**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**КАФЕДРА АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

**ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

д-р. техн. наук, проф.

В. Ю. Ларін

« » 2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ

«БЕСПІЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ»

**Тема:** Багатокритеріальне оцінювання ефективності виконання авіаційних хімічних робіт літальними апаратами в колективному повітряному просторі

**Виконала: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Білоніжко**

**Керівник: д-р техн. наук, проф.**  **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** **Т.Ф. Шмельова**

**Нормоконтролер \_\_\_\_\_\_\_\_\_** **Т.Ф. Шмельова**

**Київ, 2020**

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Аеронавігації, Електроніки та Телекомунікацій

Кафедра Аеронавігаційних Систем

Спeціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ларін В.Ю.

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2019р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

Білоніжко Анастасії Валеріївни

1. Тема дипломної роботи «Багатокритеріальне оцінювання ефективності виконання авіаційних хімічних робіт літальними апаратами в колективному повітряному просторі» затверджена наказом ректора від 11 жовтня 2019 р. № 2600/ст.

2. Термін виконання роботи: з 11.10.2019 по 27.01.2020.

3. Вихідні дані до роботи: дані організацій EUROCONTROL, ICAO, УКРЕРОРУХ.

4. Зміст пояснювальної записки: Визначення ефективності виконання авіаційних хімічних робіт літальними апаратами в колективному повітряному просторі. Дослідження критеріїв оцінювання та доцільності їх застосування при виконанні авіахімічних робіт.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: графіки результатів даних, таблиці, формули.

6. Календарний план-графік

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Завдання | Термін виконання | Відмітка про виконання |
| 1 | Підготовка та написання розділу 1 «Огляд літальних апаратів при виконанні авіахімічних робіт» | 16.11.19-16.11.19 | Виконано |
| 2 | Підготовка та написання розділу 2 «Технічне завдання для магістерської роботи» | 17.11.19-18.11.19 | Виконано |
| 3 | Підготовка та написання розділу 3 «Методи прийняття рішень в умовах невизначеності» | 18.11.19-20.11.19 | Виконано |
| 4 | Підготовка та написання розділу 4 «Визначення оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі» | 20.11.19-20.11.19 | Виконано |
| 5 | Підготовка та написання розділу 5 «Підготовка презентації та доповіді» | 15.01.20-27.01.20 | Виконано |

7. Дата видачі завдання: « 11 » жовтня 2019 р.

Керівник дипломної роботи Шмельова Тетяна Федорівна

(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання Білоніжко Анастасія Валеріївна

(підпис студента) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Багатокритеріальне оцінювання ефективності виконання авіаційних хімічних робіт літальними апаратами в колективному повітряному просторі » містить 96 сторінок, 6 рисунків, 24 таблиці, 12 використаних джерел.

Об’єкт дослідження – польотні дані літальних апаратів при виконанні авіахімічних робіт.

Предмет дослідження – ефективність виконання авіахімічних робіт літальними апаратами в колективному повітряному просторі.

Мета роботи – визначення критеріїв ефективності та знаходження оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі.

Методи дослідження – критерії прийняття рішень в умовах невизначеності: Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвиця; метод експертних оцінок; системний аналіз процесу використання даних.

У дипломній роботі досліджується літальні апартати, що використовуються в авіахімічних роботах, вимоги до їх експлуатації, способи виконання авіахімічних робіт, досліджуються критерії ефективності літальних апаратів при виконанні авіаційних хімічних робіт, пропонується метод визначення та метод розрахунку оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі.

ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ, БЕЗПІЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ, ОПЕРАТОР, КРИТЕРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ, КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ , ПРОГРАМНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.

**АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ**

Зміст

[ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 8](#_Toc30926801)

[ВСТУП 9](#_Toc30926802)

[РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ВИКОНАННІ АВІАХІМІЧНИХ РОБІТ 12](#_Toc30926803)

[1.1 Особливості авіаційного оприскування. Способи виконання авіахімічних робіт. 12](#_Toc30926804)

[1.2 Види та опис ЛА, що використовуються в авіахімічних роботах 19](#_Toc30926805)

[1.3 Ліцензування персоналу 32](#_Toc30926806)

[1.4 Визначення об`ємів, видів і агротехнічного терміну авіахімічних робіт в господарстві і заключення договорів на їх виконання 34](#_Toc30926807)

[1.5 Вимоги до авіахімічних робіт 39](#_Toc30926808)

[Висновок до Розділу 1 44](#_Toc30926809)

[РОЗДІЛ 2. ВИМОГИ ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ 45](#_Toc30926810)

[РОЗДІЛ 3. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ 52](#_Toc30926811)

[3.1 Критерій Вальда 52](#_Toc30926812)

[3.2 Критерій Лапласа 52](#_Toc30926813)

[3.3 Критерій Севіджа 53](#_Toc30926814)

[3.4 Критерій Гурвиця 54](#_Toc30926815)

[3.5 Метод експертних оцінок 55](#_Toc30926816)

[Висновок до Розділу 3 62](#_Toc30926817)

[РОЗДІЛ 4. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПРОВЕДЕННЯ АВІАХІМІЧНИХ РОБІТ В КОЛЕКТИВНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ 63](#_Toc30926818)

[4.1 Передпольотне планування та вимоги 63](#_Toc30926819)

[4.2 Алгоритм знаходженя оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт 65](#_Toc30926820)

[Висновок до розділу 4 93](#_Toc30926821)

[Загальний висновок 94](#_Toc30926822)

[Основні джерела 95](#_Toc30926823)

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БПЛА – Безпілотний літальний апарат

БПАК – Безпілотний авіаційний комплекс

ДСП – Держпродспоживслужба

ЗПС – Злітно-посадкова смуга

НАРП – Надлегкі літальні апарати

ПДП – Пункти дистанційного пілотування

ПС – Повітряне судно

ПП – Повітряний простір

УМО – Ультрамалооб`ємне оприскування

ЦА – Цивільна авіація

# 

# ВСТУП

Незалежно від соціального і економічного положення суспільства перед країною стоять задачі підвищення рівня суспільної промисловості, що проявляється у збільшенні кількості продукції і покращенні її якості, покращення стану навколишнього середовища і здоров`я нації. Для їх рішення постійно має приділятись багато уваги по створенню відповідної інфраструктури, підвищенню врожайності полів, захисту лісних масивів від пожеж і шкідників лісу, наданні допомоги хворим і постраждалим від стихійних бід, полегшенню праці робітників у всіх сферах діяльності людини. А, насамперед, розвиток промисловості неможливий без динамічного розвитку транспортної системи країни.

Для реалізації цих завдань важливе значення має цивільна авіція(ЦА), як важлива складова частини єдиної транспортної системи країни. Окрім рейсових перевезень пасажирів, пошти, грузів, цивільна авіація виконує в галузі економіки країни разові перевезення малих грузів і службових пасажирів , а, також, ряд відмінних по-своєму цільовому призначенню і технологічному характеру авіароботи, такі наприклад, як авіахімічна обробка сільськогосподарських угідь, аерофотозйомка, монтаж будівельних конструкцій, гасіння пожеж лісів і різних об`єктів, патрулювання та інші різні види робіт.

Тому застосування цивільної авіації в народному господарстві відіграє важливу роль у розвитку економіки країни.

На даному етапі розвитку економіки неможливо підвищити ефективність виконання авіаробіт тільки за рахунок впровадження нової авіаційної техніки. Необхідно, вдосконалюючи результати фундаментальних теоретичних і методологічних досліджень сучасних і відчизнаних авторів, розробити механізм інтегрованої оцінки і вибору оптимальних шляхів розвитку ЦА.

Наявна статистика авіаційних катастроф літаків загального призначення показує, що в більшості випадків причиною аварій є контакт з деревами, лініями електропередач або іншими наземними об’єктами.

Така статистика пов’язана с тим, що пілотування літака загального призначення, в тому числі для авіахімічних робіт, потребує більших вмінь і навичок пілота в порівнянні з звичайними транспортними чи пасажирськими літаками (активне маневрування поблизу поверхні землі, парирування короткочасного ефекту екрана, гірки з розворотом, вихід літака на другі режими, можливу наявність відривного потоку на поверхні крила та ін.)

Для виконання складних маневрів конструкція літака має бути максимально безпечною, а саме: забезпечувати якомога більші критичні кути атаки літака, градієнт набору висоти,стійкість та керованість літака (в тому числі на режимах нестаціонарного обтікання).

Для ефективного використання в народному господарстві, наприклад для виконання авіахімічних робіт в сільському господарстві призначена інтегрована динамічна система ситуаційного колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП. З метою досягнення максимальної ефективності використання ПП представлено експертну систему методологічних і методичних принципів побудови інтегрованої динамічної системи колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП.

Сьогодні сільськогосподарські виробники все частіше використовують авіаційний метод обробки полів засобами захисту рослин. Для виконання авіаційних робіт по застосуванню пестицидів при проведенні агрохімічних заходів за сільськогосподарськими і лісовими культурами дозволяється використовувати повітряні судна (літаки, вертольоти, надлегкі літальні апарати), що зареєстровані в державному реєстрі повітряних суден цивільної авіації України та які мають сертифікат на право виконання відповідних робіт. Безпілотні літальні апарати останнім часом успішно застосовуються для авіахімічних робіт, як надійний, безпечний, ефективний вид повітряного транспорту. виконання робочих польотів при авіаційному застосуванні пестицидів у сільському господарстві повинні використовуватись постійні, або тимчасові аеродроми, вертодроми, пункти дистанційного пілотування (станції наземного керування) ( ПДП), які мають санітарний паспорт або дозвіл на право експлуатації.

Безпілотне ПС - безпілотний літальний апарат (БПЛА) - ПС, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються дистанційно за допомогою ПДП, що розташований поза ПС, або ПС, що здійснює політ автономно за відповідною програмою. Безпілотний авіаційний комплекс (безпілотна авіаційна система) (БпАК) - безпілотне повітряне судно (ПС), пов’язані з ним ПДП, необхідні лінії керування і контролю. БпАК може включати декілька БПЛА.

# РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ВИКОНАННІ АВІАХІМІЧНИХ РОБІТ

## 1.1 Особливості авіаційного оприскування. Способи виконання авіахімічних робіт.

Обприскування - основний і найбільш універсальний спосіб застосування пестицидів. Сутність обприскування полягає в нанесенні розчину пестициду, емульсії або суспензії в капельно-рідкому стані на оброблювану поверхню за допомогою обприскувачів різних типів: ручних, транспортних, авіаційних. Обприскування є універсальним способом застосування пестицидів, так як період вегетації сільськогосподарських культур цей спосіб займає провідне місце.

У порівнянні з іншими способами обробки - обприскування має суттєві переваги, а саме, при малій витраті діючої речовини на одиницю площі можна забезпечити його рівномірний розподіл і покриття на оброблюваних поверхнях, хорошу липкість і стійкість. Далі, при обприскуванні значно менше знесення пестицидів за межі оброблюваних ділянок в порівнянні з обпилюванням. Крім того, при обприскуванні можна застосовувати комбіновані склади препаратів, що практично неможливо здійснювати при обпилюванні.

Для обприскування використовують спеціальні форми препаратів:

1. Концентрати емульсій утворюють при розведенні водою різні типи емульсій.

2. Змочують порошки, дають стабільні водні суспензії.

3. Заводські концентровані розчини в оліях або інших органічних розчинниках.

4. Речовини, безпосередньо розчинні у воді.

Обприскування слід розглядати в двох аспектах: біологічний і фізико-хімічний.

Біологічний аспект - полягає в проведенні обприскування в оптимальні терміни. По-перше, це пов'язано з токсикологічною доцільністю застосування пестицидів проти чутливої cтадії або фази розвитку шкідливих організмів. Наприклад, дводольні бур'яни найбільш чутливі до гербіцидів у фазі сходів. Якщо в посіві цукрових буряків вловити цей період, можна при обприскуванні знизити норму витрати противодвудольних гербіцидів в 2,0-2,5 рази. При цьому засміченість зменшується на 90-95%.

Вибір оптимальних строків обприскування в боротьбі з шкідниками пов'язаний з об'єктивною оцінкою стану популяції і прогнозом появи почуття котельної стадії розвитку. По відношенню до збудників захворювань термін обприскування ще залежить від властивостей обраних фунгіцидів. Максимальна відповідальність лежить на прогнозистів, якщо обраний контактний препарат. В цьому випадку спорь повинна потрапити на оброблену поверхню. У той час як при використанні системних фунгіцидів обприскування більш доцільно проводити при перших ознаках захворювань на рослинах і прогнозуванні епіфітотійного розвитку.

По-друге, оптимальні терміни пов'язані з тривалістю обприскування в часі. Це лімітується розвитком культури, що захищається. Наприклад, гербіциди групи 2,4 Д застосовуються на озимих колосових культурах тільки в фазу кущіння. У фазу виходу в трубку, коли формується колос, ці препарати негативно впливають на врожай. Стислі терміни обприскування обумовлені також переходом шкідливих організмів в стадію або фазу, менш чутливу до пестицидів. І, нарешті, це дозволяє в значній мірі зберегти густоту посіву, врожай і його якість.

Фізико-хімічний аспект обприскування включає знання: властивостей застосовуваних препаратів, розміру крапель, ступеня покриття оброблюваної поверхні, норми витрати робочої рідини.

З властивостей пестицидів важливо знати при якій температурі повітря можна проводити обприскування, щоб максимально знизити чисельність шкідливих організмів або не викликавши опіки рослин. Наприклад, гербіциди групи 2,4 Д слід застосовувати при температурі вище 12 ° С. Тому в фазу весняного кущіння, коли бувають зниження температури, обприскування можна вести тільки по кілька годин на день. Ефективність секатора не знижується і при температурі + 5 ° С. Ще приклад, захист цукрових буряків від двосім'ядольних бур'янів проводять у фазу 2-5 пар листків. Якщо в цей період температура повітря піднімається до 28-30 ° С, то грунт посіву нагрівається до 40-45 ° С. Гербіциди на основі фенмедифаму, десмедифаму при температурі вище 25 ° С викликають опіки культурних рослин. У такій ситуації обприскування доцільно проводити в ранкові години і відновлювати ввечері, коли температура приземного повітря знизиться до 24 - 25 ° С.

Важливо знати сумісність пестицидів при обприскуванні комбінованими складами. Наприклад, фосфорорганічні і піретроїдні інсектициди розкладаються в лужному середовищі і втрачають токсичність.

Розмір крапель - важливий параметр високоякісного обприскування. Теоретично можливо мати при обприскуванні краплі однакового розміру, але на практиці утворюються краплі різного розміру. Розмір крапель визначає осідання робочого складу на листя і проникнення всередину рослин. Чим менше розмір крапель, тим більша ймовірність, що при просуванні з повітрям вони будуть обтікати цільовий об'єкт і не потраплять на нього. Великі краплі відриваються від потоку повітря і потрапляють на лист. Тому краще попадання робочого складу на цільовий об'єкт забезпечують краплі розміром 200-300 мкм при високій швидкості падіння.

Оцінити якість обприскування якомога за трьома критеріями:

- густота покриття-кількість крапель на 1 см2(Визначається цільове об'єкті або на штучних паперових колекторах, що встановлюються над цільовим об'єктом);

- відсоток використання робочого складу - співвідношення між розпорошеною і осілою кількістю робочого складу (визначається за допомогою паперових колекторів, встановлених горизонтально над цільовим об'єктом);

- розподілення рівномірністі густоти покриття, яка також визначається на горизонтально встановлених паперових колекторах. Погодні умови впливають під час обприскування на:

- відсоток використання препарату,

- знесення,

- випаровування,

- рівномірність распределения.

Після проведення обприскування від погодних умов залежить:

- швидкість розпаду пестициду,

- змивання опадами,

- випаровування.ски

Авіаційним захисним заходам належить 40% всіх робіт з шкідниками і хворобами і 50% робіт по боротьбі з бур'янами. Основною формою застосування пестицидів при авіаційних обробках - обприскування. Для його виробництва в літаках АН-2, АН-2М, в вертольотах - МІ-1, МІ-2, Ка-2 і інших встановлюються у вантажних кабінах баки об'ємом 5000 л з нержавіючої сталі, в які наливають робочі склади пестицидів. Далі під нижнім крилом літака за допомогою спеціальних кронштейнів кріплятьсштанги. Випускний отвір бака і прийомні штанги з'єднані насосним агрегатом, (металевими поясами). Насос приводиться в дію вітряком, що працює від зустрічної струменя повітря. У насоса два нагнітальних патрубка, по ним рідина направляється в штанги. За допомогою насоса в штангах підтримується потрібний тиск. Під впливом його рідина направляється до розпилювачів. По всьому розмаху штанги встановлюється 80 розпилювачів. Вони мають вигляд знімних ковпачків з прямокутними отворами. В 1 комплекті обприскувача є розпилювачі з отворами в мм 1х1,1х5, 3 х 5, 2 х 5, 4 х 5, 5 х 5, а також ковпачки - заглушки. Задану витрату робочої рідини і дисперсність крапель забезпечується установкою різної кількості розпилювачів і їх розмірами, тобто величинами отворів. Чим менше розмір отвору, тим менше буде дробитися рідина. У ряді випадків замість штангових обприскувачів на літаках встановлюються сітчасті обертові розпилювачі, що працюють від електрогенератора. Ці розпилювачі обертаються зі швидкістю 4 000 - 7000 оборотів в хвилину і забезпечують дрібнокрапельний розпил рідини. З їх допомогою можна проводити надмалооб'ємне авіаційне обприскування з нормами витрати пестициду 1 - 5 л / га. Апаратура літаків і вертольотів може забезпечити високу ступінь дисперсності розпилюється рідини. При авіаобприскуванні розрізняють 4 основні класи дисперсності крапель:

1. Ультрамалооб`ємне обприскування проводиться масляними розчинами з нормою витрати до 5 л / га. Для цього на штангах встановлюються розпилювачі перетином 1 х 1 мм або ж обертові розпилювачі. При такому обприскуванні отримують розмір крапель 50 - 150 мкм і кількість крапель на одному кв. см оброблюваної поверхні 60 - 100. Як пестицидів використовуються масляні концентровані розчини інсектицидів, гербіцидів, дефоліантів.

2. Дрібно-крапельне(малооб'ємне) авіаобприскування. Норми витрати робочої рідини 25 л / га. На штангах літаків встановлюються розпилювачі з перетином 1х5 мм, в вертольотах з діаметром 1,25 - 2 мм з завихрювачами. Розмір крапель 51 - 150 мкм, кількість крапель на один кв. см поверхні - 70. Дрібно-крапельне обприскування застосовується для боротьби з багатьма шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур: зернових (клоп шкідлива черепашка, злакові мухи, хлібні жуки, хлібна жужелиця); на буряках - блішки, довгоносики; картоплі - колорадський жук та ін., а також в боротьбі з бур'янами на посівах рису (просянка).

3. Середньо-крапельне (звичайне) обприскування. Витрата робочої рідини при обробці польових культур - 50 - 100 л / га, в садах і виноградниках 200 - 440 л / га. На штангах встановлюються розпилювачі з перетином 2х5 мм, на вертольотах з діаметром 3 мм з завихрювачами. Розмір крапель 151 - 300 мкм. На одному кв. см. оброблюваної поверхні розподіляється 20 - 70 крапель. Цей вид обприскування широко поширений при боротьбі з шкідниками і хворобами рослин, а також при дефоліації сільськогосподарських культур.

4. Велико-крапельне обприскування. Витрата робочої рідини 25 л / га, 50 л / га, 100 л / га і 150 л / га. У всіх випадках розмір крапель більше 300 мкм. На штангах літаків встановлюються розпилювачі з перетином 4 х 5, 5 х 5 мм, на вертольотах діаметром 2 мм і завихрювачі знімаються. Велико-крапельне обприскування застосовують при використанні гербіцидів і фосфорорганічних високотоксичних акаріцидов системної дії.

Ефективне авіаобприскування складається з підготовчих робіт до нього і, безпосередньо, обприскування. До підготовчих елементів відноситься: договір з авіазагоном, де вказуються види, обсяг робіт, методи обробок, терміни початку і закінчення робіт, кратність, взаємні зобов'язання, порядок виконання і приймання робіт і т.п. Безпосередньо, під час робіт мають виконуватися такі вимоги: відстань від аеродрому до оброблюваних ділянок не повинно бути більше 10 км, льотна смуга повинна бути розмірами 60 х 600 м, завантажувальна площадка і місце ємностей з водою і пестицидами в препаративних формах встановлюється недалеко від краю злітно-посадкової смуги, але не ближче ніж 25 м від її бічної межі.

Висота польоту при обприскуванні польових культур, плодових садів і виноградників -5 м, над рослинністю лісу і чагарників 10 м над кронами.

Допустима швидкість вітру при дрібно-крапельньому і ультрамалооб'ємному обприскуванні - до 3 метрів в секунду, при середньому і велико-крапельному обприскуванні - не вище 4 метрів в секунду. Роботи виконуються тільки в денний час доби, краще рано вранці зі сходом сонця (до появи висхідних потоків повітря і посилення вітру). До одному літаку закріплюється ланка з обслуговування в складі: ланковий (він же механік) на пункті приготування робочих розчинів, підсобний робітник цього пункту, два сигнальника, два підсобних робітників на заправці літака, тракторист- машиніст по підвозці води, водій автомобіля - всього 8 осіб.

При виконанні авіаробіт застосовують човниковий і загородній способи руху літальних апаратів. При човниковому способі пілот, виконавши політ в одному напрямку, вимикає апаратуру, робить розворот і знову заходить на оброблювану ділянку. Загородній спосіб, зазвичай, застосовують при одночасній обробці за один політ кілька ділянок. При цьому майже виключаються стандартні розчини, а робляться лише невеликі повороти літаків, при загонному способі ділянка ділиться на дві рівні послідовно оброблювані смуги. Сигнальні лінії пересуваються на певну відстань в сторону необробленої частини ділянки: одну від зовнішньої сторони ділянки до середини, іншу від середини до протилежного краю. Час польоту скорочується на 15-20%, підвищується продуктивність праці. Як сигнальні знаки використовують білі або кольорові прапори; кулі. При обробці ділянки човниковим способом потрібно два сигнальника на літак, а при загонному способі обробки - 4 людини. Для сигналізації допускаються тільки попередньо підготовлені і проінструктовані робітники, які добре знають питання техніки безпеки.

Недоліки способу обприскування:

1. Складність приготування робочих складів.

2. Дуже важко технічно і організаційно дотримуватися норму витрати робочого складу, а отже і препарату. Для цього обприскувачі повинні налаштовуватися на спеціальних майданчиках на певну норму витрати.

3. Додаткові витрати на будівництво спеціальних споруд для приготування робочих складів - розчинних вузлів. Будуються розчинні вузла поруч зі складом пестицидів і недалеко від аеродрому. Поруч з розчинним вузлом повинні бути бетоновані ями для зливу води після миття обприскувачів.

4. Збільшення кількості обслуговуючого персоналу в порівнянні з обпилюванням.

5. Велика витрата води, особливо при наземних обробках.

У зв'язку із застосуванням УМО змінювалися уявлення про ефективні розміри крапель пестициду. Виявилося, що інсектицид в дрібних краплях значно більш токсична, ніж в великих. Це пояснюється тим, що безліч дрібних крапель, що потрапляють на комах і мають такий же обсяг, як одна велика крапля, стикається зі значно більшою площею покриву комах, тому інсектицид в летальної дози проникає через кутикулу швидше.

## 1.2 Види та опис ЛА, що використовуються в авіахімічних роботах

Обробка полів за допомогою літаків використовується аграріями України вже довгий час. Її головною перевагою є висока продуктивність внесення на поля необхідних хімічних речовин без пошкодження грунту і рослин. Для цього застосовуються легкі повітряні судна, які пройшли сертифікацію і отримали допуск до виконання авіаційно-хімічних робіт, такі як літаки АН-2, НАРП-1 і Х-32, а також вертольоти Мі-2.

Найбільший асортимент обладнання, призначеного для обробки полів, розроблений для АН-2.

Літак Ан-2 конструкції О. К. Антонова є багатоцільовий машиною і являє собою нормальний розчалювальні біплан (рис.1.1). Фюзеляж суцільно металевої конструкції.

Біпланна коробка крил і хвостове оперення складаються з металевого каркаса, обтягнутого полотняною обшивкою.

Максимальне корисне завантаження (препаратів, мінеральних добрив, насіння та ін.) - 1370 кг. Цим літаком виконується понад 50% всіх авіаційних робіт у сільському господарстві. Крім того, він широко використовується для перевезення пасажирів і вантажів, надання невідкладної медичної допомоги населенню віддалених районів, патрулювання і гасіння лісових пожеж і для інших цілей з обслуговування потреб народного господарства.

На літаку встановлено дев`ятиціліндровий поршневий двигун повітряного охолодження АШ-62ИР конструкції Л. Д. Швецова. Максимальна потужність двигуна 1000 л. с., а номінальна 820 к.с.

Літак має двомісну пілотську кабіну з подвійним керуванням. Екіпаж літака складається з двох людей: командира літака і другого пілота. Технічне обслуговування на землі виконують: авіатехнік і авіамеханік. Літак має хорошу електроозброєність, що дає можливість механізувати управління в польоті і тим самим полегшити роботу пілотів.

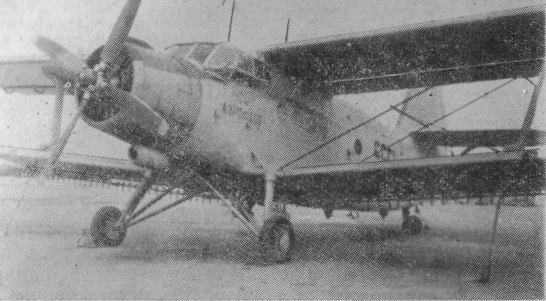


Рис.1.1 - Літак Ан-2 с розпилювачем

Швидкість літака Ан-2 при виконанні авіаційних робіт у сільському господарстві на висоті бриючого польоту від 5 до 50 м- 160 км на годину, а при польотах від аеродрому до ділянки обробки і назад-155 км на годину, при наборі висоти-110 км в годину. Висота польоту при розвороті для заходу на черговий гін - 50 м.

Пристосування для розсівання приманок (рис. 1.3). У комплект цього пристосування літака Ан-2 входять наступні агрегати: бак для пестицидів місткістю 1400 л, дозована горловина з заслінкою, тунельний розпилювач, вал з розпушувачами і дозуючим диском, вітряк з приводом до механізму дозування, розпушування і пневмокерування.

Крім основних агрегатів, є додаткові пристрої: мікродозувальник для забезпечення мінімальних норм витрати зернових приманок або насіння, двохручний розпилювач для розсівання приманок і підкрильних розпилювачів для збільшення ширини захоплення при роботі з добре сипучими препаратами.

При відкритті заслінки дозуючої горловини одночасно включається вітряк, змонтований з колонкою на верхній обшивці фюзеляжу. Він приводить в обертання вал з пружинними розпушувачами і дозуючим диском. Цим забезпечується рівномірна і безперебійна подача препаратів з бака до дозуючого диску, а потім в тунельний розпилювач. Хімікат, що надходить в тунельний розпилювач, потоком повітря видувається по двох каналах назовні.

Витрата хімікатів регулюється зміною відстані (від 1 до 60 мм) між дозуючою горловиною і диском. Рівномірність і стійкість подачі хімікатів багато в чому залежать від вологості, структури та інших фізико-хімічних властивостей матеріалів.

Для витрати малих доз, наприклад при боротьбі з гризунами (300-400 г на гектар) додається спеціальне пристосування - мікродозувальник, який монтують всередині випускної горловини бака і дозуючої горловини. Регулюванням цього пристосування досягається необхідний випуск матеріалів при малих нормах.

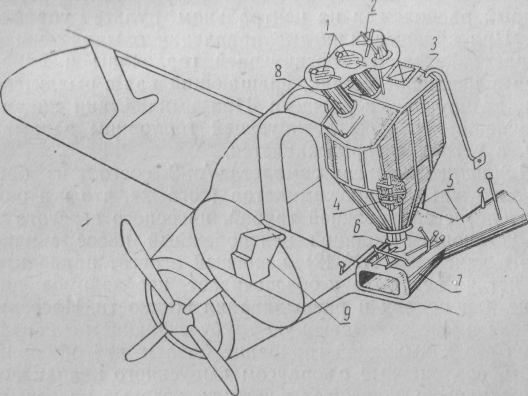


Рис.1.2 - Схема розміщення розпилювача на літаку Ан-2:

1 - кришка люка на фюзеляжі; 2 - вітряк; 3 - бак для хімікату; 4 - вал розпушувачів; 5 - вихідні канали розпилювача; 6 - дозувальна горловина; 7 - розпилювач; 8 - завантажувальні патрубки; 9 -пульт управління апаратурою

Pозсів зернових приманок двома вузькими смугами роблять за допомогою двоканального пристосування, яке складається з мікродозувальника, повітряного забірника і двох каналів (направляючих труб), підвішених під нижніми крилами літака, і дифузорів, через які приманка викидається двома паралельними вузькими струменями шириною 6-7 м і з інтервалами 22-23 м.

Пристосування може регулюватися на різний випуск хімікату в секунду: гранульованого суперфосфату - 30 кг, порошкоподібного суперфосфату -.17,5 кг, аміачної селітри - до 12 кг.

Управління пристроєм і обприскувачем здійснюється стисненим повітрям від бортової повітряної мережі. Включають і вимикають апаратуру пневмокраном, який розташований на центральному пульті управління. При включенні пневмокерування пристосування відкривається заслінка дозуючої горловини і приводиться в рух вітряк, що обертає вал з розпушувачами і дозуючими дисками. При виключенні пневмокерування заслінка дозуючої горловини закривається, а вітряк загальмовується.

Авіаоприскувач літака Ан-2 складається з бака для завантаження рідких хімікатів з заправної трубою, насосного агрегату (в ньому встановлений водяний відцентровий насос авіаційного двигуна АМ-42), насосний агрегат приводиться в дію вітряком і забезпечує необхідний тиск для подачі і розпилювання рідини. Насосний агрегат має всмоктувальну трубу з фланцем для кріплення його до вихідний горловині бака і дві напірні труби, з'єднані з корпусом випускного клапана, звідки рідина надходить в штанги, які підвішені під нижніми крилами літака. По трубах рідина з насоса нагнітається в штанги і через їх штуцера і розпилювачі розбризкується по всій ширині розмаху нижніх крил. Всього на штанзі розміщено 80 штуцерів. Розпилювачі рідини встановлюються на штуцери штанги. До кожного авіаоприскувача прикріпляється шість комплектів розпилювачів з вихідними отворами 1X1, 1X5, 2x5, 3X5, 4X5, 5X5 мм і комплект заглушок. Цими розпилювачами регулюється дисперсність розпилення. Чим менше розмір вихідних отворів, тим дрібніше краплі, і навпаки. Кількістю встановлених розпилювачів забезпечується регулювання випуску рідини в секунду і задана норма витрати рідини на гектар площі.

На штангах залишають однакову кількість розпилювачів з кожного боку літака. У процесі регулювання витрати рідини окремі розпилювачі вимикаються: на їх місце встановлюють заглушки. Розпилювачі рекомендується вимикати через один, починаючи з другого від осі літака.

Насосний агрегат може забезпечувати максимальний випуск рідини, при розпилювачі з найбільшими отворами (5X5 мм) -17л в секунду (по воді).

Для перемішування недостатньо стійких рідких хімікатів (емульсій, суспензій) авіаоприскувач обладнаний гідромішалкой. При закритому випускному клапані і працюючому насосі рідина з бака засмоктується в насос, звідки через трубу гідромішалкі, приєднаної до одного з нагнітальних патрубків, надходить назад до бак, і таким чином відбувається циркуляція рідини і забезпечується необхідне її перемішування. Для отримання більш стійких і рівномірних емульсій і суспензій гідромішалку необхідно включати з початку рулювання літака для зльоту і залишати включеною до повного спорожнення бака від хімікатів. Управління обприскувачем пневматичне.

Щоб отримати великі краплі розпилу рідини і малі норми витрати, до кожного обприскувача видається два дросселюючих пристосування з пластинками різних каліброваних отворів (діаметром 5, 7, 8, 9 і 10 мм), які встановлюють між патрубками випускного клапана і штангою. Цим пристосуванням знижується тиск рідини в штанзі обприскувача і в залежності від використання пластинки досягається задана норма витрати рідини.

Після виключення обприскувача, тобто закриття клапана (в кінці гону), в штангах залишається велика кількість рідини, яка виливається при наборі висоти і розворотах, що призводить до втрат хімікатів і, крім того, при роботі з гербіцидами може привести до пошкодження сільськогосподарських культур, розташованих в зоні роботи літака.

Щоб уникнути цих явищ обприскувачі обладнані відсічними пристроями рідини шляхом установки інжекторів в штангах.

Вертоліт Мі-1 конструкції доктора технічних наук М. Л. Миля одногвинтовий, з хвостовим трилопатевим гвинтом для компенсації реактивного моменту несучого гвинта.

На вертольоті встановлений семиціліндровий радіальний двигун повітряного охолодження - ЧИ-26В. Кабіна екіпажу розміщена в передній частині фюзеляжу і розрахована на двох осіб: пілота і авіатехніка (при перельотах).

На вертольоті Мі-1 встановлена комбінована сільськогосподарська апаратура, що дозволяє проводити обпилювання, обприскування і розсівання різних хімікатів.

При польотах до місця робіт всі робочі органи сільськогосподарської апаратури можуть бути встановлені одночасно. Перехід з одного методу робіт на інший (з обпилювання на обприскування, і навпаки) може бути проведений авіатехніком з підсобним робітником за годину.

Хімікати завантажують в два бака ємністю по 260 л кожен, вони підвішені по обидва боки фюзеляжу. Баки для завантаження хімікатів і управління апаратурою загальні для обпилювання і обприскування.

Обприскувач вертольота Мі-1. До нього входять наступні основні агрегати: два баки для завантаження хімікатів, з'єднані внизу трубою, по якій рідина перетікає і її рівні вирівнюються; насосний агрегат з приводом від головного редуктора, випускний клапан і система перемішування рідини; штанги з розпилювачами; системи управління роботою обприскувача.

Насосний агрегат обприскувача з випускним клапаном встановлений всередині вертольота під його головним редуктором па трубах і піддоні фюзеляжу. Як насоса використовують помпу водяного охолодження авіадвигуна ЛМ - 12. Насос обприскувача наводиться в роботу від головного редуктора вертольота ремінною передачею.

Від баків до насоса підведені труби, через які рідина надходить до коробки випускного клапана. При відкритому клапані "рідина під тиском надходить у штанги з розпилювачами.

Дві трубчасті штанги загальним розміром 8,4 м з 80 розпилювачами змонтовані з боків фюзеляжу вертольота, а третя штанга розміром 2,1 м з 20 розпилювачами встановлюється під хвостовою балкою вертольота. До вертольоту видається чотири комплекти розпилювачів з діаметром вихідного отвору 1,25; 2,0; 3,0; 4,0 мм і комплект заглушок.

При установці розпилювачів з діаметром вихідного отвору 3 мм і з завихрювачем розміром гвинтової канавки 2X2 мм досягається середній діаметр крапель до 200 мікрон, а при розпилювачі з вихідним отвором 1,25 мм і розміром канавки завихрювача 1X1 мм виходять краплі діаметром до 100 мікрон. Регулювання подачі рідини проводиться установкою різної кількості розпилювачів з урахуванням розміру вихідних отворів.

Обприскувач має гідромішалку, яка перемішує емульсії і суспензії в баку. Відсічення рідини при закритті випускного клапана здійснюється інжекторним пристроєм, що забезпечує відсмоктування рідини з штанг назад в бак.

Управління обприскувачем електропневматичне, що працює від бортової мережі. Це управління зводиться до відкриття або закриття випускного клапана, обладнаного пневмоцілиндрами.

Вертоліт Мі-2. Легкий багатоцільовий вертоліт Мі-2, як і вертоліт Мі-1, створений конструкторським колективом під керівництвом доктора технічних наук М. Л. Миля. (рис.1.3). На вертольоті встановлений один трилопатевий несучий гвинт діаметром 14,5 м і один хвостовий гвинт для усунення реактивного моменту несучого гвинта. Максимальний польотна вага вертольота-3700 кг. Завантаження хімікатом до 900 кг з запасом пального на 40 хвилин польоту.



Рис. 1.3 - Вертоліт Мі-2

На вертольоті Мі-2 встановлено два газотурбінних двигуна потужністю по 400 л. с. кожен.

Максимальна швидкість польоту з сільськогосподарською апаратурою 155 км на годину, мінімальная - 40 км. З вертольота Мі-2 можна проводити обпилювання сипучими хімікатами і обприскування рідкими хімікатами. Баки для завантаження сипучих і рідких хімікатів одні й ті ж. Два бака підвішуються симетрично по обох бортах фюзеляжу.

Обприскувач вертольота Мі-2 складається з: баків для завантаження хімікатів; насосних агрегатів з випускним клапаном; системи розпилювання рідини і системи управління.

Ємність кожного бака -600 л, між собою вони з'єднані трубкою, насосний агрегат монтується під кожним баком. Відцентрові електронасоси-ЕЦН-17 з приводом від електродвигуна змінного струму МТ-3000 використовуються як насоси обприскувача.

Випускний клапан встановлений на штоку пневмоцилі - ліндрен, прикріпленого до клапанної коробки. До цієї коробки від правого і лівого насоса обприскувача підводиться рідина, яка через штуцери, з'єднані трубопроводами з штангами, "надходить в штанги з розпилювачами. Два інших штуцера з'єднані з трубопроводами, що підводять рідину з коробки клапана назад в баки, тим самим забезпечуючи перемішування емульсій і суспензій.

Розмах бічних штанг, підвішених до фюзеляжу з обох сторін, - 14 м, а хвостових штанг - 3,5 м. На основних (бічних) штангах є 100 штуцерів для розміщення розпилювачів і на хвостовій - 28.

Обприскувач обладнаний відсічним пристроєм рідини. За допомогою інжектора при закритому випускному клапані і працюючому насосі обприскувача рідина в розпилювачі відсікається і з штанг відсмоктується назад в бак. Для ефективної роботи інжектора необхідно мати залишок рідини в баках близько 30 л.

До вертольоту додається: шість комплектів розпилювачів з вихідними отворами діаметром 1,25; 2; 3; 4; 5 і 6 мм і один комплект заглушок.

Надлегкі літаки НАРП-1 і Х-32 «Бекас» дозволяють нести тільки один тип обприскувачів.

Державним підприємством «Миколаївський авіаремонтний завод" НАРП "був спроектований двомісний літак класу моторних дуже легких літальних апаратів з аеродинамічним керуванням" НАРП-1 ", до серійного виробництва якого підприємство приступило з 2002 року.

Літак "НАРП-1" універсальний. Він призначений для початкового навчання та тренування льотного складу, для маршрутних польотів, перевезення пасажирів, аеровізуальних польотів, лісоавіаційних робіт, аерофотозйомки, для участі в змаганнях, агітаційних і спортивних перельотах, а також для особистого використання. При установці хімочного бладнання "НАРП-1" успішно використовується на авіаційно-хімічних роботах, на які він сертифікований і внесений до Державного реєстру повітряних суден, що виконують авіаційно-хімічні роботи.



Рис. 1.4 - Літак "НАРП-1"

Відповідно до призначення літака пілотажно-навігаційне обладнання забезпечує виконання польотів вдень у простих метеоумовах за правилами візуальних польотів. "НАРП-1" не вимагає застосування прийомів складної техніки пілотування і виконує всі маневри, притаманні не пілотажним літакам, на режимах зльоту і набору висоти, горизонтального польоту, зниження і посадки з працюючим і непрацюючим двигуном. На літаку встановлено чотиритактний австрійський двигун ROTAX-912S (100 к.с., міжремонтний ресурс 1200ч, витрата палива 15 л / год).

"НАРП-1" - підкісний високоплан класичної схеми. Крило з жорстким носком и простим закрилком покрито полотняною обшивкою. Фюзеляж – суцільно металевий, клепанної конструкції з хвостовой балкою і полотняною обшивкою задньої части кабіни. Розміщення пілотів рядні. Для управління по крену и тангажу використовується штурвал, колонка якого закріплена на стелі пілотської кабіни, що для високоплана скорочує довжину проводки. Управління здвоєне. Особлівістю конструкції є розміщення під кабіною хімбака ємністю 100 літрів, зі знімним кріпленням, что дозволяє в ході 1 секунди від'єднаті і скинути бак в аварійній ситуації. Іншою відмінністю "НАРП-1" від сучасних надлегких сільськогосподарських є установка на даху кабіни забірником для проточної системи вентиляції, что має забезпечити більш комфортні та безпечні умови для роботи пілота в процесі розпилення хімпрепаратів. Шасі літака трьохопорне з некерованим переднім колесом и гальмівними основними колесами. Основні стійки пірамідальної схеми. Літак отримав високу оцінку фахівців Державного Департаменту повітряного транспорту України, державної льотної академії України та льотчиків, які виконують авіаційно-хімічні роботи.

Літак "НАРП-1" має сертифікат типу ТП№0004 від 01.03.2002 р та сертифікат схвалення виробництва літаків № СВ0007 від 21.06.2004г., Видані Державним Департаментом повітряного транспорту України та реєстраційне свідоцтво на обладнання для авіаційно-хімічних робіт № РУ 00470252 001-02, виданого Українським Державним центром по випробуванню та прогнозуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва УкрЦВТ.

Якість виконаних ремонтних робіт на літаках даного типу підтверджено Сертифікатом відповідності організації технічного обслуговування PART-145 №UA.145.0047 від 08.10.2012г. виданий Державною авіаційною службою України, а також Сертифікатом № UA228094 / 1 від 27.04.2018г. виданий Бюро «VERITAS» на відповідність вимогам міжнародних стандартів версії ISO 9001 діє до: 2015.

Х-32 Бекас - легкий багатоцільовий літак, розроблений українською фірмою Лілієнталь.(рис.1.5) Літак Х-32 виробництва авіаційної фірми "Лілієнталь" випускається серійно з 1993 року. За аеродинамічною компоновкою літак являє собою підкісний високоплан з штовхальною силовою установкою, Т-подібним хвостовим оперенням, трьохопорним не прибиральним шасі з самопозиціонуючим носовию колесом і гальмівними колесами. Літак двомісний, з тандемним розташуванням пілотів, другий пілот розташований в центрі ваги літака. Гідроваріант літака встановлений на поплавцях з можливістю переобладнання на сухопутному шасі. Лижне та поплавкове шасі можуть поставлятися окремо, для установки на будь-яку модифікацію Х-32.



Рис. 1.5 - Х-32 Бекас

На літаку встановлюється поршневий двигун Rotax-582, 64 к.с. або Rotax-912, 80√100 к.с. за бажанням замовника, гвинт переставного кроку ВПШ-2 "Дончак" або аналогічний. Можливість різної комплектації силової установки дозволяє гнучко варіювати потужність, ресурс і ціну, найбільш підходящого для експлуатанта.

Конструкція і обладнання літака дозволяють виконувати польоти вдень в простих метеоумовах за правилами візуальних польотів, використовуючи в якості ЗПС грунтові, снігові і водні поверхні в залежності від типу шасі. Можлива установка радіозв`язаного і додаткового пілотажно-навігаційного обладнання, посадкових фар і Бано. Можливо обладнання літака системою опалення для експлуатації у відповідних умовах. На літаку Х-32 встановлюється система порятунку з екіпажем за бажанням замовника.

В даний час на літаку з Rotax-912 максимальна злітна маса збільшена до 550 кг (90 л палива) з обмеженним перевантаження до 3.8 / -1.9, при цьому максимальна швидкість горизонтального польоту доходить до 180 км / год, швидкопідйомність 5 - 8 м / с , швидкості звалювання зростають на 6 км / год. На цих літаках може встановлюватися система опалення.

Незважаючи на всі переваги застосування сільгоспавіації, у неї є один істотний недолік в умовах економічної кризи. Це досить висока вартість надання послуг. Багато підприємств змушені використовувати більш дешеві варіанти обробки полів незважаючи на втрати врожаю, які неминучі при наземних роботах.

Для більшої доступності своїх послуг і мінімізації фіскального навантаження, деякі компанії змінюють організаційно-правову форму своєї діяльності на ПП. Через це кількість юридичних осіб, що виконують авіаційну обробку полів зменшилася з 26 компаній в 2016 році, до 17 - у 2017.

Незважаючи на це, в 2016 році обсяг посівів, оброблених з повітря, збільшився на 20,8% в порівнянні з 2015 і досяг 484,7 тис. Га. Тенденція продовжилася і в 1 півріччі 2017 року, коли такі площі зросли ще на 1,5% в порівнянні з аналогічним періодом минулого року, склавши 150 тис. Га. З цієї статистики можна зробити висновок не тільки про зростання обсягу послуг сільськогосподарської авіації, а й про те, що основна частина таких робіт традиційно припадає на другу половину року.

Незважаючи на збільшення оброблюваних площ, наліт авіаційної техніки постійно скорочується. Так, в 2016 році він склав 16,7 годин, зменшившись на 26% в порівнянні з роком раніше. У 1 півріччі 2017 скорочення нальоту ще більш вражаюче - на 49% в порівнянні з аналогічним періодом 2016 року. Такий парадокс пояснюється оптимізацією використання авіаційної техніки для економії трудових і моторесурсов, і підвищення рентабельності роботи.

Пошук шляхів здешевлення послуг привів до тренду використання безпілотних апаратів, які набагато вигідніше задіяти для обробки і моніторингу невеликих територій посівів.

Сучасний український ринок сільськогосподарської авіації чутливий до впливу наступних факторів:

1. Платоспроможність українських аграріїв. У разі нестачі коштів, вони будуть вибирати більш доступні наземні способи обробки полів.

2. Фінансова стабільність. Знецінення національної валюти призводить до подорожчання засобів для обробки полів, палива, зниження рентабельності роботи авіаторів.

3. Розвиток виробництва легких літаків дозволить оновити парк аграрної авіатехніки і збільшити пропозицію відповідних послуг.

4. Розширення площ посівів дозволить підвищити попит на авіахімічні послуги.

Велику роль у розвитку ринку послуг сільгоспавіації може зіграти широке поширення серед підприємців-аграріїв інформації про переваги обробки полів з повітря перед іншими методами. Така робота сприятиме більшому зростанню попиту на авіахімічні слуги в міру оздоровлення економічної ситуації в країні в цілому, і в сільськогосподарському секторі зокрема.

Крім виробництва базових моделей літаків і вертольотів, в Україні ведуться перспективні розробки спеціальних модифікацій авіазасобів. Це і літаки для аерофотозйомки, і спеціалізовані сільськогосподарські літаки, літаки-амфібії, а також чотиримісні літаки.

Українські підприємства ведуть розробки також і в частині виробництва безпілотних літальних апаратів.

## 1.3 Ліцензування персоналу

1. Авіаційний персонал (пілоти, інженери, техніки) і працівники замовника (робочі завантажувального майданчика, сигнальники),які виконують авіаційно-хімічні роботи, повинні проходити медичний огляд, навчання і мати допуск (посвідчення) на право роботи з пестицидами і агрохімікатами. Допуск видається за підписом керівника підприємства.

2. Пілоти цивільної авіації, які направляються на виконання авіаційно-хімічних робіт, проходять медичний огляд на право роботи з пестицидами і агрохімікатами при проведенні медичної сертифікації у ЛЛСК Державного департаменту цивільної авіації в відповідності з "Правилами и порядком медичної сертифікації авіаційного персоналу и осіб, Які це має належати до авіаційного персоналу" (z0205- 93), які затверджуються Міністерством транспорту України "Положенням про медичний огляд працівників питань комерційної торгівлі категорій" (z0136-94), яке затверджується Міністерством охорони здоров'я України.

3. Працівники замовника, а також інший авіаційний персонал (інженери, техніки, мийники), які залучаються до роботи з пестицидами і агрохімікатами, щорічно проходять медичні огляди відповідно до "Положенням про медичний огляд працівників питань комерційної торгівлі категорій" (z0136-94) в медичних комісіях при лікувально-профілактичних установах, розташованих за місцем роботи ( МСЧ) або за місцем проживання.

4. Авіаційний персонал і працівники замовника допускаються до роботі з пестицидами і агрохімікатами при наявності висновку медичної комісії про відсутність протипоказань за станом здоров'я до виконання таких робіт. Висновок медичної комісії заноситься в медичну книжку встановленого зразка, яка видається кожному працівникові.

1. Авіаційний персонал та інші особи, які залучаються до виконання авіаційно-хімічних робіт, крім проходження медичного огляду, для отримання допуску, в обов'язковому порядку, повинні пройти навчання за відповідною програмою, яка затверджується Мінсільгосппродом за погодженням з Міністерством охорони здоров'я України, Мінекобезпеки і Гонадзорохрантруда України. Навчання проводиться фахівцями Мінсільгосппроду, Госсанепідслужи, лікувальних і ін. Установ за місцем роботи або проживання. Навчання проводиться один раз в три роки і відповідно до "Типового положення про навчання, інструктаж до перевірки знанні з питань охорони праці", яке затверджується Держнаглядохоронпраці України, з видачею посвідчення про проходження спеціальної підготовки з питань безпечного проведення робіт з пестицидами і агрохімікатами .
2. До виконання робіт з пестицидами і агрохімікатами НЕдопускаються особи до 18 років, вагітні, матері, що годують немовлят грудьми, громадяни пенсійного віку, - особи, які мають медичні протипоказання, а також особи, зазначені в "Переліку важких робіт і робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок ", який складається Міністерством охорони здоров'я України.
3. Перед початком виконання авіаційно-хімічних робіт їх організатор видає працівникам, які мають доступ наряд на виконання робіт з пестицидами і агрохімікатами та проводить інструктаж щодо заходів безпеки під час роботи з пестицидами і агрохімікатами, а також щодо попередження забруднення їх залишками продуктів харчування, навколишнього середовища, а також надання першої допомоги в разі негативних явищ (отруєння, аварії і т. д.).
4. Допуск, медичну книжку і наряд на види робіт з пестицидами і агрохімікатами повинні мати при собі всі особи, які працюють з пестицидами і агрохімікатами і пред'являти їх на вимогу представників державного нагляду та відомчого контролю.
5. Особи, які не мають допуску (посвідчення) або медичної книжки і наряду на виконання робіт з пестицидами і агрохімікатами до виконання авіаційно-хімічних робіт і обслуговування повітряних суден цивільної авіації на сільськогосподарському аеродромі або вертодромі і сигналізації на ділянках авіаційних обробок не допускаються.

Проведення робіт по застосуванню пестицидів і агрохімікатів без допуску (посвідчення) тягне за собою відповідальність передбачену законодавством.

## 1.4 Визначення об`ємів, видів і агротехнічного терміну авіахімічних робіт в господарстві і заключення договорів на їх виконання

Обсяги, види і терміни авіахімічних робіт на майбутній рік визначаються фахівцями сільськогосподарських підприємств спільно з районними, обласними (крайовими) управліннями сільського господарства. Вони розробляють конкретні плани заходів щодо захисту рослин і насаджень від шкідників, хвороб, боротьби з бур'янами, дефоліації, а ,також, щодо внесення мінеральних добрив.

При складанні плану авіахімічних робіт враховують терміни і способи внесення пестицидів і мінеральних добрив, ефективність авіаційних і наземних обробок, продуктивність, трудомісткість, а також доцільність і можливість їх виконання авіаційною технікою. Підприємства сільського господарства повинні враховувати при цьому конкретні умови свого господарства.

На підставі такого плану визначається обсяг авіахімічних робіт в господарствах, районах і областях (краях) на майбутній рік.

Визначивши обсяг авіахімічних робіт, господарство (районне управління) становить на них план-заявку за формою.

На підставі надійшли від господарств планів-заявок авіапідприємства і планують обсяги авіахімічних робіт, визначають потребу в пестицидах і мінеральних добривах, літако-вертольотному парку, засобах механізації і транспорту по району, області (краю).

Договірні відносини авіапідприємств з сільськогосподарськими підприємствами будуються на основі типового договору, який оформляється між сторонами в місячний строк з дня отримання заявки. Договір укладається на рік або на інший період за бажанням сільськогосподарських підприємств і їх органів та з урахуванням терміну виконання робіт.

У договорі вказують:

а) види, обсяги і терміни робіт;

б) кількість і тип літаків (вертольотів);

в) методи обробки і норми витрати хімікатів, добрив;

г) вартість передбачених авіаційно-хімічних робіт;

д) порядок розрахунків;

е) відповідальність сторін;

ж) загальний термін дії договору;

з) платіжні і поштові реквізити «Авіації» і «Замовника»;

і) особливі умови, які сторони визнають за необхідне передбачити в договорі.

Розбіжності сторін щодо обсягів і термінів виконання робіт, що виникають при укладенні договору, вирішуються вищестоящими організаціями в 10-денний термін. Всі інші спори розглядаються в установленому законом порядку.

Якщо в період дії договору виникає необхідність внесення змін до обсягів, види, терміни виконання робіт, передбачені договором, сторони за взаємною згодою оформляють ці зміни додатковою угодою, яка стає невід'ємною частиною договору.

При укладанні договору передбачені наступні зобов'язання сторін:

«Авіація» зобов'язується:

* забезпечувати доброякісне виконання авіахімічних робіт в

обсязі і терміни, передбачені договором;

* виділити екіпаж, що має належну підготовку, для виконання всіх видів робіт за договором з високою якістю;
* визначити при укладенні договору потрібну кількість літаків

(Вертольотів) для виконання запланованого обсягу робіт;

* за викликом «Замовника» забезпечити виліт літака (вертольота) на аеродром не пізніше ніж за день до початку робіт;
* в разі несправності літака (вертольота) або хвороби членів льотно-технічного складу, виділеного для проведення робіт своєчасно, але не пізніше ніж передбачено в пункті 4 надати інший справний літак (вертоліт) або інший склад екіпажу відповідної кваліфікації;
* після прибуття на аеродром своєчасно навчити робітників, виділених на обслуговування авіаційно-хімічних робіт, правилами і техніці безпеки при роботі у літака (вертольота) і при забезпеченні наземної сигналізації на оброблюваній ділянці.

«Замовник» зобов'язується:

1) не пізніше ніж за п'ять днів до початку робіт, а потім для виконання кожного наступного етапу робіт за договором надати авіапідприємству заявку на виклик літаків (вертольотів);

2) на час проведення авіахімічних робіт, передбачених договором, виділити свого постійного представника - фахівця, відповідального за організацію робіт, через якого повинні видавати денні заявки на їх виконання, здійснювати контроль за якістю авіахімічних робіт і дотримання техніки безпеки і виробничої санітарії, приймати і оформляти виконані роботи, передбачені договором;

3)забезпечити виконання авіахімічних робіт постачанням до місця роботи в потребном кількості і у встановлені терміни хімікатів і мінеральних добрив, що відповідають ГОСТам, забезпечити продуктивну завантаження їх в літаки (вертольоти);

4)виділити на весь період робіт постійних робочих для наземної сигналізації і для роботи на завантажувальних майданчиках і очищення літаків (вертольотів) від хімікатів. Кількість обслуговуючих робітників визначається екіпажем авіапідрозділу перед початком кожного етапу, в залежності від виконуваного обсягу і виду робіт;

5) своєчасно перевозити авіаційні паливно-мастильні матеріали та інше майно, призначене для продуктивного виконання авіахімічних робіт, з відповідних сільськогосподарських баз або авіапідприємств до місця робіт. Забезпечити їх належне зберігання і на вимогу екіпажів зворотне вивезення після закінчення робіт;

6)забезпечувати за свій рахунок і своїми силами збройну охорону авіаційної техніки та іншого майна авіапідприємств.

7)забезпечити льотний і технічний склад екіпажів за готівковий розрахунок житловими приміщеннями з необхідним побутовим обладнанням та триразовим калорійним гарячим харчуванням;

8)до початку авіахімічних робіт надати екіпажам літаків(вертольотів) схеми-карти полів господарств або викопіювання з них із зазначенням позначень перешкод для виконання робіт;

9)виділити автотранспорт представникам «Замовника» і «Авіації» для огляду аеродромів, оброблюваних полів, підходів до них і дозволу інших питань, пов'язаних з організацією продуктивної роботи, а також для поїздки екіпажів і робочих бригад до місця роботи і назад;

10)до дня початку робіт навчити робочих правилам роботи, запобіжних заходів при роботі з отрутохімікатами і мінеральними добривами і забезпечити робітників необхідним спецодягом та іншими засобами особистої захисту;

11)організувати на весь період робіт медичне обслуговування екіпажів літаків (вертольотів) і робочих бригад;

12)регулярно забезпечувати екіпажі і обслуговуючий персонал газетами і журналами;

13) не пізніше ніж за два дні до початку робіт попередити навколишнє населення про проведені авіахімічних роботах і забезпечити виконання запобіжних заходів протягом усього карантинного терміну.

Екіпаж літака (вертольота) має право відмовитися від виконання авіахімічних робіт, якщо «Замовник» не забезпечує виконання всіх зобов'язань, безпеку польотів, належної організації, а також заходів з охорони і техніки безпеки праці при роботі з отрутохімікатами.

На підставі договору «Авіація» здає, а «Замовник» приймає роботи у міру їх виконання, але не рідше одного разу на місяць. Приймання-здача виконаної роботи оформляється актом встановленої форми.

У випадках, якщо під час приймання авіаційних робіт буде встановлено, що вони виконані недоброякісно, «Авіація» за свій рахунок усуває виявлені недоліки. Але якщо роботи виконано неякісне внаслідок невиконання «Замовником» своїх зобов'язань за договором або коли дія хімікатів знижено або посилено подальшим несприятливими метеорологічними умовами, «Авіація» відповідальності не несе і їй оплачується повна вартість виконаних авіахімічних робіт.

При виникненні спору з питання про якість виконаної роботи створюється комісія за участю представників сторін. Порядок і форма розрахунків визначаються в договорі. При порушенні «Замовником» договірних зобов'язань він відшкодовує «Авіації»:

а) за необґрунтоване виклик літаків (вертольотів) та ненадання робіт сплачує фактичну вартість перельоту екіпажів туди і назад;

б) за повне або часткове ненадання обсягів авіахімічних робіт за договором сплачується штраф.

При порушенні договірних зобов'язань з боку «Авіації» вона відшкодовує «Замовнику»:

а) за повне або часткове невиконання авіахімічних робіт, передбачених договором, сплачує штраф за кожну добу простою.

Сплата штрафу, пені та неустойки не звільняє сторони від виконання зобов'язань за договором.

Від відповідальності за договором сторони звільняються, якщо невиконання обсягу або недотримання термінів роботи викликано стихійними лихами, а також метеорологічними умовами і тимчасової непридатністю аеродромів, що перешкоджають виконанню авіаційно-хімічних робіт.

## 1.5 Вимоги до авіахімічних робіт

Виконання авіаційних робіт по застосуванню пестицидів у сільському і лісовому господарстві повинно здійснюватися у відповідності до вимог "Державних санітарних правил авіаційного застосування пестицидів і агрохімікатів у народному господарстві України", ДСП 382-96, затверджених наказом МОЗ України від 18.12.96 р. № 382, Держаних санітарних правил ДСП 8.8.1.2.001-98 «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві»

1. Для виконання авіаційних робіт по застосуванню пестицидів при проведенні агрохімічних заходів за сільськогосподарськими і лісовими культурами дозволяється використовувати повітряні судна (літаки, вертольоти, надлегкі літальні апарати - НЛА), які зареєстровані в державному реєстрі повітряних суден цивільної авіації України та мають сертифікат на право виконання авіаційно-хімічних робіт.
2. Авіаційним методом можуть бути застосовані тільки ті пестициди і агрохімікати, що пройшли державну реєстрацію і включені в "Перелік препаратів, дозволених до авіаційного застосування в Україні", (погоджується Міністерством охорони здоров'я, Мінекобезпеки і затверджується Укрдержхімкомісією).
3. Відповідальність за дотримання вимог санітарних правил і норм при авіаційному застосуванні пестицидів покладається на замовника виконання авіаційних робіт та власника повітряних суден сільгоспавіації.
4. Авіаційні працівники (пілоти, техніки, інженери, мийники), а також працівники замовника (робітники завантажувального майданчика, сигнальники) повинні мати допуск на право здійснення робіт з пестицидами і агрохімікатами, який видається після проходження медичного огляду і спеціального навчання керівниками підприємств, в яких вони працюють.
5. Медичний огляд та надання дозволу авіаційним працівникам на право здійснення робіт з пестицидами і агрохімікатами здійснюється у відповідності з "Положенням про медичний огляд працівників певних категорій" ([z0136-94](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/z0136-94)), затвердженим Міністерством охорони здоров'я, та "Правилами і порядком медичної сертифікації авіаційного персоналу і осіб, які не належать до авіаційного персоналу", що затверджуються Міністерством транспорту, та згідно вимог ДСП 382-96.
6. Всі працівники, які зайняті на авіаційно-хімічних роботах повинні мати при собі допуск, медичну книжку і наряд на виконання певних робіт з пестицидами і агрохімікатами.
7. Для виконання робочих польотів при авіаційному застосуванні пестицидів в сільському і лісовому господарстві повинні використовуватись постійні, а при їх відсутності - тимчасові аеродроми і вертодроми сільгоспавіації, які мають санітарний паспорт або дозвіл на право експлуатації (санітарний паспорт на роботу постійних аеродромів-вертодромів та дозвіл на роботу тимчасового вертодрому затверджується Держпродспоживслужбою та погоджується Мінекобезпекою).
8. Заплановані для авіаційних обробок сільськогосподарські і лісові угіддя повинні бути занесені на карти-схеми землелісокористування. Проекти авіаційно-хімічних робіт погоджуються установами держсанепіднагляду (Держпродспоживслужбою) і Мінекобезпеки не пізніше, чим за 10 діб до початку робіт.
9. За три доби до початку проведення авіаційних обробок замовник робіт повинен здійснити запобіжні заходи згідно з вимогами ДСП 382-96 (оповістити населення (радіо, преса) про місце, час, терміни проведення авіаційних робіт пестицидами та агрохімікатами; встановити спеціальні попереджувальні знаки на відстані 300 м від місця обробки).
10. При застосуванні пестицидів за допомогою авіації необхідно суворо витримувати визначені ДСП 382-96 санітарно-захисні зони від ділянок авіахімічних обробок до інших об'єктів (населених пунктів, тваринницьких і птахоферм, джерел водопостачання, тощо).
11. Встановлена на повітряному судні авіахімапаратура, повинна мати сертифікат та бути відрегульована відповідно до норм витрати і технології застосування препарату.
12. Застосування пестицидів авіаційним методом в сільському господарстві повинно здійснюватися в ранкові та вечірні години дня, при швидкості руху повітря, що не перевищує - 3 м/с (дрібнокрапельне обприскування) і 4 м/с (крупнокрапельне обприскування), температурі повітря не вище +22 град. С, робоча висота над об'єктом обробки повинна бути не менше 3 м.
13. Всі роботи по приготуванню робочих розчинів пестицидів та завантаженню їх в баки обприскувача повітряного судна повинні проводитися з максимальним використанням засобів механізації та герметизації.
14. Застосування пестицидів авіаційним методом не повинно супроводжуватися забрудненням ними повітря населених пунктів, води джерел питного водопостачання та культурно-побутового призначення. Забороняються авіаобробки шляхом опилювання дустовими формами препаратів.
15. Режим праці і відпочинку екіпажів, санітарно побутове обслуговування їх в місцях тимчасового проживання та лабораторний контроль при застосуванні пестицидів повинні здійснюватися згідно з вимогами ДСП 382-96 та методичних вказівок по організації державного санепіднагляду при авіаційному застосуванні пестицидів.

17. Не дозволяється авіаційне застосування арборицидів при обробці лісових масивів і лісозахисних смуг, а також трас високовольтних ліній електропередач, що розташовані ближче:

а) 3,6 км від місць відпочинку дітей і дорослих;

б) 2 км від населених пунктів, лісових розсадників, посівів лісових культур.

18. Забороняється проводити авіаційні обробки пестицидами усіх груп токсичності, з метою боротьби зі шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур, лісів та інших угідь, що розташовані ближче:

а) 5 км від місць постійного перебування медоносних пасік;

б) 2 км від рибогосподарських водоймищ, відкритих джерел водопостачання, місць випасу свійських тварин, об'єктів природно-заповідного фонду (заповідників, національних парків, ботанічних та зоологічних заказників тощо);

в) 1 км від населених пунктів, тваринницьких і птахоферм, посівів сільськогосподарських культур, що використовуються у їжу без термічної обробки (цибуля на пір'я, селера, кріп, огірки, помідори, полуниці, малина та ін.), а також садів і виноградників та місць проведення сільськогосподарських робіт.

# Висновок до Розділу 1

Обприскування - основний і найбільш універсальний спосіб застосування пестицидів та у порівнянні з іншими видами обробки має муттєві переваги. Роглядається в двох аспектах: біологічний і фізико-хімічний. При авіаобприскуванні розрізняють 4 основні класи дисперсності крапель: ультрамалооб`ємне обприскування, дрібно-крапельне, середньо-крапельне (звичайне) та велико-крапельне. При виконанні авіаробіт застосовують човниковий і загородній способи руху літальних апаратів.

При авіахімічних роботах застосовуються легкі повітряні судна, які пройшли сертифікацію і отримали допуск до виконання авіаційно-хімічних робіт, такі як літаки АН-2, НАРП-1 і Х-32, а також вертольоти Мі-2. Також, все більшого поширення набувають безпілотні літальні апарати.

В Україні діють, єдині для всіх, правила щодо проведення авіахімробіт з пестицидами та агрохімікатами. Умови і послідовність виконання організаційних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, що спрямовані на запобігання шкідливої дії пестицидів і агрохімікатів на здоров’я людей, регламентуються Законом України «Про пестициди і агрохімікати», державними санітарними правилами «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві» ДСП 8.8.1.2.001-98, державними санітарними правилами «Авіаційне застосування засобів захисту рослин і мінеральних добрив у народному господарстві України», затвердженими наказом МОЗ України №382 від 18.12.1996 року. Вказані документи є обов’язковими для виконання підприємствами, установами і організаціями, а також громадянами, незалежно від форм власності. А ті, хто їх порушує, несуть цивільно-правову, адміністративну або кримінальну відповідальність, згідно із законодавством України.

# 

# РОЗДІЛ 2. ВИМОГИ ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

* 1. Найменування дипломної роботи

Багатокритеріальне оцінювання ефективності виконання авіаційних хімічних робіт літальними апаратами в колективному повітряному просторі.

* 1. Підстава для проведення дипломної роботи

   - Навчальний план освітньо-кваліфікаційнго рівня “Магістр” за напрямом підготовки 6.070102 “Аеронавігація” № НМ - 14-6.070102 - 2/11. № 889/ст від 28 квітня 2019 року

* 1. Мета і призначення роботи

2.3.1 Мета роботи

Мета роботи - визначення критеріїв ефективності та знаходження оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі.

2.3.2 Призначення роботи

У дипломній роботі досліджується літальні апартати, що використовуються в авіахімічних роботах, вимоги до їх експлуатації, способи виконання авіахімічних робіт, досліджуються критерії ефективності літальних апаратів при виконанні авіаційних хімічних робіт, пропонується метод визначення та метод розрахунку оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі.

2.4. Вихідні дані для проведення роботи

  - літальні апарати та види оприскувань, які використовуються в Україні при виконанні авіахімічних робіт ;

 -  положення про організацію роботи об’єктів у відповідності до вимог "Державних санітарних правил авіаційного застосування пестицидів і агрохімікатів у народному господарстві України";

 -  технологія роботи авіаційних працівників при виконанні авіахімічних робіт;

 - статистика нальоту авіаційної техніки при обробці та моніторингу посівних площ.

Дана робота виконується вперше та є продовженням раніше виконаної тематики, яка обговорювалась на коференціях. Під час виконання роботи слід використовувати науковий і технічний досвід:

1 Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі: наукові матеріали. В 3-х томах. Том 1 Методичне забезпечення тренажерної підготовки операторів інтегрованої системи управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами /Харченко В. П., Шмельова Т.Ф., Васильєв Д.В., Знаковська Є.А., Луппо О.Є., Лазоренко В.А., Аргунов Г.Ф., Малютенко Т.Л., Бондарєв Д.І., Петрушевський А.О., Чинченко О.Г./ Под ред. Харченко В.П.: – К. : НАУ, 2017. – 120 с.

2. Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі: наукові матеріали. В 3-х томах. Том 2. Інтегровані корпоративні моделі для колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному повітряному просторі в умовах ризику і невизначеності / Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Знаковська Є.А., Бугайко Д.О., Луппо О.Є., Лазоренко В.А., Аргунов Г.Ф. Мухіна М.П., Малютенко Т.Л., Кузьменко Н.С., Бондарєв Д.І., Петрушевський А.О., Шостак О.В., Благая Л.В./ Под ред. Харченко В.П.: – К. : НАУ, 2017. – 120 с.

3. Шмельова Т.Ф. Науково-методологічні основи моделювання підтримки прийняття рішень в аеронавігаційній системі: автореф. дис. доктора техн. наук: 05.22.13 / Т.Ф.Шмельова. – К., 2013. – 41 с.

4. Шмельова Т.Ф. Науково-методологічні основи моделювання підтримки прийняття рішень в аеронавігаційній системі: дис. доктора техн. наук: 05.22.13 / Т.Ф.Шмельова. – К., 2013. – 418 с.

2.5 Очікувані наукові результати і порядок їхньої реалізації

2.5.1 Очікувані наукові результати

  В наслідок виконання наукової роботи мають бути отримані такі наукові результати:

- детальний аналіз сучасних авіахімічних систем, які використовуються в авіації;

- технологія виконання авіахімічних робіт авіаційними працівниками;

- визначення критеріїв ефективності літальних апаратів при виконанні авіахімічних робіт;

- визначення оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі ;

- визначення програмного методу розрахунку оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі.

2.5.2 Порядок реалізації результатів

Отримані наукові результати повинні бути придатними до використання:

- в процесі підготовки студентів, які навчаються за напрямом підготовки “Обслуговування повітряного руху”;

-  на підприємствах обслуговування повітряного руху під час виконання авіахімічних робіт;

-  в подальшому моделюванні та удосконаленні представленої системи підтримки прийняття рішення.

Очікувані наукові результати мають сприяти створенню нового класу систем підтримки прийняття рішень в авіації.

2.6 Вимоги до виконання роботи

Дипломна робота повинна виконуватись у відповідності до методичних рекомендацій до виконання магістерських дипломних робіт для студентів напряму підготовки 6.070102 “Аеронавігація» та ДСТУ 3973-2000” “СРППВ. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення”.

Пояснювальна записка виконується у відповідності до вимог ДСТУ 3008-95 “Документація. Звіти у сфері науки і техніки”.

2.7 Етапи роботи і терміни їх виконання

Таблиця 2.1 - Етапи роботи і терміни їх виконання

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Етапи  Роботи | Зміст етапу | Терміни | | Форма звітності |
| Початок | Закінчення |
| 1. Огляд літальних апаратів при виконанні авіахімічних робіт | Особливості авіаційного оприскування. Способи виконання авіахімічних робіт. |  |  | Підрозділ 1.1 |
| Види та опис ЛА, що використовуються в авіахімічних роботах |  |  | Підрозділ 1.2 |
| Ліцензування персоналу |  |  | Підрозділ 1.3 |
| Визначення об`ємів, видів і агротехнічного терміну авіахім. робіт в господарстві і заключення договорів на їх виконання |  |  | Підрозділ 1.4 |
| Вимоги до авіахімічних робіт |  |  | Підрозділ 1.5 |

Продовження табл. 2.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Етапи  Роботи | Зміст етапу | Терміни | | Форма звітності |
| Початок | Закінчення |
| 2. Технічне завдання на дипломну роботу | Найменування дипломної роботи |  |  | Підрозділ 2.1 |
| Підстава для проведення дипломної роботи |  |  | Підрозділ 2.2 |
| Мета і призначення роботи |  |  | Підрозділ 2.3 |
| Вихідні дані для проведення роботи |  |  | Підрозділ 2.4 |
| Очікувані наукові результати і порядок їхньої реалізації |  |  | Підрозділ 2.5 |
| Вимоги до виконання роботи |  |  | Підрозділ 2.6 |
| Етапи роботи і терміни їх виконання |  |  | Підрозділ 2.7 |

Продовження табл. 2.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Етапи  Роботи | Зміст етапу | Терміни | | Форма звітності |
| Початок | Закінчення |
| 3. Прийняття рішень в умовах невизначеності | Критерій Вальда |  |  | Підрозділ 3.1 |
| Критерій Лапласа |  |  | Підрозділ 3.2 |
| Критерій Севіджа |  |  | Підрозділ 3.3 |
| Критерій Гурвиця |  |  | Підрозділ 3.4 |
| Метод експертних оцінок |  |  | Підрозділ 3.5 |
| 4. Методи визначення оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт в колективному повітряному просторі | Передпольотне планування та вимоги |  |  | Підрозділ 4.1 |
| Алгоритм знаходженя оптимального варіанту проведення авіахім. робіт |  |  | Підрозділ 4.2 |

# РОЗДІЛ 3. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

## 3.1 Критерій Вальда

Критерій Вальда є «найбезпечнішим». Згідно з ним, оптимальною альтернативою буде та, яка забезпечує найкращий результат серед усіх можливих альтернатив при найгіршому збігу обставин.

Якщо результати відображають показники, що підлягають мінімізації (збитки, витрати, втрати і т.д.), то критерій Вальда орієнтується на "мінімакс" (мінімум серед максимальних значень втрат всіх альтернатив).

Якщо в якості результатів альтернатив фігурують показники прибутку, доходу та інших показників, які треба максимізувати (за принципом "чим більше, тим краще"), то шукається "максімін" виграшу (максимум серед мінімальних виграшів). Тут і далі для всіх критеріїв в тексті ми будемо розглядати саме такий випадок, коли результат показує якийсь виграш.

За критерієм Вальда оцінкою i-й альтернативи є її найменший виграш:

*Wi =*min(*xij*)*, j = 1..M* (3.1)

Оптимальною визнається альтернатива з максимальним найгіршим виграшем:

*Х\* = Хk, Wk =*max(*Wi*)*, i = 1..N* (3.2)

## 3.2 Критерій Лапласа

Критерій Лапласа спирається на принцип недостатнього обґрунтування. Оскільки ми можемо обґрунтовувати більшу чи меншу імовірність одного стану системи відносно іншого, то можемо зробити висновок, що всі стани системи рівноймовірні. Користуючись рівноймовірністю станів і критерієм “значення, що очікується”, знайдемо максимум за стратегіями, формула 3.3 – якщо матриця описує прибутки, формула 3.4 – якщо витрати:

(3.3)

(3.4)

## 3.3 Критерій Севіджа

Критерій мінімакс іноді може привести до нелогічних висновків. Класичним прикладом є матриця втрат:

Табл. 3.1 – Приклад матриці втрат

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | b1 | b2 |
| a1 | 11000 | 90 |
| a2 | 10000 | 10000 |

Застосування мінімаксу дає a1, але в будь-якому випадку втрачаємо 10000; при a1 існує імовірність, що стан буде b2 і тоді ми втратимо лише 90. Критерій Севіджа виправляє становище введенням нової матриці втрат, яку визначають наступним чином:

(3.5)

Перша альтернатива в даній формулі використовується якщо вихідна матриця є матрицею прибутку, а друга альтернатива – для матриці втрат.

Ця матриця має назву “матриця жалкування”. Застосуємо критерій Севіджа до прикладу:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | b1 | b2 |
| a1 | 1000 | 0 |
| a2 | 0 | 9900 |

Виходячи з мінімаксу обираємо a1.

Незалежно від того, що визначає вихідна матриця (втрати чи прибуток), матриця жалкування дає завжди втрати, тому для вибору дії з матриці завжди використовують мінімаксний критерій.

## 3.4 Критерій Гурвиця

Цей критерій за допомогою коефіцієнтів, які обираються суб’єктивно, встановлює точку зору особи, що приймає рішення, на ситуацію: від тотального оптимізму до тотального песимізму.

Для прибутку :



(3.6)

Для втрат:



(3.7)

Тут **∈**[0,1]– коефіцієнт оптимізму:

при a = 0 – тотальний песимізм;

при a = 1 – тотальний оптимізм;

при а = 1/2 – відсутність схильності в той чи інший бік.

## 3.5 Метод експертних оцінок

Методи експертних оцінок – це спосіб прогнозування та оцінки майбутніх результатів дій на основі прогнозів фахівців.

При застосуванні методу експертних оцінок проводиться опитування спеціальної групи експертів (5–7 осіб) з метою визначення певних змінних величин, необхідних для оцінки досліджуваного питання. До складу експертів слід включати людей з різними типами мислення – образне і словесно-логічне, що сприяє успішному розв'язанню проблеми.

Залучені експерти можуть висловити свою думку щодо найкращих способів мобілізації резервів, залучення інвестицій, строків досягнення поставлених завдань, критеріїв відбору оптимальних варіантів рішення тощо.

Необхідною умовою ефективного застосування методів експертної оцінки є достатня обізнаність експерта з досліджуваної проблеми, високий рівень ерудиції, здатність його давати чіткі вичерпні відповіді, до того ж експромтом. Крім того, експерт не повинен бути зацікавленим в тому чи іншому варіанті вирішення поставленої перед ним проблеми. Експерти підбираються за ознакою їх формального професійного статусу – посади, наукового ступеня, стажу роботи та ін. Такий підбір сприяє тому, що в число експертів потрапляють високопрофесійні, з великим практичним досвідом у даній галузі спеціалісти.

Отже, методи експертної оцінки вимагають ретельної підготовки експертів, робота яких містить:

* 1) чітке визначення мети і завдань, а в деяких випадках об'єднання та систематизація висновків;
* 2) набір достатньо компетентних незалежних експертів в області відповідних об'єктів;
* 3) обговорення питання в групі експертів чи виключення безпосереднього спілкування між ними;
* 4) надання учасникам експертизи на кожному наступному етапі результатів і висновків попереднього етапу. Це дає змогу зробити певні висновки, які поділяють більшість експертів;
* 5) вибір оптимально підходящих методів обробки висновків експертів;
* 6) точне формулювання підсумкових висновків в експертній роботі.

Метод експертних оцінок – це фактично метод прогнозування, основоположним критерієм якого є досягнення згоди серед усіх членів експертної групи. Організаційно це виглядає так. Експерти, обізнані у взаємопов'язаних сферах діяльності, детально відповідають на питання анкети, пов'язаної з досліджуваною проблемою. Кожен з них фіксує свою думку про проблему, а потім повідомляє про відповідь своїм колегам. У випадку розбіжності його прогнозу з думкою інших, експерт зобов'язаний пояснити причину такої невідповідності. Далі процедура повторюється до тих пір, поки думки експертів не збіжаться. При цьому потрібно дотримуватися анонімності, що допомагає уникнути можливості групових роздумів над проблемною ситуацією.

Завдяки застосуванню експертних оцінок отримують два види інформації, на підставі якої вирішуються два види завдань різної значимості і на різних рівнях управління:

* 1. Інформація про поодинокі причинно-наслідкові зв'язки в конкретних умовах місця і часу. Здебільшого цю інформацію одержують в результаті опитування керівників виробничих підрозділів підприємства (бригадири, керівник відділення, начальник цеху) та робітників. Вона призначена для пошуку напрямів підвищення ефективності виробництва і реалізації продукції шляхом встановлення причин непродуктивного використання ресурсів та формування дієвих заходів щодо їх усунення.
* 2. Інформація про типові взаємозв'язки досліджуваних економічних явищ і процесів. Таку інформацію здатні надати тільки експерти високого класу, професіонали, глибоко обізнані з сутністю та закономірностями прояву вказаних явищ за різних умов господарювання.

Основними завданнями, які найчастіше вирішуються на практиці на основі отриманої від експертів інформації, є:

* – ранжування (впорядкування, розміщення в порядку зростання чи спадання) факторів та відповідних показників, що їх характеризують, за їх значимістю в розвитку досліджуваного явища, процесу;
* – ранжування підприємств чи їх структурних виробничих підрозділів (бригад, цехів, ділянок) за рейтингом, в основу якого покладено сукупність різних показників, що характеризують результати фінансово-господарської діяльності чи окремих її видів (фінансовий стан, рентабельність, платоспроможність тощо);
* – попередня оцінка виконання плану за певним показником.

Цільовий аналіз, що ґрунтується на результатах експертних оцінок, здійснюється у декілька етапів:

* 1. Визначення мети дослідження.
* 2. Визначення необхідного кількісного та якісного складу групи експертів.
* 3. Створення групи експертів.
* 4. Визначення способу опитування.
* 5. Складання програми обстеження і анкети (листка) опитування.
* 6. Проведення опитування.
* 7. Зведення, групування та аналіз отриманої від експертів інформації.
* 8. Узагальнення результатів експертизи і розробка можливих варіантів рішень для досягнення поставленої мети.

Всі експертні методи поділяються на дві групи – індивідуальні і колективні – та підгрупи (рис. 3.1).

**Індивідуальні експертні методи** – це використання думок експертів, які сформульовані особисто кожним із них самостійно без врахування думок інших експертів. До індивідуальних експертних методів належать: інтерв'ю та анкетування.

Сутність методу інтерв'ю полягає в організації співбесіди аналітика з експертом, в ході якої експерт дає відповіді на запитання аналітика щодо факторів впливу на досліджуваний об'єкт, очікуваних результатів господарювання, невикористаних резервів, шляхів виходу з кризи, напрямів підвищення ефективності виробництва тощо.

Метод анкетування (аналітичного експертного оцінювання) полягає в наданні експертом письмових відповідей на запитання анкети. Проте цей метод має певні недоліки, зокрема експерт може не зрозуміти запитання анкети, проявити суб'єктивізм, небажання критикувати керівництво і залишати свою письмову відповідь тощо.



Рис. 3.1. Основі види методів експертних оцінок

Основними перевагами індивідуальних методів експертних оцінок є простота організації обстеження, зрозумілість, врахування і використання набутих знань і досвіду кожного експерта. Обмеженням застосування цих методів виступає обмеженість знань, інформації експертів з суміжних сфер діяльності. Виходячи з цього, більшого поширення на практиці набули колективні експертні методи.

**Колективні експертні методи** – це методи, які забезпечують формування єдиної спільної думки в результаті взаємодії залучених фахівців-експертів.

Серед колективних методів експертної оцінки виділяють: метод комісії (у тому числі проведення виробничих нарад, конференцій, семінарів, дискусій за "круглим столом"), методи Дельфі, відстороненого оцінювання, конференція ідей та ін.

Метод комісії полягає у вироблені експертами кращого варіанта досягнення поставленої мети з урахуванням усіх висловлених на нараді пропозицій, ідей.

Позитивною ознакою цього методу є можливість залучення для експертизи фахівців з широким діапазоном знань із суміжних областей науки та практики. Негативним є можливий суб'єктивізм, наявні стереотипи мислення, що склалися в експертів, їх схильність до компромісу.

Метод відстороненого оцінювання полягає у виборі оптимального незалежного рішення із числа висловлених експертами на нараді. Робота наради поділена на дві частини: висунення ідей та їх критичний аналіз.

**Метод Дельфі** – один із методів колективної експертної оцінки, який передбачає проведення експертного опитування серед групи спеціалістів у кілька турів (частіше у 3–4 тури) для вибору найкращого із рішень. Метод Дельфі, або як його ще називають дельфійський метод, метод дельфійського оракула, отримав свою назву із назви містечка Дельфі у Стародавній Греції, в якому жили оракули-провидці при храмі бога Аполлона. Слово головного оракула не підлягало сумніву та приймалося за істину.

Метою застосування методу Дельфі є удосконалення групового підходу до вирішення завдання розробки прогнозу, оцінки за рахунок взаємної критики поглядів окремих спеціалістів, висловлюваних без безпосередніх контактів між ними та при збереженні анонімності думок чи аргументів на їх захист.

В одному з варіантів цього методу пряме обговорення замінюється обміном інформацією з використанням спеціально розроблених запитальників. Можливе також застосування особливих прийомів опитування через ЕОМ.

Згідно з методом Дельфі учасників просять висловити свої думки, обґрунтувати їх, а в кожному наступному турі опитування їм видається нова, уточнена, інформація щодо висловлених думок, яку одержують в результаті розрахунку збігу думок за раніше виконаними етапами роботи. Цей процес продовжується до практично повного збігу думок. Після цього фіксуються думки, які не збігаються.

Цей метод успішно застосовується у маркетингу. Його використовують для того, щоб зробити експертне прогнозування шляхом організації системи збирання та математичної обробки експертних оцінок.

Конференція ідей подібна до мозкового штурму, але відрізняється від нього темпом проведення нарад та дозволеною короткою доброзичливою критикою ідей у формі реплік і коментарів. При цьому стимулюється поєднання кількох пропозицій, фантазування, що сприяє підвищенню якості ідей.

Всі висунуті ідеї занотовуються у протоколі без указування їх авторів. До складу учасників конференції ідей включаються не лише висококваліфіковані фахівці, а й новачки, неспеціалісти – не заангажовані і здатні висувати свіжі, нові, неординарні підходи.

Отже, методи експертних оцінок відіграють важливу роль в економічних дослідженнях, особливо у проведенні стратегічного і функціонально-вартісного аналізу. Застосування цих методів дає змогу визначити, наприклад, обсяг і структуру споживання продуктів харчування, товарів чи послуг населенням за значним колом показників, тоді як застосування інших методів аналізу ускладнене через відсутність необхідної інформації.

У практичних маркетингових дослідженнях метод експертних оцінок можна використовувати для розробки середньо- та довгострокових прогнозів структури попиту на товари широкого вжитку; прогнозування вказаної структури на наступний рік; визначення груп потенційних споживачів; а також для оцінки обсягу незадоволеного попиту за групами і видами товарів. Наприклад, метод експертної оцінки споживчої вартості товару і ціни на нього – метод із групи нормативно-параметричних методів ціноутворення. Він базується на результатах опитування чи результатах суджень колективу експертів про можливу цінність товару на ринку, попиту на нього і висуванні пропозицій про його ціну.

## Висновок до Розділу 3

При прийнятті рішень в умовах невизначеності, коли імовірності можливих варіантів обставин невідомі, можуть бути використані ряд критеріїв, вибір кожного з яких, нарівні з характером задачі, що вирішується, поставлених цільових установок і обмежень, залежить також від схильності до ризику осіб, що приймають рішення.

До числа класичних критеріїв, які використовуються при прийнятті рішень в умовах невизначеності, можна віднести: принцип недостатнього обгрунтування Лапласа, максимінний критерій Вальда; мінімаксний критерій Севіджа; критерій узагальненого максиміну (песимізму - оптимізму) Гурвіца. Що й описані у даному розділі.

А, також, описується метод експертних оцінок, що використовують для аналізу об'єктів і проблем, розвиток яких повністю або частково не піддається математичній формалізації, а ,також, при недостатній повноті інформації про об'єкт, тобто для яких важко розробити адекватну модель.

# 

# РОЗДІЛ 4. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПРОВЕДЕННЯ АВІАХІМІЧНИХ РОБІТ В КОЛЕКТИВНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ

## 4.1 Передпольотне планування та вимоги

Для виконання робочих польотів при авіаційному застосуванні пестицидів у сільському господарстві повинні використовуватись постійні, або тимчасові аеродроми, вертодроми, пункти дистанційного пілотування (станції наземного керування) (ПДП), які мають санітарний паспорт або дозвіл на право експлуатації.

Сільськогосподарські угіддя, які визначені для авіахімічних обробок, повинні бути нанесені на карти–схеми землекористування, що погоджуються з Держпродспоживслужбою і Міністерством екології та природних ресурсів. Застосування пестицидів авіаційним методом у сільському господарстві повинне здійснюватися в ранкові та вечірні години, при дозволеній швидкості руху повітря та температурі не вище 22 градусів тепла. Необхідно надавати перевагу таким формам препаратів і методам обробки, які мінімізують забруднення ними навколишнього середовища (гранули, важкі аерозолі, обробка по краю, обробка по діагоналі, тощо), а також використанню комбінованих препаратів, що підвищують ефективність обробок при зменшенні норм витрат пестицидів. Тобто у разі застосування ПС для авіахімічних робіт було визначена ефективність (переваги) різних видів ПС: літаків класу малої авіації, вертольотів, вертольоти, надлегких літальних апаратів (НЛА), безпілотних літальних апаратів (БПЛА)за допомогою методу експертних оцінок за критеріями: економічна ефективність (ЕЕ), безпека (Б), ефективність (Е), регулярність (Р). Виконання авіаційних робіт по застосуванню пестицидів у сільському і лісовому господарстві повинно здійснюватися у відповідності до вимог "Державних санітарних правил авіаційного застосування пестицидів і агрохімікатів у народному господарстві України", ДСП 382-96, затверджених наказом МОЗ України від 18.12.96 р. № 382, Держаних санітарних правил ДСП 8.8.1.2.001-98 «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві». Авіаційним методом можуть бути застосовані тільки ті пестициди і агрохімікати, що пройшли державну реєстрацію і включені в "Перелік препаратів, дозволених до авіаційного застосування в Україні", (погоджується Міністерством охорони здоров'я, Мінекобезпеки і затверджується Укрдержхімкомісією). Відповідальність за дотримання вимог санітарних правил і норм при авіаційному застосуванні пестицидів покладається на замовника виконання авіаційних робіт та власника повітряних суден сільгоспавіації. Авіаційні працівники (пілоти, техніки, інженери, мийники), а також працівники замовника (робітники завантажувального майданчика, сигнальники) повинні мати допуск на право здійснення робіт з пестицидами і агрохімікатами, який видається після проходження медичного огляду і спеціального навчання керівниками підприємств, в яких вони працюють. Медичний огляд та надання дозволу авіаційним працівникам на право здійснення робіт з пестицидами і агрохімікатами здійснюється у відповідності з "Положенням про медичний огляд працівників певних категорій" ([z0136-94](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/z0136-94)), затвердженим Міністерством охорони здоров'я, та "Правилами і порядком медичної сертифікації авіаційного персоналу і осіб, які не належать до авіаційного   персоналу", що затверджуються Міністерством транспорту, та згідно вимог ДСП 382-96. За три доби до початку проведення авіаційних обробок замовник робіт повинен здійснити запобіжні заходи згідно з вимогами ДСП 382-96 (оповістити населення (радіо, преса) про місце, час, терміни проведення авіаційних робіт пестицидами та агрохімікатами; встановити спеціальні попереджувальні знаки на відстані 300 м від місця обробки). При застосуванні пестицидів за допомогою авіації необхідно суворо витримувати визначені ДСП 382-96 санітарно-захисні зони від ділянок авіахімічних обробок до інших об'єктів (населених пунктів, тваринницьких і птахоферм, джерел водопостачання, тощо). Встановлена на повітряному судні авіахімапаратура, повинна мати сертифікат та бути відрегульована відповідно до норм витрати і технології застосування препарату. Всі роботи по приготуванню робочих розчинів пестицидів та завантаженню їх в баки обприскувача повітряного судна повинні проводитися з максимальним використанням засобів механізації та герметизації. Режим праці і відпочинку екіпажів, санітарно побутове обслуговування їх в місцях тимчасового проживання та лабораторний контроль при застосуванні пестицидів повинні здійснюватися згідно з вимогами ДСП 382-96 та методичних вказівок по організації державного санепіднагляду при авіаційному застосуванні пестицидів.

## 4.2 Алгоритм знаходженя оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт

*Алгоритм №1*

*застосування методу експертних оцінок*

1. Розроблення анкети для експертного опитування (приклади в Додатку А) і проведення експертного опитування
2. Будова матриці індивідуальних переваг

*Anxn=(aii) (i=1,n)* (4.1)

1. Визначення системи індивідуальних переваг j-го експерта:

, j=1,n (4.2)

1. Будова матриці групових переваг:

*Anxm=(aii) (i=1,n, j=1,n)* (4.3)

1. Визначення системи групових переваг  за середнім значенням рангів параметрів групи:



(4.4)

1. Визначення міри узгодженості групи експертів

5.1 Дисперсія:



(4.5)

5.2 Середньоквадратичне відхилення:

 (4.6)

5.3 Коефіцієнт варіації:



(4.7)

Якщо ν < 33 % - думки експертів узгоджені, якщо ν *>* 33 % - думки експертів неузгоджені, необхідно повторити експертне опитування або скористатися коефіцієнтом конкордації Кендалла для визначення узгодженості думок експертів за усіма параметрами (процедурам):



(4.8)

де- число однакових рангів в ***j-м*** рядку, що виставив ***j-й*** експерт:

, (4.9)

дисперсія (загальна):

 (4.10)

середня сума рангів за кожним параметром:

(4.11)

Якщо W = 0,6..0,7 - узгодженість думок експертів - висока, якщо W < 0,6 – необхідно повторити експертне опитування.

1. Визначення статистичної значущості коефіцієнту конкордації ***W*** за критерієм χ2



(4.12)

1. Знаходження коефіцієнта рангової кореляції Спірмена для визначення узгодженості *j*-го експерта та групи експертів:



(4.13)

Табл. 4.1 – Ранги групи та ранги і-го експерта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ранги | | Параметри, що оцінюються | | | |
| r1 | r2 | r3 | r4 |
| Rгр- ранги группи | Xi |  |  |  |  |
| Rі–ранги і-го експерта | Yi |  |  |  |  |

1. Статистична значущість коефіцієнта рангової кореляції Спірмена за критерієм Стьюдента



(4.14)

1. Отримання моделі значущості досліджуваних параметрів за узгодженою системою групових переваг експертів:

 (4.15)

1. Кінець задачі

*Алгоритм №2*

*визначення вагових коефіцієнтів*

1. Визначення системи групових переваг експертівза алгоритмом №1
2. Визначення вагових коефіцієнтів:



(4.16)

де, - оцінка, що отримана за припущенням гіпотези про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю параметру;

*Rij*  - ранг *i*-го параметру *j*-го експерту (Ri гр – ранги групи експертів ).



(4.17)

1. Графічна інтерпретація вагових коефіцієнтів
2. Кінець задачі

*Приклад 1.* Задача визначення коефіцієнтів значущості обслуговування літальних апаратів (ЛА) типу літаки, вертольоти, надлегкі літальні апарати, БПЛА і визначення відповідної завантаженості сільськогосподарської зони за допомогою метода експертних оцінок за критеріями економічна ефективність і безпека.

**Критерій безпека.**

*Рішення:*

1).Кожен експерт заповнює матрицю індивідуальних переваг і за допомогою методів парних порівнянь і ранжувань визначає ранги складності виконуваних процедур :

R1 – літаки;

R2 - надлегкі літальні апарати (НЛА);

R3 - БПЛА;

R4 - вертольоти

Табл. 4.2 - Матриця індивідуальних переваг

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти | Σr | R |
| літаки | R1 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| НЛА | R2 | 1 |  | 0,5 | 1 | 2,5 | 1;2 |
| БПЛА | R3 | 1 | 0,5 |  | 1 | 2,5 | 1;2 |
| вертольоти | R4 | 1 | 0 | 0 |  | 1 | 3 |

Система переваг експерта №1

 (4.18)

Згідно виставленим експертом №1 пріоритетам, значущість ЛА наступна:

1-е і 2-і місця - НЛА, БПЛА, R2 = R3 = 1,5

3–е місце - вертольоти; R4 =3

4-е місце - літаки, R1 = 4

2).Складаємо матрицю групових переваг для групи експертів і визначаємо думку групи. Ранги експерта №1 - автора контрольної роботи; експерта №2 - задані згідно з варіантом; експертів №3 - №5

Табл. 4.3 - Матриця групових переваг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Експерти | Процедури | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти |
| ω1 | ω2 | ω3 | ω4 |
| 1 | 4 | 1,5 | 1,5 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 3 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 4 | 4 | 1,5 | 1 | 3 |
| 5 | 4 | 2 | 1 | 2,5 |
| сума | 19 | 8 | 6,5 | 15,5 |
| Rгр | 3,8 | 1,6 | 1,3 | 3,1 |
| R 'гр | 4 | 2 | 1 | 3 |
| Дi | 0,2 | 0,175 | 0,2 | 0,3 |
| σi | 0,447213595 | 0,41833 | 0,447213595 | 0,547722558 |
| υi, % | 11,76877883 | 26,145626 | 34,40104581 | 17,6684696 |

Визначаємо думку групи експертів(середнє) :

 ; (4.19)

Для кожної процедури визначаємо значення Rгр.

Наприклад, при наборі:

Rср1/5=3,8 (4.20)

Визначаємо узгодженість думки групи експертів. Для цього визначаємо дисперсію Дi, середньоквадратичне відхилення σi, коефіцієнт варіації υi. Якщо υ≤ 33 %, то думка експертів погоджена.

Дисперсія для кожної процедури:



(4.21)

Дисперсія для набору: Д2/4=0,175

Визначаємо середньоквадратичне відхилення:

 (4.22)

 (4.23)

Визначуваний коефіцієнт варіації для кожної процедури:

 (4.24)

< 33% (4.25)

Коефіцієнт варіації (< 33 % це означає, що думки експертів по оцінюванню складності процедури набір, співпадають. Для оцінювання узгодженості по усіх процедурах необхідно скористатися коефіцієнтом конкордації Кендалла або повторити опитування експертівю

Система переваг групи експертів:

 (4.26)

**6.** Визначимо узгодженість думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації ***W*.**

Коефіцієнт конкордації найчастіше розраховується по формулі, запропонованою Кендаллом:

= 0,977273 (4.27)

- сума квадратів різниць(відхилень) (4.28)

- середнє значення для сумарних рангів ряду. (4.29)

У нашому випадку m=5, n=4.

, (4.30)

*S* = (19 - 12,5) 2 + (8 - 12,5) 2 + (6,5 - 12,5) 2 +(15,5 - 12,5) 2 = 42,25+20,25+36+9=107,5

У випадках, коли який-небудь експерт не може встановити рангову відмінність між декількома суміжними чинниками і привласнює їм однакові ранги(що ми і спостерігаємо в нашому випадку), розрахунок коефіцієнта конкордації робиться по формулі

, (4.31)

, (4.32)

де - число однакових рангів в ***j-*** м ряду.

2).Порівняти думку групи і експерта №1 за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Rs.

Порівняємо думки групи експертів і експерта 1 за допомогою рангової кореляції Спірмена :



(4.33)

Табл. 4.4 – Ранги групи та ранги першого експерта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ранги | | ЛА | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | Вертольоти |
| Rгр - ранги групи | xi | 4 | 2 | 1 | 3 |
| R1- ранги експерта №1 | yi | 4 | 1,5 | 1,5 | 3 |

 (4.34)

Оскільки rs = 0,95, то узгодженість думки групи і експерта №1 висока.

3).Визначення коефіцієнтів значущості ЛА при авіахімроботах. Перейдемо від рангів Ri до вагових коефіцієнтів за допомогою методу ранжувань. Метод заснований на припущенні про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю показника ефективності. Вагові коефіцієнти визначаються за формулами:



(4.35)

де, \_- проміжна оцінка;

Rij - ранг i- й процедури для j- го експерта (Ri гр - ранги групи ).

С1=1 -/4=0,25

ω1 =0,25/2,5=0,1

Табл. 4.5 – Вагомі коефіцієнти

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ЛА | Ранг | Ci | ωi |
| Літаки | 4 | 0,25 | 0,1 |
| НЛА | 2 | 0,8 | 0,32 |
| БПЛА | 1 | 0, 875 | 0,35 |
| вертольоти | 3 | 0,575 | 0,23 |

Графік 4.1 – Критерій безпека

**Критерій економічна ефективність.**

*Рішення:*

1).Кожен експерт заповнює матрицю індивідуальних переваг і за допомогою методів парних порівнянь і ранжувань визначає ранги складності виконуваних процедур :

R1 – літаки;

R2 - надлегкі літальні апарати (НЛА);

R3 - БПЛА;

R4 - вертольоти

Табл. 4.6 - Матриця індивідуальних переваг

**Матриця індивідуальних переваг**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти | Σr | R |
| літаки | R1 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| НЛА | R2 | 1 |  | 0 | 1 | 2 | 2 |
| БПЛА | R3 | 1 | 1 |  | 1 | 3 | 1 |
| вертольоти | R4 | 1 | 0 | 0 |  | 1 | 3 |

Система переваг експерта №1

 (4.36)

Згідно виставленим експертом №1 пріоритетам, значущість ЛА наступна:

1-е місце БПЛА, R3 = 1

2-е місце НЛА, R2 = 2

3–е місце - вертольоти; R4 =3

4-е місце - літаки, R1 = 4

2).Складаємо матрицю групових переваг для групи експертів і визначаємо думку групи. Ранги експерта №1 - автора контрольної роботи; експертів №2 - №5 .

Табл. 4.7 - Матриця групових переваг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Експерти | Процедури | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | Вертольоти |
| ω1 | ω2 | ω3 | ω4 |
| 1 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 3 | 4 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 5 | 4 | 2 | 1 | 2 |
| сума | 19 | 9 | 6 | 14 |
| Rгр | 3,8 | 1,8 | 1,2 | 2,8 |
| R 'гр | 4 | 2 | 1 | 3 |
| Дi | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,7 |
| σi | 0,447213595 | 0,4472136 | 0,447213595 | 0,836660027 |
| υi, % | 11,76877883 | 24,8452 | 37,26779962 | 29,88071523 |

Визначаємо думку групи експертів(середнє) :

 ; (4.37)

Для кожної процедури визначаємо значення Rгр.

Наприклад, при наборі:

Rср1/5=3,8

Визначаємо узгодженість думки групи експертів. Для цього визначаємо дисперсію Дi, середньоквадратичне відхилення σi, коефіцієнт варіації υi. Якщо υ≤ 33 %, то думка експертів погоджена.

Дисперсія для кожної процедури:



(4.38)

Дисперсія для набору: Д2/4=0,2

Визначаємо середньоквадратичне відхилення:

 (4.39)

Для набору:

 (4.40)

Визначуваний коефіцієнт варіації для кожної процедури:

 (4.41)

< 33% (4.42)

Коефіцієнт варіації (< 33 % це означає, що думки експертів по оцінюванню складності процедури набір, співпадають. Для процедури «зниження» думка експертів не співпадають. Оскільки для 3-х процедур коефіцієнт варіації (< 33 %, то можна рахувати думку експертів (Rгр) за значимістю процедур погодженим і розподіленим по нормальному закону. Для оцінювання узгодженості по усіх процедурах необхідно скористатися коефіцієнтом конкордації Кендалла або повторити опитування експертів.

Система переваг групи експертів:

 (4.43)

**6.** Визначимо узгодженість думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації ***W*.**

Коефіцієнт конкордації найчастіше розраховується по формулі, запропонованою Кендаллом:

= 0,9 (4.44)

- сума квадратів різниць(відхилень) (4.45)

- середнє значення для сумарних рангів ряду. (4.46)

У нашому випадку m=5, n=4.

, (4.47)

*S* = (19 - 12,5) 2 + (9 - 12,5) 2 + (6 - 12,5) 2 +(14 - 12,5) 2 = 99

У випадках, коли який-небудь експерт не може встановити рангову відмінність між декількома суміжними чинниками і привласнює їм однакові ранги(що ми і спостерігаємо в нашому випадку), розрахунок коефіцієнта конкордації робиться по формулі

, (4.48)

, (4.49)

де - число однакових рангів в ***j-*** м ряду.

2).Порівняти думку групи і експерта №1 за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Rs.

Порівняємо думки групи експертів і експерта 1 за допомогою рангової кореляції Спирмена :



(4.50)

Табл. 4.8 – Ранги групи та першого експерта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ранги | | ЛА | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти |
| Rгр - ранги групи | xi | 4 | 2 | 1 | 3 |
| R1- ранги експерта №1 | yi | 4 | 2 | 1 | 3 |

 (4.51)

Оскільки rs = 0, 9, то узгодженість думки групи і експерта №1 висока.

3).Визначення коефіцієнтів значущості ЛА при авіахімроботах. Перейдемо від рангів Ri до вагових коефіцієнтів за допомогою методу ранжувань. Метод заснований на припущенні про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю показника ефективності. Вагові коефіцієнти визначаються за формулами:



(4.52)

де, \_- проміжна оцінка;

Rij - ранг i- й процедури для j- го експерта (Ri гр - ранги групи ).

С1=1 -/4=0,3

ω1 =0,25/2,5=0,12

Табл. 4.9 – Вагомі коефіцієнти

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ЛА | Ранг | Ci | ωi |
| Літаки | 4 | 0,3 | 0,12 |
| НЛА | 2 | 0,8 | 0,32 |
| БПЛА | 1 | 0,95 | 0,38 |
| вертольоти | 3 | 0,55 | 0,22 |

Графік 4.2 – Критерій економічна ефективність

**Критерій регулярність.**

*Рішення:*

1).Кожен експерт заповнює матрицю індивідуальних переваг і за допомогою методів парних порівнянь і ранжувань визначає ранги складності виконуваних процедур :

R1 – літаки;

R2 - надлегкі літальні апарати (НЛА);

R3 - БПЛА;

R4 - вертольоти

Табл. 4.10 - Матриця індивідуальних переваг

**Матриця індивідуальних переваг**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти | Σr | R |
| літаки | R1 |  | 1 | 1 | 0,5 | 2,5 | 1 |
| НЛА | R2 | 0 |  | 0 | 0 | 0 | 3 |
| БПЛА | R3 | 0 | 1 |  | 0 | 1 | 2 |
| вертольоти | R4 | 0,5 | 1 | 1 |  | 2,5 | 1 |

Система переваг експерта №1

 (4.53)

Згідно виставленим експертом №1 пріоритетам, значущість ЛА наступна:

1-е і 2-і місця – літаки та вертольоти, R1 = R4 = 1

3–е місце - БПЛА; R3 =2

4-е місце - НЛА, R2 = 3

2).Складаємо матрицю групових переваг для групи експертів і визначаємо думку групи. Ранги експерта №1 - автора контрольної роботи; експертів №2 - №5.

Табл. 4.11 - Матриця групових переваг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Експерти | Процедури | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти |
| ω1 | ω2 | ω3 | ω4 |
| 1 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 5 | 1 | 3 | 4 | 1 |
| сума | 6 | 16 | 15 | 6 |
| Rгр | 1,2 | 3,2 | 3 | 1,2 |
| R 'гр | 1 | 3 | 2 | 1 |
| Дi | 0,2 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| σi | 0,447213595 | 0,4472136 | 1 | 0,447213595 |
| υi, % | 37,26779962 | 13,975425 | 33,33333333 | 37,26779962 |

Визначаємо думку групи експертів(середнє) :

 ; (4.54)

Для кожної процедури визначаємо значення Rгр.

Наприклад, при наборі:

Rср1/5=1,2

Визначаємо узгодженість думки групи експертів. Для цього визначаємо дисперсію Дi, середньоквадратичне відхилення σi, коефіцієнт варіації υi. Якщо υ≤ 33 %, то думка експертів погоджена.

Дисперсія для кожної процедури:



(4.55)

Дисперсія для набору: Д2/4=0,2

Визначаємо середньоквадратичне відхилення:

 (4.56)

Для набору:

 (4.57)

Визначуваний коефіцієнт варіації для кожної процедури:

 (4.58)

< 33% (4.59)

Коефіцієнт варіації (< 33 % це означає, що думки експертів по оцінюванню складності процедури набір, співпадають. Для процедури «зниження» думка експертів не співпадають. Оскільки для 3-х процедур коефіцієнт варіації (< 33 %, то можна рахувати думку експертів (Rгр) за значимістю процедур погодженим і розподіленим по нормальному закону. Для оцінювання узгодженості по усіх процедурах необхідно скористатися коефіцієнтом конкордації Кендалла або повторити опитування експертів.

Система переваг групи експертів:

 (4.60)

**6.** Визначимо узгодженість думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації *W*.

Коефіцієнт конкордації найчастіше розраховується по формулі, запропонованою Кендаллом:

= 0,936364 (4.61)

- сума квадратів різниць(відхилень) (4.62)

- середнє значення для сумарних рангів ряду.

У нашому випадку m=5, n=4.

, (4.63)

*S* = 103

У випадках, коли який-небудь експерт не може встановити рангову відмінність між декількома суміжними чинниками і привласнює їм однакові ранги(що ми і спостерігаємо в нашому випадку), розрахунок коефіцієнта конкордації робиться по формулі

, (4.64)

, (4.65)

де - число однакових рангів в ***j-*** м ряду.

2).Порівняти думку групи і експерта №1 за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Rs.

Порівняємо думки групи експертів і експерта 1 за допомогою рангової кореляції Спірмена :



(4.66)

Табл. 4.12 – Ранги групи та ранги першого експерта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ранги | | ЛА | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти |
| Rгр - ранги групи | xi | 1 | 3 | 2 | 1 |
| R1- ранги експерта №1 | yi | 1 | 3 | 4 | 2 |

 (4.67)

Оскільки rs = 0,5, то узгодженість думки групи і експерта №1 висока.

3).Визначення коефіцієнтів значущості ЛА при авіахімроботах. Перейдемо від рангів Ri до вагових коефіцієнтів за допомогою методу ранжувань. Метод заснований на припущенні про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю показника ефективності. Вагові коефіцієнти визначаються за формулами:



(4.68)

де, \_- проміжна оцінка;

Rij - ранг i- й процедури для j- го експерта (Ri гр - ранги групи ).

С1=1 -/4=0,95

ω1 =0,25/2,5=0,38

Табл. 4.13 – Вагомі коефіцієнти

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ЛА | Ранг | Ci | ωi |
| літаки | 1 | 0, 95 | 0,38 |
| НЛА | 3 | 0,45 | 0,18 |
| БПЛА | 2 | 0,5 | 0,2 |
| вертольоти | 1 | 0,95 | 0,38 |

Графік 4.3 – Критерій регулярність

**Критерій тривалість польоту.**

*Рішення:*

1).Кожен експерт заповнює матрицю індивідуальних переваг і за допомогою методів парних порівнянь і ранжувань визначає ранги складності виконуваних процедур :

R1 – літаки;

R2 - надлегкі літальні апарати (НЛА);

R3 - БПЛА;

R4 - вертольоти

Табл. 4.14 - Матриця індивідуальних переваг

**Матриця індивідуальних переваг**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти | Σr | R |
| літаки | R1 |  | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| НЛА | R2 | 0 |  | 1 | 0 | 1 | 3 |
| БПЛА | R3 | 0 | 0 |  | 0 | 0 | 4 |
| вертольоти | R4 | 0 | 1 | 1 |  | 2 | 2 |

Система переваг експерта №1

 (4.69)

Згідно виставленим експертом №1 пріоритетам, значущість ЛА наступна:

1-е місце – літаки , R1= 1

2-е місце – вертольоти, R4 = 2

3–е місце - НЛА; R4 =3

4-е місце - БПЛА, R3 = 4

2).Складаємо матрицю групових переваг для групи експертів і визначаємо думку групи. Ранги експерта №1 - автора контрольної роботи; експертів №2 - №5 .

Табл. 4.15 - Матриця групових переваг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Експерти | Процедури | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти |
| ω1 | ω2 | ω3 | ω4 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 2 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| 3 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 5 | 1 | 2,5 | 4 | 2 |
| Сума | 6 | 12,5 | 17 | 7 |
| Rгр | 1,2 | 2,5 | 3,4 | 1,4 |
| R 'гр | 1 | 3 | 4 | 2 |
| Дi | 0,2 | 0,25 | 0,8 | 0,3 |
| Σi | 0,447213595 | 0,5 | 0,894427191 | 0,547722558 |
| υi, % | 37,26779962 | 20 | 26,30668209 | 39,12303982 |

Визначаємо думку групи експертів(середнє) :

 ; (4.70)

Для кожної процедури визначаємо значення Rгр.

Наприклад, при наборі:

Rср1/5=1,2

Визначаємо узгодженість думки групи експертів. Для цього визначаємо дисперсію Дi, середньоквадратичне відхилення σi, коефіцієнт варіації υi. Якщо υ≤ 33 %, то думка експертів погоджена.

Дисперсія для кожної процедури:



(4.71)

Дисперсія для набору: Д2/4=0,25

Визначаємо середньоквадратичне відхилення:

 (4.72)

Для набору:

 (4.73)

Визначуваний коефіцієнт варіації для кожної процедури:



(4.74)

< 33% (4.75)

Коефіцієнт варіації (< 33 % це означає, що думки експертів по оцінюванню складності процедури набір, співпадають. Для процедури «зниження» думка експертів не співпадають. Оскільки для 3-х процедур коефіцієнт варіації (< 33 %, то можна рахувати думку експертів (Rгр) за значимістю процедур погодженим і розподіленим по нормальному закону. Для оцінювання узгодженості по усіх процедурах необхідно скористатися коефіцієнтом конкордації Кендалла або повторити опитування експертів.

Система переваг групи експертів:

 (4.76)

**6.** Визначимо узгодженість думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації ***W*.**

Коефіцієнт конкордації найчастіше розраховується по формулі, запропонованою Кендаллом:

= 0,843182 (4.77)

- сума квадратів різниць(відхилень) (4.78)

- середнє значення для сумарних рангів ряду. (4.79)

У нашому випадку m=5, n=4.

, (4.80)

*S* = 92,75

У випадках, коли який-небудь експерт не може встановити рангову відмінність між декількома суміжними чинниками і привласнює їм однакові ранги(що ми і спостерігаємо в нашому випадку), розрахунок коефіцієнта конкордації робиться по формулі

, (4.81)

, (4.82)

де - число однакових рангів в ***j-*** м ряду.

2).Порівняти думку групи і експерта №1 за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Rs.

Порівняємо думки групи експертів і експерта 1 за допомогою рангової кореляції Спірмена :



(4.83)

Табл. 4.16 – Ранги групи та першого експерта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ранги | | ЛА | | | |
| літаки | НЛА | БПЛА | Вертольоти |
| Rгр - ранги групи | xi | 1 | 3 | 4 | 2 |
| R1- ранги експерта №1 | yi | 1 | 2 | 3 | 1 |

 (4.84)

Оскільки rs = 0,7, то узгодженість думки групи і експерта №1 висока.

3).Визначення коефіцієнтів значущості ЛА при авіахімроботах. Перейдемо від рангів Ri до вагових коефіцієнтів за допомогою методу ранжувань. Метод заснований на припущенні про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю показника ефективності. Вагові коефіцієнти визначаються за формулами:



(4.85)

де, \_- проміжна оцінка;

Rij - ранг i- й процедури для j- го експерта (Ri гр - ранги групи ).

С1=1 -/4=0,95

ω1 =0,25/2,5=0,38

Табл. 4.17 – Вагомі коефіцієнти

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ЛА | Ранг | Ci | ωi |
| літаки | 1 | 0,95 | 0,38 |
| НЛА | 3 | 0,625 | 0,25 |
| БПЛА | 4 | 0,4 | 0,16 |
| вертольоти | 2 | 0,9 | 0,36 |

Графік 4.4 – Критерій тривалість польоту

Табл. 4.18 – Ранги групи по всім критеріям

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| критерії | літаки | НЛА | БПЛА | Вертольоти |
| безпека | 3,8 | 1,6 | 1,3 | 3,1 |
| економічна ефективність | 3,8 | 1,8 | 1,2 | 2,8 |
| регулярність | 1,2 | 3,2 | 3 | 1,2 |
| тривалість польоту | 1,2 | 2,5 | 3,4 | 1,4 |

Табл. 4.19 - R 'гр по всім критеріям

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| критерії | літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти |
| безпека | 4 | 2 | 1 | 3 |
| економічна ефективність | 4 | 2 | 1 | 3 |
| регулярність | 1 | 3 | 2 | 1 |
| тривалість польоту | 1 | 3 | 4 | 2 |

Табл. 4.20 – Вагомі коефіцієнти по всім критеріям

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерії |  | літаки | НЛА | БПЛА | вертольоти |
| Безпека | w | 0,1 | 0,32 | 0,35 | 0,23 |
| економічна ефективність | w | 0,12 | 0,32 | 0,38 | 0,22 |
| регулярність | w | 0,38 | 0,18 | 0,2 | 0,38 |
| Тривалість польоту | w | 0,38 | 0,25 | 0,16 | 0,36 |

Графік 4.5 – Вагомі коефіцієнти кожного ПС по всім критеріям

Табл. 4.21 – Визначення по критеріям Вальда, Лапласа та Гурвиця

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Безпека | Економ. ефект. | Регулярність | Тривалість польоту | W | L | H |
| Літаки | 0,1 | 0,12 | 0,38 | 0,38 | 0,1 | 0,245 | 0,38 |
| НЛА | 0,32 | 0,32 | 0,18 | 0,25 | 0,18 | 0,268 | 0,32 |
| БПЛА | 0,35 | 0,38 | 0,2 | 0,16 | 0,16 | 0,273 | 0,38 |
| Вертольоти | 0,23 | 0,22 | 0,38 | 0,36 | 0,22 | 0,298 | 0,38 |

Табл. 4.22 – Визначення по критерію Севіджа

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | Minmax |
| літаки | 0,28 | 0,26 | 0 | 0 | 0,28 |
| НЛА | 0 | 0 | 0,0875 | 0,07 | 0,0875 |
| БПЛА | 0,03 | 0 | 0,0725 | 0,22 | 0,22 |
| вертольоти | 0,15 | 0,16 | 0 | 0,02 | 0,16 |

Графік 4. 6 – Значення вагомих коефіцієнтів по кожному критерію

Табл. 4.23 – Вартість експлуатації кожного ЛА по всім критеріям

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | безпека | економічна ефективність | регулярність | тривалість польоту | $ |
| літаки | 200000 | 250000 | 350000 | 350000 | 287500 |
| НЛА | 400000 | 400000 | 100000 | 200000 | 275000 |
| БПЛА | 300000 | 500000 | 200000 | 100000 | 275000 |
| вертольоти | 100000 | 250000 | 350000 | 350000 | 262500 |
|  | 1000000 | 1400000 | 1000000 | 1000000 | 1100000 |

Графік 4.7 – Вартість експлуатації кожного ЛА по всім критеріям

## Висновок до розділу 4

Виконання авіаційних робіт по застосуванню пестицидів повинно здійснюватися у відповідності до вимог "Державних санітарних правил авіаційного застосування пестицидів і агрохімікатів у народному господарстві України", ДСП 382-96, затверджених наказом МОЗ України від 18.12.96 р. № 382, Держаних санітарних правил ДСП 8.8.1.2.001-98 «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві». Авіаційним методом можуть бути застосовані тільки ті пестициди і агрохімікати, що пройшли державну реєстрацію і включені в "Перелік препаратів, дозволених до авіаційного застосування в Україні", (погоджується Міністерством охорони здоров'я, Мінекобезпеки і затверджується Укрдержхімкомісією).

Для знаходження оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт ми застосували 2 алгоритма: метод експертних оцінок та визначення вагових коефіцієнтів. Оцінювали ми по таким критеріям: безпека, економічна ефективність, регулярність та тривалість польоту. Найбезпечнішим та найбільш економічно ефективним виявились безпілотні літальні апарати. Але, по регулярності вертольоти та літаки розділяють перше місце, по тривалості польоту літаки. Найменш безпечні та найменш економічно ефективні – літаки, по критерію регулярності програють надлегкі літальні апарати, а по тривалості польоту БПЛА.

# Загальний висновок

Найбільш універсальним способом застосування пестицидів та у порівнянні з іншими видами обробки є оприскування.

При авіахімічних роботах застосовуються легкі повітряні судна, які пройшли сертифікацію і отримали допуск до виконання авіаційно-хімічних робіт, такі як літаки АН-2, НАРП-1 і Х-32, а також вертольоти Мі-2 та безпілотні літальні апарати.

В Україні діють, єдині для всіх, правила щодо проведення авіахімробіт з пестицидами та агрохімікатами. Умови і послідовність виконання організаційних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, що спрямовані на запобігання шкідливої дії пестицидів і агрохімікатів на здоров’я людей, регламентуються Законом України та державними санітарними правилами. Вказані документи є обов’язковими для виконання підприємствами, установами і організаціями, а також громадянами, незалежно від форм власності.

До числа класичних критеріїв, які використовуються при прийнятті рішень в умовах невизначеності, можна віднести: принцип недостатнього обгрунтування Лапласа, максимінний критерій Вальда; мінімаксний критерій Севіджа; критерій узагальненого максиміну (песимізму - оптимізму) Гурвіца. Та , також, метод експетних оцінок.

В даній роботі для знаходження оптимального варіанту проведення авіахімічних робіт ми застосували метод експертних, визначали вагомі коефіцієнти. Оцінювали ми по таким критеріям: безпека, економічна ефективність, регулярність та тривалість польоту. Найбезпечнішим та найбільш економічно ефективним виявились безпілотні літальні апарати. Але, по регулярності вертольоти та літаки розділяють перше місце, по тривалості польоту літаки. Найменш безпечні та найменш економічно ефективні – літаки, по критерію регулярності програють надлегкі літальні апарати, а по тривалості польоту БПЛА.

# Основні джерела

1. Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі: наукові матеріали. В 3-х томах. Том 1. Методичне забезпечення тренажерної підготовки операторів інтегрованої системи управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами /Харченко В. П., Шмельова Т.Ф., Васильєв Д.В., Знаковська Є.А., Луппо О.Є., Лазоренко В.А., Аргунов Г.Ф., Малютенко Т.Л., Бондарєв Д.І., Петрушевський А.О., Чинченко О.Г./ Под ред. Харченко В.П.: – К. : НАУ, 2017. – 120 с.

2. Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі: наукові матеріали. В 3-х томах. Том 2. Інтегровані корпоративні моделі для колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному повітряному просторі в умовах ризику і невизначеності / Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Знаковська Є.А., Бугайко Д.О., Луппо О.Є., Лазоренко В.А., Аргунов Г.Ф. Мухіна М.П., Малютенко Т.Л., Кузьменко Н.С., Бондарєв Д.І., Петрушевський А.О., Шостак О.В., Благая Л.В./ Под ред. Харченко В.П.: – К. : НАУ, 2017. – 120 с.

3. Шмельова Т.Ф. Науково-методологічні основи моделювання підтримки прийняття рішень в аеронавігаційній системі: автореф. дис. доктора техн. наук: 05.22.13 / Т.Ф.Шмельова. – К., 2013. – 41 с.

4. Шмельова Т.Ф. Науково-методологічні основи моделювання підтримки прийняття рішень в аеронавігаційній системі: дис. доктора техн. наук: 05.22.13 / Т.Ф.Шмельова. – К., 2013. – 418 с.

5. Принятие решений в условиях риска и неопределенности [http://www.elitarium.ru/prinjatie-reshenija-risk-neopredelennost-razvitie-vybor alternativa-verojatnost/](http://www.elitarium.ru/prinjatie-reshenija-risk-neopredelennost-razvitie-vybor%20alternativa-verojatnost/)

6. Advantages and disadvantages of UAV [https://www.onlinesciences.com/robotics/unmanned aerialvehicleusesadvantages- and-disadvantages/](https://www.onlinesciences.com/robotics/unmanned%20aerialvehicleusesadvantages-%20and-disadvantages/)

7. Лилиенталь Х-32 Бекас

<https://www.airwar.ru/enc/la/kh32/html>

8. Самолет НАРП-1

<https://www.narp.ua/repairnarp1>

1. Особенности авиационного опрыскивания

<https://www.bigro.ru/potra/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F+%282+%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%B0%29a/main.html>

1. Державні санітарні правила авіаційного застосування пестицидів і агрохімікатів у народному господарстві України

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/en/v038282-96/print>

1. Состояние и перспективы рынка сельскохозяйственной авиации в Украине

<https://pro-consulting.ua/pressroom/sostoyanie-i-perspektivy-rynka-selskohozyajstvennoj-aviacii-v-kraine>

1. Услуги сельхозавиации: опрыскивание полей из самолета

<https://agro-dopomoga.com/uslugi-selhozaviacii-opryskivanie-polej-iz-s569914>