

УДК 632.982.1

### Вплив штучно створеного струменя стисненого повітря на рівномірність осадження краплин засобів захисту рослин в умовах вітру

*Панасюк В. І., пров. інж., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: mzt-imesg@ukr.net*

*П'ятаченко В. І., інж., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», тел.: +38(067)-549-46-10*

#### Анотація

**Мета.** Покращення якості внесення засобів захисту рослин в умовах дії вітру завдяки застосуванню додаткового штучного повітряного потоку для покращення осадження краплин робочої рідини.

**Методи.** Викладено результати експериментальних досліджень щодо зменшення знесення розпиленних краплин робочої рідини осаджуючим повітряним потоком в умовах дії вітру. Обробку отриманих даних проведено з використанням методів регресійного аналізу та математичної статистики.

**Результати.** Проведено польові випробування обприскувача з примусовим осадженням крапель ОПО-2000 в агрегаті з трактором МТЗ-80.1, унаслідок яких встановлено, що якість виконання обприскування з примусовим осадженням на всіх режимах відповідала агротехнічним

вимогам. Густота покриття краплями оброблюваної поверхні збільшилася в 1,46 раза (від 37 шт/см<sup>2</sup> без осадження до 54 шт/см<sup>2</sup> з осадженням за допустимої густоти не меншої 20 шт/см<sup>2</sup>). Нерівномірність розподілу робочої рідини за шириною захвату обприскувача зменшилася в 3,3 раза (від 43% без осадження крапель до 13% з осадженням за допустимої нерівномірності 25%).

**Висновки.** Установлено вплив осаджуючого повітряного потоку на зменшення знесення розпиленних краплин рідини, на які діє боковий повітряний потік, та розподіл розпиленої рідини за масою по довжині залежно від робочого тиску рідини в системі розпилювачами різних типів.

**Ключові слова:** краплини, повітряний потік, швидкість осідання, знесення препарату, оброблювана поверхня, густота покриття, примусове осадження.

УДК 632.982.1

### Influence of artificially created jet of compressed air on the uniform deposition of droplets of plant protection products in wind conditions

*Panasjuk V. I., Lead. eng., National Scientific Center "Institute of agricultural engineering and electrification", e-mail: mzt-imesg@ukr.net*

*Pyatachenko V. I., eng., National Scientific Center "Institute of agricultural engineering and electrification", tel.: +38(067)-549-46-10*

#### Annotation

**Purpose.** Improving the quality of application of crop protection products under wind conditions through the use of additional artificial air flow to improve the deposition of droplets of working fluid.

**Methods.** The results of experimental studies to reduce the drift of sprayed droplets of the working fluid by precipitating air flow in windy weather are presented. Data processing was carried out using regression analysis and mathematical statistics.

**Results.** Field tests of the sprayer with forced sedimentation of OPO-2000 droplets were conducted, in an aggregate with MTZ-80.1 tractor as a result of which it was established that the quality of spraying with forced deposition on all modes was in line with agro technical requirements. The thickness of the coating with droplets of the treated surface increased 1.46 times (from 37 pc/cm<sup>2</sup> without precipitation to 54 pc/cm<sup>2</sup> with precipitation, with a permissible density of not less than 20 pc/cm<sup>2</sup>). The unevenness of the distribution of the working fluid across the width of the capture spray was reduced

3.3 times (from 43% without precipitation to 13% with precipitation, with a permissible unevenness of 25%).

**Conclusions.** The influence of the precipitating air flow on reducing the depletion of spray droplets of the liquid, which has a side airflow and the distribution of the spray liquid by weight by

weight, depending on the operating pressure of the liquid in the system of different types of sprayers, is established.

**Keywords:** drops, air flow, sedimentation rate, the demolition of the drug, the treated surface, the density of the coating, forced sedimentation.

УДК 632.982.1

### Влияние искусственно созданной струи сжатого воздуха на равномерность осаждения капель средств защиты растений в условиях ветра

*Панасюк В. И.,* *вед. инж., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: mzt-imesg@ukr.net*

*Пятаченко В. И.,* *инж., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», тел.: +38(067)-549-46-10*

#### Аннотация

**Цель.** Улучшение качества внесения средств защиты растений в условиях действия ветра благодаря применению дополнительного искусственного воздушного потока для улучшения осаждения капель рабочей жидкости.

**Методы.** Изложены результаты экспериментальных исследований по уменьшению сноса распыленных капель рабочей жидкости осаждающим воздушным потоком в ветреную погоду. Обработку полученных данных проведено с использованием методов регрессионного анализа и математической статистики.

**Результаты.** Проведены полевые испытания опрыскивателя с принудительным осаждением капель ОПО-2000 в агрегате с трактором МТЗ-80.1, в результате которых установлено, что качество выполнения опрыскивания с принудительным осаждением на всех режимах отвечало агротехническим требованиям. Плотность покрытия каплями обрабатываемой поверхности увеличилась в 1,46 раза (от 37 шт/см<sup>2</sup> без осаждения до 54 шт/см<sup>2</sup> с осаждением при допустимой плотности не меньше 20 шт/см<sup>2</sup>). Неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя уменьшилась в 3,3 раза (от 43% без осаждения капель до 13% с осаждением при допустимой неравномерности 25%).

**Выводы.** Установлено влияние осаждающего воздушного потока на уменьшение сноса распыленных капель жидкости, на которые действует боковой воздушный поток, и распределение распыленной жидкости за массой по длине в зависимости от рабочего давления жидкости в системе распылителями разных типов.

**Ключевые слова:** капли, воздушный поток, скорость оседания, снос препарата, обрабатываемая поверхность, плотность покрытия, принудительное осаждение.

**Постановка проблеми.** Як свідчить практика світового землеробства, із впровадженням інтенсивних технологій вирощування та збирання сільськогосподарських культур істотно збільшується застосування хімічних засобів захисту рослин. Таке збільшення гостро ставить задачі зниження їхньої дії на екологію навколишнього середовища та забруднення продуктів харчування залишковими кількостями пестицидів. Тому одночасно з розробленням нових препаратів, що мінімізують шкідливий вплив на флору і фауну, вчені працюють над створенням новітніх технологій і засобів механізації, щоб завдяки якості їх застосування скоротити норми внесення пестицидів, поліпшивши тим самим екологічну безпеку хімічного догляду за посівами. Питання скорочення обсягів застосовуваних пестицидів надзвичайно актуальне з економічної та екологічної точок зору. Особливо великі витрати на пестициди – в Україні, оскільки на наших полях застосовують здебільшого імпорتنі препарати. Завдяки створенню нових хімічних препаратів ефективність і економічність обприскування з кожним роком підвищуються, що дозволяє скоротити витрату робочої суміші при високій її концентрації.

На сучасному етапі розвитку сільського господарства проходить всебічне оновлення технологій вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Не є винятком і хімічний захист рослин. Удосконалення машин для хімічного захисту відбувається за декількома напрямками. Головні з них – підвищення технічного рівня обприскувачів, розроблення нових методів нанесення пестицидів на рослини, поліпшення якості їхнього внесення, зменшення витрат коштів на обприскування та екологічна безпека застосування засобів захисту рослин.

Якість застосування пестицидів під час хімічного догляду за посівами визначається рядом факторів, основними з яких є: густина покриття краплями поверхні; рівномірність внесення робочої рідини по ширині захвату і довжині проходу агрегату; дисперсність розпилення; знесення препарату вітром.

Одним із напрямів вдосконалення обприскувачів є розроблення нових технічних засобів і способів покращення рівномірності внесення робочої рідини шляхом примусового осадження крапель робочої рідини пестицидів на оброблювану поверхню.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині особливо поширені комбіновані способи примусового осадження крапель:

- застосування на обприскувачах розпилювачів, в які під тиском подається повітря (пнемо-гідравлічні з піддувом);
- застосування інжекторних розпилювачів;
- осадження крапель за допомогою повітряних потоків, створюваних вентилятором.

Аналіз кожного з цих способів і технічних рішень показав, що всі вони разом із перевагами мають і суттєві недоліки, що гальмує їхнє широке використання. Так, фірма John Deere (США) розробила обприскувач із використанням системи Twin Fluid System. У даному обприскувачі за допомогою компресора, що приводиться в дію від незалежної коробки передач, стиснене повітря під тиском надходить до багатопозиційних головок із розпилювачами. У змішувальній камері головки робоча рідина насичується повітрям, під тиском виходить із пнемо-гідравлічних розпилювачів, подрібнюється й у вигляді крапель осідає на поверхню рослин. Але в пнемо-гідравлічних розпилювачах із піддувом або інжекторних із подачею повітря в розпилювачі як примусово, так і завдяки інжекції збільшується полідисперсність роз-

пилю крапель. Це знижує біологічну ефективність дії препарату через наявність у спектрі розпилю великих крапель.

Провідні виробники машин для хімічного догляду за посівами сільськогосподарських культур Hardi (Данія), RAU (Німеччина), що зараз входить в Квернеланд Груп, John Deere (США), Dubex (Нідерланди), Bargam, Maschio Gaspardo (Італія), Degania Sprayers (Ізраїль) та ін. прагнули знайти спосіб, за якого краплям робочої рідини надається більш висока швидкість і тим самим забезпечується зменшення часу досягнення об'єкта обробки. Це дозволяє максимально поліпшити якість обробки, забезпечити економію препарату, зменшити витрати води і підвищити продуктивність агрегатів. Для звичайних обприскувачів характерною є мала швидкість осідання крапель, що відбувається під дією сили земного тяжіння. У звичайних штангових обприскувачів робочий тиск у гідросистемі забезпечує краплям робочої рідини препарату таку швидкість, що вони можуть бути перенесені на відстань приблизно 30 см від розпилювача. Після цього під дією сили земного тяжіння рідина починає опускатися на листя рослини. Навіть незначна швидкість вітру (2–3 м/с), що завжди присутній у польових умовах, викликає знесення рідини від заданої траєкторії. У разі швидкості вітру 4–5 м/с знесення робочої рідини може бути настільки значним, що обприскування доводиться призупиняти. В іншому випадку дія пестицидів неефективна, а забруднення навколишнього середовища досягає критичних значень.

Нині найбільшого поширення набув спосіб, коли на краплі рідини впливають створеним повітряним потоком, що несе рідину до оброблюваної поверхні. Така технологія дозволяє використовувати більш дрібні, тобто більш ефективні краплі, покращує їхнє проникнення в рослинний покрив і рівномірність обробки рослин. За цим принципом працюють обприскувачі, обладнані потужними вентиляторами для створення потоку повітря і гнучкими повітропроводами. Через отвори або спеціальні щілини в рукавах повітря виходить під тиском і осаджує рідину, що виходить із розташованих нижче розпилювачів. У таких обприскувачах рідина розпилюється на більш дрібні, порівнюючи зі звичайними обприскувачами, краплі, які примусово осаджуються на оброблювану поверхню повітряним потоком. Водночас

поліпшуються проникнення крапель у рослинний покрив і рівномірність обробки рослин. За даними фірми Hardi, нижня поверхня листків у такому разі обробляється вдвічі – вп'ятеро краще, а знесення препарату вітром можна зменшити на 90%, порівнюючи зі звичайним обприскуванням. Тому застосування повітряної підтримки дозволяє проводити хімічний догляд за швидкості вітру до 8–9 м/с, тоді як звичайне обприскування дозволяється проводити за швидкості вітру не більшої 5 м/с. Крім того, повітря замінює частину води як носія, що дозволяє до 30% скоротити норму внесення робочої рідини. Зменшення витрат води економить час на її транспортування, приготування робочої суміші та заправку ємностей обприскувачів.

Використання обприскувачів із примусовим осадженням крапель робочої рідини забезпечує кращу обробку тих частин рослин, де знаходиться велика кількість шкідників і збудників хвороб, чого не забезпечується при звичайному способі обприскування рослин. Установлено, що більшість шкідників і збудників хвороб зосереджуються на нижній частині стебел рослин і на нижній поверхні листків. Повітряний потік, що виходить з отворів у повітряних рукавах, розгойдує стебла і повертає листя рослин так, що їхня нижня сторона потрапляє під струмінь розпиленних пестицидів.

У самохідних обприскувачах ALPHA Evo Twin Force фірми Hardi повітря подається двома потужними вентиляторами до лівого та правого крил штанги в рівних пропорціях. Велика кількість повітря, що нагнітається двома вентиляторами, дозволяє збільшувати робочу швидкість, навіть у разі дуже складних погодних умов. Кожен дає витрату повітря на рівні 2000 м<sup>3</sup>/год на метр ширини захвату штанги зі швидкістю повітряного потоку на виході із сопла 35 м/с [1]. Велика подача повітряного потоку вимагає значних енерговитрат на привід вентиляторів. Відносно невелика швидкість повітряного потоку на виході, порівнюючи зі швидкістю крапель робочої рідини і незначним тиском повітряного потоку, дозволяє використовувати його тільки для транспортування крапель робочої рідини, щоб зменшити енерговитрати на обприскування.

За даними фахівців фірми RAU, примусове пневматичне осадження крапель дозволяє збільшити робочу швидкість обприскувачів до 50%, значно підвищуючи їх продуктивність. В обприскувачах СПРІДО-ТРАЙН, СПРІДОМАТ Д2 і СПРІДО-ПОРТ фірми RAU на факел розпилю, що утворюється з проходженням робочої рідини через розпилювачі, впливають повітряним потоком, що виходить з отворів повітропроводів, які формують струмені, що розширюються й охоплюють факел розпилю крапель по всій ширині захвату. Осадження крапель робочої рідини, що подається через розпилювачі, які розташовані нижче надувних еластичних повітропроводів конічної форми, здійснюється повітряним потоком через отвори великого діаметра. Повітряний потік створюється великогабаритним осьовим вентилятором діаметром 750–1000 мм великої потужності (24–40 кВт), що приводиться в рух за допомогою гідромотора. Подача повітря становить 40–62 тис. м<sup>3</sup>/год при ширині обприскування 12–24 м із максимальною швидкістю повітря 45 м/с [2]. Подача вентиляторів повітря настільки велика, що повітря доносить краплі робочої рідини до поверхні ґрунту, а це призводить до його забруднення і відповідно погіршення екології довкілля. Для значної подачі повітря необхідні великі енерговитрати для приводу осьових вентиляторів, а наявність повітряних рукавів збільшує парусність штанги, що так само потребує зміцненої конструкції самої штанги.

Перші кроки до розроблення обприскувачів із примусовим осадженням крапель зроблено в Україні ПрАТ «Богуславська сільгосптехніка», яке розробило перший у нашої країни причіпний штанговий обприскувач ЕКО-2000-18П із системою примусового пневматичного осадження крапель, який вже прийнятий до виробництва. Зараз ПрАТ «Богуславська сільгосптехніка» випускає причіпний обприскувач ШТОРМ-3000-24 із системою осадження крапель вартістю 1610 тис. гривень [3]. У НУБіП за участю фахівців ННЦ «ІМЕСГ» був розроблений і пройшов приймальні випробування пневмо-гідравлічний обприскувач із примусовим осадженням крапель робочої рідини за класичною схемою ОПГ-2000 (рис. 1) [4].



**Рис. 1.** Обприскувач із примусовим осадженням крапель ОПГ-2000  
**Fig. 1.** Sprayer with forced deposition of drops of OPG-2000

Використання примусового осадження крапель робочої рідини препаратів дозволяє виконувати хімічний догляд за посівами польових культур при швидкості вітру до 8–9 м/с, а також при високій температурі навколишнього середовища і низькій вологості. Водночас значно зменшуються витрати води для приготування робочої рідини, скорочується час технологічного обслуговування і, тим самим, підвищується продуктивність агрегатів.

Але всі способи примусового осадження крапель робочої рідини пестицидів із використанням осьових вентиляторів і повітропроводів – неуніверсальні. Повітропроводи в таких обприскувачах розташовані вище колекторів із розпилювачами робочої рідини, тому швидкість повітряного потоку згасає ще до його входження в зону крапель. Невисокий тиск, що створюється осьовим вентилятором (не вище 4 кПа), і відносно невелика швидкість повітряного потоку (30–45 м/с) достатні лише для транспортування крапель розпиленої робочої рідини і недостатні для підвищення швидкості їх осідання під час обприскування. Невисока швидкість осідання крапель призводить до випаровування робочої рідини в процесі обприскування. Це зменшує ефективність примусового осаджування крапель робочої рідини за допомогою стиснутого повітря. Крім того, більш висока (у кілька разів) вартість обприскувачів, порівнюючи з аналогічними штанговими обприскувачами без повітропроводів, та велика питома енергоємність процесу, а відповідно, і більш висока питома вартість внесення робочої рідини пестицидів, накладають свій відбиток на собівартість обробки.

Інший недолік – під час внесення ґрунтових гербіцидів або обприскування полів із невеликим рослинним покривом краплі робочої рідини разом із повітряним потоком відбиваються від землі й зносяться в

атмосферу. До того ж наявність потоку повітря сприяє скочуванню крапель із листків рослин, особливо великих, що несуть у собі значну частину препарату.

**Мета досліджень.** Покращення якості внесення засобів захисту рослин в умовах дії вітру завдяки застосуванню додаткового штучного повітряного потоку для покращення осадження краплин робочої рідини.

**Методи досліджень.** Викладено результати експериментальних досліджень щодо зменшення знесення розпилених краплин робочої рідини осаджуючим повітряним потоком в умовах дії вітру. Обробку отриманих даних проведено з використанням методів регресійного аналізу та математичної статистики.

**Результати досліджень.** Для усунення даних недоліків нами розроблено і запатентовано спосіб примусового осадження крапель під час обприскування, в якому завдяки зміні основних параметрів процесу (робочого тиску, швидкості й подачі повітря) повітряний потік використовується для надання краплям робочої рідини, коли вони вже сформовані й більше не подрібнюються, додаткової кінетичної енергії. Це призводить до збільшення швидкості крапель під час осідання і внаслідок зменшення часу досягнення оброблюваної поверхні рослин. Причому величину робочого тиску і витрати повітря встановлюють так, щоб повітряний потік тільки відкривав рослинний покрив і затухав на відстані меншій, ніж висота розташування розпилювачів від поверхні ґрунту, що скорочує витрати повітря і відповідно енерговитрати на проведення хімічного догляду [5].

Також нами було розроблено своє технічне рішення для підвищення ступеня осадження робочої рідини, в якому врахували певні переваги відомих способів пневматичного осадження, та реалізовано в обприскувачі з примусовим осадженням ОПО-2000 (рис. 2).



**Рис.2.** Обприскувач із примусовим осадженням крапель ОПО-2000  
**Fig.2.** Sprayer with forced precipitation of drops of OPO-2000

Суть цих рішень полягає в тому, щоб збільшити швидкість осідання крапель без впливу на їх дисперсність. З цією метою вирішено впливати на збільшення швидкості крапель після того, коли вони вже сформовані, щоб їх більше не дробити.

Для цього на факел розпилю крапель робочої рідини, що утворюється під час проходження робочої рідини через розпилювачі, впливають повітряним потоком, який виходить із насадок отворів повітропроводів на певній відстані від розпилювача, і швидкість крапель збільшується за цих обставин до рівня, якого достатньо для осідання їх на поверхню, що обробляється. Це зменшує випаровування робочої рідини пестицидів у процесі обприскування, підвищує економічність і ефективність хімічного догляду за культурними рослинами, не погіршує екологію навколишнього середовища, а також дозволяє скоротити енерговитрати під час роботи агрегатів. Осадження крапель робочої рідини вузьконаправленим повітряним потоком дозволяє скоротити витрати повітря, порівнюючи зі способом, коли повітря подається широким потоком через отвори великого діаметра в еластичних повітропроводах.

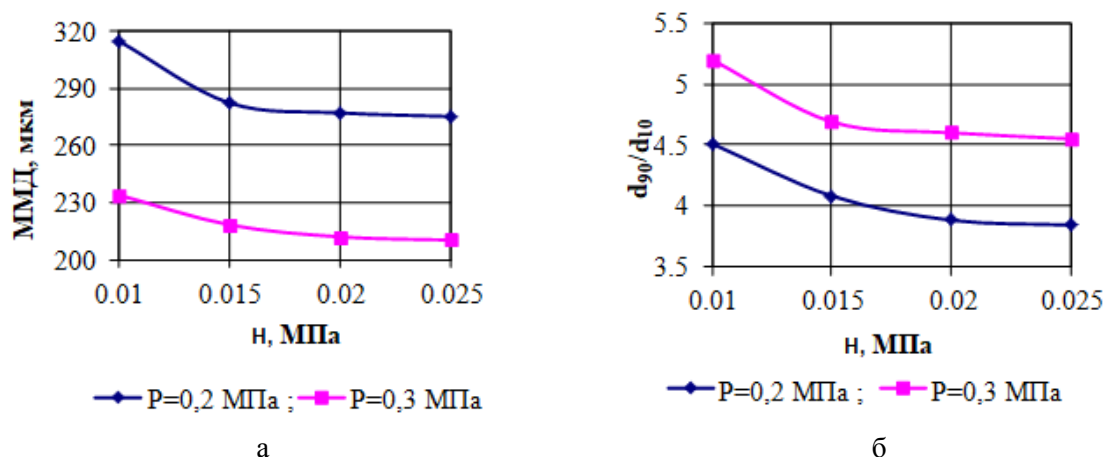
Проведено польові випробування обприскувача з примусовим осадженням крапель ОПО-2000 в агрегаті із трактором МТЗ-80.1 і в результаті яких установлено, що якість виконання обприскування з примусовим осадженням на всіх режимах відповідала агротехнічним вимогам. Густота покриття

краплями оброблюваної поверхні збільшилася в 1,46 раза (від 37 шт/см<sup>2</sup> без осадження до 54 шт/см<sup>2</sup> з осадженням при допустимій густоті не меншій 20 шт/см<sup>2</sup>). Нерівномірність розподілу робочої рідини за шириною захвату обприскувача зменшилася в 3,3 раза (від 43% без осадження крапель до 13% з осадженням за допустимої нерівномірності 25%).

Примусове осадження крапель штучно створеним потоком стисненого повітря ефективно лише в разі високої дисперсності розпилю, оскільки великі краплі, переважно понад 350 мкм, під час дії на них повітряного потоку найчастіше скочуються з оброблюваної поверхні на землю, а розчинений у них препарат втрачається. У зв'язку з цим гідравлічні розпилювачі, для яких характерна висока полідисперсність розпилю, тобто у факелі розпилю яких завжди присутні краплі з великим діаметром (350 мкм і більше), не є оптимальними для застосування їх в обприскувачах із примусовим осадженням. Робота таких розпилювачів з екологічних умов обмежується під час відносно невеликого вітру.

Дослідження впливу осаджуючого потоку на дисперсність розпилю (рис. 3, а) показали, що зі збільшенням напору повітря в повітропроводі осаджуючий потік частково сприяє підвищенню дисперсності крапель. Причому з підвищенням напору осаджуючого потоку зменшується показник полідисперсності, що вказує на те, що цей потік подрібнює більшою мірою великі краплі, чим покращує якість розпилення (рис. 3, б).





**Рис. 3.** Зв'язок між напором осаджуючого потоку повітря і:  
а – медіанно-масового діаметра; б – показника полідисперсності  
**Fig. 3.** The relationship between the pressure of the precipitating air flow and:  
a – is the median-mass diameter; b – polydispersity index

Лабораторно-польовими дослідженнями вивчався вплив повітряного потоку на осідання крапель із різними значеннями робочого тиску рідини, швидкості вітру та схемами розташування насадок відносно розпилювачів. Для цього на правій частині штанги обприскувача був встановлений тільки гідравлічний колектор із розпилювачами, а на лівій – гідравлічний колектор і повітропровід із насадками. Пневматичні насадки розташовувалися симетрично розпилювачам із кроком 0,25 м, тобто вдвічі меншим кроку розпилювачів, що забезпечувало захват повітрям усього факела розпили. За робочу рідину використовували 1,5% розчин спирторозчинного нігрозину у воді згідно із СОУ 74.3-37-266:2005 [6]. Швидкість вітру і температуру повітря під час дослідів заміряли за допомогою метеопосту. Швидкість вітру під час проведення дослідів знаходилася в межах від 4,2 м/с до 5,4 м/с, що близько до максимально допустимої за агротехнічними вимогами, температура становила 19 °С. Випробування проводились за таких умов: тиск повітря 0,03 МПа, тиск робочої рідини в нагнітальній комунікації 0,5 МПа та робоча швидкість 8 км/год.

**Таблиця.** Результати оцінки якості роботи обприскувача з пневматичним осадженням крапель, порівнюючи зі звичайним обприскуванням  
**Table.** The results of the evaluation of the quality of the sprayer operation with pneumatic sedimentation of droplets compared with conventional spraying

Показники якості обприскування	Обприскування	
	з осадженням крапель	без осадження крапель
Нерівномірність витрати рідини через розпилювачі, %	3,4	3,4
Густота покриття краплями поверхні, що обробляється, шт/см <sup>2</sup>	54	37
Нерівномірність розподілу робочої рідини за шириною захвату, коефіцієнт варіації, %	13	43
Медіанно-масовий діаметр крапель, мкм	289	285

Як видно з таблиці, використання обприскувача з пневматичним осадженням крапель підвищує показники якості виконання технологічного процесу – збільшилася густота покриття краплями поверхні, що обробляється, в 1,46 раза, а нерівномірність розподілу робочої рідини за шириною захвату

зменшилася в 3,3 раза, водночас енерговитрати зменшилися в 2,2 раза [7].

Результати випробувань підтвердили, що для поліпшення показників якості обприскування, підвищення ступеня осідання робочої рідини та скорочення випаровування препарату необхідно застосовувати новітні

розробки примусового осадження крапель. Такі обприскувачі забезпечують кращу обробку порівняно з іншими способами хімічного догляду за рослинами.

**Висновки.** Установлено вплив осаджуючого повітряного потоку на зменшення знесення розпиленних краплин рідини, на які діє боковий повітряний потік, та розподіл розпиленої рідини за масою по довжині залежно від робочого тиску рідини в системі розпилювачами різних типів.

#### Бібліографія

1. ALFA evo. URL: <http://spectr-agro.com/ALPHA-EVO-893.html>.
2. Техника для опрыскивания. Высококачественные навесные и прицепные опрыскиватели Спридомат Д2, Спридо-Трайн, и Спридо-Порт. *Перспектива фирмы RAU*. 1996.
3. Опрыскиватель прицепной ШТОРМ-3000-24 с системой осаджения капель. URL: <http://boguslav.ua>.
4. Войтюк Д. Г., Онищенко В. Б., Онищенко Б. В., Барановський О. С. Результати розробки та випробувань пневмогідравлічного обприскувача ОПГ-2000. *Механізація та електрифікація сільського господарства / ННЦ «ІМЕСГ»*. 2008. Вип. 92. С. 103–107.
5. Патент на корисну модель 119457, Україна, МПК А01М 7/00. Спосіб примусового осадження краплин робочої рідини при швидкісному обприскуванні рослин / В. В. Ратушний, В. І. Панасюк; заявник та патентовласник ННЦ «ІМЕСГ» НААН України. № у 2017 03474 заявл. 10.04.2017; опубл. 25.09.2017. Бюл. № 18.
6. СОУ 74.3-37-266:2005 Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Програма і методи випробувань.
7. Барановський О. С., П'ятаченко В. І. Дослідження процесу пневматичного осадження краплин при обприскуванні. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2006. Вип. 90. С. 203–211.

#### Bibliohrafiia

1. ALFA evo. URL: <http://spectr-agro.com/ALPHA-EVO-893.html>
2. Tekhnika dlya opryskivaniya. Vysokokachestvennyye navesnyye i pritsepnyye opryskivately Spridomat D2 Sprido-Trayn i Sprido-Port. *Prospekt firmy RAU*. 1996.

3. Opryskivatel pritsepnoy SHTORM-3000-24 s sistemoy osazhdeniya kapel. URL: <http://boguslav.ua>.

4. Voytyuk D. H., Onyshchenko V. B., Onyshchenko B. V., Baranovsky O. S. Rezultaty rozrobky ta vyprobuvan' pnevmohidravlichnoho obpryskuvacha OPH-2000. *Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya silskoho hospodarstva / NNTs «IMESH»*. 2008. Vyp. 92. S. 103–107.

5. Patent na korysnu model' 119457, Ukrainy, MPK A01M 7/00. Sposib prymusovoho osazhennya kraplyn robochoyi ridyny pry shvydkisnomu obpryskuvanni roslyn / V. V. Ratushnyy, V. I. Panasyuk; zayavnyk ta patentovlasnyk NNTs «IMESH» NAAN Ukrainy. № u 2017 03474; zayavl. 10.04.2017; opubl. 25.09.2017. Byul. № 18.

6. SOU 74.3-37-266:2005. Vyprobuвання silskohospodarskoyi tekhniki. Obpryskuvachi traktorni ta samokhidni. Prohrama i metody vyprobuvan'.

7. Baranovsky O. S., Pyatachenko V. I. Doslidzhennya protsesu pnevmatichnoho osazhennya kraplyn pry obpryskuvanni. *Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya silskoho hospodarstva*. 2006. Vyp. 90. S. 203–211.

#### References

1. ALFA evo. URL: <http://spectr-agro.com/ALPHA-EVO-893.html>
2. Technique for spraying. High quality mounted and trailed sprayers Spridomat D2 Sprido-Train and Sprido-Port. *Prospect of the company RAU*. 1996.
3. Sprayer trailed STORM-3000-24-24 with droplet deposition system. URL: <http://boguslav.ua>.
4. Voytyuk D. G., Onishchenko V. B., Onishchenko B. V., Baranovsky O. S. Results of the development and testing of the pneumohydraulic sprayer OPG-2000. *Mechanization and electrification of agriculture / NSC "IAEE"*. 2008. Issue 92. Pp. 103–107.
5. Patent for a utility model 119457, Ukraine, IPC A01M 7/00. The method of forced sedimentation of working fluid droplets during high-speed spraying of plants / V. V. Ratushnyi, V. I. Panasyuk; applicant and patent holder of NSC "IAEE" NAAS Ukraine; No. u 2017 03474. declare 04.10.2017; publ. 09.25.2017. Bul. No. 18.
6. COY 74.3-37-266: 2005. Testing of agricultural machinery. Sprayers for tractor and self-propelled. Program and test methods.
7. Baranovsky A. S., Pyatachenko V. I. Investigation of the process of pneumatic deposition of droplets during spraying. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2006. Issue 90. Pp. 203–211.