

ДJI AGRAS T30 ДРОНИНИНГ ДАЛАГА ИШЛОВ БЕРИШДА САРФЛАЙДИГАН УМУМИЙ ВАҚТИНИ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ

АЛИМОВ АКБАР МУХАММАТОВИЧ.

Тошкент давлат транспорт университети “Авиация инжиниринги” кафедраси
0,5 ставка ўриндош катта ўқитувчи. alimovakbar280168@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Мақолада қишлоқ хўжалиги экин майдонларига авиахимёвий ишлов беришда кичик ҳажмдаги майда заррачали сепиш технологияси самаралироқ эканлиги ҳақида сўз боради. Бу масаланинг ечими сифатида ўта енгил учиш аппаратларидан (масалан дронлардан) фойдаланиш мақсадга мувофиқ эканлиги кўрсатиб ўтилган. Сўнгги йилларда дронлар ёрдамида далага ишлов бериш янги инновацион ёндашув бўлиб, бу борада турли тадқиқотлар олиб борилмоқда. Жумладан, мазкур мақолада DJI Agras T30 дронининг техник имкониятлари таҳлил қилиниб, унинг далага ишлов бериш учун сарфлайдиган умумий вақти тадқиқот объекти сифатида кўриб чиқилади. Бунда агротехник талабларнинг учиш-техник характеристикасига таъсири, яъни сепиш меъёрининг ўзгаришига қараб дроннинг умумий ишлаб чиқариш вақти аниқроқ ҳисоб-китоблар орқали очиб берилади.

Ҳисоблаш натижаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, асл ҳолатда майдоннинг шакли (четки қисмлари, бурчаклар), шамол ва учиш йўналишлари вақт сарфини ўзгартириши мумкин. Шунинг учун назарий ҳисоблаш натижаларини реал ҳолатга яқин бўлишини таъминлаш мақсадида формулаларга тузатиш коэффициентини киритиш тавсия этилади.

Калит сўзлар: DJI Agras T30 дрони, асосий иш вақти, ёрдамчи вақт, қўшимча вақт, парвоз вақти, ишчи тезлик, бункер ҳажми, сепиш меъёри, батарея алмаштириш (ёки қувватлаш) вақти, бакка эритма қуйиш вақти, навигация (ёки дастурлаш) вақти, тузатиш коэффициенти.

ANNOTATION

The article examines the efficiency of fine-droplet spraying technology in aerial chemical treatment of agricultural lands. As a solution to this problem, the use of ultralight aircraft such as drones is considered appropriate. In recent years, field treatment using drones has become an innovative approach, and various studies have been conducted in this direction. In particular, this article analyzes the technical capabilities of the DJI Agras T30 drone and considers the total time it spends treating a field as the main research object.

The paper also discusses in detail the influence of agrotechnical requirements on flight performance characteristics — that is, how changes in the application rate affect the drone's total operating time.

Analysis of the calculation results shows that the actual shape of the field (its edges and corners), wind, and flight directions can significantly affect the time spent. Therefore, to ensure that theoretical calculations more accurately reflect real-world conditions, it is recommended to introduce a correction coefficient into the formulas.

Keywords: *DJI Agras T30 drone, main working time, auxiliary time, additional time, flight time, working speed, tank volume, application rate, battery replacement (or charging) time, solution refilling time, navigation (or programming) time, correction coefficient.*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается эффективность технологии мелкодисперсного распыления при авиационно-химической обработке сельскохозяйственных угодий. В качестве решения данной задачи указывается целесообразность использования сверхлёгких летательных аппаратов, таких как дроны. В последние годы обработка полей с помощью дронов становится новым инновационным подходом, и в этом направлении ведутся различные исследования. В частности, в данной статье анализируются технические возможности дрона DJI Agras T30, а также рассматривается общее время, затрачиваемое им на обработку поля, в качестве объекта исследования. При этом подробно раскрывается влияние агротехнических требований на лётно-технические характеристики — то есть, как изменение нормы внесения влияет на общее производственное время дрона.

Анализ результатов расчётов показывает, что на самом деле форма поля (его края, углы), ветер и направления полёта могут изменять затраченное время. Поэтому, чтобы теоретические расчёты были ближе к реальным условиям, рекомендуется вводить корректирующий коэффициент в формулы.

Ключевые слова: *Дрон DJI Agras T30, основное рабочее время, вспомогательное время, дополнительное время, время полёта, рабочая скорость, объём бункера, норма внесения, время замены (или зарядки) аккумулятора, время залива раствора в бак, время навигации (или программирования), корректирующий коэффициент.*

Авиакимёвий ишлов бериш самарадорлигини ошириш учун парвоз даврининг мукаммал параметрларини аниқлаш керак бўлади. Ушбу

параметрлар учиш апаратынинг учиш техник характеристикасига, ҳудуддаги об-ҳаво шароитига, ишлов бериладиган даланинг ўлчамига (гектар), сепиладиган суюқликнинг физик-кимёвий хусусиятига ва экиннинг агротехник талабларига боғлиқ бўлади.

Масалан, бирор қишлоқ хўжалиги экини экилган майдоннинг энг катта ҳажми 1 км га 1 км квадрат деб фараз қилсак, бундай майдонга ишлов берадиган энг маъқул учиш апарати битта тўлиқ заправкада 400 литргача ишчи суюқликни ҳавога кўтарган ҳолда, унчалик юқори бўлмаган баландликдан гектарига 3-4 литрдан сеп олиши керак бўлади.

Самолёт ва вертолётларга ўрнатиладиган амалдаги апаратлар ўта майда заррачали сепиш имкониятига эга эмас. Самолётларда парвоз тезлиги жуда юқори бўлиб, экинзорнинг тепасига минимал яқинлашиш имконияти йўқ, вертолётларда эса паррагининг кучли бурама оқими ишчи суюқликнинг тартибсиз сочилиб кетишига сабаб бўлади.

Демак, бундай ҳолатларда агротехник талабларни қаноатлантириш учун самолёт ёки вертолёт каби учиш апаратлари бирмунча юқори баландликдан туриб далага ишлов беришига тўғри келади ва бу ўз навбатида майдоннинг ҳар бир гектарига кўпроқ ҳажмда ишчи суюқлик сарфланишини талаб этади. Суюқлик сарфи ортгани сайин уни заправка қилиш учун қайта қайта ерга қўниш зарурати туғилади, бу эса учиш апаратынинг ресурсини камайтиради ва амортизация харажатларини оширади. Буларнинг барчаси учиш соатининг таннархига салбий таъсир кўрсатади.

Хулоса

Юқоридагилардан хулоса шуки, демак, кичик ҳажмдаги майда заррачали сепиш технологияси самаралироқдир. Бу масаланинг ечими сифатида ўта енгил учиш апаратларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Масалан, DJI Agras T30 квадратокоптер дрони ёрдамида битта тўлиқ парвоз (7-12 дақиқа) давомида 30 литр ишчи суюқлик билан 3 га гача майдонга ишлов бериш мумкин.

Юқоридаги хулосани асослантириш учун DJI Agras T30 дронининг техник имкониятларини таҳлил қилиб чиқамиз.

DJI Agras T30 дронининг асосий техник маълумотлари

Кўрсаткич	Қиймат
Ишчи тезлиги	4–7 м/с
Парвоз вақти (тўлиқ юк билан)	15–20 дақиқа

Бункер ҳажми	30 литр
Сепиш меъёрлари	10 л/га; 15 л/га; 20 л/га;
Бир бак билан қамров майдони	3 га (тахминан)
Батареяни зарядлаш вақти	10–15 дақиқа (турбо заряд билан)
Иш самарадорлиги	12–16 га/соат (ўртача 15 га)

Дроннинг далага ишлов бериш учун сарфлайдиган умумий вақти ($T_{\text{умумий}}$) бир нечта босқичлардан ташкил топади. Бу вақтни тўғри ҳисоблаш иш самарадорлиги ва иқтисодий кўрсаткичларни баҳолашда муҳим бўлиб, у одатда қуйидагиларни ўз ичига олади:

1. Асосий иш вақти

Учиш вақти (парвоз вақти) – дроннинг дала устига белгиланган траектория бўйлаб учиб бориши ва у ердан қайтиб келиши.

Сепиш/пуркаш вақти – суюқлик (ўғит, гербицид, инсектицид) ёки модда томчилатилиб тарқатиладиган вақт.

2. Ёрдамчи вақт

Батареяни алмаштириш ёки қувватлантириш вақти – аккумулятор ичидаги энергия тугаганда, янги батарея қўйиш ёки қайта зарядлаш учун кетадиган вақт.

Бакка ёқилғи ёки эритма қўйиш вақти – дроннинг сепиш идишини пуркаш учун қайтадан тўлдириш вақти.

Учиш ва қўйиш вақти – ҳар бир парвозда кўтарилиш ва ерга қўйиш учун кетадиган вақт.

3. Қўшимча вақт

Дронни далага *иш жойига олиб келиш ва қайтариш вақти* (логистика).

Навигация ва дастурлаш вақти – мисол учун, GPS орқали парвоз йўлини белгилаш, маршрутни киритиш.

Техник тайёргарлик вақти – текшириш, винтлар ва датчикларни назорат қилиш, хавфсизлик чораларини кўриш.

Демак, дроннинг умумий иш вақти қуйидаги асосий таркибий қисмлардан иборат:

Асосий иш вақти + Ёрдамчи вақт + Қўшимча вақт

$$T_{\text{умумий}} = T_{\text{асосий}} + T_{\text{ёрдамчи}} + T_{\text{қўшимча}}$$

Бу формулани кенгайтирилган кўринишида ёзсак:

$$T_{\text{асосий}} = T_{\text{учиш-қўйиш}} + T_{\text{парвоз}}(T_{\text{сепиш}})$$

$$T_{\text{ёрдамчи}} = T_{\text{батарея}} + T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}}$$

$$T_{\text{қўшимча}} = T_{\text{техник ишлар}} + T_{\text{тайёргарлик}} + T_{\text{танаффуслар}} + T_{\text{назорат парвози}}$$

Демак, $T_{\text{умумий}} = T_{\text{учиш-қўниш}} + T_{\text{парвоз}}(T_{\text{сепиш}}) + T_{\text{батарея}} + T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}} + T_{\text{ташиш}} + T_{\text{тайёргарлик}} + T_{\text{танаффуслар}} + T_{\text{назорат парвозлари}}$ каби бўлади.

Энди DJI Agras T30 дрони учун аниқ рақамларни келтирган ҳолда ҳисоб-китоб қилиб кўрамиз. Лекин реал шароитда (шамол, даланинг шакли, учиш тезлиги ва ҳ.к. сабабли) бу кўрсаткичлар ўзгариши мумкин.

Дроннинг умумий иш вақтини ҳисоблаш алгоритми

Белгиланадиган ўзгарувчилар

V_b — бункер ҳажми (Agras T30 учун $V_b=30$ литр).

q — сепиш нормаси (мисол учун 10, 15, 20 л/га).

S — ишлов бериладиган майдон (мисол учун $S=10$ га).

Тажрибага кўра, дроннинг 1 та тўлиқ заряди $t = 15$ дақиқага етади.

$T_{\text{парвоз}}(T_{\text{сепиш}})$ - бир гектарга сепиш учун керакли парвоз вақти (4 дақиқа)

$T_{\text{учиш-қўниш}}$ - ҳар бир рейс учун учиш-қўниш вақти (тахминан 1,5 дақиқа)

$T_{\text{батарея}}$ - аккумулятор алмаштириш вақти (тахминан 3 дақиқа)

$T_{\text{бак}}$ - қайта тўлдириш (бункер тўлдириш) вақти (тахминан 5 дақиқа)

$T_{\text{навигация}}$ - GPS орқали парвоз йўлини белгилаш, маршрутни киритиш вақти (тахминан 2-3 дақиқа)

$T_{\text{ташиш}}$ - дронни ташиш, парвоз майдончасига жойлаштириш

$T_{\text{тайёргарлик}}$ - ҳар бир рейс учун техник текшириш, колибровка вақти (тахминан 1.5 дақиқа)

$T_{\text{танаффуслар}}$ - хавфсизлик тўсиқлари, шамол сабабли танаффуслар

$T_{\text{назорат парвозлари}}$ — назорат парвозлари ва маълумот ёзуви.

Ҳисоблаш.

Агротехник талабларга мувофиқ, уч хил сепиш нормаси учун умумий ишлов бериш вақтини ҳисоблаб чиқамиз:

А) $q = 10$ л/га;

Асосий иш вақти: $T_{\text{асосий}} = T_{\text{учиш-қўниш}} + T_{\text{парвоз}}(T_{\text{сепиш}});$

$T_{\text{сепиш}}$ бу - дроннинг бевосита далага агрохимёвий моддаларни (ўғит, гербицид, инсектицид ва ҳ.к.) сепиш учун дала устида парвозда бўлган вақти. Учиш-қўнишлар учун $T_{\text{учиш-қўниш}} = 1,5$ дақиқа деб оламиз. Сепиш вақтини қуйидаги формула билан ҳисоблаймиз: $T_{\text{сепиш}} = \frac{S_{\text{ум}}}{Q_{\text{дрон}}}$; бу ерда $Q_{\text{дрон}}$ — дроннинг иш самарадорлиги (га/соат),

DJI Agras T30 дрони учун: $Q_{\text{дрон}} = 15$ га/соат ёки 0,25 га/дақиқа.

У ҳолда битта тўлиқ заряд билан ўртача $S_1 = Q_{\text{дрон}} \cdot t = 0,25 \cdot 15 = 3,75$ гектар майдонга ишлов бериш мумкин бўлади. Демак, $S_{\text{ум}} = 10$ га майдонни камраб олиш учун:

$S_{\text{ум}}/S_1 = 10/3,75 = 2,667 \approx 3$ марта дроннинг батареясини алмаштириш

ва $(S_{\text{ум}} \cdot q)/V_b = (10 \cdot 10)/30 = 3,333 \approx 4$ марта бакни заправкалар зарур бўлади.

Асосий вақт куйидагича ҳисобланади: $T_{\text{асосий}} = 3 \cdot 1,5 + \frac{10}{0,25} = 44,5$ дақиқа.

Ёрдамчи вақт: $T_{\text{ёрдамчи}} = T_{\text{батарея}} + T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}}$

бу — ҳар бир циклдан кейин бажариладиган ёрдамчи ишларга кетадиган вақт: батареяни алмаштириш, бакни тўлдириш (30 л), учиш ва қўнишга тайёргарлик, позицияга қайта парвоз қилиш.

Ҳисоблаш тартиби: $T_{\text{ёрдамчи}} = 3 \cdot T_{\text{батарея}} + 4 \cdot T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}} = 3 \cdot 3 + 4 \cdot 5 + 3 \cdot 2 = 35$ дақиқа

Қўшимча вақт:

$T_{\text{қўшимча}} = T_{\text{техник ишлар}} + T_{\text{тайёргарлик}} + T_{\text{танаффуслар}} + T_{\text{назорат парвози}}$

Амалда бу вақт асосий иш вақтининг 10–15% и атрофида бўлади

Ҳисоблаш тартиби: $T_{\text{қўшимча}} = (0,1 \div 0,15) \cdot T_{\text{асосий}} = 0,1 \cdot 44,5 = 4,45 \approx 5$ дақиқа.

У ҳолда DJI Agras T30 дрони билан 10 гектар ерга ишлов бериш учун сарфланадиган умумий вақт

Умумий вақт:

$T_{\text{умумий}} = T_{\text{асосий}} + T_{\text{ёрдамчи}} + T_{\text{қўшимча}} = 44,5 + 35 + 5 = 84,5$ дақиқани ташкил

этар экан. Тахминан 1 соат 25 дақиқа деб қабул қилиш мумкин.

Б) $q = 15$ л/га;

Бир гектар ерга суюқлик сарфи $q = 15$ литр бўлганида дроннинг бакини $(S_{\text{ум}} \cdot q)/V_b = (10 \cdot 15)/30 = 5$ марта заправкалар зарур бўлади.

Асосий вақт ўзгармайди: $T_{\text{асосий}} = T_{\text{учиш-қўниш}} + T_{\text{сепиш}};$

$T_{\text{асосий}} = 3 \cdot 1,5 + \frac{10}{0,25} = 44,5$ дақиқа.

Ёрдамчи вақт. $T_{\text{ёрдамчи}} = T_{\text{батарея}} + T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}}$

Ҳисоблаш тартиби: $T_{\text{ёрдамчи}} = 3 \cdot T_{\text{батарея}} + 5 \cdot T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}} = 3 \cdot 3 + 5 \cdot 5 + 3 \cdot 2 = 40$ дақиқа

Қўшимча вақт. Қўшимча вақт ўзгаришсиз қолади $T_{\text{қўшимча}} = (0,1 \div 0,15)$

$\cdot T_{\text{асосий}} = 0,1 \cdot 44,5 = 4,45 \approx 5$ дақиқа.

У ҳолда DJI Agras T30 дронида $q = 15$ литр суюқлик сарфи билан 10 гектар ерга ишлов бериш учун сарфланадиган умумий вақт

Умумий вақт. $T_{\text{умумий}} = T_{\text{асосий}} + T_{\text{ёрдамчи}} + T_{\text{қўшимча}} = 44,5 + 40 + 5 = 89,5$

дақиқани ташкил этар экан. Тахминан 1,5 соат (90 дақиқа) деб қабул қилиш мумкин.

В) $q = 20$ л/га;

Бир гектар ерга суюқлик сарфи $q = 20$ литр бўлганида дроннинг бакини $(S_{\text{ум}} \cdot q) / V_b = (10 \cdot 20) / 30 = 6,667 \approx 7$ марта заправкалаш зарур бўлади.

Асосий вақт ўзгармайди: $T_{\text{асосий}} = T_{\text{учиш-қўниш}} + T_{\text{сепиш}}$;

$$T_{\text{асосий}} = 3 \cdot 1,5 + \frac{10}{0,25} = 44,5 \text{ дақиқа.}$$

Ёрдамчи вақт:

$$T_{\text{ёрдамчи}} = T_{\text{батарея}} + T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}}$$

Ҳисоблаш тартиби: $T_{\text{ёрдамчи}} = 3 \cdot T_{\text{батарея}} + 7 \cdot T_{\text{бак}} + T_{\text{навиг}} = 3 \cdot 3 + 7 \cdot 5 + 3 \cdot 2 = 50$ дақиқа

Қўшимча вақт:

Қўшимча вақт ўзгаришсиз қолади $T_{\text{қўшимча}} = (0,1 \div 0,15) \cdot T_{\text{асосий}} = 0,1 \cdot 44,5 = 4,45 \approx 5$ дақиқа.

У ҳолда DJI Agras T30 дронида $q = 20$ литр суюқлик сарфи билан 10 гектар ерга ишлов бериш учун сарфланадиган умумий вақт

Умумий вақт. $T_{\text{умумий}} = T_{\text{асосий}} + T_{\text{ёрдамчи}} + T_{\text{қўшимча}} = 44,5 + 50 + 5 = 99,5$ дақиқани ташкил этар экан. Тахминан 1 соат 40 дақиқа деб қабул қилиш мумкин.

Натижалар. Юқоридаги ҳисоблаш натижаларига кўра, ишлов берилаётган умумий майдон $S_{\text{ум}} = 10$ гектар ва сепиш нормалари $q = 10/15/20$ л/га бўлса, сарфланадиган умумий вақт қуйидагича бўлади:

$q = 10$ Л/га $\rightarrow 84,5$ дақ (1 с 25 дақ)

$q = 15$ Л/га $\rightarrow 89,5$ дақ (1 с 30 дақ)

$q = 20$ Л/га $\rightarrow 99,5$ дақ (1 с 40 дақ)

Тавсиялар. Ушбу ҳисоблашларда қатор тахминлар бор: бакни тўлдириш ва аккумулятор алмаштириш вақтлари. Мавжуд имкониятларни самарали фойдаланиш орқали бу вақтларни камайтиришга эришиш мумкин.

Асл ҳолатда майдоннинг шакли (четки қисмлари, бурчаклар), шамол ва учиш йўналишлари вақтни ўзгартиради, шунинг учун ишлаб чиқариш вақтини аниқроқ топиш учун ҳисоб-китобларда тузатиш коэффициенти кириштириш тавсия этилади.

Такомиллаштириш. Алмаштириш учун батареялар сонини кўпайтириш ва иложи борида тез зарядлаш қурилмасидан фойдаланиш (мобил ёки тизимли тўлдириш) — вақтни қисқартиради.

Бир вақтнинг ўзида бир неча дрон билан параллел ишлов бериш — иш унумдорлигини самарали даражада оширади.

Фойдаланилган адабиёт

1. *Agricultural Drones: A Peaceful Pursuit* — K. R. Krishna. Книга о применении дронов в сельском хозяйстве: управление плодородием почвы, орошение, контроль вредителей, прогноз урожайности и др. [Routledge](https://www.routledge.com/Agricultural-Drones-A-Peaceful-Pursuit/Krishna/p/book/9781138444444)

2. *Intelligent Robots and Drones for Precision Agriculture* — редакторы Sundaravadivazhagan Balasubramanian, Gnanasankaran Natarajan, Pethuru Raj Chelliah. Springer, 2024. Книга-исследование о роботах и дронах для точного земледелия. [SpringerLink](#)

3. *Unmanned Aircraft Systems* — Sachin Kumar Gupta, Manoj Kumar, Anand Nayyar, Shubham Mahajan. Wiley (2024-2025). О современном развитии UAS, технологиях, применениях, включая мониторинг, безопасность, экстренные службы и т.д. [Wiley Online Library](#)

4. *Precision Agriculture with Drones: A New Age of Farming* — Dr. Omkar Gupta (2025). Краткое руководство: интеграция дронов, удалённое зондирование, регуляторика, практические кейсы. [akinik.com](#)

5. *Unmanned Aerial Vehicles (Uav) and Drones* — Zoran Gacovski (редактор). Покрывает дизайн, управление, применение и технологии, касающиеся БПЛА и дронов. [wakefieldbooks.com](#)

6. *Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis* — Rejeb, Abdollahi, Rejeb, Treiblmaier (2022). Обзор литературы, тренды, hot-topics: дистанционное зондирование, ИИ, IoT. [ADS+1](#)

7. *Drones in vegetable crops: A systematic literature review* (2024). Анализ использования дронов на овощных культурах: управление, машинное обучение, выгоды и пр. [ScienceDirect+1](#)

8. *Plant disease detection using drones in precision agriculture* — статья (2023). Обзор решений по выявлению болезней растений с помощью дронов. [SpringerLink](#)

9. *A Review of Drone Technology and Operation Processes in Agricultural Crop Spraying* — обзор применения дронов для распыления пестицидов и удобрений. [MDPI](#)

10. *Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Modern Agriculture* — глава из сборника «Advances in Environmental Engineering and Green Technologies Handbook ...», 2023. О различных типах дронов, их применении: обследование, мониторинг, обработка почв и растений. [OUCI](#)

11. *Drones in the Sky: Towards a More Sustainable Agriculture* — Arza-García, Burgess (2023). Про устойчивое сельское хозяйство с использованием дронов. [MDPI](#)

12. *Review on Application of Drone in Spraying Pesticides and Fertilizers* — Souvanhnakhoomman (2024). Обзор методологий, оборудования, точности при распылении.

13. *Как сельское хозяйство в России использует БПЛА - Сергей Лебедев, генеральный директор компании «Ориент Системс». (2025). u-f.ru.*