

doi: 10.32620/oikit.2024.101.05

УДК 629+632.9

С. М. Рябіков, І. В. Бичков, І. М. Лисоченко,  
Н. І. Бичков, Г. С. Селезньова

## Розробка та виробництво легких літальних апаратів сільськогосподарського призначення

*Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»*

Питання захисту рослин від хвороб і шкідників стають все актуальнішими. Зміна клімату зумовлює підвищення активності бур'янистих рослин та шкідливих для сільського господарства комах. Через це хімічна обробка полів авіацією у сучасному землеробстві має слугувати справі збереження майбутнього врожаю і в якісному, і в кількісному сенсі. Важливу роль у цьому відіграє біологічний метод захисту рослин, який є досить ефективним і екологічно чистим. Він базується на використанні живих організмів, продуктів їх життєдіяльності та біологічно активних речовин, що регулюють розвиток та розмноження шкідливих організмів рослин. Вченими напрацьовано технології розведення таких зоофагів для захисту рослин від шкідників рослин: трихограма, хижий кліщ фітосейулюс, енкарзія, галиця афідіміза тощо, а також виробництва мікробіологічних препаратів для захисту рослин від хвороб і шкідників, доведено високу ефективність їх застосування. 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), які зареєстровані в державному реєстрі повітряних суден цивільної авіації України та мають сертифікат на право виконання авіаційно-хімічних робіт. Було сформульовано вимоги до характеристик літального апарату, директивні вимоги до технології виробництва, експлуатації та підтримки льотної придатності. Оцінка технологічності виробів, що розглядаються (сільськогосподарських ЛА) не може бути оцінена без урахування експлуатаційної технологічності, яка значною мірою визначає витрати при виконанні робіт у полі. Поряд із вимогами технологічності конструкції літака великого значення набувають так звані експлуатаційні вимоги. Ці вимоги визначають пристосованість конструкції та обладнання для технічного її обслуговування та ремонту в процесі експлуатації літака з урахуванням високої якості робіт, найменшої витрати часу, праці та матеріалів. Задоволення експлуатаційних вимог забезпечує надійність, довговічність літака, високу продуктивність праці під час обслуговування, зниження експлуатаційних витрат та ефективність використання літакового парку. Поява трихограми зажадала розробки спеціальних засобів на її внесення. Спроба використання існуючих засобів показала їх непридатність через низьку їх функціональну ефективність і високу собівартість виконання робіт. Вирішення поставленого завдання виконано шляхом підняття технологічності сільськогосподарського літального апарату при їх виробництві та експлуатації. Це дозволило організувати його серійне виробництво та експлуатацію в багатьох господарствах країни.

**Ключові слова:** авіація, дрон, легкий літак, якість, льотна придатність, технологічність виробу, трудомісткість, експлуатація, ремонт, балка фюзеляжу, двигун, паливний бак, термообробка, штампування, нервюра, елерон, закрилок, стрінгер, шпангоут, трихограма, захист рослин, ентомофаги, посіви, фітотоксичність, селекція, здоров'я людини, шкідники, агротехнології.

### Вступ

Біологічні методи захисту рослин – це один із способів зберегти врожай, звільнити рослини від шкідників та хвороб, при цьому суттєво заощадити практично за нульової шкоди екології. Одним із найбільш ефективних, простих та вигідних біологічних методів є використання трихограми [1, 2]. Історія

використання трихограми досить довга. Вперше про цей біологічний метод захисту рослин було згадано у Великій Британії у першій половині XIX століття. Наприкінці XIX століття вчені почали досліджувати можливість вирощування комах та використання у сільському господарстві. У 30-му році XX століття було запропоновано масове використання комах для боротьби зі шкідниками та збереження врожаю. У вісімдесяті роки XX століття трихограму вносили на чверті всіх орних земель України. Останні тридцять років велася робота з удосконалення технології внесення від ручного розселення до використання малої авіації та дронів.

### **Стан питання**

Одним із ефективних способів використання даного методу захисту рослин, переважно польових та овочевих сільськогосподарських культур, є застосування місцевих видів ентомофагів їх сезонною колонізацією. Для цих цілей, переважно, використовують яйцеїда-трихограму. Її розводять у спеціальних лабораторіях та біофабриках і випускають на посіви сільськогосподарських культур (цукрових буряків, капусти білокачанної та ін.) проти совок, шкідників, плоджорок та ін [3]. Певною перешкодою до широкого використання біологічного методу захисту рослин, зокрема яйцеїда, є відсутність у нашій країні та за кордоном відпрацьованої машинної технології її розселення та серійного виробництва технічних засобів для його реалізації.

В даний час випуск (розселення) трихограми на поля в імагінальному (розвиненому) стані, як правило, проводиться вручну. Зазвичай це відбувається з використанням клейких листочків або капсул із пап'є маше. Щільність внесення на поле 50 точок внесення на гектар. Це трудомісткий та тривалий процес, що знижує ефективність застосування цього способу.

Практикується також розселення трихограми в преімагінальному стані (всередині яєць господарів). Цей спосіб застосовується переважно при використанні літака Ан-2 [4].

Трихограма є легко ушкоджуваним живим організмом. Навіть незначні механічні дії можуть призвести до різкого зниження її біологічної ефективності. Низька норма внесення трихограми 1,0...12,0 г/га, обумовлена природними особливостями, створює значні труднощі при дозуванні та розподілі даного біоматеріалу оброблюваної культурі.

Порівняно висока швидкість польоту літака Ан-2 та його стандартна апаратура для розселення призводили до загибелі понад 30% трихограми. Також для забезпечення необхідного дозування застосовувалася манна крупа як наповнювач з подачею великої кількості води для осадження, що призводить до додаткових витрат.

### **Цілі та завдання**

Реалізація максимально ефективної роботи сільськогосподарського ЛА неможлива поза аналізом виробничого комплексу (ПК) авіаційних хімічних робіт (АХР) як системи, що включає, поряд із власне авіаційною технікою, підсистеми льотно-технічної експлуатації та наземного забезпечення АХР.

Цільовою функцією ПК АХР є виробництво заданих обсягів різних видів обробок сільгоспугідь у строки та з якістю, що відповідає вимогам агротехнології, при мінімумі витрат на виконання робіт. [5]

У масштабі країни об'єктом, що взаємодіє з реалізацією цільових функцій

ПК АХР, є рослинницький сектор сільського господарства, який з позиції АХР характеризується наступним набором параметрів:

- статистичними геометричними параметрами полів, які відводяться під основні культури;
- статистичними умовами рельєфу території сільгоспугідь;
- прогнозованими видами, обсягами та термінами необхідних АХР;
- статистичними кліматичними (погодними) умовами у період виробництва АХР;
- статистичними даними щодо розташування аеродромів постійного базування, спеціалізованих майданчиків та транспортних комунікацій.

Щоб залишатися конкурентоспроможним порівняно з іншими методами застосування, сільськогосподарський літак особливо потребує простоти конструкції у поєднанні із взаємозамінністю та доступністю компонентів та обладнання. Літак повинен мати міцну конструкцію через потенційно небезпечний характер польотів на малих висотах (3...5 метрів), з великою кількістю розворотів, зльотів - посадок і часто за умов високої приземної турбулентності. Також слід зазначити важкі умови експлуатації. Злітно-посадкові майданчики (ВПП) це слабо підготовлені ґрунтові або просто автодороги. Досить часті неповні розбирання та складання легких ЛА для транспортування чи зберігання. Легко обслуговуватися та/або ремонтуватись на віддалених робочих майданчиках. Силова установка має бути комерційно доступною та здатною працювати протягом тривалого періоду роботи з мінімумом проблем та обслуговування.

При виборі параметрів сільськогосподарського ЛА необхідно враховувати:

- параметри, що залежать від конструкції ЛА (вантажопідйомність, робоча швидкість, швидкопідйомність тощо);
- параметри сфери застосування (розміри полів, відстань підльоту тощо);
- параметри спеціального сільськогосподарського обладнання (діапазон дозувань, види робіт тощо).

### Метод вирішення

Попередні дослідження щодо оцінки можливості реалізації поставлених завдань виконувались студентським КБ ХАІ спільно з Харківською обласною станцією захисту рослин. Було розроблено, виготовлено та випробувано кілька варіантів апаратури для розселення трихограми. Проведено порівняльні льотні випробування щодо розселення трихограми за допомогою легкого літака ХАІ-40 (рис. 1) та мотодельтаплану ХАІ-41 (рис. 3).



Рис. 1. Літак ХАІ-40

Літак ХАІ-40 був розроблений для прокладання оптоволоконного кабелю з повітря. Основні вимоги – можливість виконання польоту на малій висоті з високою маневреністю. На рис. 2 показаний літак із встановленим контейнером з кабелем, відеокамерою та апаратурою передачі зображення по кабелю.



Рис. 2. Літак ХАІ-40 з апаратурою зв'язку



Рис. 3. Мотодельтаплан ХАІ-41

В результаті проведених досліджень було сформульовано вимоги до характеристик літального апарату, директивні вимоги до технології виробництва, експлуатації та підтримки льотної придатності.

У рамках цієї статті немає необхідності докладно описувати аналіз усіх можливих підходів розв'язання задачі, тому зупинимося на виборі критерію для оцінки аналізованих варіантів та кінцевого результату. Найбільш інформативним та перспективним для такої неоднозначної постановки завдання є критерій технологічності конструкції.

Технологічність конструкції виробу - це сукупність властивостей виробу, що визначають оптимальні витрати ресурсів при його виробництві та експлуатації для вихідних показників якості, обсягів випуску та умов виконання робіт.

Найбільш повне висвітлення питань технологічності конструкції проведено у роботі [6]: «Технологічність є абсолютним властивістю конструкції. Конструкція технологічна в одних умовах виробництва може виявитися нетехнологічною в інших. Найбільший вплив на технологічність конструкції надає обсяг випуску виробу у зв'язку з тим, що той чи інший технологічний процес є оптимальним тільки при певному обсязі випуску». Але незважаючи на сказане вище, переважна

більшість авторів на перше місце при оцінці кількісних показників технологічності на перше місце ставлять трудомісткість.

За даними дослідження ринку сільськогосподарської авіації для обробки зернових культур в Україні, потрібна кількість літаків подібного класу становить близько 200 штук. Якщо оцінити кількість літаків, що не працюють (ремонт, регламентні роботи) в 30%, то загальну кількість програми виробництва можна оцінити в 260 одиниць. Програма випуску літаків порівняно невелика, тому складні, дорогі, навіть високопродуктивні технологічні процеси можуть програвати простішим і дешевшим [7].

Оцінка технологічності виробів, що розглядаються (сільськогосподарських ЛА) не може бути оцінена без урахування експлуатаційної технологічності, яка значною мірою визначає витрати при виконанні робіт у полі. Поряд із вимогами технологічності конструкції літака великого значення набувають так звані експлуатаційні вимоги. Ці вимоги визначають пристосованість конструкції та обладнання для технічного її обслуговування та ремонту в процесі експлуатації літака з урахуванням високої якості робіт, найменшої витрати часу, праці та матеріалів.

Задоволення експлуатаційних вимог забезпечує надійність, довговічність літака, високу продуктивність праці під час обслуговування, зниження експлуатаційних витрат та ефективність використання літакового парку.

### Отримані результати

Проектування, виготовлення та дослідна експлуатація літака велися СКБ ХАІ на госпдоговірній основі з Харківською обласною станцією захисту рослин. Літак отримав назву ХАІ-48. Літак двомісний, з дубльованою системою керування. Для спрощення конструкції та зниження трудомісткості виготовлення механізація крила була відсутня.

Конструктивне рішення фюзеляжу - балка прямокутного перерізу являв собою клепанний напівмонок з чотирма стрінгерами, тонкою обшивкою та набором шпангоутів. Конструкція практично повторювала фюзеляж ХАІ-40.

Великий обсяг робіт було проведено за конструкцією шасі. Основна стійка шасі з резиношнуровою (ХАІ-40) амортизацією була замінена ресорою зі склопластику - зменшилася номенклатура матеріалів і техпроцесів, що застосовується, зменшилася кількість деталей, зменшилася трудомісткість виготовлення. Немає необхідності періодичного обслуговування у процесі експлуатації.



Рис. 3. Літак ХАІ-48

Для підвищення експлуатаційної технологічності (зниження трудомісткості монтажу та демонтажу, обслуговування та регулювання, контрольних оглядів) проводка управління виконана повністю відкритою.

Подальша модернізація літака полягала у встановленні закритої кабіни екіпажу, встановленні потужнішого двигуна та збільшенні ємності паливного бака. Закрита кабіна суттєво покращила умови роботи екіпажу. Також покращала аеродинаміка літака, що призвело до зниження витрати палива.

Розроблена апаратура для розселення трихограми забезпечила потрібне дозування без застосування додаткового наповнювача, зазвичай це манна крупа. Кількість загиблої трихограми становила трохи більше 3%. Супутній струмінь за літаком порівняно малої інтенсивності порівняно з літаком Ан-2 дозволив також відмовитися від осадження розселеної трихограми водою.



Рис. 4. Літак ХАІ-48 модифікований.

Накопичення досвіду експлуатації, розвиток таких технологій як ультрамалооб'ємне (УМО) та малооб'ємне обприскування (МО), з витратами робочої рідини 0,5...5 літрів на гектар у першому випадку та 5...10 літрів на гектар у другому, призвело до створення подальшої модифікації літака Х-32 "Бекас".



Рисунок 5. Літак Х-32 "Бекас".

За ідеологією чи концепцією компонування та конструкції цей літак продовжує ідеї літака ХАІ-48. Основний упор під час розробки було зроблено у бік зниження трудомісткості виробництва, експлуатації та ремонту.

Однією з умов підвищення технологічності конструкції літака є виготовлення деталей із плоского листа, готових напівфабрикатів (куточок, швелер) без енергоємних технологічних процесів – термообробка, штампування. Допускається згинання в стані поставки. Єдині деталі, що виходять із цієї вимоги - нервюри крила, елеронів та закрилків.

Варіант конструкції балки фюзеляжу (Х-32) являє собою два коритоподібні, гнуті з порівняно товстого листа (2мм), профілю. Основна відмінність від технології виготовлення балки літака ХАІ-48 – зниження кількості заклепувальних швів із восьми до двох. З'явилася можливість виконання клепки пневмоскобою, а це збільшення продуктивності, покращення умов праці та якості заклепувального шва. Також значно спростилися конструкція шпангоутів та, відповідно, трудомісткість їх виготовлення. Широко застосовується одностороннє кріплення - болт-заклепки, витяжні заклепки. Так як гнучий короб сам по собі є носієм геометрії, значно спростилося складальне оснащення (стапель) балки фюзеляжу. Завдяки таким конструктивним та технологічним рішенням трудомісткість виготовлення балки фюзеляжу була знижена орієнтовно у 4 рази.

По шасі зміни торкнулися носової стійки. Гідропневматична амортизація (ХАІ-40, ХАІ-48) була замінена на сталеву ресору. При незначному збільшенні маси шасі, трудомісткість виготовлення та монтажу знизилася у 1,5 рази. Ресорне шасі при експлуатації обслуговування не потребує. Також у колесах були встановлені закриті підшипники, що не потребують періодичного мастила в процесі експлуатації.

Кабіна екіпажу виконана окремим агрегатом. Виготовляється зі склопластику та встановлюється на фюзеляжну балку через компенсатори у зібраному та укомплектованому вигляді. Нанесення покриття, встановлення керування силовою установкою, системи вентиляції, кріплення приладової дошки, скління, дверей та тепло звукоізоляції виконуються у вигляді окремого агрегату, що дозволяє розширити фронт робіт, покращити доступ і тим самим знизити трудомісткість. Порівнюючи з кабіною літака ХАІ-48 орієнтовне зниження трудомісткості вдвічі.

Для зниження трудомісткості експлуатації забезпечено легкий доступ до огляду та обслуговування стикових вузлів крила. Неповне розбирання та складання для зберігання або транспортування виконується двома особами за 30 хвилин.

Хороші злітно-посадкові характеристики дозволили виконувати польоти на обробку поля з рядом доріг, що проходять. Малі польотні швидкості та високі маневрені дані забезпечили можливість літати не лише стандартними човниковим чи загінним способами, а й польотом над полем по спіралі без виходу за межі поля, що обробляється. Всі ці заходи дозволили звести невиробничу частину польоту до мінімуму, а це економія часу (трудомісткості), паливно-мастильних матеріалів та ресурсу. У результаті продуктивність літака Х-32 на розселенні трихограми при розмірах оброблюваних полів 100-200 гектар вище продуктивності літака Ан-2 на 20-30%.

При цьому годинна витрата палива для Х-32 становить 20...23 літри, для Ан-2 - 200...250 літрів.

Польоти на Ан-2 виконують два пілоти, на Х-32 виконує один пілот.

Відповідно, нараховується заробітна плата.

Для Х-32 не потрібне підвезення води.

Для Х-32 не потрібний паливозаправник.

В даний час літак Х-32 "Бекас" є найбільш широко застосовуваним у сільському господарстві в Україні. Виготовлено понад 300 екземплярів.

### Висновки

Застосування трихограми – це ефективне рішення боротьби з шкідниками. Це препарат натурального походження, він не впливає на здоров'я людини, не має фітотоксичності. В даний час успішно вирішено питання селекції, виробництва та зберігання трихограми. Останні тридцять років велася робота щодо вдосконалення технології внесення від ручного розкидання до використання авіації.

Спроби використання існуючих засобів показали їхню непридатність через низьку їх функціональну ефективність і високу собівартість виконання робіт. Ручне розкидання є трудомістким і дуже повільним процесом – швидкість розмноження шкідників [8] найчастіше виявлялася більшою за швидкість внесення трихограми. Аналогічні проблеми були при використанні наземної техніки. Використання цих цілей літака Ан-2 призводило до негативного економічного результату.

Вирішення поставленого завдання виконано шляхом залучення представників сільського господарства, виробників трихограми, розробників та експлуатантів авіаційної техніки. Було визначено необхідний рівень технологічності сільськогосподарського літального апарату за її виробництві та експлуатації. Це дозволило організувати його серійне виробництво та експлуатацію у багатьох господарствах країни. Внесення трихограми з використанням літака Х-32 "Бекас" забезпечило суттєвий економічний ефект за результатами практичної експлуатації.

В даний час літак Х-32 "Бекас" є найбільш широко застосовуваним у сільському господарстві в Україні. Виготовлено понад 300 екземплярів.

### Список літератури

1. Буценко, Л. М., Пирог, Т. П. Біотехнологічні методи захисту рослин: підручник. – Київ : Ліра-К, 2018. – 346 с.
2. Писаренко, В. М. Інтегрований захист рослин / Писаренко В. М., Піщаленко М. А., Поспелова Г. Д., Горб О. О., Коваленко Н. П., Шерстюк О. Л. // Полтава, 2020. – 245 с.
3. Науково-виробнича компанія «Біо Агро Захист» <https://bio-agro-zahist.com.ua/>
4. Баран, Р., Баран, Л. Правові та економічні аспекти порівняльної оцінки авіаційної техніки з наземною обробкою культури народного сільськогосподарського виробництва в ринкових умовах. URL:[http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5247/1/Organik\\_2015\\_323-331.pdf](http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5247/1/Organik_2015_323-331.pdf) (дата звернення 02.11.2020).
5. Авіація в сільському господарстві: історія, техніка, технологія, економіка / В. В. Агарков [та ін.]; ред. В. П. Копичко. – Харків: ТАЛ "Слобожанщина", 2002. - 404 с. : рис.
6. Алексєєв, Ю. С. та ін. Технологія виробництва ракетно-космічних



літальних апаратів: Навч . посібник / Ю. С. Алексєєв, О. Є. Джур, О. В. Кулик, Л. Д. Кучма, Є. Ю. Ніколенко, В. В. Хутірний / Під ред. д-ра техн . наук Є. О. Джура. - Д.: АРТ-ПРЕС, 2007. - 480 с.

7. Аналіз ринку сільськогосподарської авіації для обробітку зернових України. Жовтень, 2021 рік. ТОВ "Компанія "Про-Консалтінг" Україна, 01133, м. Київ.

8. Malgorzata Bzowska-Bakalarz, Artur Trendak, Dariusz Marszałek, Michal Pniak, Martin Bagar, Jacek Czarnigowski Aerial Method of Plant Protection with the Use of an Autogyro for Sustainable Agriculture. December 2015 Agriculture and Agricultural Science Procedia 7:54-58. DOI:10.1016/j.aaspro.2015.12.031

9. Bereket Sitotaw Kidane Design and Analysis of Light GA Aircraft for Agricultural Purpose. GA AIRCRAFT DESIGN: METHODS. Aeronautical Engineering. 2016. – 120 p. DOI:10.13140/RG.2.1.2889.1766

10. Lan Y B, Chen S D. Current status and trends of plant protection UAV and its spraying technology in China. Int J Precisi Agric Aviat, 2018; 1(1): 1–9

11. Lan Y B, Chen S D, Fritz B K. Current status and future trends of precision agricultural aviation technologies. Int J Agric & Biol Eng, 2017; 10(3): 1–17

12. Lan Y B, Chen S D, Fritz B K. Current status and future trends of precision agricultural aviation technologies. Int J Agric & Biol Eng, 2017; 10(3): 1–17

## References

1. Bucenko, L. M., Pirog, T. P. Biotehnologichni metodi zahistu roslin: pidruchnik. – Kiyiv : Lira-K, 2018. – 346 s.

2. Pisarenko. V. M. Integrovanij zahist roslin / Pisarenko V. M., Pishalenko M. A., Pospyelova G. D., Gorb O. O., Kovalenko N. P., Sherstyuk O. L. // Poltava, 2020. – 245 s.

3. Naukovo-virobnicha kompaniya «Bio Agro Zahist» <https://bio-agro-zahist.com.ua/>

4. Baran, R., Baran, L. Pravovi ta ekonomichni aspekti porivnyalnoyi ocinki aviacijnoyi tehniky z nazemnoyu obrobkoyu kulturi narodnogo silskogospodarskogo virobniictva v rinkovih umovah. URL:[http://ir.zna.u.edu.ua/bitstream/123456789/5247/1/Organik\\_2015\\_323-331.pdf](http://ir.zna.u.edu.ua/bitstream/123456789/5247/1/Organik_2015_323-331.pdf) (data zvernennya 02.11.2020).

5. Aviacya v silskomu gospodarstvi: istoriya, tehnika, tehnologiya, ekonomika / V. V. Agarkov [ta in.]; red. V. P. Kopichko. – Harkiv: TAL "Slobozhanshina", 2002. - 404 s. : ris.

6. Aleksyeyev, Yu. S. ta in. Tehnologiya virobniictva raketno-kosmichnih litalnih aparativ: Navch . posibnik / Yu. S. Aleksyeyev, O. Ye. Dzhur, O. V. Kulik, L. D. Kuchma, Ye. Yu. Nikolenko, V. V. Hutirnij / Pid red. d-ra tehn . nauk Ye. O. Dzhura. - D.: ART-PRES, 2007. - 480 s.

7. Analiz rинку silskogospodarskoyi aviacyi dlya obrobіtku zernovih Ukrayini. Zhovten, 2021 rik. TOV "Kompaniya "Pro-Konsalting" Ukrayina, 01133, m. Kiyiv.

8. Malgorzata Bzowska-Bakalarz, Artur Trendak, Dariusz Marszałek, Michal Pniak, Martin Bagar, Jacek Czarnigowski Aerial Method of Plant Protection with the Use of an Autogyro for Sustainable Agriculture. December 2015 Agriculture and Agricultural Science Procedia 7:54-58. DOI:10.1016/j.aaspro.2015.12.031

9. Bereket Sitotaw Kidane Design and Analysis of Light GA Aircraft for Agricultural Purpose. GA AIRCRAFT DESIGN: METHODS. Aeronautical Engineering. 2016. – 120 p. DOI:10.13140/RG.2.1.2889.1766

10. Lan Y B, Chen S D. Current status and trends of plant protection UAV and

its spraying technology in China. Int J Precisi Agric Aviat, 2018; 1(1): 1–9

11. Lan Y B, Chen S D, Fritz B K. Current status and future trends of precision agricultural aviation technologies. Int J Agric & Biol Eng, 2017; 10(3): 1–17

12. Lan Y B, Chen S D, Fritz B K. Current status and future trends of precision agricultural aviation technologies. Int J Agric & Biol Eng, 2017; 10(3): 1–17

Надійшла до редакції 17.10.2024, розглянута на редколегії 17.10.2024

## **Development and production of light aircraft for agricultural purposes**

Issues of protecting plants from diseases and pests are becoming more and more urgent. Climate change causes an increase in the activity of weedy plants and insects harmful to agriculture. Because of this, the chemical treatment of fields by aviation in modern agriculture should serve the purpose of preserving the future harvest in both a qualitative and quantitative sense. An important role in this is played by the biological method of plant protection, which is quite effective and environmentally friendly. It is based on the use of living organisms, their waste products and biologically active substances that regulate the development and reproduction of harmful plant organisms. Scientists have developed technologies for the breeding of such zoophages to protect plants from plant pests: Trichogramma, predatory mite Phytoseiulus, encarzia, Aphidimyza gallica, etc., as well as the production of microbiological preparations to protect plants from diseases and pests, the high efficiency of their use has been proven. Aircraft (planes, helicopters, ultralight aircraft) that are registered in the State Register of Civil Aviation Aircraft of Ukraine and have a certificate for the right to perform aerochemical work are allowed to carry out aerial work on the application of pesticides during agrochemical activities on agricultural and forest crops. The requirements for the characteristics of the aircraft, directive requirements for the technology of production, operation and maintenance of airworthiness were formulated. The evaluation of the manufacturability of the considered products (agricultural LA) cannot be evaluated without taking into account the operational manufacturability, which largely determines the costs when performing work in the field. Along with the requirements for the manufacturability of the aircraft design, the so-called operational requirements are of great importance. These requirements determine the suitability of the structure and equipment for its maintenance and repair during the operation of the aircraft, taking into account the high quality of work, the least consumption of time, labor and materials. Satisfying operational requirements ensures reliability, durability of the aircraft, high labor productivity during maintenance, reduction of operational costs and efficiency of use of the aircraft fleet. The appearance of the trichogram required the development of special means for its introduction. An attempt to use existing means showed their unsuitability due to their low functional efficiency and high cost of work. The task was solved by increasing the manufacturability of agricultural aircraft during their production and operation. This made it possible to organize its serial production and operation in many farms of the country.

**Keywords:** aviation, drone, light aircraft, quality, airworthiness, manufacturability of the product, labor intensity, operation, repair, fuselage beam, engine, fuel tank, heat treatment, stamping, rib, aileron, flap, stringer, frame, trichogram, plant protection, entomophages, crops, phytotoxicity, breeding, human

health, pests, agricultural technologies.

### **Відомості про авторів:**

**Рябіков Сергій Миколайович** – аспірант кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна. Email: s.ryabikov1957@gmail.com. Телефон: +380 (97) 8473306, ORCID: 0000-000\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*.

**Бичков Ігор Валерійович** – д.т.н., професор кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна. Email: i.bychkov@khai.edu, телефон: +380 (93) 95495625, ORCID: 0000-0002-4819-5826.

**Ігор Миколайович Лисоченко** – аспірант кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна. Телефон: +380(67)1202998, ORCID: 0000-000\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*.

**Бичков Микола Ігорович** – к.т.н., кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна. Email: [m.bychkov@khai.edu](mailto:m.bychkov@khai.edu), телефон: +380(63)2835380, ORCID: 0000-000\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*.

**Селезньова Анна Сергіївна** – старший викладач кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна. Email: a.seleznova@khai.edu, телефон: +380(68)9644134, ORCID: 0000-0002-6523-222X.

### **About the Autors**

**Serhiy Ryabikov** – postgraduate student at the Department of technology of aircrafts manufacturing, National aerospace university «Kharkiv aviation institute», Kharkiv, Ukraine. Email: s.ryabikov1957@gmail.com, phone: +380(97)8473306, ORCID: 0000-000\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*.

**Igor Bychkov** – Doctor of Technical Science, Professor at the Department of technology of aircrafts manufacturing, National aerospace university “Kharkiv aviation institute”, Kharkiv, Ukraine, Email: i.bychkov@khai.edu, phone: +380(93)95495625, ORCID: 0000-0002-4819-5826.

**Igor lysochenko** – postgraduate student at the Department of technology of aircrafts manufacturing, National aerospace university “Kharkiv aviation institute”, Kharkiv, Ukraine. Email: i.lysochenko@khai.edu, phone: +380(67)1202998, ORCID: 0000-000\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*.

**Mykola Bychkov** – Ph.D., assistant at the Department of technology of aircrafts manufacturing, National aerospace university “Kharkiv aviation institute”, Kharkiv, Ukraine. Email: [m.bychkov@khai.edu](mailto:m.bychkov@khai.edu), phone: +380(63)2835380, ORCID: 0000-000\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*.

**Hanna Seleznova** – Senior Lecturer at the Department of technology of aircrafts manufacturing, National aerospace university «Kharkiv aviation institute», Kharkiv, Ukraine, Email: a.seleznova@khai.edu, phone:+380(68)9644134, ORCID: 0000-0002-6523-222X