

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет

Інженерно-
технологічний факультет

Кафедра агроінженерії
і технічного сервісу

Методичні вказівки

для виконання практичних робіт з дисципліни

"Проектування технологічних процесів в рослинництві"

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	20 Аграрні науки та продовольство
Спеціальність	208 Агроінженерія
Освітньо-професійна програма	Агроінженерія

Вінниця 2021

Проектування технологічних процесів в рослинництві. Методичні вказівки по виконанню практичних робіт. Рівень вищої освіти Другий (магістерський), галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство, спеціальність 208 Агроінженерія, освітньо-професійна програма Агроінженерія. 2021. 82 с.

Укладачі: Л.В.Швець , В.В. Томчук

Рецензент:

Токарчук О.А. – кандидат технічних наук, доцент кафедри “Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв”, Вінницького національного аграрного університету;

Затверджена навчально-методичною комісією
Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 2 від 15 вересня 2021 року)

Зміст

<i>Практична робота № 1</i>	
Розрахунок норми виробітку і питомих витрат палива машинними агрегатами	4
<i>Практична робота № 2</i>	
Налагодження і використання агрегатів на міжрядному обробітку посівів кукурудзи	23
<i>Практична робота № 3</i>	
Можливість агрегування начіпних машин із тракторами	39
<i>Практична робота № 4</i>	
Розрахунок потреби у транспортних засобах для обслуговування збиральних агрегатів	48
<i>Практична робота № 5</i>	
Розрахунок потреби в автомобілях для обслуговування зернозбиральних комбайнів	56
<i>Практична робота № 6</i>	
Вибір режиму роботи силосозбирального агрегату	65
<i>Практична робота № 7</i>	
Визначення енергетичного коефіцієнта корисної дії агрегату	72
Список використаної літератури	79

Компетентності та результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен володіти інтегральними, загальними та фаховими компетентностями, зокрема:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі агропромислового виробництва та у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК5. Здатність працювати в команді.

Фахові компетентності(ФК):

ФК2. Здатність здійснювати наукові та прикладні дослідження для створення нових та удосконалення існуючих технологічних систем сільськогосподарського призначення, пошуку оптимальних методів їх експлуатації. Здатність застосовувати методи теорії подібності та аналізу розмірностей, математичної статистики, теорії масового обслуговування, системного аналізу для розв'язування складних задач і проблем сільськогосподарського виробництва.

ФК3. Здатність використовувати сучасні методи моделювання технологічних процесів і систем для створення моделей механізованих технологічних процесів сільськогосподарського виробництва.

ФК6. Здатність проектувати й використовувати мехатронні системи машин і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Програмні результати навчання:

ПРН 5 Приймати обґрунтовані управлінські рішення для забезпечення прибутковості підприємства.

ПРН 15 Впроваджувати системи точного землеробства, машини і засоби механізації та вибирати режими роботи машинно-тракторних агрегатів для механізації технологічних процесів у рослинництві.

Практична робота № 1

Розрахунок норми виробітку і питомих витрат палива машинними агрегатами

Мета роботи. Оволодіти методикою визначення норми виробітку машинних агрегатів та витрати палива на одиницю виконаної роботи.

Загальні відомості. Норму виробітку агрегату (га обробленої або зібраної площі) можна визначити за формулою:

$$W_{3M} = 0,1B_p v_p T_p, \quad (1.1)$$

або

$$W_{3M} = 0,36N_{н\zeta} \zeta_{N\epsilon} \eta_{T\zeta B} T_p / k, \quad (1.2)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;

v_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

T_p – чистий час роботи агрегату за зміну, год;

$N_{н}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

$\zeta_{N\epsilon}$ – коефіцієнт завантаження двигуна за потужністю;

η_T – тяговий ККД трактора;

ζ_B – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату;

k – питомий тяговий опір робочої машини, кН/м.

Робочу ширину захвату агрегату можна визначити за формулою:

$$B_p = \zeta_B B_k, \quad (1.3)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату агрегату, м.

Коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату залежить від виду виконуваної роботи. Для плугів та лемішних лушильників він становить 1,0-1,1; на сівбі, садінні, міжрядному обробітку, підбиранні та обмолочуванні валків, для гичко-, коренезбиральних машин і комбайнів – 1,0; на коткуванні – 0,96-0,98; на суцільній культивациї, скошуванні трав на сіно, збиранні силосних культур суцільної сівби – 0,95-0,96; на боронуванні, скошуванні зернових у валки – 0,94-0,95; на збиранні силосних культур широкорядних посівів залежно від розміру міжрядь, ширини захисної смуги та кількості рядків, що їх збирає машина за один прохід – 0,88-

1,17.

Робоча швидкість агрегату зумовлена агротехнічними вимогами до виконання відповідних технологічних операцій з урахуванням раціонального тягового завантаження трактора і її можна визначити за формулами:

$$\vartheta_p = 0,377 \frac{r_k n_d}{i_T} (1 - \delta / 100), \quad (1.4)$$

$$\text{або } \vartheta_p = \vartheta_T (1 - \delta), \quad (1.5)$$

де r_k – радіус кочення колеса (для гусеничних тракторів радіус початкового кола ведучої зірочки), м;

n_d – дійсна частота обертання колінчастого вала двигуна, хв^{-1} ;

i_T – передаточне відношення трансмісії на даній передачі;

δ – буксування рушіїв трактора, %.

Дійсна частота обертання колінчастого вала дорівнює:

$$n_d = n_n + (n_{xx} - n_n) \frac{P_{\text{нзч}} + P_{\text{нзт}}}{P_{\text{дн}}}, \quad (1.6)$$

де n_n , n_{xx} – частота обертання колінчастого вала двигуна відповідно номінальна і на режимі максимального холостого ходу двигуна, хв^{-1} ;

$P_{\text{нзч}} = P_{\text{дн}} - P_{\text{зч}}$ – частина дотичної сили тяги, що не може бути використана при недостатньому зчепленні рушіїв трактора з ґрунтом, кН;

$P_{\text{нзт}} = P_{\text{тн}} - R_a$ – сила, що не використовується за умовами завантаження трактора, кН;

R_a – опір агрегату, кН;

$P_{\text{дн}}$ – номінальна дотична сила тяги трактора, кН.

Про визначення робочої швидкості вже йшлося. Чистий робочий час зміни, витрачений на корисну роботу агрегату, становить:

$$T_p = \tau T_{\text{зм}}, \quad (1.7)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни (середні коефіцієнти використання часу зміни на різних операціях з урахуванням зональних особливостей наведені в табл. 1.1);

$T_{\text{зм}}$ – загальна тривалість або повний час зміни, год.

Таблиця 1.1 - Коефіцієнт використання часу зміни залежно від операції та зони

Операція	Степ	Лісостеп	Полісся
1	2	3	4
Оранка плугами:			
начіпними	0,85	0,81	0,77
причіпними	0,80	0,76	0,72
Культивація суцільна культиваторами:			
начіпними	0,85	0,81	0,77
причіпними	0,80	0,76	0,72
Міжрядний обробіток з підживленням рослин	0,70	0,67	0,63
Лущення стерні:			
лемішними лушильниками	0,80	0,76	0,72
дисковими лушильниками і боронами	0,85	0,81	0,77
Боронування боронами:			
зубовими	0,80	0,76	0,72
сітчастими	0,90	0,86	0,81
голчастими	0,85	0,81	0,77
Сівба:			
зернових і зернобобових, кукурудзи, соняшнику,	0,75	0,71	0,68
рицини та овочів	0,75	0,71	0,68
Садіння:			
картоплі з одночасним внесенням добрив	0,50	0,48	0,45
розсади овочевих культур	0,60	0,57	0,54
Розкидання органічних добрив	0,50	0,48	0,45
Внесення мінеральних добрив	0,55	0,53	0,50
Обприскування посівів	0,80	0,76	0,72
Скошування:			
зернових у валки	0,70	0,67	0,63
трав причіпними косарками	0,75	0,71	0,68
те ж, начіпними косарками	0,80	0,76	0,72
Згрібання сіна граблями:			
бічними	0,85	0,81	0,77
поперечними	0,80	0,76	0,72
Збирання зернових культур комбайнами	0,65	0,62	0,59
Стягування соломи тросовими волокушами	0,45	0,43	0,41
Підбирання соломи підбирачами-копнувачами і штовхаючими волокушами	0,70	0,67	0,63

Операція	Степ	Лісоступ	Полісся
1	2	3	4
Очищення зерна	0,80	0,80	0,80
Збирання цукрових буряків	0,60	0,57	0,54
Збирання кукурудзи на зерно і силос	0,60	0,58	0,55
Збирання картоплі:			
комбайнами	-	0,57	0,54
картоплекопачами	0,80	0,75	0,70
Сортування картоплі	0,85	0,85	0,85
Збирання льону-довгунця комбайнами	-	-	0,54

Частий робочий час агрегату протягом зміни визначають на підставі складових нормативного балансу часу зміни за формулою:

$$T_p = \frac{T_{зм} - \left(\underset{\text{пов}}{T_{пз}} + \underset{\text{то}}{T_{обс}} + \underset{\text{пер}}{T_{воп}} \right)}{1 + \tau_{пов} + \tau_{то} + \tau_{пер}}, \quad (1.8)$$

де $T_{пз}$ – тривалість підготовчо-заклучних робіт, пов'язаних із проведенням щозмінного технічного обслуговування агрегату, підготовкою його до переїзду, переїздами на початку та в кінці зміни, одержанням наряду і здачею роботи;

$T_{обс}$ – тривалість організаційно-технічного обслуговування агрегату в загинці, пов'язаного з очищенням робочих органів, перевіркою якості роботи, технологічними регулюваннями та технічним обслуговуванням;

$T_{воп}$ – час для відпочинку та особистих потреб обслуговуючого персоналу;

$\tau_{пов}$ – коефіцієнт поворотів;

$\tau_{то}$ – коефіцієнт технологічного обслуговування агрегату, що враховує простої, пов'язані із завантажуванням (наприклад, сівалок насінням і добривами) та розвантажуванням (наприклад, бункера зернозбирального комбайна) технологічних місткостей, заміною транспортних засобів тощо;

$\tau_{пер}$ – коефіцієнт переїздів з поля на поле (з ділянки на ділянку) протягом зміни.

Чисельні значення $T_{пз}$, $T_{обс}$ і $T_{воп}$, що належать до позациклових регламентованих нормованих простоїв, наведені в Типових нормах на механізовані сільськогосподарські роботи.

Коефіцієнт поворотів визначають за формулою:

$$T_{\text{пов}} = t_{\text{пов}} \frac{\vartheta_p}{3,6L_p}, \quad (1.9)$$

де $t_{\text{пов}}$ – тривалість одного повороту агрегату, с (наведена в Типових нормах на механізовані сільськогосподарські роботи);

L_p – довжина робочого гону, м.

Коефіцієнт технологічного обслуговування агрегату розраховують за формулою:

$$T_{\text{ТО}} = t_{\text{ТО}} \frac{W_{\Gamma} U_{\text{в}}}{60V\rho\psi}, \quad (1.10)$$

де $t_{\text{ТО}}$ – тривалість однієї технологічної зупинки агрегату, що пов'язана із завантаженням (заповненням, розвантаженням) технологічних місткостей, хв (наведена в Типових нормах на механізовані сільськогосподарські роботи);

$W_{\Gamma} = 0,1B_p v_p$ – продуктивність агрегату за 1 год. основного часу, га/год;

$U_{\text{в}}$ – норма витрати насіння, добрив або врожайність сільськогосподарської культури, кг/га;

V – об'єм технологічних місткостей агрегату, м³;

ρ – об'ємна маса матеріалу, кг/м³;

ψ – коефіцієнт використання (заповнення, спороження) технологічних місткостей (кузовів, бункерів, ящиків, резервуарів, банок тощо): для зернозбиральних комбайнів $\psi = 0,95$, сівалок – 0,75-0,85.

Коефіцієнт переїздів визначають за формулою:

$$T_{\text{пер}} = \left(t_{\text{пн}} + \frac{l_{\text{пер}}}{\vartheta_{\text{пер}}} \right) \frac{W_{\Gamma} n_{\text{арп}}}{F_{\text{сп}}}, \quad (1.11)$$

де $t_{\text{пн}}$ – тривалість часу підготовки агрегату до переїзду, год;

$l_{\text{пер}}$ – середня відстань переїзду, км;

$v_{\text{пер}}$ – швидкість руху агрегату при переїздах, км/год (для МТА з трактором Т-150К $v_{\text{пер}} = 8,5$ км/год, для решти агрегатів – 6,5 км/год);

$n_{\text{арп}}$ – кількість агрегатів, які одночасно працюють на полі (ділянці);

$F_{ср}$ – середня площа поля (ділянки), яку обробляють, га.

Залежно від складності агрегатів та кількості агрегатованих машин тривалість часу на їх перебудову коливається в межах 6-20 хв. Для підготовки до переїзду агрегатів, які не потребують перебудови в транспортне положення, надається 4 хв.

Середню відстань одного переїзду визначають залежно від середньої площі робочої ділянки $F_{ср}$ та класу довжини гону (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Середня відстань переїзду залежно від середньої площі робочої ділянки і класу довжини гону

Клас довжини	$F_{ср}$, га	$l_{пер}$, км
До 150	До 1,5	0,60
150-200	3	0,70
200-300	6	0,81
300-400	12	0,93
400-600	24	1,05
600-1000	60	1,25
Понад 1000	Понад 140	1,50

Клас довжини гону визначають за таблицею 1.2 з урахуванням ширини $C_{дл}$ і довжини $L_{дл}$ ділянки.

При розрахунку продуктивності агрегату за потужністю двигуна (формула 1.2) номінальну ефективну потужність знаходять у технічній характеристиці трактора. Коефіцієнт завантаження двигуна за потужністю ζ_{Ne} визначають за формулою:

$$\zeta_{Ne} = N_e / N_{ен}, \quad (1.12)$$

де N_e – фактично реалізована ефективна потужність при даному завантаженні, кВт.

$$N_e = \frac{[R_a + G(f + i)]v_p}{3,6\eta_{мг}\eta_d}, \quad (1.13)$$

де η_d – ККД, який урахує буксування ходового апарата, $\eta_d = 1 - \delta/100$,

де δ – буксування ходового апарата, % (беруть із тягової характеристики трактора при $P_T = R_a$).

Оптимальне завантаження двигуна трактора в експлуатаційних умовах забезпечує найбільшу продуктивність і економічність агрегату за витратою палива. Воно залежить від ступеня нерівномірності тягового опору δ_R і запасу крутного моменту двигуна. Запас крутного моменту визначає різниця між максимальним його значенням $M_{e \max}$ і номінальним $M_{ен}$. Відомо, що відношення $M_{e \max} / M_{ен}$ називають коефіцієнтом пристосовності двигуна за крутним моментом:

$$K_{пм} / K_{пм} = M_{e \max} / M_{ен}. \quad (1.14)$$

Коефіцієнт оптимального завантаження двигуна за крутним моментом визначають за формулою:

$$\xi_{Me}^{opt} = \frac{0,95 K_{пм}}{1 + \delta_p / 2}. \quad (1.15)$$

Тоді найбільш раціональне завантаження двигуна за моментом становитиме:

$$M_{ep}^{opt} = \xi_{Me}^{opt} M_{ен}. \quad (1.16)$$

За такої умови забезпечуватиметься беззупинна робота двигуна при подоланні ним максимальних короточасних підвищень моменту опору на колінчастому валу при неусталеній роботі агрегату.

При виконанні практичної роботи здобувач вищої освіти оволодіває інтегральною компетентністю, а саме: Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі агропромислового виробництва та у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Якщо склад агрегату не забезпечує повного завантаження двигуна за потужністю, підвищення швидкості знижує якість роботи, а збільшити ширину захвату агрегату (начіпного, тягово-приводного) неможливо, то підвищити економічність роботи двигуна при значних недовантаженнях можна переведенням недовантаженого двигуна на знижену частоту обертання колінчастого вала. Для збереження необхідної швидкості агрегату при цьому включають вищу передачу. Швидкісний режим тракторних двигунів із всережнимирегуляторами змінюють зміню подачі палива.

При зниженні внаслідок зменшення подачі палива частоті обертання колінчастого вала двигун працює економічніше, оскільки при однакових потужностях і крутному моменті питома витрата палива зменшується. Про визначення тягового опору робочих машин вже йшлося.

Продуктивність, яку можна було б одержати за умови повного використання конструктивної ширини захвату, теоретичної швидкості і часу зміни, називають теоретичною продуктивністю агрегату, його працездатністю. Ступінь використання працездатності агрегату

визначають за формулою:

$$\xi_{\text{впра}} = \xi_{\text{в}} \xi_{\text{v}} \tau, \quad (1.17)$$

де ξ_{v} – коефіцієнт використання теоретичної швидкості агрегату,

$$\xi_{\text{v}} = v_{\text{p}} / v_{\text{T}}. \quad (1.18)$$

Теоретична швидкість агрегату дорівнює:

$$v_{\text{T}} = v_{\text{p}} / (1 - \delta / 100). \quad (1.19)$$

Якщо потужність трактора і час зміни використовуються повністю, то одержувану за таких умов продуктивність агрегату називають теоретичною продуктивністю за потужністю трактора або працездатністю трактора. Ступінь використання останньої визначають за формулою:

$$\xi_{\text{впрТ}} = \xi_{\text{NТ}} \tau, \quad (1.20)$$

Продуктивність, розраховану при корисному використанні номінальної потужності двигуна (без будь-яких втрат) і повному використанні часу зміни, називають теоретичною за потужністю двигуна або працездатністю двигуна. Ступінь її використання визначають за формулою:

$$\xi_{\text{врд}} = \xi_{\text{Nе}} \eta_{\text{T}} \tau. \quad (1.21)$$

Таблиця 1.3 - Визначення класу довжини гону

Довжина ділянки $L_{\text{дїл}}$	Клас довжини гону (м) при $C_{\text{дїл}}$, м						
	До 150	150-200	200-300	300-400	400-600	600-1000	Понад 1000
До 150	До 150	-	-	-	-	-	-
150-200	150-200	150-200	-	-	-	-	-
200-300	150-200	200-300	200-300	-	-	-	-
300-100	200-300	200-300	300-100	300-100	-	-	-
400-600	200-300	300-400	300-400	400-600	400-600	-	-
600-1000	300-100	300-400	400-600	400-600	600-1000	600-1000	-
Понад 1000	400-600	400-600	400-600	400-600	600-1000	600-1000	Понад 1000

Найбільш узагальнюючим показником раціональності

комплектування та ефективності використання агрегатів є коефіцієнт експлуатації агрегату, який визначають за формулою:

$$\zeta_{\text{ЕКС}} = \zeta_{\text{M}} \zeta_{\text{B}} \tau, \quad (1.22)$$

Витрату палива на одиницю виконаної роботи (погектарну витрату палива) можна визначити, якщо відомі загальна витрата палива за зміну та змінна продуктивність агрегату, тобто:

$$g_{\text{га}} = \frac{G_{\text{п.ЗМ}}}{W_{\text{ЗМ}}} = \frac{G_{\text{пр}} T_{\text{р}} + G_{\text{пх}} T_{\text{пов}} + G_{\text{пз}} T_{\text{зуп}}}{W_{\text{ЗМ}}}, \quad (1.23)$$

де $g_{\text{га}}$ – погектарна витрата палива, кг/га;

$G_{\text{п.ЗМ}}$ – загальна витрата палива за зміну, кг;

$G_{\text{пр}}$, $G_{\text{пх}}$, $G_{\text{пз}}$ – годинна витрата палива відповідно при робочому ході агрегату під навантаженням, при холостому ході (поворотах, заїздах і переїздах) та на зупинках агрегату з працюючим двигуном, кг/год. (табл. 7.16);

$T_{\text{р}}$, $T_{\text{пов}}$, $T_{\text{зуп}}$ – відповідно за зміну чистий робочий час, час холостих поворотів, заїздів і переїздів та час зупинок агрегату з працюючим двигуном, год;

$W_{\text{ЗМ}}$ – змінна продуктивність агрегату, га.

Час холостого руху агрегату на поворотах визначають за формулою:

$$T_{\text{пов}} = \tau_{\text{пов}} T_{\text{р}}, \quad (1.24)$$

Тривалість зупинок агрегату з працюючим двигуном встановлюють за рівнянням:

$$T_{\text{зуп}} = T_{\text{то}} + T_{\text{воп}} + 0,5 T_{\text{што}}, \quad (1.25)$$

де $T_{\text{то}}$ – тривалість технологічного обслуговування агрегату протягом зміни,

$T_{\text{што}}$ – тривалість щозмінного технічного обслуговування агрегату.

Тривалість технологічного обслуговування агрегату дорівнює:

$$T_{\text{то}} = \tau_{\text{то}} T_{\text{р}}. \quad (1.26)$$

Таблиця 1.4 - Орієнтовна витрата палива при роботі машинно-тракторних агрегатів, кг/год.

Марка трактора	На зупинках	На холостому ходу трактора *	На холостому ходу агрегату		При роботі під навантажен-ням ***
			на переїздах **	на поворотах	
1	2	3	4	5	6
Гусеничний:					
Т-130	3,0	8,0-12,0	9,5-15,0	—	21,0-24,5
Т-4А	2,5	8,2-10,5	9,5-13,4	-	17,0-23,4
Т-150	2,5	10,0-12,0	11,5-14,0	12,0-15,0	22,0-26,5
ДТ-175С	2,6	-	10,0-11,5	12,0-16,0	22,0-31,0
ДТ-75М	1,9	6,5-8,7	7,5-10,0	-	14,0-16,5
ДТ-75	1,8	6,0-8,2	6,5-9,0	-	12,0-15,0
ДТ-75Б	1,8	6,8-9,0	7,5-11,5	-	13,5-15,2
Т-70С	1,2	5,2-7,2	6,0-8,0	-	11,5-13,5
Т-54В	1,2	4,0-5,0	4,5-6,5	-	8,5-9,6
Колісний:					
К-701	3,5	16,0-27,0	19,0-30,0	-	32,0-51,0
К-700, К-700А	3,1	12,0-17,0	13,0-19,0	17,0-23,0	27,0-35,0
Т-150К	2,5	10,0-13,5	11,5-17,0	-	25,0-30,0
ЛТЗ-145	2,4	-	10,0-13,0	12,0-15,0	20,0-25,0
МТЗ-142	2,3	-	9,0-10,0	12,0-14,0	20,0-26,0
МТЗ-100/102	2,7	-	5,0-9,0	6,0-10,0	11,0-19,0
МТЗ-80/82	1,4	5,0-7,0	5,5-8,5	-	10,5-15,0
ЮМЗ-6Л/М	1,3	3,3^1,5	4,2-6,5	5,0-7,0	8,5-11,6
Т-40М, Т-40АМ	1,1	2,9^1,5	4,2-5,5	-	6,5-9,5
Т-40, Т-40А	1,0	3,2-4,2	3,8-5,2	-	5,0-7,6
Т-25А	0,8	1,5-2,0	2,0-3,0	-	3,6-1,8
Т-16М	0,7	1,8-2,5	2,3-3,0	-	3,1-3,9

* У зазначених інтервалах витрата палива тим більша, чим вища швидкість руху і чим пухкіший ґрунт.

** На поворотах витрата палива на 15-25% більша.

*** Залежить від завантаження двигуна (складу агрегату, швидкості руху, агрофону). Перші числа інтервалів відповідають найменшій витраті палива при завантаженні 80-85% від N_{Tmax} , другі - найбільшій витраті при N_{Tmax} .

Зміст і послідовність виконання роботи. Одержуємо у викладача індивідуальне завдання для виконання роботи. У ньому

повинні бути наведені виконувана технологічна операція, склад агрегату та умови його використання: довжина гону; схил місцевості; коефіцієнт опору коченню трактора, зчіпки і робочої машини; питомий тяговий опір; ступінь нерівномірності тягового опору; норми висіву насіння та внесення добрив або врожайність культури; об'ємна маса насіння, добрив тощо.

Послідовність виконання роботи розглянемо на прикладі розрахунку змінної продуктивності агрегату у складі трактора ЮМЗ-6КМ та сівалки ССТ-12В на сівбі цукрових буряків.

Умови використання агрегату і вихідні дані: довжина гону $L_p = 850$ м; схил місцевості $i = 0,02$; коефіцієнт опору коченню трактора $f = 0,16$; питомий тяговий опір сівалки $k = 1,0$ кН/м; ступінь нерівномірності тягового опору $\delta_R = 0,22$; норма висіву насіння $I_B = 12$ кг/га; норма внесення гранульованого суперфосфату $I_d = 90$ кг/га; об'ємна маса насіння $\rho_n = 400$ кг/м³, об'ємна маса гранульованого суперфосфату $\rho_d = 1020$ кг/м³.

З технічної характеристики трактора ЮМЗ-6КМ знаходимо його експлуатаційну вагу $G = 34,3$ кН та номінальну потужність двигуна $N_{ен} = 44,5$ кВт. З технічної характеристики сівалки ССТ-12В встановлюємо, що вона начіпна, її конструктивна ширина захвату (у даному випадку – це конструктивна ширина захвату агрегату) $B_k = 5,4$ м, конструктивна маса $m_{км} = 1225$ кг, місткість насінних бункерів $V_{бн} = 0,192$ м³, місткість тукових бункерів $V_{бт} = 0,280$ м³, інтервал агротехнічно допустимих швидкостей руху $v_{ар} = 5,2 - 7,0$ км/год; обслуговує сівалку тракторист-машиніст.

Із типових норм виробітку на механізовані сільськогосподарські роботи та довідкової літератури знаходимо: тривалість одного повороту агрегату $t_{пов} = 52$ с; тривалість одного завантажування сівалки насінням $t_{тон} = 7$ хв і добривами $t_{тод} = 5$ хв; тривалість підготовчо-заклучних робіт $T_{пз} = 63$ хв = 1,05 год, із них тривалість щозмінного технічного обслуговування агрегату $T_{цтго} = 30$ хв = 0,5 год, витрати часу на підготовку агрегату до переїзду - 4 хв, переїзди на початку і в кінці зміни – 26 хв, на одержання наряду і здачу роботи – 3 хв; тривалість організаційно-технічного обслуговування агрегату в загінці $T_{обс} = 23$ хв = 0,38 год; час для відпочинку і особистих потреб $T_{воп} = 30$ хв = 0,5 год.

Приймаємо: коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату агрегату $\zeta_B = 1$; тривалість зміни $T_{зм} = 7$ год; внутрішньозмінні переїзди відсутні – $\tau_{пер} = 0$; коефіцієнт використання технологічних

місткостей – насінних і тукових бункерів - $\psi = 0,80$; механічний ККД трансмісії $\eta_{\text{мт}} = 0,92$; коефіцієнт, що враховує довантаження трактора сівалкою, $\lambda_{\text{д}} = 1,0$.

За формулою (1.3) робоча ширина захвату агрегату становить:

$$B_{\text{р}} = 1 \times 5,4 = 5,4 \text{ м,}$$

Визначаємо експлуатаційну масу сівалки:

$$m_{\text{ем}} = m_{\text{км}} + V_{\text{бн}}\rho_{\text{н}} + V_{\text{бт}}\rho_{\text{д}} = 1225 + 0,192 \times 400 + 0,280 \times 1020 = 1487 \text{ кг .}$$

Визначеній експлуатаційній масі сівалки відповідає експлуатаційна вага $G_{\text{м}} = 14,7 \text{ кН}$.

Розраховуємо робочий тяговий опір агрегату:

$$R_{\text{ан}} = kB_{\text{к}} + G_{\text{м}}(\lambda_{\text{д}} + i) = 1 \times 5,4 + 14,7 \times (1 \times 0,16 + 0,02) = 8,0 \text{ кН .}$$

Для визначення робочої швидкості агрегату звертаємося до тягової характеристики трактора ЮМЗ-6КМ (додаток 10 [6]), знятої на полі, підготовленому для сівби. Оскільки інтервал агротехнічно допустимих швидкостей для сівалки ССТ-12В перебуває в межах 5,2-7 км/год, то за тяговою характеристикою трактора в режимі експлуатації $N_{\text{Т}} = N_{\text{Тmax}}$ Такі швидкості можуть бути забезпечені на передачах 5р, 1 і 2.

Щоб визначити швидкість руху, яка відповідає тяговому завантаженню трактора $R_{\text{ан}} = 8,0 \text{ кН}$, треба знати зміну швидкості залежно від тягового зусилля трактора $P_{\text{Т}}$. З таблиці тягової характеристики трактора (додаток 10 [6]) виписуємо необхідні вихідні дані (табл. 1.5) і за ними будуємо графіки зміни робочої швидкості на передачах 5р, 1 і 2 та буксування рушіїв залежно від тягового зусилля $P_{\text{Т}}$ (рис. 1.1). На координатній осі $P_{\text{Т}}$ знаходимо $P_{\text{Т}} = R_{\text{ан}} = 8,0 \text{ кН}$. При такому тяговому завантаженні буксування становить $\delta = 10\%$. На координатній осі $v_{\text{р}}$ відмічаємо інтервал агротехнічно допустимих швидкостей B й знаходимо, що можливими робочими передачами можуть бути передачі 5р і 1. Передача 5р забезпечує швидкість $v_{\text{р}} = 6,2 \text{ км/год.}$, а передача 1 - $v_{\text{р}} = 6,9 \text{ км/год.}$ Приймаємо за робочу передачу 1, на якій максимальна тягова потужність трактора за таблицею тягової характеристики становить $N_{\text{Тmax}} = 23,5 \text{ кВт}$. Отже, у подальших розрахунках приймаємо $v_{\text{р}} = 6,9 \text{ км/год.}$

Теоретична швидкість за формулою (1.5) становитиме: $v_{\text{т}} = 6,9 / (1 - 10/100) = 7,7 \text{ км/год.}$, а коефіцієнт використання теоретичної

швидкості $\zeta v = v_p/v_T = 6,9 / 7,7 = 0,89$.

Таблиця 1.5 - Вихідні дані для побудови графіка зміни робочої швидкості і буксування трактора ЮМЗ-6КМ при роботі на полі, підготовленому для сівби

Передача	Режим експлуатації при:							
	$P_T = 0$		$N_T = N_{T \max}$			$P_{T \max}$		
	$\delta, \%$	$v_p, \text{ км/год.}$	$P_{T \max}, \text{ кН}$	$v_p, \text{ км/год.}$	$\delta, \%$	кН	$v_p, \text{ км/год.}$	$\delta, \%$
5p	0	7,2	15,2	5,3	24,0	17,5	3,0	47,0
1	0	8,0	14,1	6,0	22,0	16,7	3,8	30,0
2	0	9,45	12,8	7,0	19,0	15,9	4,8	22,5

Коефіцієнт поворотів за формулою (1.9) дорівнює:

$$\tau_{\text{пов}} = 52 \times [6,9 / (3,6 \times 850)] = 0,12.$$

За формулою (1.10) визначаємо коефіцієнти технологічного обслуговування агрегату, що пов'язані із завантаженням сівалок насінням:

$$\tau_{\text{тон}} = 7(0,1 \times 5,4 \times 6,9 \times 12) / (60 \times 0,192 \times 400 \times 0,80) = 0,085,$$

а також добривами -

$$\tau_{\text{год}} = 5(0,1 \times 5,4 \times 6,9 \times 90) / (60 \times 0,280 \times 1020 \times 0,80) = 0,122.$$

Чистий робочий час агрегату протягом зміни за формулою (1.8) становитиме:

$$T_p = [7 - (1,05 + 0,38 + 0,5)] / (1 + 0,12 + 0,085 + 0,122) = 3,82 \text{ год.}$$

Тоді на підставі формули (1.7) коефіцієнт використання робочого часу зміни дорівнюватиме:

$$\tau = T_p / T_{\text{зм}} = 3,82 / 7 = 0,54.$$

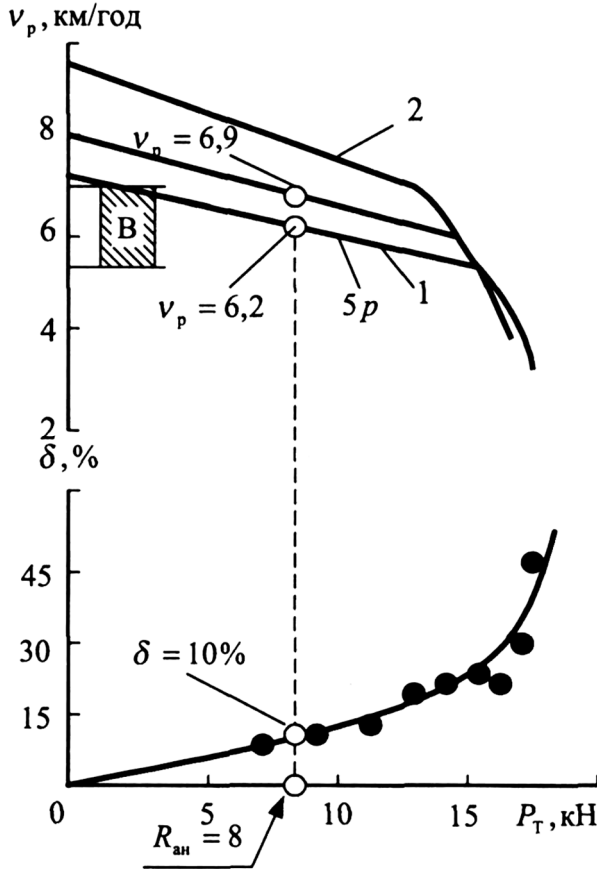
За формулою (1.1) визначаємо продуктивність агрегату за зміну

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \times 5,4 \times 6,9 \times 3,82 = 14,2 \text{ га.}$$

Реалізована ефективна потужність двигуна за формулою (1.13)

$$N_e = [8,0 + 34,3(0,16 + 0,02)]6,9 / (3,6 \times 0,92 \times 0,90) = 16,6 \text{ кВт,}$$

а його коефіцієнт завантаження за формулою (1.12)



1, 2, 5p – передачі трактора;
 В – інтервал агротехнічно допустимих швидкостей (5,2 - 7,0 км/год.)

Рисунок 1.1 - Визначення робочої швидкості і буксування трактора ЮМЗ-6КМ в агрегаті із сівалкою ССТ-12В:

$$\zeta_{Ne} = 16,6 / 44,5 = 0,3.$$

Тягова потужність трактора становитиме:

$$N_T = R_{ан} v_p / 3,6 = 8,0 \times 6,9 / 3,6 = 15 \text{ кВт},$$

а його тяговий ККД -

$$\eta_T = N_T / N_e = 15 / 16,6 = 0,9.$$

Тоді змінна продуктивність агрегату за формулою (1.2) сягатиме

$$W_{зм} = 0,36 \times 44,5 \times 0,3 \times 0,9 \times 1 \times 3,82 / 1 = 16,4 \text{ га.}$$

Порівняння значень продуктивності, розрахованої за шириною захвату агрегату (формула 1.1) та потужністю двигуна (формула 1.2), показало, що вони дещо різняться між собою, зокрема, в другому випадку розраховане значення продуктивності більше. Це пояснюється тим, що розрахунок продуктивності через потужність двигуна розкриває технічні можливості досягнення максимальної продуктивності агрегату при використанні його на відповідній операції.

Одержане значення коефіцієнта завантаження двигуна $\zeta_{N_e} = 0,3$ свідчить про те, що він недовантажений. Щоб визначити раціональне завантаження двигуна за потужністю і проаналізувати вплив навантаження ζ_{N_e} на паливну економічність, будемо швидкісну характеристику двигуна Д-65М. У прямокутній системі координат (рис. 1.2) по осі абсцис відкладаємо частоту обертання колінчастого вала двигуна n (хв^{-1}), а по осі ординат - ефективну потужність двигуна N_e (кВт), крутний момент M_e ($\text{кН}\cdot\text{м}$) та питому витрату палива g_e в $\text{г}/\text{кВт}\cdot\text{год}$. Дані для побудови швидкісної характеристики наведені в додатку 29 [6]. На графіку відмічаємо номінальну частоту обертання колінчастого вала n_n , частоту обертання на режимі максимального холостого ходу двигуна $n_{\text{хх}}$ та значення потужності N_{e_n} , крутного моменту M_{e_n} і питомої витрати палива g_{e_n} на номінальній частоті обертання.

Визначаємо коефіцієнт пристосовності двигуна за крутним моментом:

$$K_{\text{пм}} = M_{e_{\text{max}}} / M_{e_n} = 0,270 : 0,242 = 1,11.$$

Зважаючи, що ступінь нерівномірності тягового опору сівалки $\delta_R = 0,22$, за формулою (1.15) визначаємо коефіцієнт оптимального завантаження двигуна за крутним моментом:

$$\xi_{M_e}^{\text{опт}} = (0,95 \times 0,242) / (1 + 0,22 : 2) = 0,95.$$

Тоді робоче значення крутного моменту, що відповідає визначеному ξ_{Me}^{opt} , за формулою (1.16) становитиме:

$$M_{ep}^{opt} = 0,95 \times 0,242 = 0,218 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Розраховане значення M_{ep}^{opt} відмічаємо на регуляторній вітці залежності $M_e = f(n)$ (див. рис. 1.2). Через визначену точку проводимо лінію, перпендикулярну до осі абсцис, до перетину з кривими $M_e = f(n)$ і $g_e = f(n)$. Точка перетину вертикальної лінії з лінією зміни N_e залежно від n визначає раціональне завантаження двигуна за потужністю, яке становить 88 % N_{eH} . При такому завантаженні двигуна питома витрата палива порівняно з номінальним значенням збільшується всього на 0,4%.

Для оцінки паливної економічності двигуна залежно від його завантаження за потужністю ζ_{Ne} визначаємо питому витрату палива при відповідному завантаженні за процентним відношенням до витрати при N_{eH} . Питому витрату палива при N_{eH} приймаємо за 100%. У верхній частині рис. 1.2 наведено графік зміни $g_e = (g_e / g_{eH}) 100\%$ залежно від ζ_{Ne} . Як видно, із підвищенням завантаження двигуна питома витрата палива зменшується за законом гіперболи. При цьому інтенсивність зменшення питомої витрати палива із підвищенням завантаження знижується. Так, при збільшенні завантаження від $\zeta_{Ne} = 0,25$ до $\zeta_{Ne} = 0,6$ питома витрата палива зменшується в 1,7 рази, а при збільшенні завантаження в межах $\zeta_{Ne} = 0,6-0,8$ - зменшується тільки в 1,1 рази. Отже, недовантаження двигуна зумовлює зниження його паливної економічності.

При агрегуванні трактора ЮМЗ-6КМ із сівалкою ССТ-12В завантаження двигуна становить $\zeta_{Ne} = 0,3$, що спричинює збільшення питомої витрати палива на 55% порівняно з питомою витратою при $\zeta_{Ne} = 1,0$. У таких випадках для підвищення паливної економічності варто, якщо можливо, призначити частинний режим роботи двигуна (із зменшеною подачею палива) на даній або підвищеній передачі, але при дотримуванні швидкості в інтервалі агротехнічно допустимих.

Визначаємо ступінь використання працездатності: агрегату за формулою (1.17)

$$\zeta_{впа} = 1 \times 0,89 \times 0,54 = 0,48;$$

трактора за формулою (1.20)

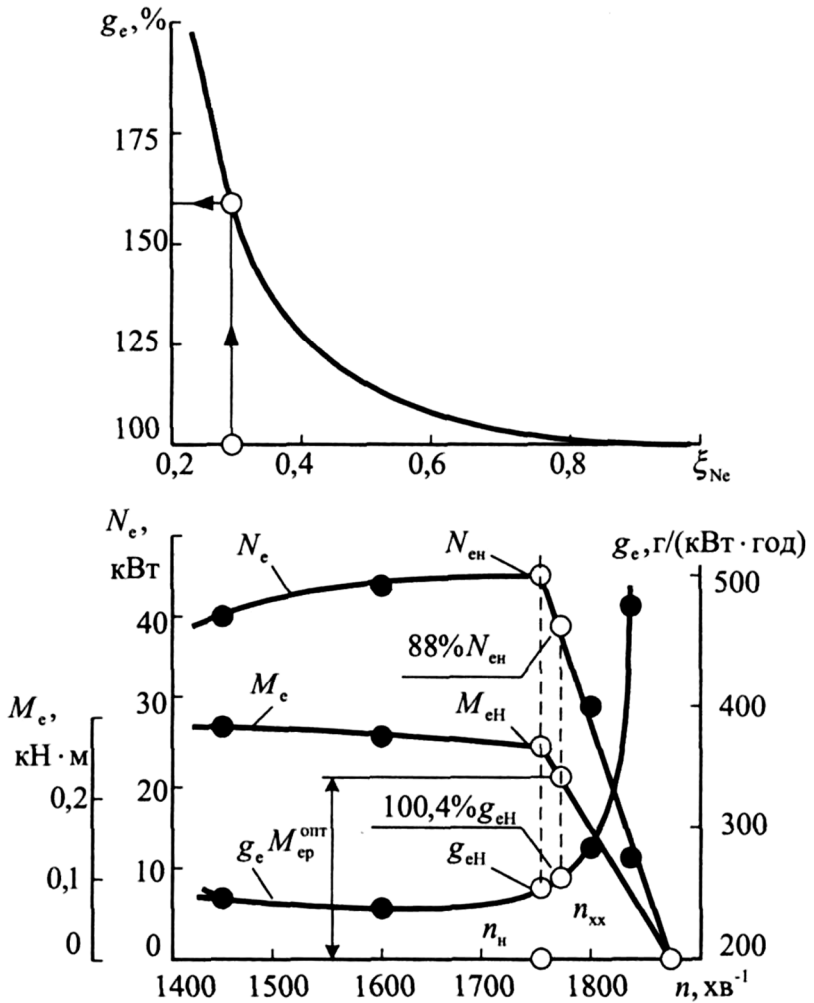


Рисунок 1.2 - Завантаження двигуна Д-65Н і питома витрата палива

$$\zeta_{врт} = (N_T / N_{T \max}) \tau = (15/23,5) \times 0,54 = 0,34;$$

двигуна за формулою (1.21) -

$$\zeta_{врд} = 0,3 \times 0,9 \times 0,54 = 0,14.$$

За формулою (1.22) визначаємо коефіцієнт експлуатації агрегату:

$$\zeta_{\text{екс.а}} = (N_T / N_{T \text{ max}}) \zeta_{\text{BT}} = (15 / 23,5) \times 1 \times 0,54 = 0,34 .$$

Із таблиці 1.4 вибираємо значення годинної витрати палива двигуном трактора ЮМЗ-6КМ при роботі його в загінці: при робочому ході агрегату $G_{\text{пр}} = 8,5$ кг/год, при холостому ході на поворотах $G_{\text{пх}} = 4,2$ кг/год і на зупинках з працюючим двигуном $G_{\text{пз}} = 1,3$ кг/год. При цьому враховуємо ступінь завантаження двигуна, яке на робочому ходу агрегату становить $\zeta_{\text{Ne}} = 0,3$.

Час холостого руху агрегату на поворотах за формулою (1.24) становить:

$$T_{\text{пов}} = 0,12 \times 3,82 = 0,48 \text{ год,}$$

а тривалість технологічного обслуговування агрегату з урахуванням зупинок на завантажування сівалки насінням і добривами за формулою (1.26)

$$T_{\text{ТО}} = 0,085 \times 3,82 + 0,122 \times 3,82 = 0,79 \text{ год.}$$

За формулою (1.25) визначаємо тривалість зупинок агрегату з працюючим двигуном:

$$T_{\text{зуп}} = 0,79 + 0,5 + 0,5 \times 0,5 = 1,54 \text{ год.}$$

Погектарна витрата палива за формулою (1.23) дорівнюватиме:

$$g_{\text{га}} = (8,5 \times 3,82 + 4,2 \times 0,46 + 1,3 \times 1,54) / 14,2 = 2,6 \text{ кг/га.}$$

Зміст звіту. Послідовно навести розрахунки по визначенню продуктивності машинно-тракторного агрегату та погектарної витрати палива з поданням відповідних графіків.

При виконанні практичної роботи здобувач вищої освіти оволодіває загальними компетентностями, а саме:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- Здатність працювати в команді.
- Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Запитання для перевірки знань

1. Як визначити продуктивність агрегату за шириною захвату і швидкістю руху?

2. Як розрахувати продуктивність агрегату за номінальною потужністю двигуна?

3. У чому полягає особливість тягового розрахунку начіпних агрегатів?

4. Що таке коефіцієнт технологічного обслуговування агрегату і як його розрахувати?

5. Які складові нормативного балансу часу зміни?

6. Як визначити середню відстань внутрішньозмінних переїздів агрегату?

7. Що розуміють під ступенем використання працездатності агрегату, трактора і двигуна?

8. Як визначити коефіцієнт експлуатації агрегату?

9. Як визначити час холостого руху агрегату на поворотах та тривалість його технологічного обслуговування?

10. Що необхідно знати, щоб визначити погектарну витрату палива?

11. Розкажіть про систему заходів, що сприяють підвищенню коефіцієнта експлуатації агрегату.

Практична робота № 2

Налагодження і використання агрегатів на міжрядному обробітку посівів кукурудзи

Мета заняття. Засвоїти агротехнічні вимоги щодо міжрядного обробітку посівів кукурудзи, комплектування агрегатів і організації їх роботи в загінці; набути практичні навички технологічного налагодження відповідних агрегатів.

Завдання. Підготувати до роботи агрегат для міжрядного обробітку посівів кукурудзи, організувати його використання в полі.

Правила техніки безпеки при використанні агрегатів на міжрядному обробітку просапних культур – див. роботу 3.3 [6] і додатково:

Заборонено: регулювати, змашувати і очищати культиватор при русі агрегату, їздити на великих швидкостях й робити круті повороти в людних місцях та населених пунктах; при тривалій стоянці залишати культиватор у піднятому стані; повертати агрегат при заглиблених робочих органах; користуватися при роботі положенням руків'я керування золотником розподільника гідросистеми "опускання" і "нейтральне"; транспортувати культиватор із завантаженими туковисівними апаратами.

Роботи, пов'язані з ремонтом та технічним обслуговуванням, виконувати при опущеному на ґрунт культиваторі і непрацюючому двигуні трактора.

При завантажуванні та очищенні туковисівних апаратів слід перебувати з навітряного боку, пов'язувати рот і ніс марлею в декілька шарів або користуватися відповідними респіраторами. Очі слід захищати запобіжними окулярами. Після закінчення робіт вимити руки, обличчя й прополоскати рот.

Оснащення робочого місця: майданчик для технологічного налагодження машин, трактор, культиватор, набір ключів, лінійка 30 см, рулетка 5 м, манометр шинний, штангенциркуль, підкладки для колеса, розмічувальні шаблони (дошки) завширшки 60 см і завдовжки для 6-рядного культиватора – 5,3 м та 8-рядного – 6,7 м, мінеральні добрива, ділянка та інше, що наведено в роботі 3.1.

Загальні відомості та вказівки щодо виконання роботи. Вирощування кукурудзи за сучасними технологіями з використанням високоефективних пестицидів не виключає механічних прийомів

догляду за посівами. У ряді випадків це зумовлено проростанням однорічних і багаторічних бур'янів, стійких проти ґрунтових гербіцидів, або ущільненням та запливанням ґрунту чи появою сходів пізніх бур'янів після опадів у літній період вегетації кукурудзи.

Міжрядний обробіток кукурудзи починають після появи на сходах 3-4 листочків. За весь період догляду проводять від двох до п'яти міжрядних обробітків. Глибина культивуації залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони і становить: для першої культивуації – 8-12 см, другої - 6-10, третьої і наступних – 4-8 см. Культивуацію здебільшого поєднують із підживленням посівів.

В опрацьованій операційній технології вирощування кукурудзи рекомендовано міжрядний обробіток посівів у фазі 5-7 листочків проводити на глибину 10-12 см з одночасним знищенням бур'янів у рядках прополювальними борінками. При висоті рослин 35-10 см глибина розпушування міжрядь становить 6-7 см і бур'яни у рядках присипають шаром ґрунту. Відхилення фактичної глибини розпушування ґрунту в міжряддях від заданої допускається не більш як 1 см.

Між рослинами в рядках і обробленою частиною міжрядь залишають захисну зону, щоб культурні рослини під час обробітку не пошкоджувалися й не засипалися ґрунтом. Ширина захисної зони залежить від фази розвитку рослин і становить 7-17 см. Найбільш застосовувані захисні зони при першому, другому й третьому обробітках – відповідно 10, 12-13 та 15 см. Відхилення середньої ширини захисної зони від заданої не повинне перевищувати 2 см. Поверхня ґрунту в міжряддях після обробітку має бути рівною, а глибина борозенок понад 3 см не допускається. При обробітку захисних зон прополювальними борінками має знищуватися не менше 65-70% однорічних бур'янів, а при присипанні ґрунтом із застосуванням загортачів – не менше 90%. Не зрізаних бур'янів у міжряддях не повинно залишатися. Пошкодження рослин кукурудзи понад 1 % не допускається, як не допускаються пропуски та огріхи.

При підживленні прийняту норму добрив вносять у ґрунт на задану глибину на визначеній відстані від рядків рослин і з урахуванням фаз їх розвитку. Відхилення висіву добрив окремими висівними апаратами не повинно перевищувати $\pm 8\%$.

При сівбі 6-рядною сівалкою для обробітку міжрядь застосовують культиватори КРН-4,2А і КРН-4,2Б, а при сівбі 8-рядною - КРН-5,6 та КРН-5,6Б, агрегатуючи їх з тракторами класу 1,4.

Якщо сівба проводилася 12-рядним агрегатом, міжрядний обробіток виконують також 12-рядним культиватором КРН-8,4 або двома 6-рядними культиваторами КРН-1,2А, що начеплені на спеціальну зчіпку. Культиватор КРН-8,4 не обладнаний туковисівними апаратами і його агрегатують з тракторами ЛТЗ-145, МТЗ-142, ДТ-75 та ДТ-75М. До тракторів, які використовують на міжрядному обробітку, висуваються такі вимоги: ширина колії трактора має відповідати ширині міжряддя; колеса чи гусениці трактора повинні проходити по міжряддях з достатньою захисною зоною; польовий просвіт має забезпечувати прохід трактора над культурними рослинами без їх пошкодження; трактор повинен бути обладнаний обтікачами або стеблопідіймачами та розпушувачами колії; тиск ходової частини трактора на ґрунт не мусить перевищувати 0,04 МПа (0,4 кгс/см²), щоб не пошкодити кореневу систему рослин.

Бажана колія, за якої колеса трактора розміщуються посередині міжряддя, а зовнішня та внутрішня захисні зони однакові. Щодо трактора захисною зоною називають відстань по горизонталі від середньої осьової лінії рядка рослин до краю обода (шини) колеса або гусениці. Достатні розміри захисних зон забезпечують збереженість кореневої і наземної частин рослин при проході агрегату, а отже, зменшують втрати врожаю. Найвигідніші захисні зони при мінімальній ширині рушія забезпечуються за умови:

$$B_{\text{кол.з}} = b_{\text{м}} n_{\text{чрм}}, \quad (2.1)$$

де $B_{\text{кол.з}}$ – ширина колії задніх коліс трактора, мм;

$b_{\text{м}}$ – ширина міжряддя, мм;

$n_{\text{чрм}}$ – кількість рядків рослин, що знаходяться між колесами трактора.

Необхідна ширина колії передніх коліс трактора може бути більша або менша колії задніх на величину:

$$B_{\text{кол.п}} = B_{\text{кол.з}} \pm \frac{b_{\text{кол.з}} - b_{\text{кол.п}}}{2}, \quad (2.2)$$

де $b_{\text{кол.з}}$, $b_{\text{кол.п}}$ – ширина профілю шини відповідно заднього і переднього коліс, мм.

Ураховуючи ці вимоги та конструктивні можливості регулювання колії тракторів МТЗ і ЮМЗ при міжрядному обробітку культур із міжряддями 70 см, задні та передні колеса тракторів МТЗ і задні колеса тракторів ЮМЗ розставляють на колію 1400 мм. Колію передніх коліс тракторів ЮМЗ налагоджують на 1460 мм.

Після вибору потрібної колії можна розрахувати захисні зони. Розмір зовнішньої захисної зони визначають за формулою:

$$b_{33.3} = \frac{b_m (n_{чрм} + 1) - (B_{кол.3} + b_{кол.3})}{2}, \quad (2.3)$$

а внутрішньої:

$$b_{33.в} = \frac{(B_{кол.3} - b_{кол.3}) - b_m (n_{чрм} - 1)}{2}, \quad (2.4)$$

Оптимальне значення ширини захисної зони становить:

$$b_{33.3} = b_{33.в} = (b_m - b_{кол.3}) / 2, \quad (2.5)$$

Агротехнічний просвіт трактора (відстань до поверхні ґрунту під передньою віссю і рукавами півосей кінцевих передач трактора), використуваного на міжрядному обробітку, має забезпечувати випрямлення рослин без пошкодження після проходу трактора над ними. Допустиму ступінь пригинання рослин при проході трактора характеризують коефіцієнтом стійкості:

$$k_{срп} = (h_{рос} - h_{арп}) / h_{рос}, \quad (2.6)$$

де $h_{рос}$ – середня висота рослин під час обробітку, мм;

$h_{арп}$ – агротехнічний просвіт трактора, мм.

Гранична висота рослин, які можна обробляти трактором з певним агротехнічним просвітом, дорівнює:

$$h_{рос} = h_{арп}(1 - k_{срп}). \quad (2.7)$$

Значення $k_{срп}$ для кукурудзи становить 0,32-0,37, соняшнику – 0,20-0,23, картоплі – 0,23-0,25, цукрових буряків – 0,26-0,29, сої - 0,45 та тютюну – 0,10 і залежить від вологості рослин. У денну пору він зростає на 15-20 %, а у ранішній та вечірній час внаслідок насичення рослин вологою на стільки ж знижується.

У таблиці 2.1 для деяких просапних культур наведено нормовані значення агротехнічного просвіту і мінімальної захисної зони, що повинні забезпечувати трактори. Для визначення можливості агрегування з просапними культиваторами тракторів загального призначення в таблиці 2.2 наведено розміри рушіїв і колії та агротехнічного просвіту останніх.

Таблиця 2.1 - Нормовані значення агротехнічного просвіту і захисних зон при вирощуванні просапних культур

Показник	Кукурудза	Соняшник, рицина	Соя	Цукрові буряки	Картопля
Ширина міжрядь, см	60, 70	70	45	45, 60	70
Агротехнічний просвіт, мм	640	640	450	400	400
Мінімальна захисна зона, мм	120	100	70	80	$\frac{100^*}{150}$

* У чисельнику — при міжрядній культивуванні, у знаменнику — при підгортанні.

Таблиця 2.2 - Розміри рушіїв, колія та агротехнічний просвіт тракторів загального призначення

Показник	ДТ-75МВ, ДТ-75Н	Т-150	ДТ-175С	Т-150К
Ширина рушіїв, мм	390	390	470	540
Колія, мм	1330	1435	1330	1680, 1860
Агротехнічний просвіт, мм	355	300	355	400

Для забезпечення вписуваності у визначені міжряддя на окремих гусеничних тракторах передбачено встановлення додаткового комплекту вузьких гусениць відповідної ширини. Проте, оскільки застосування вузьких гусениць на 20 % збільшує ущільнювальну дію на ґрунт, використання гусеничних тракторів на вузьких гусеницях на сівбі просапних культур вважають недопустимим.

На міжрядньому обробітку просапних культур для запобігання пошкодженню культурних рослин гусеничним апаратом трактори обладнують знімними стебловідводами-обтікачами. Вони забезпечують плавний нахил і відведення верхівок рослин у зону транспортного просвіту трактора (під найбільш низькою його частиною, найчастіше під картером заднього моста), що дає змогу здійснювати обробіток посівів у пізні фази розвитку рослин.

Для агрегативання культиватора КРН-8,4 з трактором Т-150К останній налагоджують на можливість його вписуваності в міжряддя 70 см. Для цього використовують здвоєні колеса, створені в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства УААН та інших установах, які пройшли виробничу перевірку в ряді підприємств. На трактор встановлюють чотири комплекти здвоєних коліс із шинами 13,6 /12-38 (ширина профілю шини 330 мм) або 15,5-38 (ширина профілю 400 мм). При цьому відстань між здвоєними шинами має бути 660-675 мм. Внутрішні колеса встановлюють із колією 1450-1460 мм, а зовнішні – 2800 мм. За рахунок більшого зовнішнього діаметра цих шин кліренс трактора збільшується на 100 мм. Розміри захисних зон у міжряддях, по яких рухаються внутрішні колеса, коливаються від 160 до 210 мм, зовнішні колеса – 185 мм.

Тиск у шинах здвоєних коліс має бути таким, який рекомендовано при встановленні шин на трактори МТЗ-80. Для запобігання перевантаженню картерів ведучих мостів згинаючими моментами, які виникають внаслідок збільшення колії до 2800 мм при установці здвоєних коліс, тиск у шинах внутрішніх коліс повинен бути на 0,01-0,02 МПа більшим, ніж у зовнішніх.

Оскільки міжрядний обробіток ставить жорсткі вимоги до точності водіння агрегату, прямолінійності його руху, курсової стійкості і маневрованості, то в тракторах класу 1,4 перевіряють і регулюють сходження коліс, добиваються визначеного тиску в їх шинах. Для кращого копіювання рельєфу поля по ширині захвату в механізмі навішування вилки розкосів з'єднують із поздовжніми тягами через прорізи, а самі поздовжні тяги повністю блокують від поперечних зміщень. Для поліпшення керованості трактора довантажують його передню вісь шляхом кріплення в передній частині тягарів визначеної маси залежно від марки трактора і агрегатованих культиваторів. Тягарі із задніх коліс знімають.

У тракторах Т-150К при повороті "зламом" шарнірно зчленованої рами начіпний пристрій зміщується в поперечному напрямку, що призводить до значних відхилень робочих органів агрегатованих машин від прямолінійного руху, викликаючи значне підрізання культурних рослин при міжрядному обробітку. В Інституті механізації та електрифікації сільського господарства УААН розроблено корегуючий пристрій до трактора Т-150К, який усуває недоліки системи повороту колісних тракторів із шарнірно зчленованою рамою. Випробування трактора Т-150К з таким

пристроєм в агрегаті з культиватором КРН-8,4 показали, що він забезпечує якість роботи на рівні агрегатів з тракторами МТЗ-80. Використовувати на вирощуванні просапних культур колісні трактори загального призначення з шарнірно зчленованою рамою, які не обладнані коригуючим пристроєм напрямку руху агрегатованих машин, недоцільно.

Використання тракторів загального призначення на вирощуванні просапних культур утруднене на полях: з нахилами понад 6°, з довжиною гонів менш як 800 м і площею до 30 га, неправильної конфігурації та порізаних ярами.

При налагодженні просапних культиваторів важливо правильно вибрати захисну зону на момент проведення обробітку. Для цього оцінюють якість сівби, знаходять середню ширину рядка, що її займають рослини, та середнє квадратичне відхилення рослин у рядку від його середини і враховують точність водіння трактора в міжряддях.

При малій захисній зоні необроблена площа в міжрядді скорочується, але більше культурних рослин пошкоджуються. При збільшенні захисної зони необроблена площа зростає, але рослини пошкоджуються менше. Якщо прийняти допустиме пошкодження рослин 0,5 %, то оптимальну захисну зону можна визначити за формулою:

$$b_{\text{зз.опт}} = 2(\sigma_{\text{рс}} + \sigma_{\text{ро}}) + b_{\text{зкс}} + h_{\text{об}} \text{ctg} \gamma, \quad (2.8)$$

де $\sigma_{\text{рс}}$, $\sigma_{\text{ро}}$ – відповідно середні квадратичні відхилення рослин від осі рядка і робочого органа;

$b_{\text{зкс}}$ – ширина зони кореневої системи на заданій глибині обробітку $h_{\text{об}}$;

γ – кут деформації ґрунту робочим органом у бік рослин.

Значення ширини захисної зони для деяких культур наведені в таблиці 2.3.

Готуючи культиватор до роботи, перевіряють його комплектність, правильність складання та технічний стан. Товщина лез лап має становити 0,3-0,4 мм, а дисків загортачів – не більш як 1 мм. Деформації стояків лап, рамок борін, вигин регулювальних гвинтів не допускаються. Натяг ланцюгів привода туковисівних апаратів має бути таким, за якого відхилення нижньої вітки становить 2-3 см від зусилля 300 Н (30 кгс). Поперечне качання (розбіг) рами культиватора не повинно перевищувати 2 см.

Таблиця 2.3 - Ширина захисної зони при міжрядному обробітку, см

Культура	Культивація		
	перша	друга	третя
Кукурудза і соняшник	10	12-13	15
Соя	7	10-12	12-14
Цукрові буряки	8	11	13
Картопля:			
культивація	10	12-15	15-20
підгортання	15	15-20	20-25

Для виконання робіт із догляду за посівами просапні культиватори комплектують відповідними наборами робочих органів: прополовальними, універсальними стрілочастими і долотоподібними лапами, підживлювальними ножами, лапами-полічками КРН-52 і КРН-53 (правими та лівими), ротаційними голчастими дисками КРН-28, прополовальними борінками КРН-38 (КЛТ-38) і захисними пристроями КРН-29.

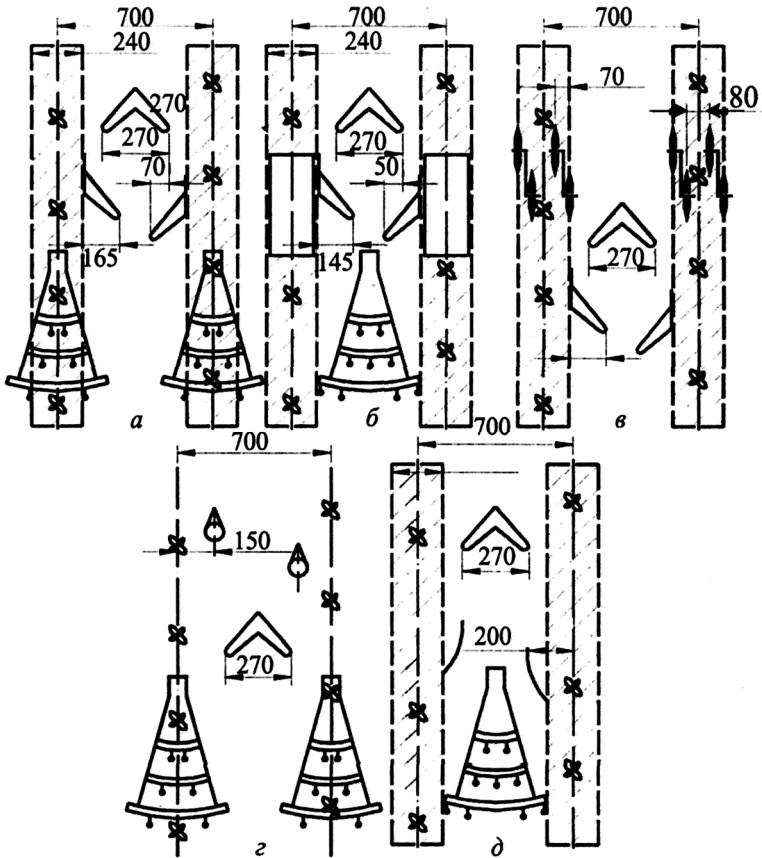
Прополовальні лапи – лапи-бритви (право- і лівосторонні) застосовують для розпушування ґрунту та підрізання бур'янів у граничній з рядком посіву зоні міжряддя. Працюють ці лапи в технологічному налагодженні з універсальними стрілочастими лапами (рис. 2.1, а) при обладнанні культиватора прополовальними борінками, захисними пристроями (рис. 2.1, б) або ротаційними голчастими дисками (рис. 2.1, в). Замість лап-бритв у деяких підприємствах встановлюють напівлапи, виготовлені із стрілочастих лап, в яких видалене одне з крил. Такі робочі органи більш стійко йдуть на заданій глибині і краще розпушують ґрунт.

Універсальні стрілочасті лапи захватом 220 та 270 мм, як і прополовальні, використовують для розпушування ґрунту та знищення бур'янів, але в осьових зонах міжрядь посівів. Стрілочасті лапи працюють у сполученнях схем розміщення з усіма типами робочих органів просапних культиваторів, за винятком обладнання культиватора долотоподібними лапами.

Долотоподібні лапи застосовують для розпушування міжрядь на ущільнених ґрунтах без винесення вологих шарів ґрунту на поверхню.

За допомогою підживлювальних ножів розпушують ґрунт у граничній з рядком посіву зоні міжрядь при одночасному внесенні

добрив на відстані 120-200 мм від осі рядка (рис. 2.1, *з*). З метою запобігання забивання ґрунтом отворів підживлювальних ножів їх рекомендують заглиблювати тільки на ходу.

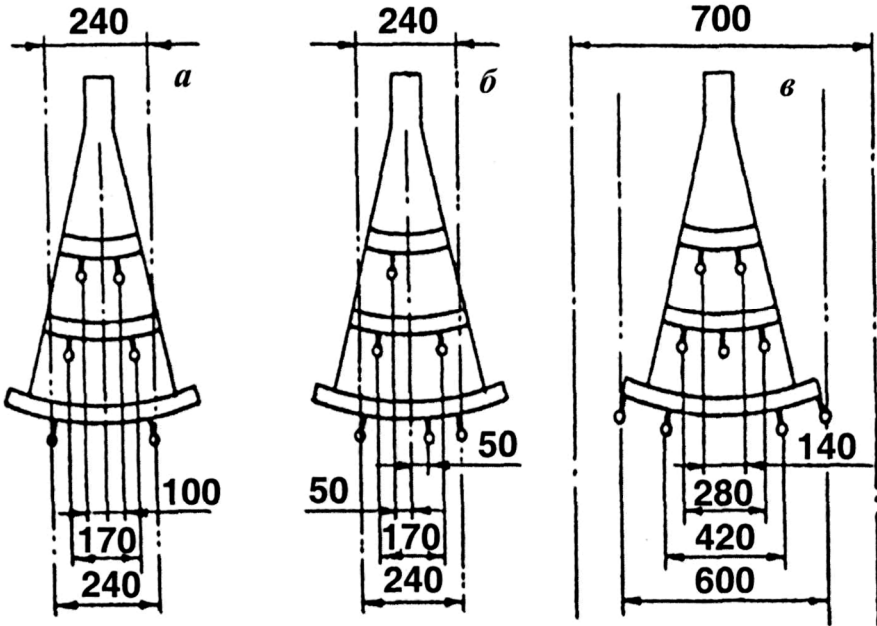


а – з обробіткою захисних зон рядка пропюльвальними борінками; *б* – із застосуванням півлап, пропюльвальної борінки в міжрядді та захисних пристроїв у рядках; *в* – з обробіткою захисних зон рядка ротаційними голчастими дисками; *з* – із застосуванням підживлювальних ножів для внесення добрив; *д* – з присипанням бур'янів у захисних зонах рядка лапами-поличками.

Рисунок 2.1 - Схема розміщення робочих органів на секції культиватора КРН-5,6А при міжрядному обробітку посівів кукурудзи

Лапи-полочки застосовують при міжрядному обробітку для розпушування ґрунту, знищення бур'янів у зоні їх руху та переміщення частини ґрунту з цієї зони до рядків посіву для присипання бур'янів. Такий прийом дозволяє в захисній зоні до 250 мм значно сповільнити ріст і розвиток бур'янів або повністю їх знищити (рис. 2.1, д). Лапи-полочки використовують, якщо рослини сягають висоти, не менш як 300-400 мм, а бур'яни – не більш як 150 мм.

Ротаційні голчасті диски застосовують для руйнування ґрунтової кірки та знищення бур'янів у захисній зоні рядка посіву. Голчасті диски можна встановити так, що при їх перекочуванні входження зуба в ґрунт відбуватиметься або заокругленим боком, або гострим. В одному разі голчасті диски менше пошкоджують культурні рослини, а в іншому – більше знищують бур'янів.



a – симетрична; *б* – асиметрична; *в* – для обробітку міжрядь посівів

Рисунок 2.2 - Схема розстановки зубів прополувальної борінки для обробітку захисних зон рядка

Прополювальні борінки призначені для поверхневого розпушування ґрунту і знищення бур'янів у захисних зонах рядків посіву при перших міжрядних обробітках та в міжряддях посіву – при наступних обробітках. При обробітку захисних зон пружинні зуби борінки розставляють по симетричній або несиметричній схемі (рис. 2.2, а і б). Несиметричне розміщення зубів борінки виконують при обробітку поверхні поля з післяжнивними рештками або ґрунтовими брилами. При обробітку міжрядь зуби борінок розставляють по симетричній схемі (рис. 2.2, в). Борінки шарнірно встановлюють у кронштейні і при роботі вони добре пристосовуються до рельєфу поверхні поля. Глибину ходу зуба регулюють за допомогою пружин стиску.

Захисні пристрої застосовують для запобігання присипанню рослин у рядках при перших міжрядних обробітках або русі агрегату на підвищених швидкостях. Щиток пристрою над рядком рослин установлюють так, щоб нижній край його був на відстані 10-12 см від горизонту поля, а його твірна поверхня розміщувалася в зоні інтенсивного відкидання ґрунту робочими органами культиватора.

Захисні пристрої застосовують для запобігання присипанню рослин у рядках при перших міжрядних обробітках або русі агрегату на підвищених швидкостях. Щиток пристрою над рядком рослин установлюють так, щоб нижній край його був на відстані 10-12 см від горизонту поля, а його твірна поверхня розміщувалася в зоні інтенсивного відкидання ґрунту робочими органами культиватора.

Культиватор для міжрядного обробітку готують на спеціальному розмічувальному майданчику з нанесеними осями агрегату, розміщенням секцій на рівновіддалених відстанях від умовних рядків та позначеннями захисних зон рядка. Робочі органи встановлюють на задану глибину обробітку, а леза стрілочастих і плоскорізальних односторонніх лап на всій довжині мають торкатися поверхні майданчика.

Для забезпечення рівномірності глибини обробітку і більш вирівняної поверхні ґрунту універсальні стрілочасті лапи розміщують у секціях попереду плоскорізальних. Підживлювальні ножі в схемах із стрілочастими лапами встановлюють у першому ряду.

Прохід стрілочасті лапи дає змогу розробити слідові борозенки за підживлювальними ножами. Робочі органи в напрямку руху агрегату розміщують на максимальній відстані один від одного, наскільки дозволяє довжина гряділя. Це поліпшує схід ґрунту з

поверхні робочих органів й запобігає можливим відмовам через нагромадження в просторі між стояками підрізаної рослинної маси бур'янів.

Крайні секції культиватора для обробітку стикових міжрядь комплектують не повним комплектом робочих органів. При цьому стикові міжряддя обробляють на всій площі за два проходи агрегату – в прямому і зворотному напрямках.

За необхідності внесення мінеральних добрив одночасно з міжрядним обробітком культиватор обладнують туковисівними апаратами АТД-2. На культиваторі КРН-4,2 установлюють шість апаратів, а на КРН-5,6 – вісім. У секціях культиватора розміщують по два підживлювальних ножа. Орієнтовні норми внесення мінеральних добрив апаратами АТД-2 можна визначити за таблицею 2.4.

Таблиця 2.4 - Норми внесення мінеральних добрив апаратами АТД-2 з просапними культиваторами (ширина міжряддя – 70 см), кг/га

Культиватор і режим роботи	Поділки шкали						
	1	1,5	2	2,5	3	4	5
КРН-4,2: занижений	<u>139</u>	<u>191</u>	<u>251</u>	<u>309</u>	<u>352</u>	<u>469</u>	<u>555</u>
	20	92	154	202	292	330	388
підвищений	<u>277</u>	<u>382</u>	<u>502</u>	<u>620</u>	-	-	-
	40	184	308	405	480	600	-
КРН-5,6: занижений	<u>185</u>	<u>285</u>	<u>335</u>	<u>412</u>	<u>470</u>	<u>625</u>	<u>740</u>
	27	123	205	207	390	440	517
підвищений	<u>370</u>	<u>510</u>	<u>670</u>	-	-	-	-
	54	246	410	540	640	-	-

Примітка: в чисельнику гранульовані, у знаменнику - порошкоподібні.

Підставою для вибору робочої швидкості агрегатів на міжрядному обробітку просапних культур є агротехнічно допустима найбільша швидкість. Це пов'язано з тим, що практично застосовуються одномашинні агрегати, які, як правило, не завантажують двигун трактора повною мірою. З метою економії палива рекомендовано працювати на підвищених передачах та частковому швидкісному режимі двигуна.

У фазі розвитку кукурудзи 5-7 листочків, коли для обробітку міжрядь використовують стрілочасту лапу і односторонні лапи-бритви, обробіток захисних зон здійснюють прополювальними борінками. Швидкість руху агрегату не повинна перевищувати 6-7 км/год. Ефективна робота ротаційних голчастих дисків забезпечується на швидкості 8-10 км/год. При міжрядному обробітку з присипанням бур'янів у рядках шаром ґрунту швидкість руху агрегату має бути 8-9 км/год.

Перед початком роботи знаходять посівні стикові міжряддя, які повинні бути стиковими і при міжрядній культивуванні. На міжрядному обробітку застосовують в основному човниковий спосіб руху, але можливі і безпетльовий перекриттям та односторонній човниковий. За останнього способу на одній поворотній смузі здійснюють петльові грушовидні повороти, на другій – безпетльові. Проте найкраща якість роботи забезпечується тоді, коли просапний агрегат ведуть у напрямку руху посівного агрегату.

Якщо на кінцях ділянки неможливий вільний виїзд агрегату, позначають поворотні смуги, ширина яких має відповідати ширині поворотних смуг посівного агрегату.

При човниковому способі руху начіпних культиваторних агрегатів можливе здійснення грибоподібних поворотів заднім ходом із відкритою чи закритою петлею. Хоча реалізація цих поворотів вимагає дворазового переключення передачі, проте дає змогу зменшити ширину поворотної смуги приблизно на 40% і, відповідно, скоротити пошкодження рослин.

При здійсненні грибоподібного повороту заднім ходом із відкритою петлею довжину холостого ходу на повороті визначають за формулою:

$$l_{\text{пов.х}} = (4,1 \div 5)R + 2e, \quad (2.9)$$

а із закритою петлею:

$$l_{\text{пов.х}} = (5 \div 5,5)R + 2e, \quad (2.10)$$

при однаковій мінімальній ширині поворотної смуги:

$$E_{\text{мін}} = 1,1R + 0,5B_{\text{гшм}} + e, \quad (2.11)$$

де $B_{\text{гшм}}$ – габаритна ширина культиватора, м.

Найменший допустимий радіус повороту начіпних просапних культиваторних агрегатів при швидкості руху 5 км/год. становить $R =$

$(0,8 - 0,9)B_k$, де B_k – конструктивна ширина захвату агрегату, м.

Рекомендації щодо вибору радіусу повороту начіпних агрегатів на базі тракторів класу 1,4 наведені в роботі 3.5 [6]. При роботі начіпних агрегатів із колісними тракторами класу 3 радіус повороту становить 7-8 м.

Довжину виїзду начіпних просапних культиваторних агрегатів, про які йдеться в цій роботі, визначають за методикою, наведеною в роботі 3.5 [6].

На першому проході через 20-30 м агрегат зупиняють і перевіряють якість роботи: повноту знищення бур'янів у міжряддях і в захисних зонах, ширину захисної зони, глибину розпушування та гребенистість поверхні ґрунту в міжряддях після проходу агрегату, пошкодження рослин кукурудзи, контролюють норму внесення добрив при підживленні.

Систематично (на поворотних смугах, а за необхідності і в загінці на зупиненому агрегаті) спеціальним чистиком очищують робочі органи від рослинних решток і бур'янів, а опорні і ходові колеса – від налиплого ґрунту. Стежать за перекочуванням опорних коліс секцій по поверхні ґрунту.

Культиватор на норму висіву добрив налагоджують таким чином. Визначають розрахункову масу добрив $m_{\text{мд}}$ (кг), яка має висіятися за $n_{\text{опк}}$ обертів опорно-приводного колеса культиватора при заданій нормі висіву (кг/га):

$$m_{\text{мд}} = 10^{-4} \pi D_k B_p U_{\text{вд}} n_{\text{опк}}, \quad (2.12)$$

де D_k – діаметр опорно-приводного колеса, м;

B_p – робоча ширина захвату культиватора, м.

При перевірці слід обертати колеса з частотою, що дорівнює частоті його обертання при роботі культиватора. Для цього знаходять час $t_{\text{опк}}$ (с), упродовж якого при перевірці необхідно зробити $n_{\text{опк}}$ обертів колеса:

$$t_{\text{опк}} = 3,6 \pi D_k n_{\text{опк}} / (v_p k_\delta), \quad (2.13)$$

де v_p – робоча швидкість агрегату, км/год; k_δ – коефіцієнт, що враховує проковзування коліс (0,90-0,95).

Для спрощення подальших розрахунків кількість обертів колеса $n_{\text{опк}}$ визначають з умови обробітку площі 0,01 га (100 м²) за формулою:

$$n_{\text{опк}} = 100k_{\delta} / (\pi D_k B_p), \quad (2.14)$$

Піднімають культиватор для вільного обертання опорно-приводних коліс, виймають із підживлювальних ножів тукоприводи і під кожний з них підставляють ящички або підстиляють брезент. Прокручують опорно-приводне колесо визначене число разів $n_{\text{опк}}$ протягом часу $t_{\text{опк}}$. Зважують добрива (у кг), висіяні всіма апаратами за кількість $n_{\text{опк}}$ обертів колеса, та множенням на 100 визначають норму висіву добрив. При відхиленні пробної кількості висіяних добрив від потрібної норми понад допустимі межі її коригують пересуванням важелів регуляторів або змінними зірочками ланцюгової передачі і повторюють дослід. Маса добрив, висіяних через кожний тукопривід, має бути приблизно однаковою. При регулюванні норми висіву треба пам'ятати, що краще працювати з меншою частотою обертання висівного диска, але при більшій величині висівного отвору, бо невеликі отвори можуть забиватися добривами. Крім того, при меншій частоті обертання висівного диска і більших площах висівних отворів забезпечується рівномірніша подача добрив.

Остаточню задану норму внесення добрив перевіряють у полі. Для цього перед початком роботи визначають шлях $l_{\text{в}\delta}$ (м), на якому повинна висіятися визначена маса добрив $m_{\text{м}\delta}$ відповідно до встановленої норми внесення:

$$l_{\text{в}\delta} = 10^4 m_{\text{м}\delta} / (U_{\text{в}\delta} B_p), \quad (2.15)$$

У полі перед початком пробного проходу на довжину $l_{\text{в}\delta}$ розрівнюють добрива в бункері (банці) і їх рівень позначають на стінках крейдою. Засипають визначену масу добрив $m_{\text{м}\delta}$ й здійснюють робочий хід на довжині гону $l_{\text{в}\delta}$. Зупиняють агрегат, розрівнюють добрива в бункері і якщо рівень добрив, що залишилися, не збігається з позначкою, то при відхиленні фактичного висіву від заданого понад допустимий уточнюють регулювання.

Для визначення місць заправки культиватора добривами розраховують запас робочого ходу агрегату за вантажомісткістю туковисівних апаратів:

$$l_{\text{зрх}} = 10^4 G_{\text{вм}} \psi / (U_{\text{в}\delta} B_p), \quad (2.16)$$

де $G_{\text{вм}}$ – вантажомісткість туковисівних апаратів культиватора, кг.

Зміст і послідовність виконання роботи. Одержати завдання, в якому мають бути визначені марки трактора і просапного культиватора. Підготувати до роботи трактор і культиватор, агрегатувати їх. Підібрати відповідні робочі органи, провести технологічне налагодження агрегату, підготувати його до переїзду і переїхати на робочу ділянку. Вибрати швидкість та спосіб руху агрегату, підготувати поле для його роботи. Здійснити робочий прохід агрегату і оцінити якість роботи.

При виконанні практичної роботи здобувач вищої освіти оволодіває фаховими компетентностями, а саме:

- Здатність здійснювати наукові та прикладні дослідження для створення нових та удосконалення існуючих технологічних систем сільськогосподарського призначення, пошуку оптимальних методів їх експлуатації. Здатність застосовувати методи теорії подібності та аналізу розмірностей, математичної статистики, теорії масового обслуговування, системного аналізу для розв'язування складних задач і проблем сільськогосподарського виробництва.

- Здатність використовувати сучасні методи моделювання технологічних процесів і систем для створення моделей механізованих технологічних процесів сільськогосподарського виробництва.

Зміст звіту. Визначити мету роботи, описати склад агрегату, навести схему розміщення робочих органів на рамі культиватора, обґрунтування вибору способу руху і видів повороту агрегату, схему поля з вказівкою способу руху, видів повороту, місць заправки туковисівних апаратів, навести значення показників якості роботи просапного агрегату.

Завдання для перевірки знань

1. Які види захисних зон при роботі машинно-тракторних агрегатів та як їх визначити?
2. Що таке агротехнічний просвіт машинно-тракторного агрегату?
3. Що таке коефіцієнт стійкості рослин?
4. Які робочі органи застосовують для міжрядного обробітку просапних культур?
5. Які способи руху і види поворотів застосовують на міжрядному обробітку просапних культур?
6. Як здійснити технологічне налагодження туковисівних апаратів просапних культиваторів?

Можливість агрегування начіпних машин із тракторами

Можливість агрегування начіпних машин із тракторами визначається вантажопідйомністю гідросистеми начіпного пристрою, поздовжньою стійкістю колісного трактора або зміщенням центра тиску гусеничних тракторів та вантажопідйомністю шин.

Експлуатаційна маса начіпної машини не повинна перевищувати вантажопідйомність гідравлічної системи трактора при максимальному зусиллі на штоку силового циліндра. Маса начіпної машини і зусилля на штоку пов'язані співвідношенням:

$$m_{\text{ем}} = \frac{P_{\text{шт.мак}} \eta_{\text{ппп}}}{g i_s}, \quad (3.1)$$

де $m_{\text{ем}}$ – експлуатаційна маса начіпної машини, кг;

$P_{\text{шт.мак}}$ – максимальне зусилля на штоку силового циліндра, Н;

$\eta_{\text{ппп}}$ – ККД, що враховує втрати в підйомно-начіпному пристрої,
 $\eta_{\text{ппп}} = 0,6-0,8$;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

i_s – кінематичне число підйомно-начіпного пристрою.

Кінематичне відношення підйомно-начіпного пристрою визначають як відношення вертикальної складової швидкості переміщення центра маси начіпної машини до відносної швидкості руху штока циліндра. У процесі піднімання начіпної машини передаточне відношення змінюється залежно від положення ланок підйомно-начіпного пристрою й центра маси начіпної машини, а відтак змінюється зусилля на штоку гідроциліндра і вантажопідйомність начіпної системи. У тракторах МТЗ-80 і Т-150К залежно від ходу штока гідроциліндра та положення центра маси начіпної машини щодо осі підвішування передаточні числа начіпних пристроїв змінюються в межах 1-7.

Спрощено кінематичне передаточне число начіпного пристрою визначають за формулою:

$$i_s = \frac{H_m}{S_{\text{ц}} - (3...5)}, \quad (3.2)$$

де H_m – загальна висота піднімання машини (максимальне вертикальне переміщення центра маси начіпної машини від

максимального заглибленого стану до транспортного положення), см;
 $S_{\text{ц}}$ – хід поршня циліндра, см.

Підйомну силу (тягове зусилля), що розвиває поршень силового циліндра, можна визначити за формулами:

при нагнітанні робочої рідини в підпоршневий (безштоковий) простір

$$P_1 = 0,1 \frac{\pi D^2}{4} P_{\text{пц}}; \quad (3.3)$$

при нагнітанні робочої рідини в надпоршневий простір (у порожнину з боку штока)

$$P_2 = 0,1 \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} P_{\text{пц}}, \quad (3.4)$$

де P – підйомна сила поршня, кН;

D – діаметр поршня, см;

d – діаметр штока, см;

$P_{\text{пц}}$ – різниця тисків у порожнинах циліндра (перепад тисків на поршні), МПа.

У технічній характеристиці відповідних тракторів наводяться значення номінальної вантажопідйомності гідросистеми, максимальної маси начіплюваних машин, діаметр та хід поршня гідроциліндра, найбільше зусилля на штоці силового циліндра при ходах на виштовхування і втягування та інші параметри, що можуть бути використані при перевірці можливості агрегування машин.

Гранична маса начіпних машин залежно від класу тракторів наведена в таблиці 3.1.

Обчислена за формулою (3.1) експлуатаційна маса начіпної машини і характеризує лише можливості начіпного пристрою, але не є підставою для начіплювання машин такої маси на трактор. Крім того, формула (3.1) не враховує впливу інерційних сил, що виникають у момент відривання машини від опорної поверхні й мас решти ланок підйомно-начіпного пристрою.

Максимальну масу начіпної машини визначають також за умовами поздовжньої стійкості агрегату, керованості трактора та вантажопідйомності шин задніх коліс при задньому навішуванні машин.

Таблиця 3.1 - Гранична маса начіпних машин (за даними О.О.

Мухіна)

Клас трактора	Тип трактора	При задньому навішуванні	
		відстань від осі ведучих коліс до центра маси машини, мм	гранична маса машини, кг
0,6	Колісний	1200	250
0,9	Те ж	1500	400-650
1,4	Те ж	1500	800
2,0	Гусеничний	1400	650
4,0	Те ж	2000	1200
5,0	Колісний	2500*	2000**

* Відстань від осі підвішування.

** Номінальна вантажопідйомність начіпної системи трактора

Звичайний спосіб перевірки поздовжньої стійкості колісного трактора з начіпною машиною, розміщеною за задньою ведучою віссю трактора й піднятою в транспортне положення, полягає у визначенні міри розвантаження його передніх коліс. Вважають, що агрегування трактора з начіпною машиною можливе, якщо статичне навантаження G_1 , на передню вісь становить не менш як 60 % статичного навантаження $G_{\text{ИМТ}}$ на цю вісь без начіпної машини, тобто

$$G_1 \geq 0,6G_{\text{ИМТ}}. \quad (3.5)$$

Навантаження на передню вісь трактора без начіпної машини (від експлуатаційної маси трактора) визначають за формулою:

$$G_{\text{ИМТ}} \geq Gl_{\text{ЦГ}} / L_{\text{T}}. \quad (3.6)$$

де $l_{\text{ЦГ}}$ - відстань по горизонталі від центра маси трактора до осі ведучих коліс, м;

L_{T} - поздовжня база трактора, м.

Навантаження на передню вісь трактора з машиною, начепленою за задньою ведучою віссю, становить:

$$G_1 = \frac{Gl_{\text{ЦГ}} - G_{\text{М}}l_{\text{ЦМ}}}{L_{\text{T}}}, \quad (3.7)$$

де $G_{\text{М}}$ - експлуатаційна вага начіпної машини, кН;

$l_{\text{ЦМ}}$ - відстань по горизонталі від центра маси піднятої в

транспортне положення машини до осі ведучих коліс трактора, м.

Підставивши значення G_{1MT} і G_1 , у (3.5), одержимо умову забезпечення поздовжньої стійкості начіпного агрегату:

$$X_{nc} = \frac{G_M I_{цм}}{G l_{цг}} \leq 0,4, \quad (3.8)$$

де X_{nc} – критерій оцінки поздовжньої стійкості начіпного агрегату в транспортному положенні, який називають коефіцієнтом використання запасу поздовжньої стійкості.

Коефіцієнт X_{nc} є відношенням перекидного моменту, створюваного масою начіпленої машини, піднятої в транспортне положення, до моменту, спроможного викликати відривання від землі передніх коліс трактора, що перебуває в горизонтальному положенні. Моменти від сил маси машини і трактора беруть відносно осі задніх коліс останнього.

Допустиме максимальне значення коефіцієнта використання запасу поздовжньої стійкості, за якого неможливе перекидання трактора, знаходять за формулою:

$$X_{nc,гр} = 1 - \frac{0,4(1 + G_M / G)}{\text{tg} \alpha_{гр}}, \quad (3.9)$$

де $\text{tg} \alpha_{гр} \leq l_{цг}/h_{цг}$ – умова неможливості поздовжнього перекидання трактора щодо його задньої осі;

$\alpha_{гр}$ - граничний кут підйому місцевості, град;

$h_{цг}$ - висота центра маси трактора, м.

Якщо розрахунки показують, що умова забезпечення поздовжньої стійкості начіпного агрегату, яка визначається (3.8), не дотримується, то необхідно зменшити масу машини або виліт центра її маси. Якщо це неможливо здійснити, то довантажують передню вісь трактора.

Обчисленням X_{nc} і $X_{nc,гр}$ з'ясовують необхідність установки та визначають масу $m_{дг}$ (кг) додаткових тягарів, які треба встановити для забезпечення його стійкої роботи з начіпною машиною визначеної експлуатаційної маси:

$$m_{дг} = 10^3 \frac{G_{1MT}}{g} (X_{nc} - X_{nc,гр}), \quad (3.10)$$

де G_{1MT} - навантаження на передню вісь трактора без начіпної машини, кН;

g - прискорення вільного падіння, m/c^2 .

Можливість навішування машини на колісний трактор визначається також навантаженням на його колеса. При задньому навішуванні робочої машини навантаження на колеса трактора в стані спокою визначають:

на передні (передню вісь) за формулою (3.7):

$$G_1 = \frac{G l_{\text{ЦГ}} - G_M l_{\text{ЦМ}}}{L_T};$$

на задні (задню вісь):

$$G_1 = G + G_M - G_2, \quad (3.11)$$

а при русі агрегату - відповідно:

$$G_1 = (G l_{\text{ЦГ}} + G_M l_{\text{ЦМ}} - G_a r_k f) / L_T; \quad (3.12)$$

$$G_1 = G + G_M - G_2, \quad (3.13)$$

де L_T - поздовжня база трактора, м;

G_a - загальна експлуатаційна вага агрегату, кН; r_k - радіус кочення ведучих коліс трактора, м;

f - коефіцієнт опору коченню трактора.

При ешелонованому навішуванні машин навантаження на осі трактора в статичному положенні становить:

$$G_1 = \left(G l_{\text{ЦГ}} + G_M^I l_{\text{ЦМ}}^I - G_M^{II} l_{\text{ЦМ}}^{II} \right) / L_T; \quad (3.14)$$

$$G_2 = G + G_M^I + G_M^{II} - G_1, \quad (3.15)$$

де G_M^I, G_M^{II} - вага передніх і задніх секцій машини, кН;

$l_{\text{ЦМ}}^I, l_{\text{ЦМ}}^{II}$ - відстань по горизонталі від центра маси передніх та задніх секцій машини до осі ведучих коліс трактора, м.

Найбільші значення G_1 і G_2 не мають перевищувати гранично допустиме навантаження на пневматичні шини коліс, тобто вантажопідйомність шини. Вантажопідйомність шини - це найбільше допустиме значення нормального навантаження, за яким, незважаючи на радіальну деформацію, забезпечується визначений строк служби шини при певному тиску повітря в ній. При ешелонованому навішуванні машин-знарядь на колісний трактор їх максимальну вагу визначають за вантажопідйомністю шин.

Для орієнтації щодо діючих навантажень на шини коліс у

таблиці 3.2 наведено нормальні навантаження на шини тракторів МТЗ для деяких механізованих операцій, а в таблиці 3.3 – допустимі навантаження на деякі шини при відповідному значенні внутрішнього тиску в них.

Для начіпних агрегатів із гусеничним трактором критерієм оцінки поздовжньої стійкості агрегату є коефіцієнт зміщення центра тиску трактора. Його визначають за формулою:

$$\gamma_{\text{цт}} = \frac{l_{\text{зцт}} - l_{\text{цт}}}{L_{\text{гус}}}, \quad (3.16)$$

де $l_{\text{зцт}}$ – поздовжнє зміщення центра тиску трактора щодо центра його маси під дією маси начіпної машини, м;

$l_{\text{цт}}$ – поздовжня відстань від центра маси трактора до середини опорної поверхні гусениць, ($l_{\text{цт}} > 0$), якщо центр маси зміщений уперед, і $l_{\text{цт}} < 0$, якщо він зміщений назад) м;

$L_{\text{гус}}$ – довжина опорної поверхні гусениці, м.

Таблиця 3.2 - Нормальні навантаження (кН) на шини передніх $G_{к1}$ і задніх $G_{к2}$ коліс при різних операціях (за даними В. П. Бойкова і В. Н. Білковського)

Операція	Марка трактора					
	МТЗ-80		МТЗ-82		МТЗ-100	
	$G_{к1}$	$G_{к2}$	$G_{к1}$	$G_{к2}$	$G_{к1}$	$G_{к2}$
Оранка	4,57	13,39	5,57	13,27	4,6	13,95
Культивация	4,91	12,95	5,91	12,76	5,06	15,0
Міжрядний обробіток	3,77	16,83	4,77	16,66	4,85	18,2
Сівба	3,96	16,03	4,94	15,64	4,9	16,0
Збирання картоплі і коренеплодів	4,42	17,64	5,44	17,49	4,96	16,0
Збирання зернових і силосних культур	4,71	14,9	6,56	14,7	6,0	16,0
Сінозбирання	–	16,02	–	15,84	–	–
Транспортні роботи і внесення добрив	4,9	16,0	6,21	15,9	5,0	14,5

Таблиця 3.3 - Норми навантажень для шин ведучих (задніх) коліс тракторів при швидкості руху 30 км/год.

Марка трактора	Позначення шини	Допустимі навантаження на шини (кН) при проміжних значеннях внутрішнього тиску (МПа)									
		0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
К-701	720-665(28,1-26)P	-	-	-	36,0	37,8	39,5	41,1	42,6	-	-
Т-150К	530-610(21,3-24)P	-	-	20,2	21,4	22,15	23,3	24,25	-	36,4	-
Т-150КМ	23.1R26	-	-	28,5	29,7	30,8	32,45	33,7	34,8	36,1	-
ХТЗ-120/121; МТЗ-100/102	16,9R38	-	18,25	19,25	20,25	21,25	22,25	23,25	24,25	25,2	
МТЗ-142	18.4R38	-	-	23,8	25,0	26,15	27,15	-	-	-	-
ЛПЗ-145	16,9R30	-	16,4	17,3	18,15	19,0	19,9	20,8	21,65	22,45	-
МТЗ-80/82	465-868(18,4-34)P	-	-	-	23,5	24,4	-	-	-	-	-
МТЗ-80/82; ЮМЗ-6АЛ	400-965(15,5-38)P	-	14,55	15,45	16,3	16,9	17,75	18,5	19,0	19,8	20,6
Т-40М; Т-40АМ; Т-40АНМ	380-762(14,9/13-30)			14,35	15,1						
Т-25А; Т-16М	240-813(9,5-32)	6,5	6,9	7,3	7,7	8,0	8,4	8,85	9,05	9,7	-

Поздовжнє зміщення центра тиску трактора щодо центра його маси під дією маси начіпної машини становить:

$$l_{\text{цт}} = \frac{G_{\text{м}} (l_{\text{цт}} + l_{\text{цм}})}{G + G_{\text{м}}}, \quad (3.17)$$

де $l_{\text{цт}}$ - поздовжня координата центра маси трактора відносно осі ведучої зірочки, м;

$l_{\text{цм}}$ - виліт центра маси піднятої в транспортне положення машини відносно осі ведучої зірочки, м.

Граничним значенням коефіцієнта зміщення центра тиску для тракторів, центр маси яких знаходиться над серединою опорної поверхні гусениць, вважають $\gamma_{\text{цт}} \leq 0,167$. Для тракторів, пристосованих для роботи з начіпними машинами, тобто центр маси яких розміщений перед серединою опорної поверхні гусениць, граничне значення коефіцієнта $\gamma_{\text{цт}}$, яке приймають при розрахунку агрегату, збільшують до 0,18-0,19.

Дальше зміщення центра тиску трактора (збільшення відстані від середини опорної поверхні гусениці до центра маси агрегату) призводить до відриву від ґрунту переднього котка гусеничного рушія та зменшення площі гусениці, що контактує з ґрунтом. При цьому хід

трактора у вертикальній площині стає нестійким (кочення навколо заднього котка), збільшується енергія, яка витрачається на самопересування трактора. За таких умов робота агрегату супроводжується і негативними екологічними наслідками, а саме: зростає витрата палива та інтенсивніше ущільнюється ґрунт внаслідок зменшення площі контакту з ним рушіїв.

При ешелонованому і фронтальному способах навішування машин можливі випадки зміщення центра маси агрегату уперед, а не назад щодо середини опорної поверхні гусениці. Таке явище небажане, оскільки істотно зростає потужність, яка витрачається на самопересування трактора.

Норма максимального тиску рушіїв колісних і гусеничних тракторів на ґрунти різного механічного складу залежно від їх вологості в шарі 0-30 см для весняного і літньо-осіннього періодів використання машин визначені ГОСТ 26955-86. За наявною інформацією максимальна маса ешелоновано начіплюваних машин-знарядь для гусеничних тракторів визначається граничним середнім тиском на ґрунт, який для стерні не повинен перевищувати 0,08 МПа, а для зораного поля – 0,06 МПа.

Тиск гусеничного трактора у стані спокою на поверхню ґрунту можна визначити за формулою:

$$P_{\text{гт}} = G / (2B_{\text{л}}L_{\text{гус}}), \quad (3.18)$$

де G – експлуатаційна вага трактора, кН;

$B_{\text{л}}$ – ширина ланки (стрічки) гусениці, м;

$L_{\text{гус}}$ – довжина опорної поверхні гусениці), що дорівнює сумі відстані між осями крайніх опорних котків і довжини однієї ланки, м.

Для більшості гусеничних тракторів тиск на ґрунт становить 0,035-0,06 МПа, для болотохідних модифікацій, що випускаються на базі звичайних сільськогосподарських тракторів – 0,02-0,03 МПа, для спеціальних болотохідних тракторів – менше 0,02 МПа. Тиск людини, яка, рухаючись, опирається на землю однією ногою, не перевищує 0,03 МПа.

З урахуванням викладеного максимальну експлуатаційну вагу начіпної машини за умовами стійкості і керованості агрегату визначають за формулами:

для колісного трактора

$$G_{\text{м.мах}} = 0,4 \frac{Gl_{\text{цг}}}{l_{\text{цм}}}, \quad (3.19)$$

для гусеничного трактора

$$G_{\text{м.мах}} = \frac{G(0,17L_{\text{гус}}l_{\text{цг}})}{l_{\text{цг}} + l_{\text{цм}} - 0,17L_{\text{гус}} - l_{\text{цг}}}, \quad (3.20)$$

де G – експлуатаційна вага трактора, кН;

$l_{\text{цг}}$ – відстань від центра маси трактора до осі ведучих коліс або зірочки, м;

$l_{\text{цм}}$ – відстань по горизонталі від центра маси піднятої в транспортне положення машини до осі ведучого колеса або зірочки, м;

$l_{\text{цг}}$ – відстань по горизонталі від центра маси трактора до середини опорної поверхні гусениць, м;

$l_{\text{гус}}$ – довжина опорної поверхні гусениць, м.

Запитання для перевірки знань

1. Як перевірити можливість навішування машин на трактор за вантажопідйомністю гідросистеми трактора?

2. Що таке передаточне число підйомно-начіпного пристрою трактора?

3. Як визначити підйомну силу, що розвиває поршень гідроциліндра?

4. Що таке коефіцієнт використання запасу поздовжньої стійкості агрегату?

5. Як визначити навантаження на шини коліс трактора при його агрегуванні із начіпними машинами?

6. Що таке вантажопідйомність шини?

7. Як визначити поздовжнє зміщення центра тиску гусеничного трактора щодо центра його маси від дії начіпної машини?

8. Як визначити максимальну масу начіпної машини за умовами стійкості і керованості агрегату?

Розрахунок потреби у транспортних засобах для обслуговування збиральних агрегатів

Мета роботи. Опанувати методику визначення потреби в транспортних засобах для обслуговування збиральних агрегатів. Навчитися будувати графіки узгодження та взаємодії збиральних агрегатів, а також транспортних, що їх обслуговують.

Загальні відомості. Для дотримання поточності збирального процесу необхідно визначити таку кількість транспортних засобів, яка забезпечила б безперервну роботу збиральних агрегатів. Цю кількість визначають за формулою:

$$n_{\text{ТТЗ}} = \frac{t_p}{t_{\text{нав}} + t_{\text{ТО}}} \quad (4.1)$$

де t_p – тривалість рейсу транспортного засобу, хв;

$t_{\text{нав}}$ – тривалість наповнення кузова транспортного засобу вантажем, хв;

$t_{\text{ТО}}$ – тривалість однієї технологічної зупинки збирального агрегату, пов'язаної із зміною транспортних засобів, хв. (наводяться в Типових нормах на механізовані сільськогосподарські роботи).

Тривалість рейсу становить:

$$t_p = t_{\text{нав}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{за}} + t_{\text{взб}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{оф}} + t_{\text{бв}}, \quad (4.2)$$

де $t_{\text{зв}}$ – тривалість поїздки транспортного засобу з вантажем, хв;

$t_{\text{за}}$ – затрати часу на зважування вантажу, хв;

$t_{\text{взб}}$ – затрата часу на відкривання і закривання бортів, хв;

$t_{\text{роз}}$ – тривалість розвантажування транспортного засобу, хв;

$t_{\text{оф}}$ – затрата часу на оформлення документів при транспортуванні вантажів, хв;

$t_{\text{бв}}$ – тривалість поїздки транспортного засобу без вантажу, хв.

Складові тривалості рейсу $t_{\text{за}}$, $t_{\text{взб}}$ та $t_{\text{оф}}$ належать до додаткової допоміжної роботи. Нормативи часу на елементи останньої наведені в таблиці 4.1.

Тривалість розвантажування транспортних засобів (причепів) визначається їх кількістю в складі тракторно-транспортного агрегату, типом кузова, особливостями конструкції надставних бортів (суцільні, ґратчасті, сітчасті, низькі, високі тощо), кількістю платформ

у причепі, конструктивними особливостями механізму відкривання бортів, способом розвантажування та ін. Для практичних розрахунків тривалість розвантажування причепів шляхом перекидання платформи можна приймати $t_{\text{роз}} = 3,6$ хв.

Таблиця 4.1 - Нормативи часу на елементи додаткової допоміжної роботи, хв.

Елементи допоміжної роботи	Кількість причепів	
	1	2
Зважування вантажу	1,5	2,0
Очищення кузова	1,0	1,5
Відкривання бортів	0,5	0,8
Закривання бортів	1,0	1,6
Ув'язування та розв'язування вантажів	6,0	10,0
Оформлення документів	1,0	1,0
Маневрування агрегату	2,0	3,0
Причіплювання причепа	4,0	-
Відчіплювання причепа	3,0	-
Відкривання та закривання люка	1,5	-
Опускання і витягування шланга	1,5	-
Включення і виключення насоса	1,0	-
Одягання протигаза	1,0	-

Тривалість наповнення кузова транспортного агрегату визначають за формулою:

$$t_{\text{нав}} = \frac{600V_{\text{кп}}\rho_v\psi}{B_p v_p U_{\text{ск}}} \quad (4.3)$$

де $V_{\text{кп}}$ – місткість кузова тракторного причепа, м³;

ρ_v – об'ємна маса вантажу, т/м³;

ψ – коефіцієнт використання місткості кузова транспортного засобу (в розрахунках приймати $\psi = 1,0$);

B_p – робоча ширина захвату збирального агрегату, м;

v_p – робоча швидкість збирального агрегату, км/год;

$U_{\text{ск}}$ – урожайність сільськогосподарської культури, яку збирають, т/га.

Тривалість поїздки транспортного засобу з вантажем становить:

$$t_{зв} = \frac{60l_{зв}}{\vartheta_{зв}}, \quad (4.4)$$

де $l_{зв}$ – відстань руху з вантажем, км;
 $v_{зв}$ – швидкість руху транспортного засобу з вантажем, км/год,
 ϑ – тривалість поїздки транспортного засобу без вантажу:

$$t_{обв} = \frac{60l_{обв}}{\vartheta_{обв}}, \quad (4.5)$$

де $l_{обв}$ – відстань руху транспортного засобу без вантажу, км;
 $v_{обв}$ – швидкість руху при цьому, км/год.

Швидкості руху тракторно-транспортних агрегатів диференційовані залежно від марки трактора, номінальної вантажопідйомності причепа, групи доріг (швидкість руху без вантажу) та групи доріг і класу вантажу (швидкість руху з вантажем). Значення швидкостей руху тракторних транспортних агрегатів наведені в Типових нормах виробітку і витрачання палива на тракторно-транспортні роботи у сільському господарстві.

При проектуванні транспортних робіт вантажі за ступенем використання номінальної вантажопідйомності тракторного причепа поділяють на чотири класи. Ступінь використання номінальної вантажопідйомності характеризується коефіцієнтом використання вантажопідйомності, який визначають як відношення фактично перевезеної маси вантажу до номінальної вантажопідйомності причепа:

$$\gamma_{с.пр} = \frac{q_T}{q_{н.пр}} = \frac{V_{кп} \rho_v \psi}{q_{н.пр}}, \quad (4.6)$$

де q_T – маса вантажу, що його перевозять за одну поїздку, т;
 $q_{н.пр}$ – номінальна вантажопідйомність тракторного причепа, т.

Вантажі, які забезпечують ступінь використання номінальної вантажопідйомності, що дорівнює 1, відносять до першого класу, 0,71-0,99 – до другого, 0,51-0,7 – до третього і 0,41-0,5 – до четвертого класу.

При проектуванні транспортних операцій слід намагатися повною мірою використовувати номінальну вантажопідйомність транспортних засобів. Дослідження свідчать, що 1% недовикористання вантажопідйомності самохідних машин з дизельним двигуном при завантаженнях понад 50% призводять до збільшення сумарних шкідливих викидів на 1,3% та перевитрати

палива на 1,1%. Підвищення коефіцієнта використання вантажопідйомності на 1% понад 0,5 номінальної сприяє зниженню сумарних шкідливих викидів на 1-1,4% та зменшенню витрати палива на 1,2-2%.

За видом і станом покриття доріг, які визначають швидкість тракторно-транспортних агрегатів, дороги об'єднують у такі три групи:

I- з твердим покриттям, ґрунтові міжселищні в хорошому стані та снігові добре второвані;

II – гравійні; щебеневі розбиті; піщані, міжселищні, ґрунтові, роз'їжджені після дощу; стерня зернових; задернілий ґрунт із твердим станом взимку і влітку;

III – розбиті, з глибокими коліями, після відлиги, гребенисті; рілля нормальної вологості й замерзла, поле після збирання коренебульбоплодів, перезволене; бездоріжжя у весняний та осінній паводки; снігове покриття завглибшки до 15 см.

Визначивши складові часу рейсу транспортного засобу, можна розрахувати потребу в ньому для забезпечення безперебійної роботи збиральних агрегатів у конкретних умовах. Викладена методика найбільшою мірою орієнтована на способи руху збиральних агрегатів, за яких впродовж часу рейсу завантажування кузова не переривається.

Узгодженість роботи збиральних агрегатів і обслуговуючих їх транспортних засобів відображують на графіку, який показує, як відбуваються в часі чергування та взаємодія основних елементів робочого циклу машинних агрегатів в процесі роботи. За графіком можна визначити і потребу в транспортних засобах. При побудові графіків на осі абсцис відкладають час роботи агрегатів (хв.), а по осі ординат – шлях, що його проходять збиральний і транспортні агрегати.

Шлях $l_{зрх}$ (м), що його проходить збиральний агрегат до повного наповнення кузова транспортного засобу продукцією, яку збирають з поля, визначають за формулою:

$$l_{зрх} = \frac{10^4 V_{кп} \rho_{\psi}}{B_p U_{ск}}, \quad (4.7)$$

Шлях $l_{зрх}$ називають запасом робочого ходу агрегату за технологічною місткістю і він визначає довжину шляху агрегату між двома послідовними замінами транспортних засобів.

Графік складають таким чином, щоб до моменту наповнення

кузова транспортного засобу при його русі поряд із збиральним агрегатом, був на черзі наступний (другий) транспортний засіб, готовий для прийняття збираної продукції, потім третій, четвертий і т.д. доти, доки знову не підійде до збирального агрегату перший транспортний засіб після виконання транспортної роботи – перевезення вантажу до місця його використання.

Зміст і послідовність виконання роботи. В одержаному у викладача індивідуальному завданні повинні бути вказані збиральний і транспортний агрегати та наведені умови їх використання: урожайність збираної культури; об'ємна маса продукції урожаю; ширина захвату і швидкість руху збирального агрегату; відстань від поля до пункту транспортування вантажу; характеристика дорожніх умов руху транспортного засобу.

За технічною характеристикою тракторного причепа знаходимо його номінальну вантажопідйомність та місткість кузова. У Типових нормах на механізовані сільськогосподарські роботи знаходимо затрати часу на заміну транспортних засобів, які обслуговують збиральний агрегат. За таблицею 4.1 приймаємо числові значення складових тривалості рейсу: зважування вантажу, відкривання і закривання бортів причепа, оформлення документів.

За характеристикою дорожніх умов руху транспортного засобу визначаємо, до якої групи належить дорога, по якій здійснюється перевезення вантажу і холостий рух транспортного засобу. За формулою (4.6) розраховуємо коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу й визначаємо, до якого класу можна віднести транспортний вантаж. За Типовими нормами на тракторно-транспортні роботи відповідно до даного складу тракторно-транспортного агрегату, визначених класу вантажу і групи дороги відшукуємо швидкості руху транспортного агрегату без вантажу і з вантажем.

Для пояснення послідовності виконання роботи розглянемо приклад визначення потреби в транспортних засобах (трактор ЮМЗ-6КМ і причеп 2ПТС-4-887Б) для обслуговування гичкозбирального агрегату у складі трактора МТЗ-80 та гичкозбиральної машини БМ-6Б.

Вихідні дані: урожайність гички $U_{ск} = 10$ т/га; її об'ємна маса $\rho_b = 0,35$ т/м³; ширина захвату гичкозбиральної машини $B_p = 2,7$ м; швидкість руху гичкозбирального агрегату $v_p = 6,0$ км/год; відстань від поля до місця використання гички $l_{зв} = l_{об} = 2,5$ км ; рух тракторно-

транспортного агрегату здійснюється по гравійній дорозі.

Із технічної характеристики причепа 2ПТС-1-887Б з'ясуємо, що з основними бортами його вантажопідйомність $q_{н.пр} = 4$ т, а місткість кузова $V_{кп} = 5$ м³.

У Типових нормах на механізовані сільськогосподарські роботи знаходимо, що $t_{то} = 1,8$ хв, а за таблицею 4.1 – $t_{за} = 1,5$ хв., $t_{взб} = 1,5$ і $t_{оф} = 1,0$ хв. За видом покриття гравійна дорога належить до II групи.

Використовуючи формулу (4.6), розраховуємо коефіцієнт використання вантажопідйомності причепа:

$$\gamma_{спр} = (5 \times 0,35 \times 1) / 4 = 0,44.$$

Отже, гичка як транспортований вантаж належить до четвертого класу.

За типовими нормами на тракторно-транспортні роботи з'ясуємо, що для агрегату в складі трактора ЮМЗ-6КМ і причепа вантажопідйомністю 4 т швидкість руху без вантажу на дорогах II групи становить $v_{бв} = 19$ км/год., а швидкість руху з вантажем четвертого класу на дорогах другої групи $v_{зв} = 15$ км/год.

За формулою (4.3) визначаємо тривалість наповнення гичкою кузова причепа 2ПТС-4-887Б:

$$t_{нав} = (600 \times 5 \times 0,35 \times 1) / (2,7 \times 6,0 \times 10) = 6,5 \text{ хв.}$$

Тривалість поїздки тракторно-транспортного агрегату з гичкою за формулою (4.4) становить:

$$t_{зв} = (60 \times 2,5) / 15 = 10 \text{ хв.,}$$

а без гички за формулою (4.5):

$$t_{бв} = (60 \times 2,5) / 19 = 8 \text{ хв.}$$

Звідси тривалість рейсу за формулою (4.2) дорівнюватиме:

$$t_p = 6,5 + 1,8 + 10 + 1,5 + 1,5 + 3,6 + 1,0 + 8 = 34 \text{ хв.}$$

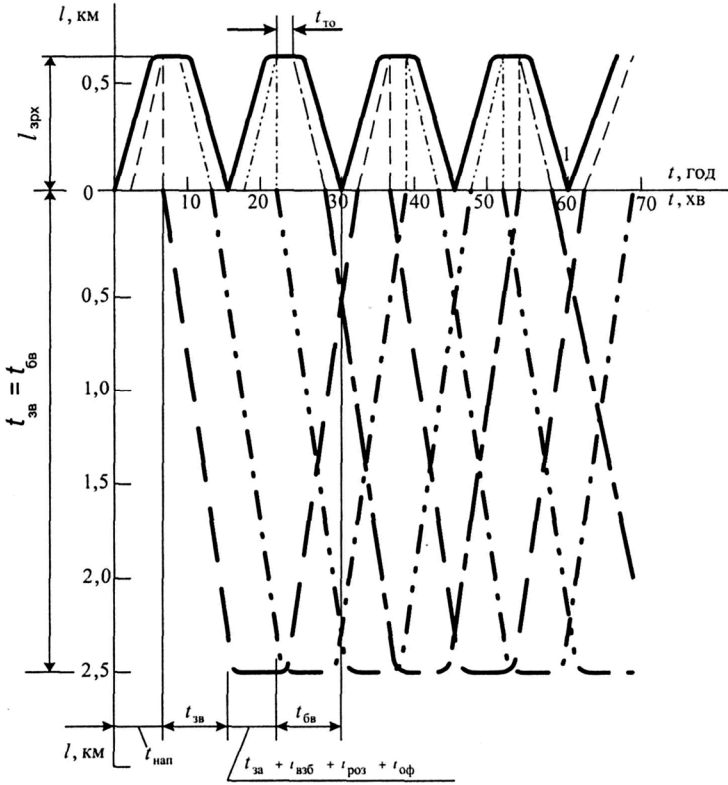
Використовуючи формулу (4.1), визначаємо необхідну кількість транспортних засобів для обслуговування гичкозбирального агрегату:

$$n_{тгз} = 34 / (6,5 + 1,8) = 4.$$

За формулою (4.7) розраховуємо довжину шляху, який проходить гичкозбиральний агрегат між двома послідовними змінами транспортних засобів:

$$t_{зрх} = (10^4 \times 5 \times 0,35 \times 1) / (2,7 \times 10) = 648 \text{ м.}$$

За визначеним $l_{зрх}$, відстанню перевезення гички ($l_{зв} = l_{бв}$) та розрахованими й прийнятими складовими тривалості рейсу будуюмо графік узгодження і взаємодії гичкозбирального агрегату і тракторно-транспортних засобів (рис. 4.1).



- робота гичкозбирального агрегату;
- 1-й транспортний агрегат;
- 2-й транспортний агрегат;
- 3-й транспортний агрегат;
- 4-й транспортний агрегат

Рисунок 4.1 - Графік узгодження і взаємодії роботи гичкозбирального агрегату МТЗ-80 + БМ-6Б і транспортних агрегатів ЮМЗ-6КМ + 2ПТС-4-887:

При виконанні практичної роботи здобувач вищої освіти оволодіває фаховими компетентностями, а саме:

- Здатність розв'язувати задачі оптимізації і приймати ефективні рішення з питань використання машин і техніки в рослинництві, тваринництві, зберіганні, первинній обробці і транспортуванні сільськогосподарської продукції.

- Здатність проектувати й використовувати мехатронні системи машин і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

- Здатність прогнозувати і забезпечувати технічну готовність сільськогосподарської техніки.

- Здатність організовувати процеси сільськогосподарського виробництва на принципах систем точного землеробства, ресурсозбереження, оптимального природокористування та охорони природи; використовувати сільськогосподарські машини та енергетичні засоби, що адаптовані до використання у системі точного землеробства.

- Здатність до отримання і аналізу інформації щодо тенденцій розвитку аграрних наук, технологій і техніки в сільськогосподарському виробництві.

Зміст звіту. Висвітлити методику розрахунку тривалості рейсу тракторно-транспортного агрегату, навести результати розрахунків і побудувати графік узгодження і взаємодії роботи збирального агрегату та обслуговуючих його тракторно-транспортних засобів.

Запитання для перевірки знань

1. Як визначити тривалість наповнення кузова транспортного засобу продукцією, що збирає збиральний агрегат?
2. Що розуміють під класом вантажу і як визначити клас вантажу, який перевозять?
3. Які елементи затрат часу входять до додаткової допоміжної роботи при визначенні тривалості рейсу?
4. Розкажіть, як класифікують дороги за видом і станом покриття?
5. Що таке запас робочого ходу агрегату за технологічною місткістю і як його визначити?
6. Що треба знати, щоб визначити нормовану швидкість руху тракторно-транспортних агрегатів?
7. Розкажіть про методику побудови графіка узгодження та взаємодії роботи збиральних і транспортних агрегатів.

Практична робота № 5

Розрахунок потреби в автомобілях для обслуговування зернозбиральних комбайнів

Мета роботи. Опанувати методику визначення кількості автомобілів для перевезення зерна від зернозбиральних комбайнів при їх груповій роботі. Навчитися будувати графік узгодження роботи комбайнів і автомобілів у складі збирально-транспортного загону.

Загальні відомості. При груповій роботі зернозбиральних комбайнів у складі збирально-транспортного загону кількість автомобілів для обслуговування комбайнів визначають за формулою:

$$n_{\text{ав}} = \frac{n_{\text{к}} t_{\text{р}} W_{\text{ГТ}}}{60 q_{\text{на}} \gamma_{\text{са}}}, \quad (5.1)$$

де $n_{\text{к}}$ - кількість комбайнів в обслуговуваній групі;

$t_{\text{р}}$ - тривалість рейсу автомобіля, хв;

$W_{\text{ГТ}}$ - продуктивність комбайна (по зерну), т/год;

$q_{\text{на}}$ - номінальна вантажопідйомність автомобіля, т;

$\gamma_{\text{са}}$ - коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Необхідність в обслуговуванні комбайна зумовлена заповненням його бункера зерном. Тривалість (хв) його заповнення визначають за формулою:

$$t_{\text{наб}} = \frac{60 V_{\text{бз}} \rho_3 \psi}{W_{\text{Г}} U_3}, \quad (5.2)$$

де $V_{\text{бз}}$ - місткість бункера для зерна комбайна, м³;

ρ_3 - об'ємна маса зерна, т/м³;

ψ - коефіцієнт використання місткості бункера для зерна;

$W_{\text{Г}}$ - продуктивність комбайна за 1 год. чистої роботи, га/год;

U_3 - урожайність зерна, т/га.

Підставимо у формулу:

$$W_{\text{Г}} = 0,1 B_{\text{р}} v_{\text{р}}, \quad (5.3)$$

де $B_{\text{р}}$ - робоча ширина захвату жниварки комбайна, м;

$v_{\text{р}}$ - робоча швидкість руху комбайна, км/год,

одержимо:

$$t_{\text{нав}} = \frac{600V_{\text{бз}}\rho_3\psi}{B_p \mathfrak{D}_p U_3} \quad (5.4)$$

Про визначення робочої швидкості комбайна вже йшлося.
Тривалість рейсу автомобіля визначають з виразу:

$$t_p = t_{\text{рух}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{за}} + t_{\text{роз}}, \quad (5.5)$$

де $t_{\text{рух}}$ - тривалість руху автомобіля з вантажем і без вантажу, хв;

$t_{\text{зав}}$ - тривалість повного завантажування автомобіля зерном у полі, хв;

$t_{\text{за}}$ - витрати часу на зважування автомобіля з розрахунку на один рейс, хв;

$t_{\text{роз}}$ - тривалість розвантажування автомобіля на току (зерноочисному пункті), хв.

Тривалість руху автомобіля з вантажем і без вантажу становить:

$$t_{\text{рух}} = 60 l_{\text{в}} / v_{\text{рпп}} \beta_a, \quad (5.6)$$

де $l_{\text{в}}$ - відстань перевезення зерна (або пробіг з вантажем за рейс чи довжина завантаженої поїздки), км;

$v_{\text{рпп}}$ - розрахункова швидкість автомобіля, км/год (для природних ґрунтових доріг, що належать до III групи, $v_{\text{рпп}} = 28$ км/год;

β_a - коефіцієнт використання пробігу автомобіля, $\beta_a = 0,5$.

Тривалість повного завантаження автомобіля в полі залежить від організації перевезень зерна від комбайнів. При використанні нагромаджувача-перевантажувача:

$$t_{\text{зав}} = 60 q_{\text{на}} / W_{\text{пп}}, \quad (5.7)$$

де $q_{\text{на}}$ - номінальна вантажопідйомність автомобіля, яким перевозять зерно від комбайнів, т;

$W_{\text{пп}}$ - продуктивність перевантажувального пристрою нагромаджувача-перевантажувача, т/год.

При прямих перевезеннях зерна від комбайнів:

$$t_{\text{зав}} = t_{\text{вив}} n_{\text{б}} + t_{\text{пер}} (n_{\text{б}} - 1), \quad (5.8)$$

де $t_{\text{вив}}$ - тривалість вивантажування зерна із бункера комбайна, хв;

$n_{\text{б}}$ - кількість бункерів зерна, що вміщуються в кузові автомобіля;

$t_{\text{пер}}$ - витрати часу на переїзд автомобіля від одного комбайна до іншого, коли у кузові нагромаджується зерно з двох і більше бункерів комбайнів збиральної ланки.

Тривалість механізованого вивантажування зерна із бункера зернозбирального комбайна визначають за формулами:

при вивантажуванні зерна на зупинках

$$t_{\text{вив}} = \frac{1000V_{\text{бз}}\rho_3\psi}{60W_{\text{ш}}}, \quad (5.9)$$

при вивантажуванні на ходу

$$t_{\text{вив}} = \frac{1000V_{\text{бз}}\rho_3\psi}{60W_{\text{ш}}} \left(1 + \frac{B_p v_p U_3}{W_{\text{ш}}} \right), \quad (5.10)$$

де $V_{\text{бз}}$ - місткість бункера, м³;

ρ_3 - об'ємна маса зерна, т/м³;

ψ - коефіцієнт використання місткості бункера, $\psi = 0,95$;

$W_{\text{ш}}$ - продуктивність вивантажувального шнека, кг/с (для СК-5, СК-6 $W_{\text{ш}} = 15$ кг/с; для "Енисея-1200", "Енисея-1200Н", "Енисея-1200-1" $W_{\text{ш}} = 17$; для "Дону-1200", "Дону-1500" $W_{\text{ш}} = 40$ кг/с);

B_p - робоча ширина захвату жниварки комбайна, м;

v_p - робоча швидкість руху комбайна, км/год;

U_3 - урожайність зерна, т/га.

Кількість бункерів, необхідну для завантажування автомобіля (із заокругленням до цілого меншого числа), визначають з урахуванням вантажопідйомності автомобіля та маси зерна в бункері:

$$n_{\text{б}} = q_{\text{на}} / q_{\text{б}} = q_{\text{на}} / V_{\text{бз}}\rho_3\psi, \quad (5.11)$$

де $q_{\text{на}}$ - номінальна вантажопідйомність автомобіля, т;

$q_{\text{б}}$ - маса зерна в бункері, т;

$V_{\text{бз}}$ - місткість бункера, м³;

ρ_3 - об'ємна маса зерна, т/м³;

ψ - коефіцієнт використання місткості бункера зерна, $\psi = 0,95$.

Тривалість переїзду автомобіля від одного комбайна до іншого, коли у кузові автомобіля нагромаджується зерно з двох і більше бункерів, приймають у межах $t_{\text{пер}} = 1-3$ хв. Але вона не повинна перевищувати часу, що визначається з відношення:

$$t_{\text{пер}} < t_{\text{цк}} / n_{\text{к}} = (t_{\text{нав}} + t_{\text{вив}}) / n_{\text{к}}, \quad (5.12)$$

де $t_{\text{цк}}$ - тривалість циклу (заповнення бункера плюс

вивантажування зерна з нього) комбайна, хв;

n_k - кількість комбайнів в обслуговуваній ланці.

Затрати часу на зважування автомобіля на автомобільних вагах $t_{зв} = 4,5$ хв, а тривалість механізованого розвантажування автомобіля $t_{роз} = 3,6$ хв.

Кількість автомобілів, необхідну для відвезення зерна від комбайнів, визначають за формулою:

$$n_{ав} = \left(t_{нав} + \frac{t_p n_k}{t_{вив}} \right) n_{б} \quad (5.13)$$

Одержане значення заокруглюють до найближчого більшого цілого числа, щоб уникнути простоїв комбайнів в очікуванні автомобілів. За заокругленим значенням $n_{ав}$ уточнюють тривалість рейсу автомобіля:

$$t_p = \frac{(t_{нав} + t_{вив}) n_{б} n_{ав}}{n_k} \quad (5.14)$$

Щоб уникнути одночасного заповнення бункерів комбайнів зерном, початок роботи кожного з них зрушують у часі з інтервалом $t_{ір}$ (хв.), який визначають із співвідношення:

$$t_{пер} < t_{цк} / n_k = (t_{нав} + t_{вив}) / n_k, \quad (5.15)$$

Для визначення черговості надходження відповідних автомобілів до відповідних комбайнів з метою вивантажування зерна будують графік узгодження їх роботи. Його будують так, щоб до закінчення заповнення зерном бункера кожного із комбайнів був вільний автомобіль для вивантажування в нього зерна. На графіку вивантажування зерна $t_{вив}$ має починатися в кінці часу заповнення зерном $t_{нав}$ бункера відповідного комбайна.

Для зменшення втрат урожаю при транспортуванні рівень зерна в кузові автомобіля повинен бути на 10-15 см нижчий від верхніх країв бортів, які нарощують для повнішого використання вантажопідйомності автомобілів. При цьому вантажна висота автомобілів з додатковими бортами не повинна перевищувати вантажну висоту комбайнів. Вантажна висота комбайна – це відстань від рівня землі до нижньої точки кожуха вивантажувального шнека, що віддалена від його вільного кінця на 1,2-1,3 м. Максимальну висоту додаткових бортів визначають як різницю між вантажною висотою комбайна та вантажною висотою автомобіля за основними

бортами.

При обслуговуванні комбайнів автомобілі можуть завантажуватися як на зупинках, так і на ходу. У першому випадку завантажування автомобіля визначається місткістю кузова та місткістю бункера комбайна, у іншому – тільки місткістю кузова автомобіля.

Розрахункові залежності для визначення висоти додаткових бортів t_6 (м) такі:

при вивантажуванні зерна на зупинках

$$h_{\text{б}} = \frac{V_{\text{бз}} n_{\text{б}} - V_{\text{к}}}{F_{\text{вп}}} + 0,1 < h_{\text{вк}} - h_{\text{ва}}, \quad (5.16)$$

при вивантажуванні на ходу

$$h_{\text{б}} = \frac{q_{\text{на}} - V_{\text{к}} \rho_3}{\rho_3 F_{\text{вп}}} + 0,1 < h_{\text{вк}} - h_{\text{ва}}, \quad (5.17)$$

де $V_{\text{бз}}$, $V_{\text{ка}}$ - місткість відповідно бункера для зерна комбайна і кузова автомобіля, м^3 ;

$n_{\text{б}}$ - ціле число бункерів зерна, що перевозять автомобілем за рейс:

$$n_{\text{б}} = q_{\text{на}} / V_{\text{бз}} \rho_3 \psi; \quad (5.18)$$

$q_{\text{на}}$ - номінальна вантажопідйомність автомобіля, т;

ρ_3 - об'ємна маса зерна, $\text{т}/\text{м}^3$;

$F_{\text{вп}}$ - площа вантажної платформи автомобіля, м^2 ;

$h_{\text{вк}}$ - вантажна висота комбайна, м;

$h_{\text{ва}}$ - вантажна висота автомобіля за основними бортами, м.

Зміст і послідовність виконання роботи. В одержаному у викладача індивідуальному завданні для виконання роботи повинні бути вказані: марка зернозбиральних комбайнів, їх кількість у складі збиральної ланки, збирана сільськогосподарська культура, урожайність зерна, ширина захвату жниварки комбайна, робоча швидкість руху комбайна, марка автомобіля, відстань перевезення зерна, його об'ємна маса.

Із технічної характеристики комбайна з'ясовуємо місткість бункера зерна, а з технічної характеристики автомобіля – його номінальну вантажопідйомність, вантажну висоту, місткість кузова та розміри вантажної платформи.

На підставі викладеного раніше приймаємо для наступних

розрахунків числові значення: коефіцієнта використання місткості бункера для зерна; розрахункову швидкість автомобіля; затрати часу на зважування автомобіля, його розвантажування та на переїзд автомобіля від одного комбайна до іншого, коли у кузові нагромаджується зерно з двох і більше бункерів; продуктивність вивантажувального шнека. Безпосереднім вимірюванням визначаємо вантажну висоту комбайна.

Послідовність розрахунків розглядаємо на прикладі визначення кількості автомобілів ГАЗ-53-12, необхідних для перевезення зерна озимої пшениці від трьох зернозбиральних комбайнів "Дон-1500" при таких вихідних даних: урожайність зерна $U_3 = 4$ т/га, його об'ємна маса $\rho_3 = 0,79$ т/м³, робоча ширина захвату жниварки $B_p = 4,8$ м, робоча швидкість руху комбайна $v_p = 5,6$ км/год, а відстань перевезення зерна $l_B = 6$ км.

З технічної характеристики комбайна з'ясуємо, що місткість бункера зерна становить $V_{бз} = 6$ м³, а з технічної характеристики автомобіля - номінальну вантажопідйомність $q_{на} = 4,5$ т і вантажну висоту за бортами $h_{ва} = 1,93$ м. Внутрішні розміри платформи - 3740 x 2170 x 580 мм, за якими місткість кузова становить $V_{ка} = 4,7$ м³; площа вантажної платформи $F_{вп} = 8,1$ м².

Приймаємо, що коефіцієнт використання місткості бункера для зерна $\psi = 0,95$; розрахункова швидкість автомобіля $v_{рпн} = 28$ км/год., тривалість зважування автомобіля $t_{за} = 4,5$ хв, а його механізованого розвантажування $t_{роз} = 3,6$ хв, продуктивність вивантажувального шнека $W_{ш} = 40$ кг/с, вивантажування зерна з бункера комбайна здійснюється по ходу, а його вантажна висота $h_{вк} = 2,45$ м.

Тривалість заповнення бункера комбайна зерном за формулою (5.3) становить:

$$t_{нав} = (600 \cdot 6 \cdot 0,79 \cdot 0,95) / (4,8 \cdot 5,6 \cdot 4) = 25,1 \text{ хв};$$

тривалість руху автомобіля з вантажем і без нього за формулою (5.5):

$$t_{рух} = 60 \cdot 6 / (28 \cdot 0,5) = 25,7 \text{ хв}.$$

Маса зерна в одному бункері комбайна -

$$q_6 = V_{бз} \rho_3 \psi = 6 \cdot 0,79 \cdot 0,95 = 4,5 \text{ т.}$$

Кількість бункерів, необхідних для завантажування автомобіля, за формулою (5.18) дорівнює: $n_6 = 4,5 : 4,5 = 1$.

Оскільки у кузові автомобіля нагромаджується зерно тільки з

одного бункера, то переїзди автомобіля від одного комбайна до іншого не матимуть місця, а тому $t_{\text{пер}} = 0$.

Тривалість вивантажування зерна із бункера комбайна за формулою (5.10) становитиме:

$$t_{\text{вив}} = \frac{1000 \times 60 \times 0,49 \times 0,95}{\left(1 + \frac{4,8 \times 5,6 \times 4}{36 \times 40}\right)} = 2 \text{ хв},$$

а тривалість завантажування автомобіля дорівнює $t_{\text{вив}}$, оскільки за формулою (5.8) має місце $t_{\text{зав}} = 2 \cdot 1 + 0(1-1) = 2$ хв.

Тоді за формулою (5.5) тривалість рейсу становить:

$$t_p = 25,7 + 2 + 4,5 + 3,6 = 35,8 \text{ хв.},$$

а за формулою (5.13) необхідна кількість автомобілів для транспортування зерна від комбайнів

$$n_{\text{ав}} = (35,8 \cdot 3) / (25,1 + 2) = 3,96.$$

Приймаємо 4 автомобілі і за формулою (5.14) уточнюємо тривалість рейсу автомобіля:

$$t_p = [(25,1 + 2) \cdot 4] / 3 = 36,1 \text{ хв.}$$

Час простою автомобіля за рейс становить:

$$t_{\text{пр}} = 36,1 - 35,8 = 0,3 \text{ хв.}$$

Для побудови графіка узгодження роботи комбайнів і автомобілів у складі збирально-транспортного загону за формулою (5.15) визначаємо інтервал руху між комбайнами:

$$t_{\text{іп}} = (25,1 + 2) / 3 = 9 \text{ хв.}$$

На рис. 5.1 наведено графік узгодження роботи комбайнів і автомобілів, побудований на підставі проведених розрахунків. У верхній його частині у прийнятому масштабі відкладають час роботи комбайнів, який для окремого комбайна становить послідовність відрізків тривалості заповнення бункера зерном $t_{\text{нав}}$ та тривалості вивантажування зерна $t_{\text{вив}}$. Початок роботи комбайнів зміщений один щодо іншого на розраховану величину інтервалу руху в часі $t_{\text{іп}}$.

Нижче ліній, що інтерпретують роботу комбайнів, проводять послідовно відрізки тривалості рейсу t_p автомобіля з виділенням часу на завантажування з-під комбайна $t_{\text{зав}}$. Початок роботи окремих автомобілів зміщений у часі, як і початок роботи комбайнів. Початок завантажування автомобіля відповідає закінченню заповнення

бункера комбайна зерном.

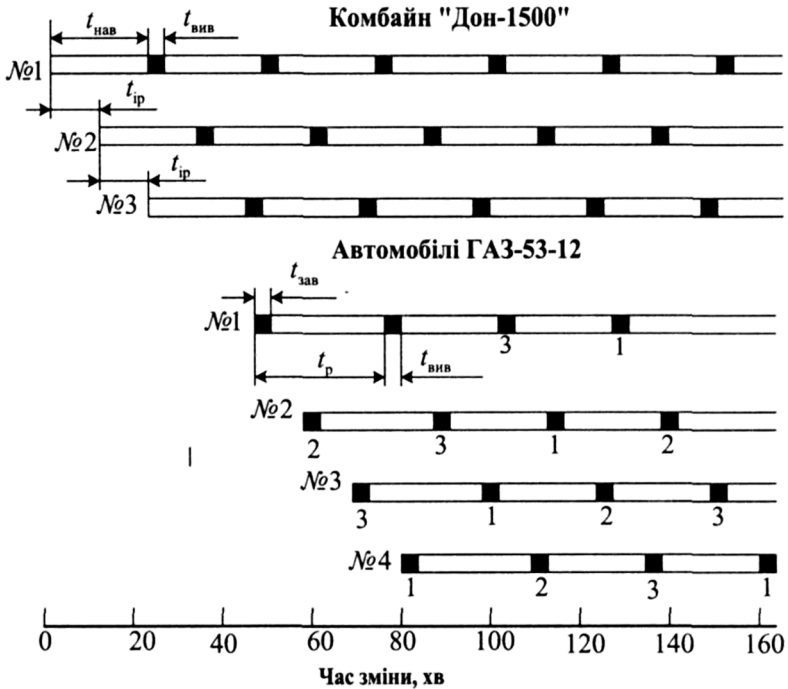


Рисунок 5.1 - Графік узгодження роботи збирально-транспортного загону

На графік наносять шкалу часу зміни (хв.), а також значення $t_{нав}$, $t_{вив}$, $t_{зав}$, уточнену тривалість рейсу t_r , інтервал руху комбайнів $t_{пр}$, їх номери та номери автомобілів. На рис. 5.1 під лінією роботи окремого автомобіля цифрами "1", "2" і "3" позначені номери обслуговуваних комбайнів.

Якщо автомобіль може прийняти в кузов два бункери зерна, то тривалість завантажування автомобіля впродовж рейсу включатиме час двох вивантажувань зерна з-під комбайнів і час на переїзд від одного комбайна до іншого.

Отже, графік узгодження спільної роботи комбайнів і автомобілів показує, як відбувається в часі чергування основних елементів робочого циклу технологічних і транспортних агрегатів, що входять до складу збирально-транспортного загону. Розрахункові

(вихідні) дані для побудови графіка уточнюються за результатами контрольних обмолотів перед початком збирання зернових.

Визначаємо доцільність і можливість нарощування бортів для автомобілів ГАЗ-53-12, що відвозять зерно від комбайнів "Дон-1500". Для цього скористаємося формулою (5.17), за якою одержуємо:

$$h_{\delta} = [(4,5 - 4,7 \cdot 0,79)/(0,79 \cdot 8,1)] + 0,1 = 0,22 < 2,45 - 1,93 = 0,52 \text{ м}$$

Таким чином, для повнішого використання вантажопідйомності автомобіля на перевезенні зерна від комбайнів і завантажуванні його на ходу слід наростити основні борти на 220 мм. За такої висоти додаткових бортів автомобіль пройде під вивантажувальним шнеком, оскільки різниця між вантажною висотою комбайна та вантажною висотою автомобіля становить 520 мм.

При виконанні практичної роботи здобувач вищої освіти оволодіває фаховими компетентностями, а саме:

- Здатність гарантувати екологічну безпеку у сільськогосподарському виробництві.
- Здатність комплексно впроваджувати організаційно-управлінські і технічні заходи зі створення безпечних умов праці в АПК.

Зміст звіту. Описати методику визначення необхідної кількості автомобілів для відвезення зерна від зернозбиральних комбайнів, навести результати розрахунків та графік узгодження роботи комбайнів і автомобілів у складі збирально-транспортного загону.

Запитання для перевірки знань

1. Як визначити продуктивність зернозбирального комбайна в тоннах зібраного врожаю?
2. Що розуміють під циклом роботи зернозбирального комбайна?
3. Які чинники впливають на тривалість заповнення бункера комбайна зерном?
4. Як розрахунковим способом визначити тривалість вивантажування зерна з бункера комбайна?
5. Що таке вантажна висота зернозбирального комбайна?
6. Що слід знати, щоб визначити потребу в автомобілях для обслуговування комбайнів?
7. Як уточнити тривалість рейсу автомобіля?
8. Як визначається і чим обмежується висота нарощування бортів?

Практична робота № 6

Вибір режиму роботи силосозбирального агрегату

Мета роботи: засвоїти методику розрахунку режиму роботи тягово-приводного агрегату на прикладі силосозбирального.

Зміст і порядок виконання: роботи: керуючись завданням (табл. 6.5) виконати розрахунки режиму роботи силосозбирального агрегату.

Для підвищення продуктивності агрегату робочу швидкість обирають максимально допустиму для заданих умов роботи. Максимально допустима робоча швидкість руху обґрунтовується пропускною здатністю комбайну або потужністю двигуна трактора. Розрахунок розпочинають з визначення максимально допустимої робочої швидкості за пропускною здатністю комбайну:

$$V_{пнз} = \frac{36 \cdot q_{\partial}}{B_p \cdot U_{кк}}, \quad (6.1)$$

де q_{∂} - пропускна здатність комбайна, кг/с (табл. 6.2);

B_p - робоча ширина захвату комбайна, м;

$$B_p = B_k \cdot \xi_B \quad (6.2)$$

де $\xi_B = 0.96$ коефіцієнт використання ширини захвату

$U_{кк}$ - урожайність, т/га (табл. 6.5)

Визначають необхідну потужність двигуна трактора для роботи із швидкістю $V_{пнз}$

Необхідна потужність двигуна

$$N_e = N_T + N_{ВПП} \quad (6.3)$$

де N_T - потужність на тягу (рух) комбайна і рух трактора, кВт

$N_{ВПП}$ - потужність на привід робочих органів комбайна, кВт.

Потужність на тягу комбайна і рух трактора визначають за формулою

$$N_T = \frac{\left[R_a + G \left(f + \frac{i}{100} \right) \right] \cdot V_{\text{прз}}}{3,6 \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_m} \quad (6.4)$$

де R_a - тяговий опір комбайна, кН

G - сила тяжіння трактора, кН (табл. 6.3, 6.4)

f - коефіцієнт опору коченню трактора (для колісних тракторів 0,07, для гусеничних - 0,08)

i - нахил, % (згідно із завданням, табл. 6.5);

η_{δ} - коефіцієнт, який враховує витрати потужності на буксування (приймаємо для колісних тракторів - 0,90, для гусеничних - 0,98);

η_m - ККД трансмісії (для колісних тракторів - 0,92, для гусеничних - 0,88).

Тяговий опір комбайна визначають так:

$$R_a = k \cdot B_p + G_m \cdot \frac{i}{100} \quad (6.5)$$

де k - питомий тяговий опір, кН/м (табл. 6.1);

B_p - робоча ширина захвату, м;

G_m - сила тяжіння комбайна, кН (табл. 6.2).

Таблиця 6.1 - Питомий опір (k) силосозбиральних комбайнів в залежності від робочої швидкості й урожайності силосної маси.

Робоча швидкість	Значення k (кН/м) при урожайності силосної маси, т/га				
	20	30	40	50	60
4,3	1,65	1,90	2,15	2,39	2,65
5,1	2,18	2,62	3,08	3,52	4,00
6,2	2,38	2,96	3,46	3,96	4,46
7,2	2,82	3,45	4,00	4,70	5,60
8,2	3,26	3,94	4,46	5,44	6,74
9,2	3,70	4,43	4,92	6,18	7,88

Потужність на привод робочих органів комбайна визначають за формулою

$$N_{ВВП} = \frac{N_{mx}}{\eta_{ВВП}} + \frac{N_{nut} \cdot B_p \cdot V_{pнз} \cdot U_{kk}}{\eta_{ВВП} \cdot 36} \quad (6.6)$$

де N_{mx} - витрати потужності на холостий хід механізмів машини, кВт (кг/с); $N_{mx} = 6$ кВт;

N_{nut} - питомі витрати потужності на технологічний процес, кВт;
 $N_{nut} = 1,4$ кВт (при пропускну́й здатності 15...25 кг/с);

ВВП-механічний ККД передачі від двигуна до ВВП;
 $\eta_{ВВП} = 0,95$.

При $N_e \leq N_{ен}$ (N_e - номінальна потужність двигуна трактора) агрегат повинен працювати на швидкості не більше $V_{pнз}$ (6.1).

Таблиця 6.2 - Довідкові дані комбайнів

Показник	КСС-2,6	КС-2,6	КС-1,8
Допустима пропускну́а здатність	25	20	15
Сила тяжіння, кН	38	32	24
Робоча швидкість, км/год	4...12	3.5...8	3.5...10
Конструктивна ширина захвату, м	2,6	2,6	1,8

Коли розрахована потужність двигуна N_e за формулою (6.2) більше номінальної потужності (табл. 6.3, 6.4), тоді визначають максимально допустиму робочу швидкість за потужністю двигуна

$$V_{pн} = \frac{N_{ен} - \frac{N_{mx}}{\eta_{вен} \cdot i}}{R_a + G \left(f + \frac{\quad}{100} \right)} + \frac{N_{nut} \cdot B_p \cdot U_{kk}}{\eta_{вен} \cdot 3,6} \quad (6.7)$$

$$3.6 \cdot \eta_i \cdot \eta_m$$

$$\xi N_{ep} = \frac{N_e}{N_{ен}} \quad (6.8)$$

Оцінюють достатність зчеплення ведучого механізму з ґрунтом для роботи в заданих умовах:

$$G \cdot c \cdot \mu - G \left(f + \frac{i}{100} \right) \geq R_a \quad (6.9)$$

де c - коефіцієнт, який показує, яка частина ваги трактора, навантажує рушії трактора; для гусеничних і колісних тракторів з двома ведучими вісями $c = 1$; для колісних тракторів з однією ведучою віссю $c = 0,66$;

- коефіцієнт зчеплення ведучого механізму з ґрунтом; для гусеничних тракторів $i = 1$; для колісних $i = 0,8$. Коли зчеплення недостатнє, розраховують необхідну вагу трактора, додаткову силу навантаження рушіїв і намічають заходи по збільшенню сили зчеплення.

Необхідну силу тяжіння розраховують так:

$$G_H = \frac{R_a}{c \cdot \mu - \left(f + \frac{i}{100} \right)} \quad (6.10)$$

де G_H - необхідна сила тяжіння трактора, кН.

Додаткове навантаження рушіїв

$$G_D = G_H - G \quad (6.11)$$

де G_D - додаткове навантаження рушіїв, кН.

За розрахунковою швидкістю руху $V_{РПЗ}$ підбирають дійсну швидкість руху V (табл. 6.3, 6.4), яка не повинна бути більше розрахункової: $V_P < V_{РПЗ}$

Визначають продуктивність агрегату на годину змінного часу за формулою

$$W_{ГЗ} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot t \quad (6.12)$$

до V_P - дійсна швидкість руху агрегату, км/год;

t - коефіцієнт використання часу зміни ($t = 0,6 \dots 0,8$).

Приклад. Первинні дані: трактор Т-150К, комбайн КСС-2,6, урожайність - 40 т/га, схил 5%.

За формулою (6.1) визначають максимально допустиму робочу швидкість за пропускною здатністю комбайна, км/год:

$$V_{ППЗ} = \frac{36 \cdot q_D}{B_K \cdot \xi_B \cdot U_{KK}} = \frac{36 \cdot 25}{2.6 \cdot 1.1 \cdot 40} = 7.87$$

$$N_T = \frac{\left[R_a + G \left(f + \frac{i}{100} \right) \right] \cdot V_{ППЗ}}{3.6 \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_m} = \frac{[14.48 + 78 \cdot (0.07 + 0.05)] \cdot 7.87}{3.6 \cdot 0.9 \cdot 0.92} = 62.3$$

де тяговий опір визначають за формулою (6.5), кН

$$R_a = k \cdot B_p \cdot \xi_B + G_m \cdot \frac{i}{100} = 4.4 \cdot 2.6 \cdot 1.1 + 38 \cdot 0.05 = 14.48$$

За формулою (6.6) визначають потужність на привод робочих органів $N_{ввп}$, кВт:

$$N_{ВВП} = \frac{N_{mx}}{\eta_{ВВП}} + \frac{N_{nut} \cdot B_p \cdot V_{ППЗ} \cdot U_{kk}}{\eta_{ВВП} \cdot 36} = \frac{6}{0.95} + \frac{1.4 \cdot 2.6 \cdot 1.1 \cdot 7.87 \cdot 40}{0.95 \cdot 36} = 43.1$$

Таблиця 6.3 - Довідкові дані тракторів

Показник	Favorit		Case			
	816 Turbo	818 Turbo	5120	5130	5140	5150
Номінальна потужність двигуна, кВт	125	140	66	74	81	92
Сила тяжіння, кН	74,8	76,8	47,0	48,2	50,2	51,8
Швидкість руху, км/год	5,7	5,7	4,1	4,1	3,5	3,5
	6,8	6,8	5,0	5,0	4,3	4,3
	8,2	8,2	6,1	6,1	5,3	5,3
	9,6	9,6	7,5	7,5	6,5	6,5
	10,4	10,4	8,2	8,2	7,9	7,9
	12,5	12,5	9,3	9,3	9,8	9,8
	12,8	12,8	10,0	10,0	10,7	10,7

Сумарні витрати потужності на тягу і привод робочих органів, кВт

$$N_e = N_T + N_{ВВП} = 62,3 + 43,1 = 105,4$$

Номінальна потужність двигуна трактора Т-150К становить 121,3 кВт, $N = 105,4 \text{ кВт} < 121,3 \text{ кВт}$.

Потужність двигуна достатня, для роботи із швидкістю $V_{PIZ} = 7,87 \text{ км/год}$.

Згідно з даними табл. 6.3, 6.4 обирають дійсну швидкість руху $V = 7,75 \text{ км/год}$.

Коефіцієнт завантаження двигуна визначають за формулою (6.8):

$$\xi_{N_{ep}} = \frac{N_e}{V_{eH}} = \frac{105,4}{121,3} = 0,87$$

достатність зчеплення ведучого механізму трактора з ґрунтом за формулою (6.9):

$$G \cdot c \cdot \mu - G \left(f + \frac{\mu}{100} \right) \geq Ra = 76 \cdot 1 \cdot 0,8 - 76 \cdot (0,07 + 0,05) > 14,48$$
$$51,68 > 14,48$$

Зчеплення достатне.

Продуктивність агрегату на годину визначають за формулою (6.12), га/год:

$$W_{ez} = 0,1 \cdot B_K \cdot \xi_B \cdot Vp = 0,1 \cdot 2,6 \cdot 1,1 \cdot 7,75 \cdot 0,7 = 1,55$$

Зміст звіту

В залежності від варіанта завдання зробити розрахунки по визначенню режиму роботи агрегату та його продуктивності

Контрольні питання

1. Якими параметрами обмежується максимально допустима швидкість руху комбайна?
2. Який порядок визначення швидкісного режиму роботи агрегату?
3. Як визначається тяговий опір комбайну?
4. Як визначається необхідна потужність двигуна для

роботи агрегату зі швидкістю, яка визначена за пропускнуою здатністю?

5. Чому дійсна робоча швидкість не повніша бути більше розрахунково?

Завдання для самостійної роботи

Порівняти за продуктивністю та витратою палива агрегати з вітчизняними та зарубіжними тракторами.

Таблиця 6.4 - Варіанти завдань для самостійної роботи

Варіант	Марка трактора	Марка комбайна	Урожайність, т/га	Нахил, %
1	2	3	4	5
1	T-150	КСС-2,6	39	5
2	T-150	КСС-2,6	40	4
3	T-150	КСС-2,6	35	3
4	T-150	КСС-2,6	32	2
5	Case 5150	КСС-2,6	30	1
6	Favorit 818 Turbo	КСС-2,6	32	2
7	T-150К	КСС-2,6	36	2
8	T-150К	КСС-2,6	34	3
9	T-150К	КСС-2,6	38	3
10	Favorit 816 Turbo	КСС-2,6	35	2
11	ЮМЗ-6КЛ	КСС-2,6	40	2
12	ЮМЗ-6КЛ	КСС-2,6	36	3
13	ЮМЗ-6КЛ	КСС-2,6	32	3
14	ЮМЗ-6КЛ	КСС-1,8	30	4
15	Case 5140	КСС-1,8	28	4
16	МТЗ-80	КСС-2,6	32	4
17	МТЗ-80	КСС-2,6	34	3
18	МТЗ-80	КСС-2,6	30	2
19	МТЗ-80	КСС-2,6	28	5
20	Case 5130	КСС-2,6	27	2
21	ДТ-75МВ	КСС-1,8	40	5
22	ДТ-75МВ	КСС-1,8	44	3
23	ДТ-75МВ	КСС-2,6	46	2
24	ДТ-75МВ	КСС-2,6	50	1
25	Case 5120	КСС-2,6	42	4

Визначення енергетичного коефіцієнта корисної дії агрегату

Мета роботи. Засвоїти поняття про корисні (що витрачаються на агротехнічно корисну механічну роботу) та некорисні складові опору сільськогосподарських машин різного технологічного призначення. Оволодіти методикою визначення енергетичного ККД агрегату.

Загальні відомості. Машинно-тракторний агрегат при його використанні за технологічним призначенням виконує агротехнічно корисну роботу й долає різні опори. Відношення кількості енергії, яка витрачається на агротехнічно корисну роботу A_k (кВт·год/га або Дж/га), до загальної кількості енергії A_n (кВт·год/га або Дж/га), яка міститься у витраченому паливі, називають енергетичним ККД агрегату. Він характеризує енергетичну ефективність використання потенціальної енергії палива агрегатом в цілому. При робочому ході агрегату енергетичний ККД визначають за формулою:

$$\eta_{ea} = \eta_{ed} \eta_T \eta_M, \quad (7.1)$$

де η_{ed} - ефективний ККД двигуна;

η_T - тяговий ККД трактора;

η_M - ККД машини-знаряддя.

При експлуатаційних розрахунках, пов'язаних з оцінкою раціональності комплектування та ефективності використання машинно-тракторних агрегатів, визначають і механічний ККД агрегату. Механічний ККД агрегату η_{ma} - це відношення агротехнічно корисної роботи A_k (кВт·год/га або Дж/га) до ефективної роботи A_e (кВт·год/га або Дж/га), виробленої двигуном, тобто:

$$\eta_{ma} = A_k / A_e = \eta_T \eta_M. \quad (7.2)$$

Порівнюючи механічний і енергетичний ККД агрегату, встановлюємо, що перший більший за другий, тобто $\eta_{ma} > \eta_{ea}$.

Механічний і енергетичний ККД ураховують при визначенні експлуатаційних показників агрегатів, правильності їх комплектування, режиму роботи агрегатів та організації їх використання в заїнці. Обчислені значення цих коефіцієнтів дозволяють дати енергетичну оцінку роботи певного агрегату в різних умовах або різних агрегатів в однакових умовах. При розробці

енерго- і ресурсозберігаючих технологій виробництва сільськогосподарської продукції визначення механічного й енергетичного ККД агрегатів слід вважати доцільним та необхідним.

Ефективний ККД двигуна визначають за формулою:

$$\eta_{e0} = 3600/(g_e H_n), \quad (7.3)$$

де g_e - питома витрата палива на одиницю ефективної потужності двигуна, г/(кВт·год);

H_n - нижча питома теплота згоряння палива, МДж/кг (для дизельного палива $H_n = 42,5$ МДж/кг),

Коефіцієнт корисної дії сільськогосподарської машини - це відношення агротехнічно корисної роботи до загальних витрат енергії на одному і тому ж відрізьку шляху. У зв'язку з цим складові опору сільськогосподарських машин поділяють на корисні, що витрачаються на деформацію оброблюваного матеріалу, та некорисні, що витрачаються на тертя і переміщення машини. При виконанні різних технологічних операцій корисною роботою вважають: при оранці - підрізання, кришіння та перевертання скиби, пов'язані з наданням її часткам кінетичної енергії; при сівбі - утворення борозенки, переміщення по полю насіння та його загортання; при культивачі - підрізання бур'янів і ґрунту та його кришіння; при боронуванні - лише кришіння ґрунту. При сівбі, культивачі та боронуванні відкидання ґрунту - шкідливе явище, оскільки поверхня має залишатися рівною. При роботі сівалок до некорисних складових опору належать тертя сошників об ґрунт, внутрішнє тертя насіння і добрив, їх тертя об деталі висівних апаратів, тертя в механізмах привода та відкидання часток ґрунту.

Для машин, призначених для внесення добрив, корисно витрачувана потужність - це витрати на подрібнення матеріалу, розкидання по ширині захвату та переміщення його по полю. Некорисні складові пов'язані з внутрішнім тертям матеріалу, тертям його об деталі машин та в механізмах привода.

З урахуванням складових балансу потужностей, що витрачаються на агротехнічно корисну роботу та подолання шкідливих опорів, ККД сільськогосподарських машин становить:

зубова борона	0,56
дисковий лушчильник	0,74
плуг 4-корпусний начіпний	0,75
начіпний культиватор	0,46

причіпний культиватор	0,44
зернова причіпна сівалка	0,31
начіпна косарка	0,44
силосозбиральний комбайн	0,54
бурякозбиральні машини	0,28
картоплезбиральний комбайн	0,28

При використанні косарок і жниварок до корисних складових опору належить опір, пов'язаний із зрізуванням стебел, їх укладанням у покіс чи валок, а для жниварок - ще й перенесення (транспортування) стебел перед їх укладанням у валок. Опір, пов'язаний із пересуванням, тертям у механізмах привода та стебел об деталі, а також тертям пальцевого бруса і різального апарата об поверхню поля - це некорисний опір.

ККД сільськогосподарських машин залежить від швидкості руху агрегатів, глибини ходу робочих органів, фізико-механічного стану та механіко-технологічних властивостей оброблюваного матеріалу, рельєфу місцевості, розмірів технологічних місткостей машин та їх технічного стану, регулювання механізмів і агрегаткування.

Зміст і послідовність виконання роботи. Використовуючи вихідні дані та визначений раніше (у роботі 1.2 [6]) склад агрегату, розраховуємо його енергетичний ККД при роботі трактора на обраній передачі.

Послідовність і методику виконання роботи розглянемо на прикладі посівного агрегату в складі трактора Т-150К, зчіпки СП-11 і трьох сівалок СЗ-3,6А на сівбі озимої пшениці при роботі трактора на передачі 7 (ПрЗп). Визначаємо тяговий опір агрегату:

$$R_a = n_m(kb_k + G_m i) + G_{зч}(f_{зч} + i) =$$

$$= 3(2,0 \cdot 3,6 + 19,85 \cdot 0,02) + 9,15(0,20 + 0,02) = 24,8 \text{ кН.}$$

Для подальших розрахунків слід знати робочу швидкість агрегату, буксування рушіїв трактора та механічний ККД трансмісії. Щоб визначити швидкість і буксування, використаємо таблиці тягової характеристики трактора Т-150К, знятої на полі, підготовленому для сівби (додаток 15 [6]). За табличними даними на передачі 7(ПрЗп) знаходимо швидкості руху при трьох основних режимах експлуатації:

при $P_T = 0$, при $N_T = N_{Tmax}$ та при P_{Tmax} . За цими даними будемо графік зміни $V_p = f(P_T)$, наведений на рис. 7.1. За таблицею тягової характеристики знаходимо числові значення буксування відповідно при найменшому та найбільшому значеннях P_T , а також кілька проміжних значень. Знайдені буксуваня при відповідних P_T у прийнятому масштабі відкладаємо на рис. 7.1 й будемо графік зміни $\delta = f(P_T)$.

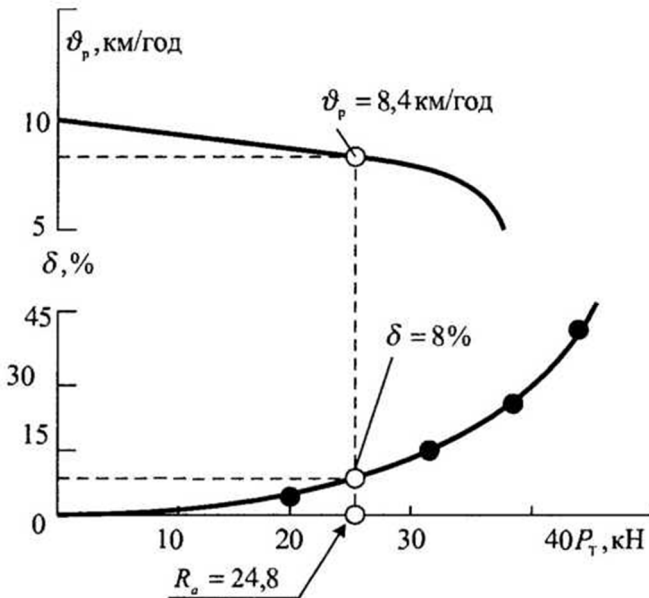


Рисунок 7.1 - Визначення робочої швидкості і буксування трактора Т-150К у складі агрегату із зчипки СП-11 і трьох сівалок СЗ-3,6А

На координатній осі P_T знаходимо точку, що відповідає $R_a = 24,8$ кН. З неї проводимо вертикальну до осі P_T лінію до перетину з кривими $\delta = f(P_T)$ і $V_p = f(P_T)$. Проектування точок перетину на вісь ординат показало, що на передачі 7(ПрЗп) при тяговому навантаженні $P_T = R_a = 24,8$ кН робоча швидкість агрегату становить $V_p = 8,4$ км/год, а буксування рушіїв $\delta = 8,0\%$.

Розрахунки, здійснені за формулою (1.80) при прийнятих $\eta_{цвл} = 0,98$ і $\eta_{кон} = 0,96$, показали, що $\eta_{мг} = 0,90$.

Для визначення тягового ККД трактора обчислюємо складові балансу потужності трактора:

потужність на гаку трактора -

$$N_T = R_a V_p / 3,6 = 24,8 \cdot 8,4 / 3,6 = 57,8 \text{ кВт};$$

потужність, що витрачається на подолання підйому,

$$N_a = P_a V_p / 3,6 = 1,6 \cdot 8,4 / 3,6 = 3,7 \text{ кВт};$$

потужність, що витрачається на пересування трактора,

$$N_f = P_T V_p / 3,6 = f G V_p / 3,6 = 0,20 \cdot 80 \cdot 8,4 / 3,6 = 37,2 \text{ кВт}.$$

Для визначення потужності, що витрачається на буксування, слід знати дотичну силу тяги на ведучих колесах трактора та його теоретичну швидкість. Дотична сила на ведучих колесах трактора становить:

$$P_\delta = R_a + P_f + P_a = 24,8 + 16,0 + 1,6 = 42,4 \text{ кН},$$

а теоретична швидкість трактора -

$$V_T = V_p / (1 - \delta / 100) = 8,4 / (1 - 8 / 100) = 9,13 \text{ км/год}.$$

Потужність, що витрачається на буксування ведучих коліс трактора, дорівнює:

$$N_\delta = P_\delta (V_T - V_p) / 3,6 = 42,4 (9,13 - 8,4) / 3,6 = 8,6 \text{ кВт};$$

потужність, що передається на ведучі колеса,

$$N_{\text{кол}} = N_T + N_a + N_f + N_\delta = 57,8 + 3,7 + 37,2 + 8,6 = 107,3 \text{ кВт}.$$

Тоді фактично реалізована потужність двигуна -

$$N_e = N_{\text{кол}} / \eta_{\text{ме}} = 107,3 / 0,90 = 119,2 \text{ кВт},$$

а витрати потужності в трансмісії -

$$N_{\text{мп}} = N_e - N_{\text{кол}} = 119,2 - 107,3 = 11,9 \text{ кВт}.$$

Зауважимо, що в самохідних машинах із дизельними двигунами кожний 1% втрат потужності в трансмісії на визначених швидкостях руху призводить до збільшення сумарних шкідливих викидів, приведених до CO, на 0,85-1,1% та підвищення витрати палива на 1,1-1,3%.

Тяговий ККД трактора становить:

$$\eta_T = N_T / N_e = 57,8 / 119,2 = 0,48.$$

Для визначення ефективного ККД двигуна необхідно знати питому витрату палива g_e на одиницю ефективної потужності двигуна. Питому витрату палива визначаємо за регуляторною характеристикою двигуна. Оскільки слід встановити питому витрату палива на основному робочому режимі двигуна, то регуляторну характеристику будемо залежно від потужності (рис. 7.2). Для побудови характеристики використовуємо табличні значення потужності N_e (кВт) та відповідні їм значення питомої витрати палива g_e в г/(кВт·год), що наведені в додатку 29 [6]. За допомогою побудованого графіка визначаємо питому витрату палива. Для цього на координатній осі знаходимо значення фактично споживаної ефективної потужності $N_e=119,2$ кВт. Із позначеної точки проводимо перпендикулярну до осі абсцис лінію до перетину з кривою $g_e = f(N_e)$. Точку перетину проектуємо на вісь ординат і визначаємо, що $g_e=251$ г/(кВт год).

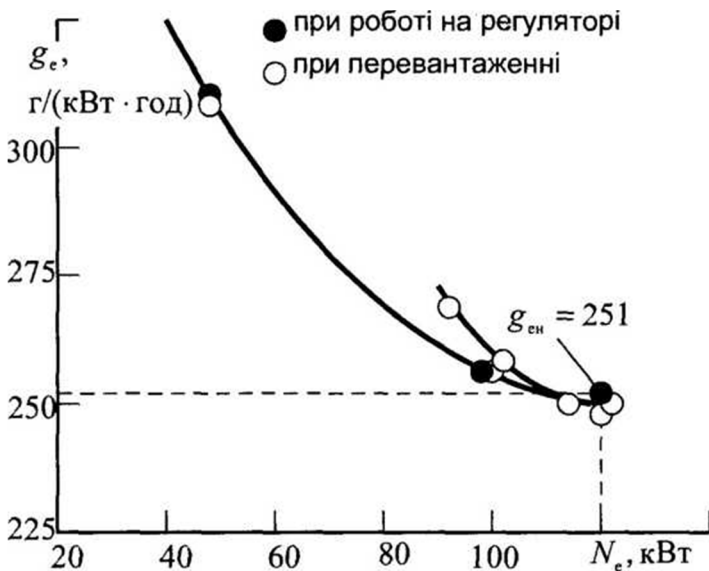


Рисунок 7.2 - Визначення питомої витрати палива двигуном СМД-62 (трактор Т-150К) за регуляторною характеристикою

Розраховуємо ефективний ККД двигуна:

$$\eta_{e0}=3600/(g_e H_n)=3600/(251 \cdot 42,5) = 0,34.$$

Зважаючи, що ККД причіпних сівалок у середньому дорівнює $\eta_m=0,31$, енергетичний ККД посівного агрегату становитиме:

$$\eta_{ea}=\eta_{e0}\eta_T\eta_m = 0,34 \cdot 0,48 \cdot 0,31 = 0,05.$$

Отже, за розрахованим значенням ККД посівного агрегату можна зробити висновок, що тільки 5% палива, яке споживає двигун, витрачається на агротехнічно корисну роботу.

Зміст звіту. Навести графіки зміни робочої швидкості і буксування трактора залежно від тягового зусилля, фрагмент регуляторної характеристики двигуна та всі необхідні розрахунки щодо визначення енергетичного ККД агрегату.

Запитання для перевірки знань

1. Що належить до корисних і некорисних складових опор машин?
2. За допомогою яких заходів можна підвищити ККД робочих машин?
3. Як технічний стан елементів машин впливає на їх ККД?
4. Що таке питома теплота згоряння палива?
5. Як визначити питому витрату палива на одиницю ефективної потужності двигуна?
6. Як розрахувати потужність, що передається на ведучі колеса трактора?
7. Що характеризує ефективний ККД двигуна?

При виконанні практичних роботи здобувач вищої освіти оволодівають програмними результатами навчання, а саме:

- Володіти комплексом необхідних гуманітарних, природничо-наукових та професійних знань, достатніх для досягнення інших результатів навчання, визначених освітньою програмою.
- Викладати у закладах вищої освіти та розробляти методичне забезпечення спеціальних дисциплін, що стосуються агроінженерії.
- Приймати обґрунтовані управлінські рішення для забезпечення прибутковості підприємства.
- Створювати фізичні, математичні, комп'ютерні моделі для вирішування дослідницьких, проектувальних, організаційних, управлінських і технологічних задач.
- Впроваджувати системи точного землеробства, машини і засоби механізації та вибирати режими роботи машинно-тракторних агрегатів для механізації технологічних процесів у рослинництві.
- Здійснювати управління якістю в аграрній сфері, обґрунтовувати показники якості сільськогосподарської продукції, техніки та обладнання.
- Забезпечувати охорону інтелектуальної власності.
- Розробляти і реалізувати ресурсоощадні та природоохоронні технології у сфері діяльності підприємств АПК.

Список використаної літератури

Основна

1. Головчук А.Ф., Орлов В.Ф., Строков О.П. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: підручник: у 3 кн. Кн. 1: Трактори. К.: Грамота, 2013. 336 с.
2. Головчук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Сільськогосподарські машини. К.: "Грамота". 2015. 576 с.
3. Діденко М.К. Експлуатація машинно-тракторного парку. К.: Вища школа. 2016. 447 с.
4. Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісгосподарських робіт: Підручник. 4-е вид., перероб. і доп. К.: НАУ, 2016. 488 с.
5. Марченко В.І. Сільськогосподарські машини. К.: Вища школа. 2019 р. 343 с.
6. Швець Л.В. Машина для зрізування та подрібнення чагарників. Техніка, енергетика, транспорт АПК № 2(97) Вінниця, 2017. С. 153-161.

Додаткова

1. Швець Л.В. Проектування технологічної лінії для виготовлення паливних гранул. *Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях"* Вінниця, 2020. Випуск 2 (97).
2. Середа Л.П., Швець Л.В., Труханська О.О. Смоговий підсів трав пасовищ *Всеукраїнський науково-технічний журнал "Техніка, енергетика, транспорт АПК"*. Вінниця 2020., Випуск 1 (108). С. 5-14
3. Швець Л.В. Проектування технологічної лінії для виготовлення паливних гранул. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 2, (97). С.149-156.
4. Швець Л.В. Удосконалення струшувача плодознімального. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 3 (98). С. 56-64.
5. Швець Л.В. Розробка культиватора для нових технологій обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020.

№ 3(110). С. 117-125.

6. Shvets L. Investigation of the hydraulic drive of the unit for strip tillage with simultaneous application of liquid fertilizers. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 4 (99). С. 196-197.
7. Середа Л.П , Труханська О.О., Швець Л.В.Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології strip-till з активними фрезерними робочими органами. *Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях”* Вінниця, 2019.4 (95).
8. Швець Л.В. Технологічні передумови використання біоенергетичного потенціалу садів та земель лісгосподарського призначення. *Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях”* Вінниця, 2019. 4 (95).
9. Shvets L. Development of the device, restoration of places of landing bearings. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2021. № 1, (100).
10. Shvets L. Methods of experimental and analytical research of metal in the center of deformation during hot compression heating. *The scientific heritage (Budapest, Hungary) The journal is registered and published in Hungary*. 2020. VOL.1. № 48. С. 54-75 ISSN 9215-0365.
11. Shvets L. The essence and possibility of the method of isothermal deformation Slovak international scientific journal VOL.1 №42, 2020 ISSN 5782-5319
12. Shvets L. Restoration of body parts. *Colloquium-journal, Poland* 2021 №8(95). Część 1 (Warszawa, Polska) PP. 44-53. ISSN 2520-6990. ISSN 2520-2480. DOI: 10.24412/2520-6990-2021-895-44-53.