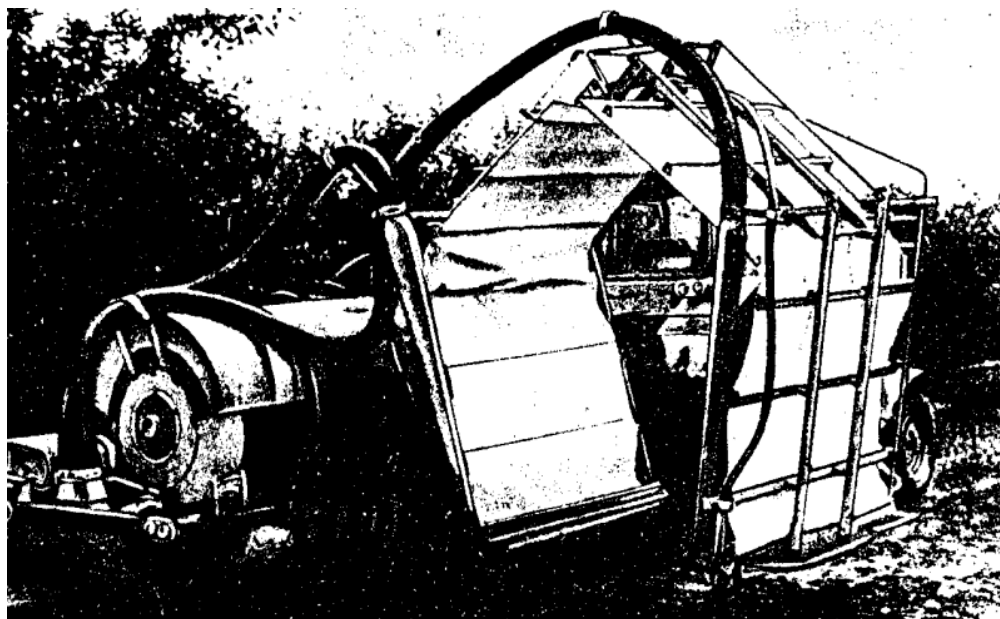


Рис. 1.3. Рециркуляційний обприскувач «Kertitox 20»

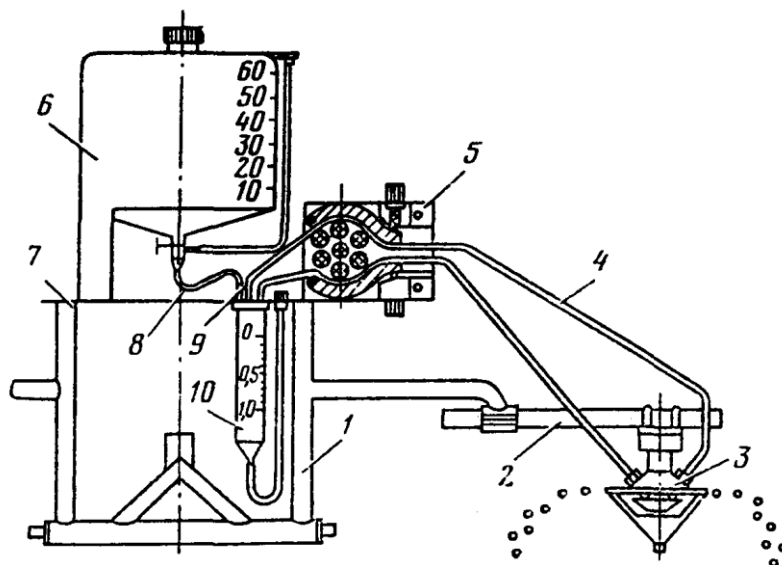


Рис. 1.4. Принципова схема обприскувача: 1 – рама; 2 – поперечна штанга; 3 – розпилювачі; 4, 8, 9 – шланги; 5 – насос; 6 – заправний бак; 7 – платформа; 10 – мірний циліндр трактора (або трактора типу Т-25) закріплюється складна поперечна штанга 2 довжиною 5 м, на якій з інтервалом 1 м встановлено 6 розпилювачів 3.

### **Висновки по розділу**

На основі аналізу існуючих оприскувачів, які використовуються в сільському господарстві запропонована оригінальна принципова схема ультрамалооб'ємного обприскувача.



## РОЗДІЛ 2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНОГО ОБПРИСКУВАЧА

У завдання обприскування входить нанесення рідких отрутохімікатів у дрібнорозпиленому вигляді на рослини або ґрунт з метою знищення шкідників, хвороб та бур'янів.

Конструкція відомих тракторних обприскувачів включає бак, насос, розподільну систему, трансмісію, раму, ходову частину з причепом або пристроєм для навішування на трактор та органи керування.

Технологічний процес обприскування протікає в такий спосіб. Робоча рідина для обприскування перебуває у баку, де постійно перемішується підтримкою однорідного складу. З бака рідина насосом подається через редукційний клапан та розподільну систему до розпилювачів та розподіляється ними під встановленим тиском.

Всі обприскувачі містять необхідні уніфіковані вузли: насоси, запобіжно редукційні клапани, наконечники розпилювачі, трансмісію та ін. Перераховані механізми ускладнюють конструкцію, знижують її надійність та технологічність та мають високу вартість.

У зв'язку з цим нами поставлене завдання – спростити технологічну схему обприскувача, підвищити його надійність, технологічність, продуктивність та якість роботи.

Технологічна задача з усунення вищезазначених недоліків вирішується наявністю принципових відмінностей пропонованого обприскувача (рис. 1.5) від відомих систем.

Технічним рішенням є розширення технічних та експлуатаційних можливостей обприскувача, підвищення якості обробки та зниження енерговитрат на формування повітряно-краплинного струменя, а також покращення умов закінчення робочої рідини з жиклера за рахунок зниження

місцевих опорів. Останнє досягається шляхом розміщення жиклерів під і на рівні осі пристрою та збільшення діаметра вихідного отвору жиклера при встановленні його під кутом до осі, меншим  $90^\circ$ , для усунення його забивання.

Технічна задача вирішується за рахунок того, що обприскувач, що включає джерело стисненого повітря, раму, резервуар, повітропроводи, поживний трубопровід, розпилювач ежекторного типу, у якого змінний жиклер встановлений з нахилом до осі повітряно-щілинного сопла струмоутворювального пристрою, має вентилятор з розпилюванням і додатково розпилювачі, забезпечені змінними жиклерами і закріплені ярусами на розпилювальному пристрої вентилятора, причому змінні жиклери мають косий зріз з діаметром в залежності від розташування ярусу і розміщені під і на рівні осі повітряно-щілинного сопла струмоутворювального пристрою під кутом до цієї осі меншим  $90^\circ$ .

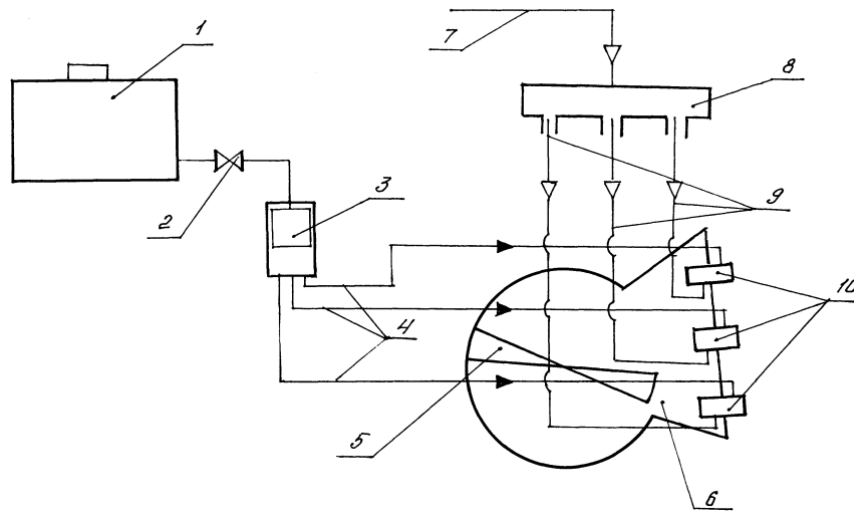


Рис. 2.1. Технологічна схема УМО

Обприскувач включає джерело стисненого повітря, раму (не показані), на якій змонтований резервуар 1 (Рис. 2.1) з робочою рідиною, кран 2, зрівняльну ємність 3 з живильним трубопроводом 4, вентилятор 5 з приводом від валу відбору потужності трактора (ВВП) через редуктор (не показаний), розпилюючий пристрій 6, повітряну магістраль 7, з'єднану з повітряним колектором 8 через ресивер, регулятор тиску повітря і кран (не показані), повітропровід 9 і розпилювачі 10, розташовані ярусами на розпилювальному

пристрої 6, у яких робоча рідина до жиклерів 11 подається зверху по поживних трубопроводах 4 на плоскопаралельний струмінь з повітряно-щілинного сопла 12 утворюючого струмінь пристрою 13 (Рис. 2.2).

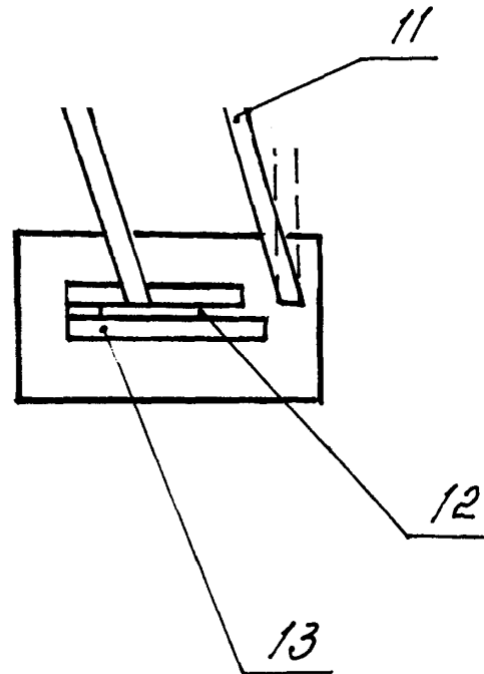


Рис. 2.2. Схема ежекційно-щілинного розпилювача

Повітря від джерела стисненого повітря через ресивер, кран і регулятор тиску підводиться повітряною магістралі 7 через колектор 8 і повітропроводи 9 до ежекційних розпилювачів 10.

Робоча рідина з резервуару 1 надходить до жиклерів 11 через кран 2 і зрівняльну ємність 3 по живильних трубопроводах 4.

Самопливом і внаслідок розрядження в порожнині розпилювача 10, створюваного змішаним струменем повітря, що витікає з повітряно-щілинного сопла 12 і подається вентилятором 5 корпус розпилювача, де диспергується змішується з повітрям, і подається на об'єкт обробки.

Залежно від ярусу установки розпилювачів різні діаметри жиклерів забезпечують стабілізацію дози робочої рідини, оскільки зі зміною положення розпилювача по висоті (ярусу) змінюється статичний тиск робочої рідини, що витікає з жиклера.

Крім того, змінні жиклери мають різні кути зрізу вихідних отворів, що залежать від кута його нахилу до осі щілинного сопла, що дозволяє регулювати норму розпилу та ступінь дисперсності робочої рідини, що подається на об'єкт обробки.

Таким чином, запропонована нами технологічна схема УМО має наступні переваги в порівнянні з серійними: знижується енергоємність процесу за рахунок відсутності насоса для подачі розчину робочої рідини, спрощується конструкція машини, підвищується надійність та якість технологічного процесу за рахунок можливого регулювання дисперсності крапель.

Метою теорії формування повітряного струменя є визначення конструктивних параметрів струминного елемента розпилювача, які змогли забезпечити необхідні ежекційні властивості для подачі необхідних доз робочої рідини на об'єкт обробки. Для виконання цієї мети необхідно визначити режим руху повітря в каналах запропонованого нами розпилювача, тому що тільки в цьому випадку можливе використання відповідних законів для ежектування.

Визначимо число Рейнольдса  $R_e$ , знаючи, що його критичне значення  $R_{e\text{кр}} = 2300$ . Якщо  $R_e < 2000$ , то режим ламінарний, при  $R_e > 4000$  – турбулентний.

$$R_e = \frac{VL_r}{\nu}, \quad (2.1)$$

де  $V$  – середня швидкість перебігу повітря;

$L_r$  – характеристичний лінійний розмір, в якості якого фігурує гідравлічний радіус щілини  $4r$ , а для круглих труб – їх внутрішній діаметр;

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості.

При атмосферному тиску  $P_a = 101$  КПа та температурі  $20^\circ\text{C}$  кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря  $\nu_a = 0,15 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с. Оскільки робочий режим розпилювача прийнято в діапазоні тисків від 0,1 МПа до 0,3 МПа, то

$$\nu_B = P_a/P_B = (0,15 \cdot 10^{-4} \dots 0,05 \cdot 10^{-4}), \text{ м}^2/\text{с}, \quad (2.2)$$

де  $\nu_B$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості при відповідному тиску;

$P_a, P_B$  – відповідно атмосферний і позаатмосферний тиск.

Гідравлічний радіус повітряної трубки, що підводить повітря в щілинне сопло  $R_b = 5 \cdot 10^{-3}$  м, а найменший у перерізі 1–1 (рис. 2.3) для щілини прямокутного перерізу визначиться залежністю:

$$L_T = 2ab/(a + b) = 0,57 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \quad (2.3)$$

де  $a$ ,  $b$  – відповідно товщина та ширина вихідного отвору щілинного сопла, м.

Розміри вихідної щілини сопла розпилювача прийняті такими, щоб витрати повітря вистачило на роботу розпилювачів для можливості ежектування рідини з жиклера з максимальним діаметром вихідного отвору  $d_{ж} = 5$  мм.

Грунтуючись на законах аеродинаміки та враховуючи місцеві втрати енергії у каналах розпилювача, ширину щілинного сопла на вході прийняли більше, ніж діаметр вхідної трубки, що підводить повітря у струменевий елемент. Величина цього перевищення прийнята такою, щоб коефіцієнт місцевого опору при зміні площі перерізу каналів розпилювача був найменшим, тобто площа в перерізі 1-1 (рис. 2.3) відповідала площі в перерізі 2-2. Після входу в сопло повітря надходить у його частину, що звужується, шириною 5 мм по лемніскатному профілю.

Подача повітря до струминного елемента розпилювача здійснюється від компресора через редуктор тиску при масовій витраті  $Q_k = 3,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с.

За рівнянням Бойля-Маріотта (2.1, 2.2) для визначення зміни питомого об'єму повітря, що надходить від компресора у зв'язку з діапазоном робочих тисків та вважаючи процес ізотермічним, маємо:

$$P_k Q_k = P_1 Q_1 = \text{const}, \quad (2.4)$$

де  $P_k$ ,  $P_1$  – тиск повітря, відповідно, від компресора в магістралі та в повітряній трубці розпилювача;

$Q_k$ ,  $Q_1$  – об'ємна витрата повітря, відповідно, від компресора та в повітряній трубці розпилювача.

Оскільки пропонуються схеми технологічного процесу обприскування з використанням від одного до двадцяти розпилювачів, то витрата повітря одним розпилювачем складе від  $Q_{min} = 0,19 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$  до  $Q_{max} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ . Таким чином, число Рейнольдса з урахуванням вихідних конструктивних і режимних параметрів пропонованого розпилювача знаходиться в межах  $Re = 289 - 2900$ . Відповідно швидкості повітряного потоку на підставі закону нерозривності струменя становитимуть:

$$V_{max} = G_{max}/F_{min}, \quad (2.5)$$

де  $F_{min}$  – площа поперечного перерізу щілини на виході повітряного потоку в перерізі 3-3.

$$F_{min} = ab. \quad (2.6)$$

Таким чином, у нашій конструкції має місце досить широкий діапазон робочих параметрів, а тому режим перебігу повітря може бути і ламінарним та турбулентним, але при вході в щілинне сопло під кутом  $\alpha$  відбувається турбулізація потоку повітря.

Оскільки надходження рідини по живильній трубці до жиклера прийнято способом самовитікання з ежектуванням, то повітряний потік з урахуванням його швидкості руху в каналах розпилювача можна віднести до рідини, що стискається, так як число Маха  $Ma$  дорівнює  $V/V_3 > 0,5$ . У цій формулі  $V_3$  – швидкість звуку, прийнята для стандартних умов, дорівнює 290 м/с.

Великі швидкості витікання з щілинного сопла будуть за досить великої різниці тиску в нагнітальній магістралі щодо атмосферного, куди відбувається витікання повітря.

У разі самовитікання рідини можливе використання повітряного потоку із щілинного сопла в основному для диспергування робочої рідини та меншою мірою для її ежектування.

Оскільки перебіг повітря відбувається з досить великою швидкістю в каналах розпилювача, процес течії можна вважати адіабатичним, так як при

перетворенні потенційної енергії повітряного потоку в кінетичну, він не встигає віддати своє тепло стінкам і навколишньому середовищу, куди витікає.

Наведемо розрахунки параметрів перебігу повітря з нагнітальної магістралі у каналах розпилювача з урахуванням рис. 2.3.

Струмінь повітря щільністю  $\rho$  надходить зі швидкістю  $V$  із трубки з площею поперечного перерізу  $F$  і вдаряється об нижню пластину щілинного сопла. Застосуємо теорему імпульсів до руху повітря трубкою за деякий проміжок часу  $\tau$ . Цей об'єм трубки заповнить ділянку струменя довжиною  $V \tau$  з площею поперечного перерізу  $F$ . Нехтуючи дією сили тяжіння, визначимо масу повітря, що надходить:

$$G = \rho \cdot F \cdot V \cdot \tau. \quad (2.7)$$

На механічну систему, що розглядається, діє реакція пластини  $R$ , спрямована не перпендикулярно до пластини, а під кутом  $\alpha$  (рис. 2.3) і тиск тієї частини повітря, яка стикається з виділеним об'ємом. Але цей тиск у зв'язку з його незначною величиною ми не враховуватимемо.

Направляємо осі  $X$  і  $Y$ , як зазначено на рис. 2.3, і застосуємо рівняння імпульсів:

$$K_{2Y} - K_{1Y} = \sum S^E iY, \quad (2.8)$$

де  $K_{2Y}$ ,  $K_{1Y}$  – проекція кількості руху відповідно за час  $t_1$  і  $t_2$  на вісь  $Y$ ;

$\sum S^E iY$  – проекція суми зовнішніх сил на вісь  $Y$ .

Припустимо, що всі частинки повітря мають однакову швидкість  $V$ . Тоді кількість руху об'єму повітря, що розглядається, в момент  $t_1 = 0$  буде вектором, що має напрямок швидкості.

$$V \text{ і модуль: } K_1 = mV = \rho F v^2 \tau. \quad (2.9)$$

Його проекція на вісь  $x$  буде:

$$K_{1y} = K_1 \sin \alpha = \rho F v^2 \tau \sin \alpha. \quad (2.10)$$

До моменту  $t_2 = \tau$  частки струменя наберуть швидкості, спрямовані по площині.

Проекція кількості руху об'єму рідини, що розглядається, на вісь  $x$  до моменту  $t_2 = \tau$ ,  $K_{2y} = 0$ .

У праву частину рівняння входить лише проекція імпульсу горизонтальної сили  $R$ :

$$S_y = -R \tau. \quad (2.11)$$

На підставі теореми про зміну кількості механічної системи чи теореми імпульсів маємо:

$$-\rho F V^2 \tau \sin \alpha = -R \tau. \quad (2.12)$$

Звідси визначається модуль реакції площини, що дорівнює тому тиску, який виробляє струмінь на стіну:

$$R = \rho F V^2 \tau \sin \alpha, \quad (2.13)$$

А тиск, що чиниться струменем повітря в перерізі 1-1, визначається як:

$$P_1 = \rho V^2 \tau \sin \alpha, \quad (2.14)$$

а так як тиск у живильній трубці:

$$P = \frac{\rho V^2}{2}, \quad (2.15)$$

то:

$$P/P_1 = \rho V^2 / 2 \rho V^2 \sin \alpha = 2 \sin \alpha, \quad (2.16)$$

або

$$P_1 = 2P \sin \alpha, \quad (2.17)$$

де  $P$  – тиск повітря на вході в розпилювач.

Так як при повороті повітряного потоку відбувається зміна напрямку руху (рис. 2.3 перетин а-а), то виникають втрати енергії на ділянці місцевого опору, хоча менші ніж у прототипу.

По теоремі Борда, представивши рівняння у векторній формі, маємо:

$$P_{\text{пов}} = \frac{\rho(V_1 - V_2)^2}{2} = \frac{\rho(V_1 - V_2)}{2} = \frac{\rho V_2}{2}, \quad (2.18)$$

де  $\rho$  – густина повітряного потоку;

$V_1$  – швидкість повітря у перерізі 1–1;

$V_2$  – швидкість повітря у перерізі а–а після повороту на кут  $180^\circ - \alpha$ .



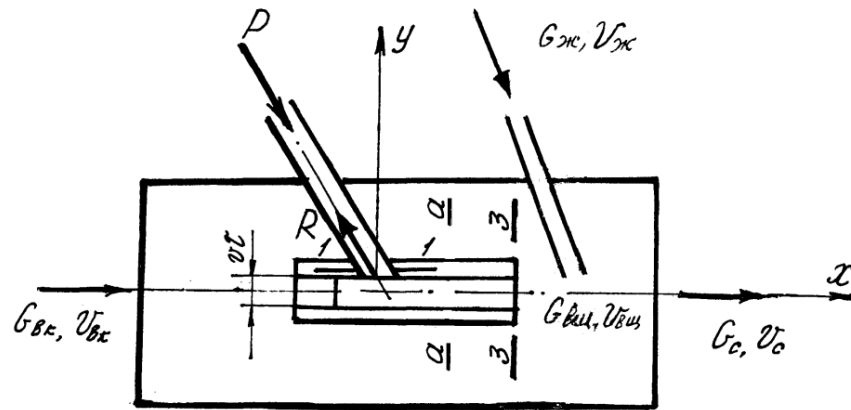


Рис. 2.3 Схема розпилювача до розрахунку його параметрів

Зужуючі сопла застосували для створення потоків газів навіколосвукових швидкостей. Елементарний розрахунок зводиться до визначення розмірів вихідного перерізу за заданою витратою газу та заданою швидкістю закінчення.

Якщо знехтувати впливом тертя, то перебіг у соплі можна вважати ізоентропійним. При цьому швидкість у вихідному перерізі  $F_3$  сопла визначається за формулою:

$$V_3 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R_{\Gamma} T (1 - \varepsilon_a^B)}, \quad (2.19)$$

де  $R_{\Gamma}$  – питома газова стала (для повітря  $R_{\Gamma} = 287$ ), Дж/(кг·К);

$T$  – термодинамічна температура, К;

$k$  – показник адіабати процесу (для повітря  $k = 1,4$ );

$\varepsilon_a^B = P_a/P_1$  – відношення тиску за соплом до тиску гальмування.

$$b = (k-1)/k. \quad (2.20)$$

Секундна витрата маси із щільного сопла матиме вигляд:

$$G_{вщ} = \mu F_c \sqrt{\frac{2k}{(k-1)R_{\Gamma}}} \cdot \frac{P_2}{\sqrt{T}} \cdot \varepsilon_a^{\frac{1}{k}} a \cdot \sqrt{1 - \varepsilon_a^B}, \quad (2.21)$$

Провівши підстановку певних зазначених вище параметрів струму повітря, отримаємо:

$$G_{вщ} = \mu F_c \sqrt{\frac{2k}{(k-1)R_{\Gamma}}} \cdot \frac{P_2}{\sqrt{T}} \cdot \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{\frac{1}{k}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^B} =$$

$$F_c \sqrt{\frac{2k}{(k-1)R_{\Gamma}}} \cdot \frac{P \sin \alpha}{\sqrt{T}} \cdot \left(\frac{P_a}{P \sin \alpha}\right)^{\frac{1}{k}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_a}{P \sin \alpha}\right)^{\frac{k-1}{k}}}, \quad (2.22)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати;

$F_c$  – площа вихідного отвору сопла;

$P_a$  – тиск за соплом.

Коефіцієнт витрати може бути представлений виразом:

$$\mu = \frac{G_t - \nabla G}{G_t}, \quad (2.23)$$

де  $-\nabla G = G_t - G$  – зменшення витрати порівняно з теоретичним.

Формула для витрати виражає витрати газу залежно від тиску в системі, щільності гальмування та тиску середовища.

Ця формула справедлива у припущенні рівномірного розподілу швидкостей у вихідному перерізі сопла, що можливо, якщо профіль виконаний плавним.

Профіль сопла, що звужується, може бути розрахований за формулою Вітошинського:

$$r = \frac{r_1}{\sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_0}\right)^2\right] \frac{\left(1 - \frac{3x^2}{(Lr)^2}\right)^2}{\left(1 - \frac{x^2}{(Lr)^2}\right)^3}}}, \quad (2.24)$$

$$L' = L/\sqrt{3}. \quad (2.25)$$

Значення коефіцієнта витрати можуть бути у наближенні та визначені за формулою:

$$\mu = \varepsilon \varphi, \quad (2.26)$$

але так як у насадці струмінь спочатку стискається, а потім розширюється, приймаємо  $\varepsilon$  рівним 1, а  $\mu$  рівним  $\varphi$ ,

де  $\varphi$  – коефіцієнт швидкості, що визначається з виразу:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha_c + \xi}}, \quad (2.27)$$

де  $\alpha_c$  – коефіцієнт Коріоліса, (за дослідженнями для щілинного сопла  $\alpha_c=1,54$ );

$\xi$  – коефіцієнт місцевих опорів.

Для вільного плоскопаралельного струменя  $\xi$  дорівнює 1;

Отже,  $\varphi$  дорівнює 0,625.

Або, підставивши відомі значення формулу в витрати, отримаємо:

$$G_{\text{вщ}} \approx 1,66 \cdot \frac{F_c P^{0.71} (P \sin \alpha)^{0.29}}{\sqrt{R\Gamma\Gamma}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{P_a}{P \sin \alpha}\right)^{0.29}}. \quad (2.28)$$

Вищеописана залежність дозволяє з урахуванням відомої витрати повітря із щілинного сопла визначати його конструктивні параметри і режимні параметри.

Швидкість руху повітря в соплі розпилювача визначається за формулою:

$$V_{\text{воз}} = \frac{G_{\text{воз}}}{\mu \cdot \tau_c \cdot \rho_{\text{воз}}}, \quad (2.29)$$

де  $V_{\text{воз}}$  – швидкість повітря в соплі;

$G_{\text{воз}}$  – витрати повітря розпилювачем;

$\mu$  – коефіцієнт витрати;

$\tau_c$  – площа вихідного отвору сопла, м<sup>2</sup>;

$\rho_{\text{воз}}$  – щільність повітря у соплі, кг/см<sup>3</sup>.

При відомому надмірному тиску щільність повітря визначається з виразу:

$$\rho_{\text{воз}} = \frac{P_{\text{воз}}}{RT_0}, \quad (2.30)$$

оскільки тиск у щілині розпилювача приблизно рівний атмосферному, ми отримаємо наступне:

$$\rho_{\text{воз}} = \frac{P}{RT_0}, \quad (2.31)$$

При утворенні повітряно краплинного струменя в процесі ежектування рідини бере участь не тільки повітряний струмінь, що виходить із щілинного сопла, але і повітряний потік, що надходить у корпус розпилювача від вентилятора.

При цій відомій швидкості повітря від вентилятора  $V_{\text{вв}}$  і площі поперечного перерізу в корпусі розпилювача  $\tau_k$ , витрату повітря визначимо з виразу:

$$G_{\text{вв}} = \rho_{\text{вв}} \cdot \tau_{\text{вв}} \cdot V_{\text{вв}}, \quad (2.32)$$

де  $\rho_{\text{вв}}$  – щільність повітря від вентилятора;

$G_{\text{вв}}$  – витрата повітря.

Щільність повітря від вентилятора при певному тиску визначається як:

$$\rho_{\text{ВВ}} = \frac{P_0}{RT_0}, \quad (2.33)$$

де  $P_0$  – тиск повітря від вентилятора;

$R$  – газова постійна повітря;

$T_0$  – температура повітря по Кельвіну.

Відповідно до закону кількості руху маємо:

$$G_{\text{В}} \cdot V_{\text{В}} = G_{\text{В03}} \cdot V_{\text{В03}} + G_{\text{ВВ}} \cdot V_{\text{ВВ}}, \quad (2.34)$$

де  $G_{\text{В}}$  – витрата повітря розпилювачем;

$V_{\text{В}}$  – швидкість повітря в розпилювачі для ежектування робочої рідини.

При змішуванні повітря, що надходить із щілинного сопла, з повітрям від вентилятора через корпус розпилювача можливо два варіанти:

1) швидкість повітря від вентилятора менша за швидкість повітря зі щілинного сопла;

$$V_{\text{ВВ}} < V_{\text{В03}};$$

2) швидкість повітря від вентилятора дорівнює або більше швидкості повітря із щілинного сопла;

$$V_{\text{ВВ}} \geq V_{\text{В03}}.$$

У першому випадку надходження повітря від вентилятора зменшить втрати енергії струменя із щілинного сопла не змінюючи в цілому форму плоскопаралельного струменя.

У другому випадку можлива зміна ежекційних властивостей струменя.

Витрата робочої рідини, що надходить до повітряного струменя з щілинного сопла, визначається з виразу:

$$G_{\text{Ж}} = \mu_{\text{Ж}} \cdot \rho_{\text{Ж}} \cdot F_{\text{Ж}} \cdot \sqrt{2q(h_{\text{вак}} \pm h)}, \quad (2.35)$$

де  $G_{\text{Ж}}$  – Витрата робочої рідини;

$\mu_{\text{Ж}}$  – коефіцієнт витрати;

$\rho_{\text{Ж}}$  – густина рідини;

$F_{\text{Ж}}$  – площа вихідного отвору живильної трубки розпилювача;

$h_{\text{вак}}$  – швидкісний напір, створюваний струменем повітря, тиск робочої рідини, яка залежить від тиску повітря;

$h$  – положення ємності у системі з робочою рідиною щодо вихідного отвору живильної трубки.

У разі надходження робочої рідини зверху на повітряно краплинний струмінь положення ємності  $h$  береться зі знаком (+), у разі ежектування знизу зі знаком (-).

При цьому швидкісний напір описується виразом:

$$h_{\text{вак}} = \frac{V_{\text{в}}^2}{2g}. \quad (2.36)$$

Коефіцієнт витрати робочої рідини з живильної трубки круглого перерізу визначається з виразу:

$$\mu_{\text{ж}} = \varphi_{\text{ж}} \cdot \varepsilon, \quad (2.37)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт швидкості рідини;

$\varepsilon$  – коефіцієнт стиснення.

Коефіцієнт стиснення для малих отворів із гострою кромкою  $\varepsilon = 0,64$ .

Коефіцієнт швидкості визначається за такою формулою:

$$\varphi_{\text{ж}} = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}}}}, \quad (2.38)$$

де  $\alpha$  – Коефіцієнт Коріоліса, який для інженерних розрахунків приймається  $\alpha = 1$ ;

$\xi_{\text{вх}}$  – коефіцієнт опору на вході в живильну трубку;

$\xi_{\text{вих}}$  – коефіцієнт опору на виході з живильної трубки;

Тоді маємо  $\varphi_{\text{ж}} = 0,6$ , а  $\mu_{\text{ж}} = 0,38$ .

Як впливає з отриманих даних, що більше  $F_{\text{ж}}$ , тим вище  $G_{\text{ж}}$ .

Швидкість рідини  $V_{\text{ж}}$  визначається виразом:

$$V_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot F_{\text{ж}}}, \quad (2.39)$$

або

$$V_{\text{ж}} = \mu_{\text{ж}} \cdot F_{\text{ж}} \cdot \sqrt{2g(h_{\text{вак}} + h)}, \quad (2.40)$$

## Висновки по розділу

Теоретично розглянуті етапи формування повітряно-краплинного струменя і встановлені основні залежності, що визначають режими роботи і конструктивні параметри пропонованого обприскувача:

– отримані математичні залежності швидкості руху частинки робочої рідини в повітряному потоці, створюваному вентилятором запропонованого нами обприскувача, тобто змішаного повітряно-краплинного струменя;

– відповідно до запропонованої теорії взаємодії двох сполучних струменів у пневматичному щілинному розпилювачі отримані параметри повітряно-краплинного струменя (масової витрати повітря, його тиску та швидкості відповідно для повітря, рідини та суміші) та конструктивні параметри (площі вихідного отвору сопла та діаметра живильної трубки).

Обґрунтовано технологічну схему ультрамалооб'ємного обприскувача, що включає вентилятор з розпилюючим пристроєм і додаткові ежекційні розпилювачі, розташовані ярусами, а їх похилі жиклери мають різні діаметри залежно від ярусу і забезпечені косим зрізом на рівні осі.

### РОЗДІЛ 3

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНОГО ОБПРИСКУВАЧА

Вихідною базою щодо розрахунків була прийнята у господарстві технологія повно об'ємного обприскування садів із нормою витрати 1000 л/га. Пропоноване нами малооб'ємне обприскування саду проводилося з нормою 50 л/га. Розчин робочої рідини готувався на стаціонарному пункті господарства, де й проводилася його заправка в обприскувачі. Як базовий варіант для обприскування прийнятий агрегат у складі трактора МТЗ-80 з садовим вентиляторним обприскувачем ОВС-2000. Розроблений нами малооб'ємний навісний обприскувач на базі ОШУ-50А також агрегувався з трактором МТЗ-80.

Для обприскування яблуневого саду від хвороб на площі 3 га в базовому варіанті застосовували суміш хімічних препаратів БІ-58 (2 л/га) та СКОР (0,2 л/га). На дослідній ділянці норма витрати препаратів була знижена у зв'язку з високою якістю розпилу пропонованим нами обприскувачем: БІ-58 витрачали 1,5 л/га, а СКОР-0,15 л/га. Вартість препаратів, що витрачаються, в розрахунку на один гектар склала 216 грн./га на контролі і 162 грн./га - на дослідній ділянці. Якість обробки оцінювали візуально комісією компетентних спеціалістів.

За критерій економічної оцінки було прийнято показник мінімальна сумарна величина прямих експлуатаційних витрат за обприскування саду. Цей критерій відповідає основному показнику господарювання за умов ринкової економіки – максимальна величина чистий прибуток чи чистого доходу. Експлуатаційні витрати на обприскування саду на річний обсяг робіт у господарстві наведено у таблиці 3.1. Відповідно до вищезазначеної методики вони включають: пряму оплату праці виконання річного обсягу робіт (30 га), відрахування на соціальні потреби (31,1 % від прямої оплати праці), загальні видатки страхування, збори держтехнагляду, збори захисту навколишнього

середовища. Крім того, визначалися також амортизаційні відрахування на річний обсяг робіт, витрати на ремонт, технічне обслуговування, зберігання техніки, витрати на паливо та хімпрепарати.

Як видно з отриманих даних (табл. 3.1), експлуатаційні витрати на обробку саду на площі 30 га з використанням нашого обприскувача знижуються з 12700 грн до 7700 грн, тобто в 1,7 рази.

Це стало можливим за рахунок більш високої продуктивності пропонованого агрегату (3,2 га/год проти 2,8 га/год у базового варіанта), за рахунок зниження амортизаційних відрахувань, витрат на ремонт, технічне обслуговування та зберігання.

Особливо помітне зниження витрат має місце вартість хімпрепаратів: в базовому варіанті на площу саду 30 га їх вартість становить 6500 грн, і з використанням малооб'ємного обприскування – 4900 грн (таблиця 3.1).

Завдання, що розглядається, зводиться до порівняння варіантів інвестицій у проекти, за якими проводиться вартісна оцінка результату.

Найбільш загальною постановкою завдання щодо визначення ефективності інвестицій є динамічна, при якій розрахунки проводяться за розрахунковий період з урахуванням витрат та результатів за кожен рік розрахункового періоду.

Ми приймемо спрощений варіант постановки завдання – статичний. При цьому вважаємо, що всі платежі і надходження розподіляються поступово протягом усього розрахункового періоду.

Для оцінки ефективності інвестицій використовується показник чистого дисконтованого доходу:

$$ЧДД = R \frac{1-(1+i)^{-t}}{i} - k_{\text{доп}}, \quad (3.1)$$

де ЧДД – чистий дисконтований дохід, грн.;

$R$  – щорічні надходження від капіталовкладень та вартості додаткового врожаю, грн.;

$i$  – прибутковість альтернативного вкладення капіталу (за депозитивними вкладками у банк);



$t$  – термін служби технічного засобу, що розглядається, років;

$k$  – додаткові капіталовкладення, грн.

Термін служби технічних засобів, що розглядаються, приймаємо рівним восьми рокам.

У нашому випадку щорічні надходження є економією експлуатаційних витрат від використання нового технічного засобу (УМО):

$$R = (S_y^B - S_y^H) \cdot W_{\text{сез}}, \text{ грн.} \quad (3.2)$$

де  $S_y^B, S_y^H$  – експлуатаційні витрати при використанні відповідно базового та нового варіантів технічних засобів, грн./га;

$W_{\text{сез}}$  – річний обсяг робіт, га.

Дисконтований термін окупності інвестицій визначимо з виразу (3.1), вирішивши його щодо терміну служби технічного засобу, що розглядається:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\ln(1 - \frac{k_{\text{доп}}}{R} \cdot i)}{\ln(1+i)}, \quad (3.3)$$

де  $T_{\text{ок}}$  – дисконтований термін окупності інвестицій, років.

Таблиця 3.1 - Економічна ефективність пропонованого ультрамалооб'ємного обприскувача (гривень на оброблювану площу 30 га).

Стаття витрат	Базовий варіант (МТЗ-80 + ОВС-2000)	Новий варіант (МТЗ-80 + новий УМО)	% нового варіанта до базового
1. Затрати на експлуатацію техніки, всього	12775	76586	60620
– амортизаційні відрахування	1632	578	33400
– технічне обслуговування та ремонт	1082	49	44000
– зберігання	1918	538	27800
– паливо	699	625	89400
– хімічні препарати	6490	4870	7600
2. Оплата праці, всього	599	526	87800
– зарплата	449	394	87800
– відрахування на соціальні потреби	141	124	87700
3. Страхування	104	67	64000
4. Інші затрати	174	146	83800

Розглянуті далі варіанти інвестицій з міжнародної класифікації відносяться як до третього класу - оновлення основних виробничих фондів, так і четвертого - економія витрат. Для третього класу капіталовкладень рекомендована ставка відсотка капіталу становить 0,12, а четвертого – 0,15. У розрахунках прийmemo  $i = 0,12$ .

Таким чином, чистий дисконтований дохід, що визначається за формулою 3.1, становитиме у нашому випадку 18000 грн, а з розрахунку на 1 га 600 грн (таблиця 3.1). Його значення виходить позитивним. Отже, інвестиції у запропонований проект (запровадження УМО) є ефективними.

Дисконтований термін окупності інвестицій визначали за формулою 3.3. Отримали  $T_{ок} = 0,83$  (таблиця 3.2).

Таким чином, дисконтований термін окупності інвестицій майже в 6 разів менший за термін служби пропонованого нами малооб'ємного обприскувача, що підкреслює його ефективність.

Таблиця 3.2 – Економічна ефективність УМО.

Показник	Базовий варіант (ОВС-2000)	Новий варіант (УМО)
1. Експлуатаційні витрати, грн/га	432,5	266,2
в т. ч.:		
– амортизаційні витрати	51,06	15,94
– на ПММ	22,98	20,51
– оплата праці	19,73	17,30
– хімічні препарати	217,8	163,00
– інші витрати	9,1	7,01
2. Витрати праці на обробку саду, чол.-год/га	0,34	0,28
3. Чистий дисконтований дохід, грн/га	–	587
4. Термін окупності, років	–	0,84

## **Висновки по розділу**

Експлуатаційні витрати на обприскування саду з використанням розробленого нами ультрамалооб'ємного обприскувача в порівнянні з повнооб'ємним знижуються в 1,7 рази (з 423 грн./га до 257), витрати праці на 13%, а вартість хімічних препаратів, що витрачаються, в 1,3 рази. Чистий дисконтований дохід на обробленій площі саду 30 га становив 18000 грн, а термін окупності інвестицій 0,83 року.

## ВИСНОВКИ

На підставі аналізу існуючих конструкцій вентиляторних обприскувачів та їх технологічних схем роботи була обґрунтована схема вентиляторного УМО з ежекційно-щілинними розпилювачами.

Теоретично розглянуті етапи формування повітряно-краплинного струменя і встановлені основні залежності, що визначають режими роботи і конструктивні параметри запропонованого обприскувача:

- отримані математичні залежності швидкості руху частинки робочої рідини в повітряному потоці, створюваному вентилятором запропонованого нами обприскувача, тобто змішаного повітряно-краплинного струменя;

- відповідно до запропонованої теорією взаємодії двох сполучних струменів у пневматичному щілинному розпилювачі отримані параметри повітряно-краплинного струменя (масової витрати повітря, його тиску та швидкості відповідно для повітря, рідини та суміші) та конструктивні параметри (площі вихідного отвору сопла та діаметра живильної трубки).

Обґрунтовано технологічну схему ультрамалооб'ємного обприскувача, що включає вентилятор з розпилюючим пристроєм і додаткові ежекційні розпилювачі, розташовані ярусами, а їх похилі жиклери мають різні діаметри залежно від ярусу і забезпечені косим зрізом на рівні осі.

Експлуатаційні витрати на обприскування саду з використанням розробленого нами ультрамалооб'ємного обприскувача в порівнянні з повнооб'ємним знижуються в 1,7 рази (з 423 грн./га до 257), витрати праці на 13%, а вартість хімічних препаратів, що витрачаються, в 1,3 рази. Чистий дисконтований дохід на обробленій площі саду 30 га становив 18000 грн, а термін окупності інвестицій 0,83 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балян А. В. Внесок аграрної науки в розвиток органічного виробництва. *Вісник аграрної науки*. 2013. №11.
2. Ponomarenko S. P., Hrytsaenko Z. M., Tsygankova V. A. Increase of Plant Resistance to Diseases, Pests and Stresses with New Biostimulants. Proceedings of the I st world congress on the USE of Biostimulants in Agriculture. Eds.: S. Saa Silva [et al.]. Acta Horticulturae 1009. Strasbourg, 2013.
3. Мордерер Є. Ю., Мережинський Ю. Г. Гербіциди. Механізми дії та практика застосування. Київ : Логос, 2009.
4. Борона В. П., Красевич В. В., Соломенко В. М. Бур'яни в короткоротаційних сівозмінах. Система контролювання чисельності, що поєднує агротехнічні, фітоценотичні, хімічні та інші заходи. *Карантин і захист рослин*. 2005. №9.
5. Барановский И. Н., Лукьянов Н. В. Влияние сорняков на плодородие почвы и урожайность овса. *Защита и карантин растений*. 2005. №11.
6. Мордерер Є. Ю., Мережинський Ю. Г., Лук'яненко О. С. Застосування бакових сумішей гербіциду гранстару та ланцелоту на посівах озимої пшениці. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2002. Т.34. №1.
7. Котляров Д. В., Котляров В. В. Изучение механизма влияния совместного применения аминокислот и гербицидов группы глифосатов на физиологические процессы в растениях. *Международный научно-исследовательский журнал*. №02 (56) Часть 2. Февраль. 2017.
8. Мережинський Ю. Г., Мордерер Є. Ю. Сучасні досягнення та перспективи розвитку досліджень по проблемі фізіології дії гербіцидів. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001. Т.1.
9. Зинченко В. А. Химическая защита растений: средства, технологи и экологическая безопасность. Москва : Колос. 2005.

10. Жеребко В. М. Гербіциди в інтегрованому захисті. Карантин і захист рослин. 2007. №7.

11. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Умань : Видавець «Сочінський». 2012.

12. Дерев'янський В. П. Біологічний захист пшениці ярої. *Карантин і захист рослин*. 2012. №10.

13. Пономаренко С. П., Боровикова Г. С., Боровиков Ю. Я. Новые индукторы устойчивости растений с регуляторными и биозащитными свойствами. Материалы V Межд. науч. конф. [«Регуляция роста, развития и продуктивности растений»], (Минск, 28–30 ноября 2007). Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Минск : Право и экономика, 2007.

14. Педоренко І. Ю., Баланда О. В. Природні біостимулятори росту та розвитку сільськогосподарських культур. Мат. Міжн. конф. «Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблемах сьогодення». Кам'янець-Подільськ. 2012.

15. Деева В. П. Регуляторы роста растений: Механизмы действия и использование в агротехнологиях. Минск : Белорусь. Наука