

## ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОЇ ШИРИНИ ОБРОБЛЕНОЇ ПЕСТИЦИДАМИ СМУГИ ПРИ РІЗНІЙ ВИСОТІ ПОЛЬОТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ БПЛА

Любченко С.,

e-mail: lubchenko65@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5150-8651>

Читаєв Д., <https://orcid.org/0000-0003-4180-5393>

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

### Анотація

**Мета досліджень.** Дослідити виконання технологічного процесу обприскувача, змонтованого на безпілотному літальному апараті (БПЛА), запропонувати метод визначення ширини обробленої смуги та визначити оптимальні. З точки зору якості виконання технологічного процесу. висоту польоту БПЛА та ширину обробленої смуги.

**Методи досліджень:** теоретичні - аналіз літературних джерел, довідкової літератури; експериментальні - польові випробування з відповідним вимірюванням показників якості роботи; аналітичні - аналіз результатів випробувань і розрахунок оптимальних параметрів робочого процесу.

**Результати дослідження.** Процеси, що проходять при внесенні пестицидів авіаційним методом відрізняються від традиційних наземних способів внесення. Однією з особливостей авіаційного методу є непостійна ширина обробленої смуги, яка може варіювати під впливом ряду причин, зокрема висоти польоту БПЛА відносно оброблюваної поверхні. За результатами оцінки характеру осадження крапель під час роботи авіаційного обприскувача на різних висотах методом імітаційного моделювання розраховані максимальні ширини робочого захоплення БПЛА за яких рівномірність розподілу активної речовини по полі відповідає встановленим вимогам.

**Висновки.** Розподіл робочої рідини в поперечному перерізі обробленої смуги нерівномірний і має вигляд одновершинної кривої. По маршрутній лінії відкладення крапель робочої рідини - максимальне та знижується до країв смуги.

Висота польоту мало впливає на медіанно-масовий діаметр осілих крапель, проте істотно впливає на кількість та характер їх осідання. Зі зростанням висоти з 0,7 м до 2,3 м крива, яка описує характер розподілу крапель стає пологішою і на висоті 2,3 м утворює плато, що свідчить про зростання рівномірності розподілу крапель.

За результатами досліджень розрахункова максимальна ширина робочого захоплення, за якої якість виконання технологічного процесу відповідає встановленим вимогам, становить 245 см на висоті польоту БПЛА 230 см від оброблюваної поверхні.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, авіаційний метод, висота польоту, робоча ширина захоплення, нерівномірність розподілу робочої рідини.

**Постановка проблеми.** Головною метою використання пестицидів є досягнення високої ефективності обробки без шкоди для людей та навколишнього природного середовища. Досягнення цієї мети можливе декількома способами – традиційним з використанням наземних обприскувачів та використанням авіаційної техніки. Вибір між авіаційною та наземною обробками залежить від багатьох факторів. Іноді,

як у випадку боротьби з шкідниками соняшника, авіаційна обробка являє собою єдиний практичний спосіб обробки інсектицидом заражених кошиків. В інших випадках, наприклад, у разі раптового спалаху розмноження попелиць на великій площі, швидкість авіаційної обробки є великою перевагою і може гарантувати її виняткове використання. Крім того, ще однією перевагою авіаційного обприску-

вання є усунення механічних пошкоджень рослин і ґрунту. Безпечні для людини та навколишнього середовища методи розпилення пестицидів наземним обладнанням достатньо повно відпрацьовані, а обприскування з використанням повітряних суден створює ряд складніших проблем, які за останній час значно знизили обсяги авіаційних обробок.

Розвиток інформаційних технологій сприяв широкому розвитку нової авіаційної групи – безпілотних літальних апаратів. Низька ціна, зручність застосування та відсутність ряду обмежень, притаманних авіаційній техніці, обумовили широке використання їх, зокрема і у виробництві сільськогосподарської продукції. Одна з галузей сільськогосподарського виробництва, в якій зростає застосування безпілотних літальних апаратів – технології захисту рослин. Проте ґрунтовних досліджень для розробки рекомендацій з якісної і безпечної для людей та довкілля експлуатації таких технічних засобів поки що недостатньо. Тому дослідження процесів, які проходять під час роботи машин – представників цієї групи, є безперечно актуальним напрямком.

Однією із характеристик якості внесення є розмір крапель, які потрапили на рослини. Розмір крапель залежить як від якості розпилювача форсунки обприскувача, так і від висоти прольоту БПЛА над полем.

Другою характеристикою, яка впливає на якість внесення, є рівномірність покриття площі поля речовиною. Рівномірність залежить:

- від якості розпилювачів,
- від висоти прольоту БПЛА,
- від відстані між маршрутними лініями,
- від погодних умов (швидкості вітру, температури та відносної вологості повітря тощо),
- від потоків повітря, створених роботою двигунів.

Третьою суттєвою характеристикою внесення є продуктивність виконання операцій. Безпілотні літальні апарати обладнуються здебільшого електричними двигунами. Це накладає обмеження на

час роботи БПЛА в повітрі через потребу частої зарядки (або заміни) акумуляторних батарей. Часовий проміжок внесення отрутохімікатів може бути суттєво обмежений, наприклад, погодними умовами. Це вимагає певних рішень для зменшення енергетичних і часових витрат для роботи над полем. Одним із способів підвищення продуктивності роботи є максимальне можливе збільшення відстані між смугами прольотів з дотриманням нормативної якості внесення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Процеси, на яких базується авіаційне обприскування достатньо вивчені та і висвітлені як у вітчизняні [1; 2; 3] так і в зарубіжній [4; 5; 6; 7; 8] науковій літературі.

Характерною технічною особливістю авіаційної обробки є розбризкування пестицидів з малої висоти смугами, які як правило мають симетричний поперечний профіль. Нанесення отрутохімікатів на поверхню рослин і на ґрунт проводиться в режимі горизонтального польоту на постійній швидкості. Під час польоту літака аеродинамічні сили спрямовують краплі розпиленої робочої рідини і сприяють швидшому осідання отрутохімікатів на рослини. За цих умов характер руху повітря і, відповідно, крапель розпиленої рідини відрізняється від руху повітря наземного обприскувача. Струмінь повітря спрямований до землі під малим кутом і тому його вплив на робочу рідину і рослини невеликий, навіть на висоті польоту 5-6 м над рослинністю. Зокрема, під час польоту літака Ан-2 на висоті 5 м в тиху погоду швидкість струменя повітря, який досягає землі за літаком не перевищує 2 м/сек. [2]

За технічними характеристиками, важливим для забезпечення обробки отрутохімікатами рослин, гелікоптер має деякі переваги перед літаком. Несний гвинт гелікоптера, створюючи підйомну силу, відкидає вниз великі маси повітря. Швидкість відкидання повітря у гелікоптерів на режимі висіння велика і може досягати 25 м/с і навіть більше. Величина швидкості струменя, який відкидається вниз,

в зоні, захоплюваній несним гвинтом гелікоптера, неоднакова. Мінімальна вертикальна швидкість поблизу осі обертання в міру віддалення до кінців лопатей зростає, а тому зазвичай швидкість струменя, який відкидається гвинтом характеризують середньою швидкістю по всій площі обертання гвинта. Як показують розрахунки, середня швидкість руху струменя повітря в режимі висіння у гелікоптера Мі-1НХ дорівнює 7,75 м/с а у гелікоптера Ка-15М – 8,4 м /с.

За поступального руху гелікоптера, коли він перебуває в режимі косоного обдування, повітряний струмінь буде спрямований до землі під певним кутом і з меншою швидкістю, ніж у режимі висіння. Якщо швидкість польоту гелікоптерів Мі-1НХ і Ка-15М становить 20-30 км/год, то середня швидкість низхідного повітряного струменя буде 4,5-6 м/с, тобто на рівні показників сучасних вентиляторних обприскувачів, які застосовуються в плодкових садах. Чим менша швидкість польоту гелікоптера, тим з більшою швидкістю і під більш крутим кутом можна направити струмінь робочої рідини вниз на рослини [2].

**Мета роботи** – дослідити результати роботи обприскувача, змонтованого на БПЛА, запропонувати метод розрахунку ширини обробленої смуги та визначити оптимальні, з точки зору якості виконання технологічного процесу, висоту польоту БПЛА та ширину обробленої смуги.

Для дослідження характеристик обробленої смуги використовувався безпілотний авіаційний обприскувач JT 6L-606 виробництва «Shandong Joyance Intelligence Technology Co», КНР. Безпілотний літальний апарат, вагою без вантажу 7,5 кг, приводиться в рух шістьма гвинтами з вуглецевого волокна, змонтованими на валах електричних двигунів. Джерелом енергії слугує акумуляторна батарея ємністю 12000 mAh. Це дає змогу з максимальною злітною вагою 14,5 кг виконувати політ протягом 10-15 хвилин на висоті до 200 м та зі швидкістю від 0 до 8 м/с. Навігаційне обладнання дає змогу здійснювати політ в ручному та автоматичному

режимах зі встановленими параметрами висоти, швидкості та маршруту. Бак для робочої рідини об'ємом 6 л виготовлений з полімерних матеріалів. Насос із приводом від електродвигуна забезпечує продуктивність від 0,2 до 2,5 л/хв. Розпилювальні пристрої – стандартні форсунки з щілинними розпилювачами. Зміна дози внесення відбувається зміною швидкості руху обприскувача.

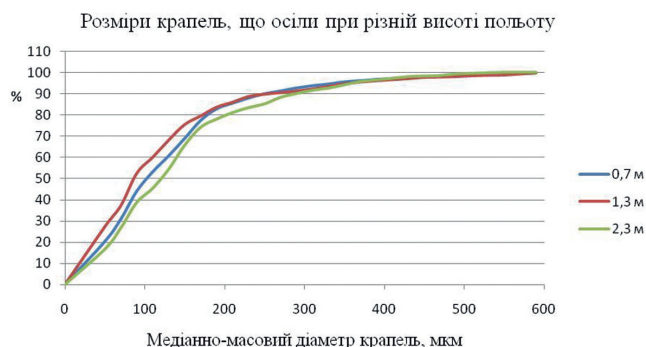
Для визначення характеристик смуги розпилення використовувались картки водочутливого паперу, які розміщувались перпендикулярно напрямку польоту на поверхні ґрунту з інтервалом 40 см. Після прольоту БПЛА картки знімалися та підраховувалась кількість осілих крапель, і їхній медіанно-масовий діаметр. Дослідження проводились на швидкості руху 8 м/с на висотах 70 см, 130 см та 230 см від поверхні ґрунту, в польових умовах за температури повітря 23 °С, відносній вологості повітря 82% та швидкості вітру 0,76 м/с.

**Викладення основного матеріалу.** Для оцінювання якості виконання технологічного процесу обприскувача, змонтованого на БПЛА необхідно знати характер розподілу робочої рідини по ширині одиначної обробленої смуги. Літературні дані вказують, що загальна ширина обробленої смуги у літака і гелікоптера залежить насамперед від висоти польоту, дисперсності крапель, питомої ваги і парусності частинок (крапель) застосовуваної робочої рідини. [1; 3; 4; 5; 10; 11].

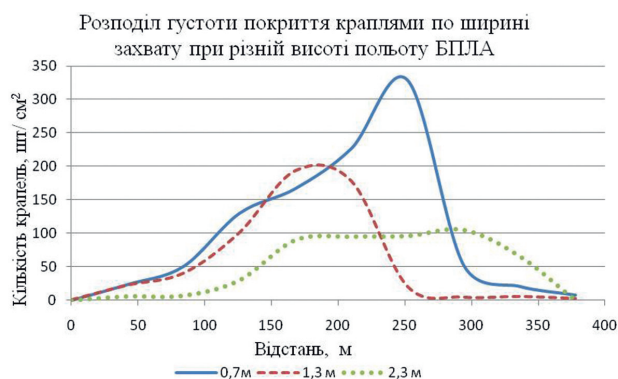
Отримані результати обліку крапель (рис. 1) не встановили впливу висоти польоту БПЛА на медіанно-масовий діаметр крапель, який у всіх випадках коливався від 90 до 110 мкм.

Отримані дані розподілу крапель, що осіли вказують на істотні відмінності розподілів відкладених крапель по ширині захвату зі зміною висоти польоту (рис. 2).

Ідеальної рівномірності розподілу робочої рідини на оброблюваній ділянці можна було б досягти, якби графік поперечного перерізу одиначної смуги мав форму рівнобічної трапеції. За таких



**Рисунок 1** – Інтегральні криві розподілу крапель, які осіли на різній висоті польоту



**Рисунок 2** – Графік розподілу густоти покриття краплями по ширині обробленої смуги на різній висоті польоту БПЛА

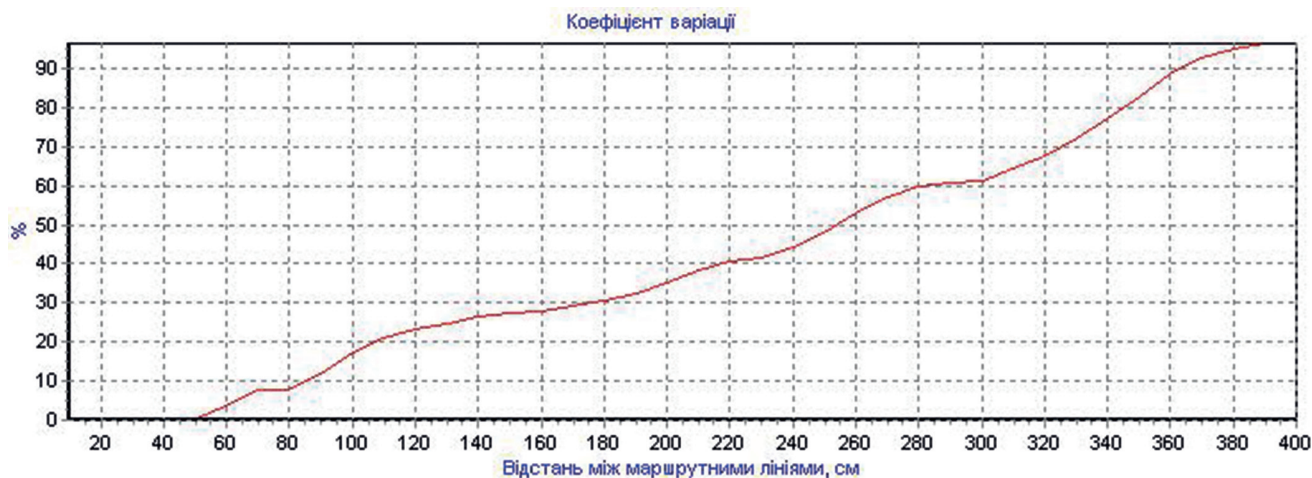
умов, перекриття одиночних смуг по середній лінії трапеції забезпечує абсолютну рівномірність розподілу. Зазвичай графік поперечного перерізу смуги обробленої авіацією має вигляд одновершинної або двовершинної кривої. Вищого ступеня рівномірності розподілу можна досягти перекриттями в одновершинній формі графіка густоти розподілу крапель. З наведених графіків (рис. 2) видно, що розподіл робочої рідини в поперечному перерізі смуги – нерівномірний. Під БПЛА зазвичай осідало більше крапель, а в міру віддалення до країв смуги кількість крапель зменшується. Загальною шириною обробленої смуги приймається відстань її поперечного перетину, яке вказує межі осадження крапель.

Поряд із загальною шириною обробленої смуги розрізняють також робочу ширину обробленої смуги. За робочу ширину обробленої смуги приймається та частина загальної смуги, де характеристики розпилення відповідають встановле-

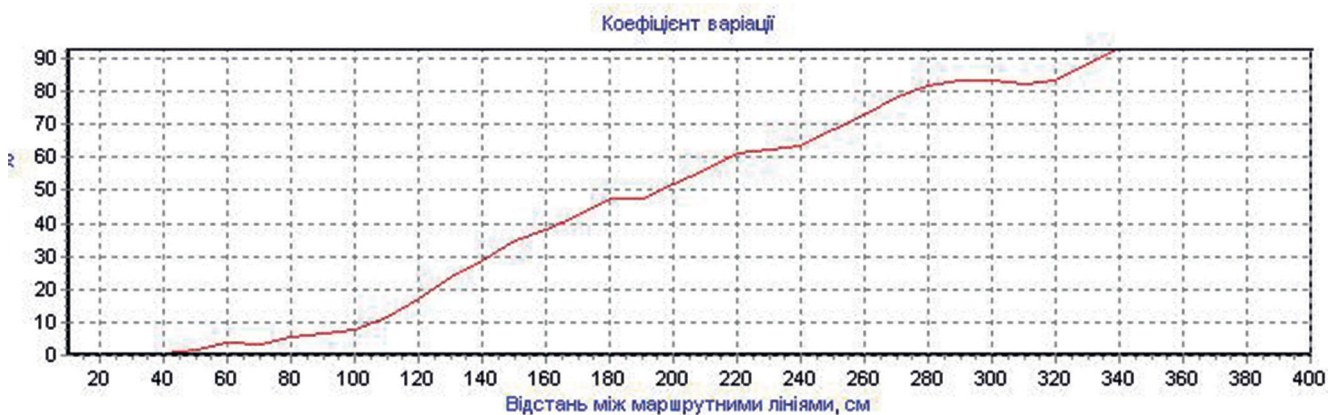
ним вимогам: густина покриття краплями – не менше 20 шт/см<sup>2</sup> та нерівномірність розподілу робочої рідини, виражена коефіцієнтом варіації, не перевищує 25%. [6] Накладання декількох паралельних смуг дає можливість збільшити кількість крапель в одній смузі завдяки краплям з паралельних смуг, знизити нерівномірність відкладення крапель і, відповідно, збільшити робочу ширину обробленої смуги, яка в цьому випадку становитиме відстань між двома маршрутними лініями суміжними прольотів, забезпечуючи вказані вище вимоги.

Виходячи із зазначених умов, можемо сформулювати задачу оптимізації траєкторії польоту БПЛА над полем – визначити таку максимальну відстань між маршрутними лініями прольотів БПЛА за якої нерівномірність розподілу робочої рідини по полі залишається прийнятною (забезпечує коефіцієнт варіації до 25%). Оскільки краплі, що осіли мають приблизно однаковий розмір, то і об'єм рідини в цих краплях теж однаковий, тому можна припустити, що і кількість робочої рідини, яка розподіляється по ширині захвату відповідає кількості осілих крапель. Виходячи з наведеного, визначення нерівномірності вливу робочої рідини по ширині захвату встановлювалось за нерівномірністю кількості відкладених крапель по ширині обробленої смуги. Для розв'язання цієї задачі проводилось імітаційне моделювання прольотів БПЛА зі зрослими відстанями між маршрутними лініями прольотів з кроком 1 см. Метод дослідження полягає в моделюванні процесу перекриття оброблених смуг та аналізі нерівномірності розподілу крапель. Відстань між прольотами послідовно змінюється від мінімальної (1см) до такої, коли сусідні оброблені смуги перестають перекривати одна одну. Дослідження враховують вплив суміжних оброблених смуг. Результати всіх досліджень підсумовуються у графіку, за яким приймається рішення щодо оптимальної відстані між прольотами БПЛА.

Першою фазою імітаційного моделю-



**Рисунок 3** – Коефіцієнт варіації нерівномірності розподілу робочої рідини по ширині захвату під час польоту на висоті 70 см



**Рисунок 4** – Коефіцієнт варіації нерівномірності розподілу робочої рідини по ширині захвату під час польоту на висоті 130 см

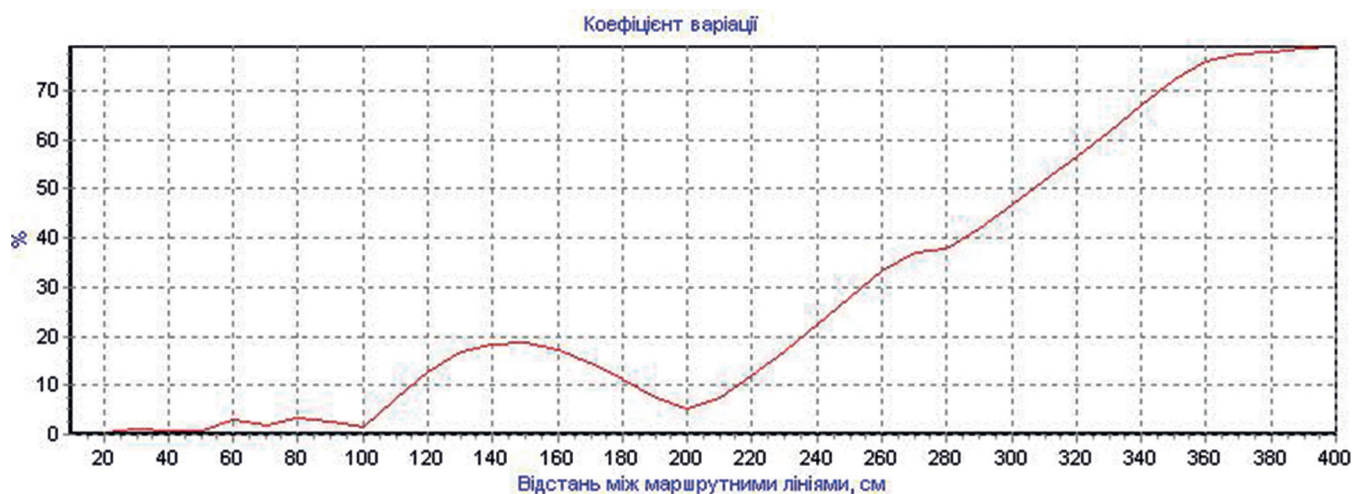
вання є інтерполяція розподілу крапель відповідності до кроку дослідження за лінійним законом. Послідовно збільшуючи крок дослідження (відстань між прольотами БПЛА) на один сантиметр, моделюється внесення: підсумовуємо кількість крапель, яка осяде на кожну елементарну ділянку поверхні від різних прольотів БПЛА. Аналіз результатів моделювання полягає у визначенні коефіцієнта варіації для кривої сумарного розподілу крапель на відстані між центрами смуг.

Моделювання із розрахунком коефіцієнта варіації повторюються для кожного кроку і потім за отриманими результатами будується графік залежності коефіцієнта варіації від відстані між маршрутними лініями БПЛА (рис. 3; 4; 5). За графіком визначається максимально можлива відстань між маршрутними лініями, дотри-

мання якої гарантує знаходження значення коефіцієнта варіації в прийнятному діапазоні.

За графіком залежності коефіцієнта варіації можна визначити відстані, за яких нерівномірність розподілу крапель по ширині обробленої смуги, виражена коефіцієнтом варіації, менша за встановлені вимоги, зокрема (рис. 3) за відстані між маршрутними лініями до 130 см. Аналогічно визначаємо і оптимальні відстані між маршрутними лініями на інших висотах польоту.

Отже, висота польоту БПЛА впливає на робочу ширину обробленої смуги. За результатами моделювання можемо запропонувати максимальні відстані між маршрутними лініями польоту БПЛА, за яких якість виконання технологічного процесу відповідає встановленим вимогам (табл. 1).



**Рисунок 5** – Коефіцієнт варіації нерівномірності розподілу робочої рідини по ширині захвату під час польоту на висоті 230 см

**Таблиця 1 – Значення максимальної робочої ширини обробленої смуги на різній висоті польоту БПЛА**

Варіант	Висота польоту, см	Максимальна робоча ширина, см
1	70	130
2	130	130
3	230	245

**Висновки.** Результати досліджень свідчать, що медіанно-масовий діаметр осілих крапель під час авіаційного обприскування мало варіює зі зміною висоти польоту БПЛА від 0,7 до 2,3 м.

Розподіл крапель робочої рідини в поперечному перерізі обробленої смуги нерівномірний і має вигляд одновершинної кривої. Максимальне значення кількості відкладених крапель робочої рідини відмічено по маршрутній лінії яке знижується до країв смуги.

Висота польоту істотно впливає на кількість та характер осідання крапель. Зі зростанням висоти з 0,7 м до 2,3 м крива, яка описує характер розподілу крапель стає пологішою та на висоті 2,3 м утворює плато, що вказує на зростання рівномірності розподілу крапель.

Розрахунок максимальної робочої ширини обробленої смуги (відстані між маршрутними лініями), проведений методом імітаційного моделювання визначив, що максимальна відстань між прольотами БПЛА за якої якість виконання техноло-

гічного процесу відповідає встановленим вимогам становить 245 см на висоті польоту БПЛА 230 см від оброблюваної поверхні.

## Література

1. Герасименко И. В., Шошин А. А. Технологические аспекты повышения эффективности сельскохозяйственных опрыскивателей [Текст] // Современные тенденции технических наук: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2013 г.). — Уфа: Лето, 2013. — С. 62-65.
2. Давид Михайлович Пайкин, Степан Григорьевич Старостин, Авиационно-химическая защита растений от вредителей и болезней. Л., отделение издательства «КОЛОС», 1965, 192 стр. с илл.
3. Дунский В. Ф., Никитин Н. В., Соколов М. С. Пестицидные аэрозоли. М.: Наука, 1982, 288 с.
4. Сельскохозяйственная авиация. Защита растений и применение удобрений. Перевод с английского и французского под общей редакцией Б. И. Рукавишников, М., Колос 1967, 440 с.
5. Руководство по надлежащей практике воздушного применения пестицидов. Субрегиональное бюро ФАО для стран Центральной Азии (ФАО-СЕК) Анкара, 2013 г.
6. Zhaoxia Lou, Fang Xin, Xiaoqiang Han, Yubin Lan, Tianzhu Duan and Wei Fu Effect of Unmanned Aerial Vehicle Flight

Height on Droplet Distribution, Drift and Control of Cotton Aphids and Spider Mites // *Agronomy* 2018, №8(187); [www.mdpi.com/journal/agronomy](http://www.mdpi.com/journal/agronomy)

7. Giles D., Billing R., Deployment and performance of a uav for crop spraying, // *Chemical Engineering Transactions*, 2015, №44, 307-312 DOI: 10.3303/CET1544052

8. D. Sarri D., Martelloni L., Rimediotti M., Lisci R., Lombardo S., Vieri M. Testing a multi-rotor unmanned aerial vehicle for spray application in high slope terraced vineyard // *Journal of Agricultural Engineering* 2019; L:853

9. СОУ 29.3-37-259:2005. Обприскувачі тракторні, штангові. Загальні технічні вимоги.

10. Дунский В. Ф., Никитин Н. В., Соколов Н. С. Монодисперсные аэрозоли. – М.: Наука, 1975.

11. Ибрагимов Э. И., Мирхасилова З. К. Устройство для уменьшения загрязнения окружающей среды при химической обработке растений // *Молодой ученый*. – 2017. – №16. – С. 229-233.

### Literatura

1. Gierasimienko I.V., Shoshin A.A. Tiekhnologichieskiie aspiekty povysheniia effiektivnosti sielskokhoziaistviennykh opryskivatieliei [text]// *Sovriemiennyye tiendientsii tiekhnichieskikh nauk: materialy II Miezhdunar. nauch. konf. (g. Ufa, mai 2013g.)*. - Ufa: Lieto, 2013 — S. 62-65.

2. David Mikhailovich Paikin, Stiepan Grigoriievich Starostin, Aviatsionno-khimichieskaia zashchita rastienii ot vrieditieliei i boliezniei. L., otdielieniie izdatielstva “Kolos”, 1965, 192 str. S ill.

3. Dunskey V.F., Nikitin N.V., Sokolov M. C. *Piestitsidnyie aerologii*. M.: Nauka, 1982, 288 s.

4. *Sielskokhoziaistviennaia aviatsia. Zashchita rastienii i primienieniie udobrienii. Pierievod s angliiskogo i frantsuzskogo pod obshchiei riedaktsiiei B.I. Rukavishnikova*, M., Kolos 1967, 440 s.

5. *Rukovodstvo po nadliezhashchiei praktike vozdušnogo primienieniia piestitsidov. Subriegionalnoie biuro FAO dlia stran Tsien-*

*tralnoi Azii (FAO-SIEK) Ankara, 2013 g.*

6. Zhaoxia Lou, Fang Xin, Xiaoqiang Han, Yubin Lan, Tianzhu Duan and Wei Fu Effect of Unmanned Aerial Vehicle Flight Height on Droplet Distribution, Drift and Control of Cotton Aphids and Spider Mites // *Agronomy* 2018, №8(187); [www.mdpi.com/journal/agronomy](http://www.mdpi.com/journal/agronomy)

7. Giles D., Billing R., Deployment and performance of a uav for crop spraying, // *Chemical Engineering Transactions*, 2015, №44, 307-312 DOI: 10.3303/CET1544052

8. D. Sarri D., Martelloni L., Rimediotti M., Lisci R., Lombardo S., Vieri M. Testing a multi-rotor unmanned aerial vehicle for spray application in high slope terraced vineyard // *Journal of Agricultural Engineering* 2019; L:853

9. SOU 29.3-37-259:2005. Obpryskuvachi traktorni, shtangovi. Zagalni tekhnichni vymogy.

10. Dunskey V. F., Nikitin N.V., Sokolov N. S. *Monodispersnyie aerologii*. - M.: Nauka, 1975.

11. Ibragimov YE. I., Mirkhasilova Z.K. *Ustroistvo dlia umienschieniia zagriaznieniia okruzhaiushchiei sriedy pri khimichieskoi obrabotkie rastienii* // *Molodoi uchienyi*. - 2017.- #16. - S. 229-233.

### Literature

1. Gerasimenko I.V., Shoshin A.A. (2013). Technological aspects of improving the efficiency of agricultural sprayers // *Modern trends in technical sciences: materials II International. scientific conf. (Ufa, May 2013)*. - Ufa: Leto, - P. 62-65. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/74/3868/>.

2. Paykin D.M., Starostin S.G. (1965)/ *Aviation and chemical protection of plants from pests and diseases*. L., branch of the publishing house «KOLOS», 192 pages with ill. Retrieved from [https://www.twirpx.com/files/science/husbandry/plant\\_growing/protection/](https://www.twirpx.com/files/science/husbandry/plant_growing/protection/)

3. Dunskey V.F., Nikitin N.V., Sokolov M.S.(1982). *Pesticide aerosols*. Nauka, 288 p.

4. *Agricultural aviation. Plant protection and fertilizer application (1967)*. Translated from English and French under the general ed-

itorship of B.I. Rukavishnikov, Kolos, 440 p.

5. Guidance on good aerial practice of pesticides. (2013). FAO Subregional Office for Central Asia (FAO-SEC) Ankara, Retrieved from [https://www.studmed.ru/rukovodstva-po-nadlezhaschey-praktike-vozdushnogo-primeneniya-pesticidov\\_1bf7c3ec2cf.html](https://www.studmed.ru/rukovodstva-po-nadlezhaschey-praktike-vozdushnogo-primeneniya-pesticidov_1bf7c3ec2cf.html)

6. Zhaoxia Lou, Fang Xin, Xiaoqiang Han, Yubin Lan, Tianzhu Duan and Wei Fu (2018). Effect of Unmanned Aerial Vehicle Flight Height on Droplet Distribution, Drift and Control of Cotton Aphids and Spider Mites // *Agronomy*, №8 (187); Retrieved from [www.mdpi.com/journal/agronomy](http://www.mdpi.com/journal/agronomy)

7. Giles D., Billing R. (2015). Deployment and performance of a uav for crop spraying, // *Chemical Engineering Transactions*, №44, 307-312 DOI: 10.3303 / CET1544052

8. Sarri D., Martelloni L., Rimediotti M., Lisci R., Lombardo S., Vieri M. (2019). Testing a multi-rotor unmanned aerial vehicle for spray application in high slope terraced vineyard // *Journal of Agricultural Engineering*; L: 853 Retrieved from <https://www.agroengineering.org/index.php/jae/article/view/853>

9. SOU 29.3-37-259: 2005. Tractor and rod sprayers. General technical requirements.

10. Dunskey V.F., Nikitin N.V., Sokolov N.S. (1975). Monodisperse aerosols. - Nauka,.

11. Ibragimov E. I., Mirkhasilova Z.K. (2017). Device for reducing environmental pollution during chemical treatment of plants // *Young scientist*. №16. - P. 229-233. URL: <https://moluch.ru/archive/150/42556/> (access date: 09.01.2020).

UDC 637.133.1

## DETERMINATION OF THE ACTUAL WIDTH OF THE PESTICIDE-TREATED STRIP AT DIFFERENT FLIGHT ALTITUDES OF AGRICULTURAL UAVS

Lyubchenko S.,

e-mail: [lubchenko65@ukr.net](mailto:lubchenko65@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-5150-8651>

Chitaev D., <https://orcid.org/0000-0003-4180-5393>

SSO «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

### Summary

**The purpose of research** is the exploration of the performance of the process of the sprayer installed on the unmanned aerial vehicle (UAV), to propose a method for determining the width of the treated strip and to determine the optimum parameters of the technological process for the UAV such as flight altitude and the width of the treated strip.

**Methods of research:** theoretical consists of analysis of literary sources, reference literature; experimental consists of field tests with appropriate measurements of quality of work; analytical consists of analysis of test results and calculation of optimal parameters of the work process.

**Research results.** The processes undergoing the introduction of pesticides by aviation methods are different from traditional land-based methods of introduction. One of the features of the aviation method is the inconsistent width of the treated strip, which may vary due to a number of reasons, including the flight speed of the UAV relative to the surface to be treated. The simulation model calculates



the maximum widths of the UAV's occupancy when the uniformity of the distribution of the active substance in the field meets the established requirements according to the results of the estimation of the nature of the deposition of droplets at the operation of the aviation sprayer at different heights.

**Conclusions.** The distribution of the working fluid in the cross-section of the treated strip is uneven and has the form of a single-span curve. The number of drops is maximal on the route line, and lowered to the edges of the strip.

The height of the flight has little effect to the median-mass diameter of settled drops but has significantly affects to their number and nature of their subsidence. The curve describing the nature of the distribution of droplets becomes more flat with a growing of flying height from 0.7 meters up to 2.3 meters and at an altitude of 2.3 meters the curve forms a plateau indicating an increase in the equability of the distribution of droplets.

According to the results of the research, the maximum width of the work strip, in which the quality of the process is in accordance with the requirements, is 245 centimeters at a flight height of UAV of 230 centimeters from the treated surface.

**Key words:** unmanned aerial vehicle, aviation method, flight height, working width of capture, uneven distribution of working fluid.

УДК 637.133.1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ШИРИНЫ ОБРАБОТАННОЙ ПЕСТИЦИДАМИ ПОЛОСЫ ПРИ РАЗНОЙ ВЫСОТЕ ПОЛЕТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БПЛА

Любченко С. Е.,

e-mail: lubchenko65@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5150-8651>

Читаев Д. В., <https://orcid.org/0000-0003-4180-5393>

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

### Аннотация

**Цель исследований** – изучить работу технологического процесса опрыскивателя, построенного на основе беспилотного летательного аппарата (БПЛА), предложить метод определения ширины обработанной полосы и определить оптимальные, с точки зрения качества выполнения технологического процесса, высоту полета БПЛА и ширину обрабатываемой полосы

**Методы исследований:** теоретические - анализ литературных источников, справочной литературы; экспериментальные - полевые испытания с соответствующим измерением показателей качества работы; аналитические - анализ результатов испытаний и расчет оптимальных параметров рабочего процесса.

**Результаты исследования.** Процессы, проходящие при внесении пестицидов авиационным методом отличаются от традиционных наземных способов внесения. Одной из особенностей авиационного метода является непостоянная ширина обрабатываемой полосы, которая может варьировать под влиянием ряда причин, в частности высоты полета БПЛА относительно обрабатываемой поверхности. По результатам оценки характера осаждения капель при работе авиационного опрыскивателя на различных высотах методом имитационного моделирования рассчи-

таны максимальные ширины рабочего захвата БПЛА при которых равномерность распределения действующего вещества по полю соответствует установленным требованиям.

**Выводы.** Распределение рабочей жидкости в поперечном сечении обработанной полосы неравномерно и имеет вид одновершинной кривой. Вдоль маршрутной линии распределение капель рабочей жидкости максимально и снижается к краям полосы.

Высота полета мало влияет на медианно-массовый диаметр оселых капель однако существенно влияет на их количество и характер осадки. С ростом высоты с 0,7 м до 2,3 м кривая, описывающая характер распределения капель становится более пологой и на высоте 2,3 м образует плато, что свидетельствует о росте равномерности распределения капель.

По результатам исследований расчетная максимальная ширина рабочего захвата, при которой качество выполнения технологического процесса соответствует установленным требованиям, составляет 245 см при высоте полета БПЛА 230 см от обрабатываемой поверхности.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, авиационный метод, высота полета, рабочая ширина захвата, неравномерность распределения рабочей жидкости.