

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра тракторів та сільськогосподарських
машин, експлуатації і технічного сервісу

МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АПВ.

Модуль № 1 (Грунтообробні машини):

методичні рекомендації до виконання розрахунково-
графічних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього
ступеня «Бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія» та
015 «Професійна освіта (Технологія виробництва і переробка
продуктів сільського господарства)» денної та заочної форм
навчання

**Миколаїв
2021**

УДК 631.355
М38

Друкується за рішенням науково методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету протокол № 4 від 23 листопада 2021р

Укладачі:

Гавриш В.І. – д-р екон. наук., професор, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївського національного аграрного університету.

Галєєва А.П. – канд. пед. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївського національного аграрного університету.

Грубань В.А. – канд. тех. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївського національного аграрного університету.

Рецензенти:

Атаманюк І.П. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Вищої математики» МНАУ.

Бондарчук А.П. – директор ТОВ СВП « Агрофлагман» Миколаївської області

Передмова

В організації і технології виробництва продукції рослинництва відбулися значні зміни. Впроваджуються нові технології, новітня техніка, сучасне устаткування, спеціалізація господарств.

Впровадження у навчальний процес та сільське господарство сучасних інформаційних технологій надає можливість проектувати технологічні процеси щодо конкретних виробничих умов, які забезпечують комплексну механізацію і ефективність виробництва продукції рослинництва.

Можливість ефективного використання цієї чи іншої техніки в різних господарствах зможуть визначити тільки добре підготовлені фахівці.

Для вирішення цих складових завдань необхідно сформувати новий рівень інженерного мислення. Важливим елементом практичної підготовки інженера-механіка сільського господарства є його вміння здійснювати оцінку, аналіз і розрахунок конструктивних, енергетичних і режимних параметрів сільськогосподарських машин як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Основна мета лабораторно-практичних занять – підготувати інженерів до рішення найбільш складних питань.

Виконання лабораторно-практичних робіт по розрахунку та дослідженню робочих процесів машин для обробки ґрунту повинно сприяти розвитку у здобувачів вищої освіти навиків проведення самостійних наукових досліджень.

Дисципліна “Машини та обладнання для АПВ” поділена на модулі – частинки курсу, що мають самостійне значення і містять в собі, як правило, декілька за змістом тем, лабораторних робіт, розрахункових завдань.

В методичних рекомендаціях викладена методика проведення лабораторно-практичних робіт по розрахунку та дослідженню робочих процесів ґрунтообробних машин, що охоплюють модуль № 1 “Ґрунтообробні машини”. Три лабораторно-практичні роботи, що містяться в модулі, включають силовий аналіз взаємодії начіпного плуга з механізмом начіплювання трактора, методику проектування лемішно-полицевих поверхонь корпусів плугів та ланок зубової борони “ЗИГ-ЗАГ”. Вони спрямовані на глибоке оволодіння здобувачів вищої освіти питань розрахунку сільськогосподарських машин, практичне закріплення знань, отриманих в процесі вивчення лекційного курсу.

Розрахунково-графічна робота №1

Тема: Проектування лемішно-полицевої поверхні корпусу плугу

Мета роботи: Вивчити метод проектування лемішно-полицевих поверхонь корпусу плуга

Час: 6 годин

ДОПОМІЖНА ІНФОРМАЦІЯ

Форму робочої поверхні корпусу плуга визначають агротехнічні вимоги до оранки, які в основному характеризують розпушування і обертання скиби для глибокого загортання рослинних решток. Залежно від інтенсивності і характеру дії робочої поверхні на скибу вони поділяються на циліндричні, культурні, напівгвинтові і гвинтові.

Циліндричні поверхні добре розпушують, але погано обертають скибу, а гвинтові навпаки - добре обертають, але погано розпушують. Тому ці поверхні могли б застосовуватись для різних за механічними властивостями ґрунтів, що різко відрізняються: циліндричні – для нев'язких, сипких; гвинтові – для в'язких, задернілих. Культурні і напівгвинтові займають проміжне положення.

Для побудови робочої поверхні користуються графічними методами, які є найбільш наочними. Ці методи дозволяють одержати шаблони поверхні, що є важливим при проектуванні штампів для виготовлення робочої поверхні корпусу плуга.

Широкого практичного застосування набули робочі поверхні плужних корпусів, які відносяться до групи циліндроїдів. Лінійні поверхні цієї групи утворюються рухом прямої лінії (твірної) вздовж напрямної кривої (чи двох напрямних кривих), що певним чином зорієнтовані у просторі. Спосіб побудови культурної і напівгвинтової робочих поверхонь з розташуванням напрямної кривої у площині перпендикулярній до леза лемеша, твірна яких рухається паралельно дну борозни з заданою закономірністю зміни її кута до напрямку руху, покладений в основу побудови плужних корпусів.

ЗМІСТ РОБОТИ

За вихідними даним варіанту (табл. 1.1) спроектувати лемішно-полицеву поверхню плуга культурного типу:

1. Побудувати у вертикальній площині проекції: профілю борозни; лобового контуру корпусу; спрямовуючу криву – параболу.
2. Побудувати горизонтальну проекцію корпусу плуга.
3. Накреслити криві перетину корпусу поперечно-вертикальними площинами.
4. Побудувати криві шаблонів (криві ортогональних перетинів).
5. Графічно виразити залежність зміни кутів γ утворених зі стінкою борозни.
6. Побудувати в натуральну величину криву польового зрізу корпусу.

Графічна частина роботи, загальний вид якої представлений на рис. 1.1, виконується на міліметровому папері формату А3 у вибраному масштабі.

Пояснювальна записка повинна мати вихідні дані та необхідні для графічних побудов аналітичні розрахунки.

Таблиця 1.1

Вихідні дані

№ варіанту	Глибина оранки (a), см	Ширина захвату корпусу (b), см	γ_0 , град	γ_{\min} , град	γ_{\max} , град	ϵ , град	$\Delta\epsilon$, град	S, см	Ширина лемеша $B_{л}$, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	21	30	42	40	46	27	9	5,5	12,2
2	25	35	40	37	45	26	9	7,0	12,2
3	22	35	44	41	49	22	6	4,0	11,4
4	20	30	40	37	44	24	7	4,5	10,5
5	20	30	43	40	46	23	9	6,5	10,5
6	20	30	44	42	46	26	9	4,0	11,4
7	23	35	44	42	48	29	9	4,0	11,4
8	23	35	44	41	47	27	8	4,5	11,4
9	22	30	40	38	47	30	5	6,5	10,5
10	20	30	40	38	42	20	5	5,5	10,5
11	23	35	42	39	48	23	7	6,5	12,2
12	25	35	44	42	48	25	8	5,5	12,2
13	24	35	43	41	50	21	9	6,5	13,2
14	21	30	41	39	45	22	8	5,0	11,4
15	26	35	41	39	47	30	6	7,0	11,4

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	25	35	42	40	46	26	5	5,0	12,2
17	25	35	42	39	47	28	6	4,5	10,5
18	24	35	41	38	44	27	8	5,0	13,2
19	26	35	43	41	49	29	8	6,0	13,2
20	24	35	42	40	49	29	8	6,0	12,2
21	25	35	43	41	47	25	6	5,5	13,2
22	21	30	40	37	46	28	9	7,0	10,5
23	25	35	44	41	47	23	7	6,0	10,4
24	24	35	40	37	43	22	7	4,5	12,2
25	25	35	40	38	46	28	5	6,5	10,5
26	22	30	43	40	49	28	7	4,0	12,2
27	24	35	44	42	46	28	6	6,5	12,2
28	22	30	43	40	45	22	9	4,0	10,5
29	21	30	41	38	47	26	5	4,0	11,4
30	23	30	40	38	45	27	9	6,0	10,5
31	20	30	45	43	47	30	5	4,5	12,2
32	23	30	41	38	45	24	9	5,5	11,4
33	24	35	41	39	48	25	7	5,5	11,4
34	24	35	45	42	50	30	6	4,0	11,4
35	23	30	42	39	46	30	5	4,0	12,2
36	22	35	43	41	46	24	5	7,0	10,5
37	21	30	44	41	49	25	7	6,0	11,4
38	23	30	45	43	47	20	8	5,5	12,2
39	21	30	42	39	47	29	5	5,0	12,2
40	22	30	45	42	48	29	5	5,5	12,2
41	22	30	40	37	42	21	6	6,0	10,5
42	24	35	44	41	49	26	5	7,0	10,5
43	21	30	43	40	49	29	7	5,0	10,5
44	21	30	44	42	48	23	6	6,5	11,4
45	22	30	44	41	47	23	9	5,0	11,4
46	24	35	40	38	47	20	6	5,0	10,5
47	23	30	44	42	46	25	7	5,0	11,4
48	27	35	42	39	49	24	8	4,5	11,4
49	25	35	45	43	49	29	9	6,0	13,2
50	22	30	45	43	49	20	6	5,0	12,2
51	25	35	45	42	48	27	8	6,5	11,4
52	21	30	43	41	48	27	6	5,5	10,5
53	26	35	40	37	47	30	6	4,5	12,2
54	20	30	40	37	43	22	6	5,0	10,5
55	24	35	40	38	47	24	8	4,0	10,5
56	27	35	43	40	50	20	9	5,0	12,2

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
57	23	35	43	40	49	30	8	7,0	10,5
58	21	30	41	38	46	24	9	4,5	11,4
59	21	30	45	43	49	28	7	7,0	12,2
60	22	35	41	39	44	26	8	6,0	11,4
61	20	30	42	40	44	29	7	6,5	12,2
62	23	35	45	42	48	22	9	5,0	12,2
63	22	30	42	39	44	30	8	7,0	12,2
64	27	35	41	38	48	21	7	4,0	13,2
65	22	30	45	43	47	27	9	6,0	12,2
66	23	35	42	40	47	21	6	7,0	12,2
67	23	35	41	38	47	28	6	6,0	11,4
68	26	35	44	41	49	20	9	5,5	10,5
69	22	35	45	42	50	23	7	4,5	12,2
70	22	35	42	40	45	21	9	6,5	12,2
71	23	30	41	39	46	26	5	6,5	11,4
72	22	30	44	42	46	21	8	5,5	11,4
73	20	30	45	42	48	21	6	4,0	12,2
74	21	30	43	41	47	25	5	6,0	10,5
75	24	35	42	39	45	20	9	5,5	10,5
76	23	30	40	37	44	25	8	5,0	10,5
77	25	35	41	39	45	22	9	4,5	11,4
78	24	35	45	43	47	21	7	7,0	13,2
79	20	30	44	41	47	28	5	7,0	11,4
80	22	30	41	39	48	22	6	7,0	11,4
81	24	35	43	40	46	23	5	6,0	11,4
82	20	30	41	38	44	27	7	5,5	11,4
83	23	35	43	41	48	28	7	4,0	10,5
84	22	30	43	41	50	20	8	4,5	10,5
85	25	35	41	38	46	24	5	4,0	13,2
86	22	30	41	38	43	24	7	6,5	11,4
87	20	30	41	39	43	25	6	6,0	11,4
88	23	30	43	40	47	26	6	4,5	10,5
89	21	30	45	42	50	30	8	6,5	12,2
90	20	30	42	39	45	20	8	6,0	12,2
91	21	30	42	38	48	20	6	4,5	12,2
92	25	35	43	40	48	27	7	5,0	11,4
93	26	35	45	42	50	23	5	5,0	11,4
94	21	30	40	38	45	26	8	4,0	10,5
95	23	35	40	37	46	29	5	5,5	10,5
96	20	30	43	41	45	21	8	7,0	10,5
97	26	35	42	40	48	22	7	6,5	12,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
98	22	35	40	38	43	23	7	5,5	10,5
99	23	35	45	43	49	24	5	4,5	12,2
100	22	30	44	42	48	25	5	4,5	11,4

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Побудова профілю борозни.

Профіль поперечного перерізу борозни будується за даними розмірами (табл. 1.1), який визначається шириною захвату корпуса плуга (b) та глибиною оранки (a) у наступній послідовності.

У верхньому правому куті листа на відстані 180 мм від верхнього зрізу проводиться горизонтальна лінія – дно борозни. Відступивши 20 мм від правого краю листа проводиться вертикальна лінія CD – стінка борозни.

Від точки D (рис. 1.2.) в гору проводиться вісь z і на ній відкладається глибина оранки (a), а по горизонталі – ширина захвату корпуса (b). Побудований прямокутник ABCD визначає поперечний переріз скибі ґрунту. Під дією корпусу плуга скиба ґрунту буде переміщуватися навколо точки A, а потім, коли прийме вертикальне положення AB'C'D', обернеться навколо точки B' до суміщення точки C'' з лінією поверхні поля, що лежить на стороні BC прямокутника ABCD. Ломана лінія CDB'A''D'' представляє собою профіль борозни, в який вписують лобовий контур корпуса.

2. Побудування лобового контуру корпуса.

Лезо лемеша співпадає з лінією дна борозни і для його побудови достатньо до ширини захвату корпуса (b) (рис. 1.2.) додати величину перекриття між корпусами Δb ($\Delta b = 20...25$ мм). Для побудови верхнього обрізу полиці від точки D по осі z відкладаємо висоту $H = b$. Від стінки борозни польовий зріз (точка K) відхилений на $0,05a$, це полегшує встановлення на рамі плуга передплужника, дискового ножа, а також запобігає задирання стінки борозни польовим зрізом корпуса.

Із точки A, радіусом рівним $H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2}$, проводять дугу кола.

Потім із точки A проводиться перпендикуляр відносно дна борозни до перетину з дугою і отримуємо точку K_1 – верхня точка верхнього зрізу полиці. З точки K до цієї дуги кола проводиться дотична. Точка E, верхнього зрізу полиці, розміщена на відстані $0,5b$ від точки D'' перевернутої скиби ґрунту. В процесі оранки відбувається

розпушування скиби, в наслідок чого можливе задирання перевернутої скиби борозним зрізом. Для запобігання задирання перевернутої скиби борозним зрізом між верхньою гранню перевернутої скиби ($D''A''$) та борозним зрізом забезпечуємо зазор q ($q = 2,5$ см). Точки K_1 та E з'єднуємо плавною кривою. Таким чином отримуємо верхній зріз полиці KK_1E . Борозний зріз полиці EN проводиться із точки E паралельно ребру $D''A''$ перевернутої скиби. Борозний зріз лемеша (крива A_1N) може бути побудована після того, як буде викреслена проекція лемеша в плані.

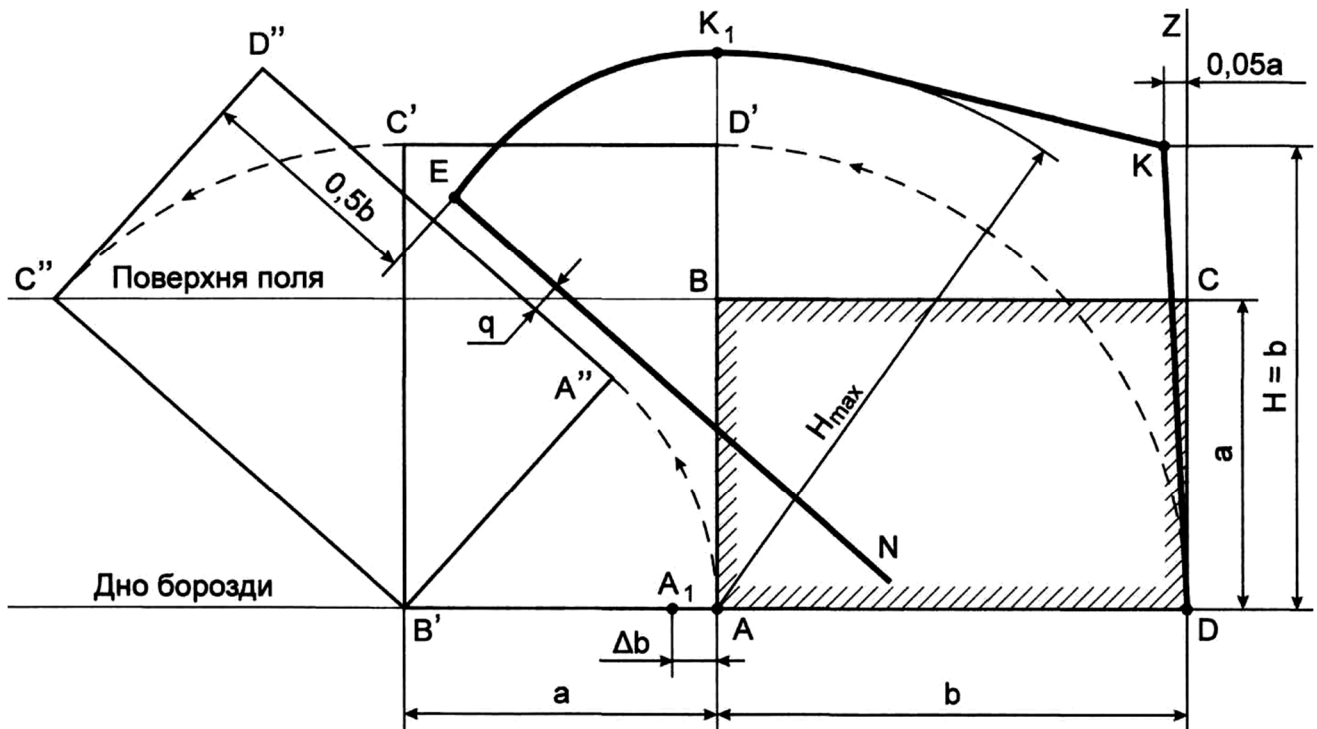


Рис. 1.2. Побудова контуру плужного контуру

3. Побудова напрямної кривої (параболи).

Для побудови напрямної кривої необхідно визначити радіус дуги кривої R за формулою:

$$R = \frac{H_{\max}}{\cos \varepsilon + \sin \varepsilon}, \quad (1.1)$$

де ε – кут встановлення леза леміша до dna борозни;

$\Delta \varepsilon$ – приріст кута встановлення леза леміша до dna борозни, що покращує обертальну здатність крила полиці.

Довільно вибирають на лінії dna борозни (рис. 1.3.) (зліва від профілю поперечного перерізу борозни) точку M . Із точки M проводиться перпендикуляр до dna борозни MM_1 . Далі, від лінії MM_1 , під кутом ε проводять вправо лінію MO_1 рівну радіусу R . З точки O_1 викреслюється дуга кола обмежена точками M та M_0 (остання лежить

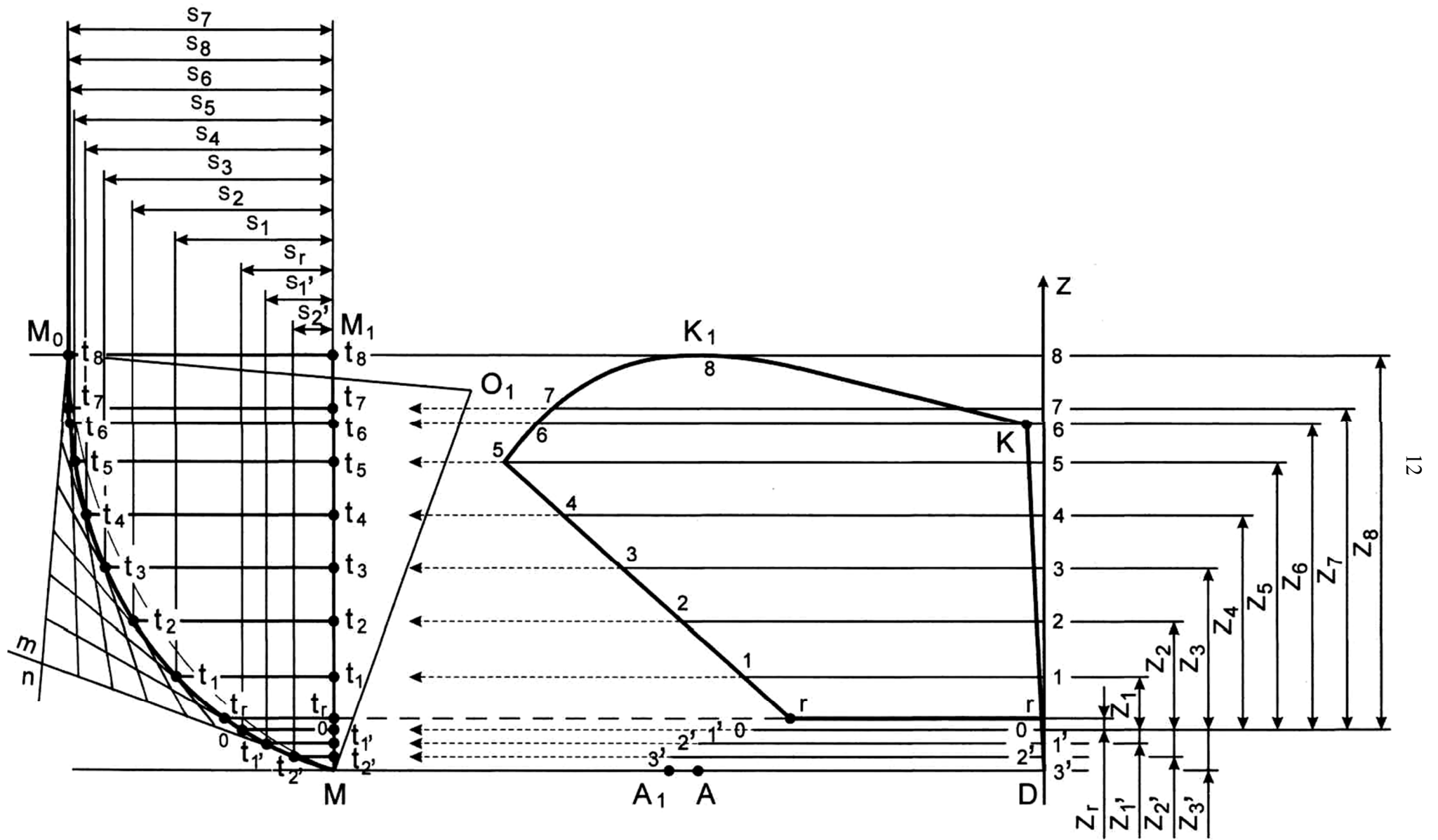


Рис. 1.4. Нанесення твірних верхньої та нижньої гілок

($z_r=1\text{ см}$). Через цю точку пройде лінія 0-0. Вниз, від початку координат, на однаковій відстані одна від одної відкладають три твірні: 1'-1', 2'-2', 3'-3' (твірна 3'-3' співпадає з лезом леміша, що знаходиться на дні борозни). Вгору по осі z , від лінії початку координат 0-0 проводять вісім твірних: 1-1, 2-2, 3-3 і т.д. Сім твірних проводять через інтервал ($H_{\max} - z_3$) \uparrow (z_3 дорівнює відстані між твірними 0-0 та 3'-3'), остання з яких проходить через верхню точку полиці K_1 . Восьму твірну обов'язково проводять через верхню точку K польового зрізу (твірна проводиться у випадку, коли жодна з попередніх твірних не перетнули точку K).

Лінійне значення у певному умовному масштабі кутів γ змінної твірної:

$$y = \frac{6,2 \cdot z^2}{z^2 + 100}, \quad (1.2)$$

де z – вертикальна відстань від твірної 0-0 (початок координат) до чергової твірної, см (z_2', z_1', z_1, z_2 і т.д.).

Значіння z взяті графічно з вертикальної проекції і підставлені у формулу (1.2). Розрахунок проводять для нижніх та верхніх гілок кривої (від 0-0 до 3'-3' – нижня гілка, від 0-0 до 8-8 – верхня гілка). Для визначення значення кутів γ від γ_{\min} до γ_0 (нижня гілка) та від γ_0 до γ_{\max} (верхня гілка) необхідно визначити масштаб:

$$\text{для верхньої гілки кривої:} \quad m = \frac{\Delta\gamma}{y_{\max}}, \quad (1.3)$$

де $\Delta\gamma$ – зменшення кута γ для верхньої гілки кривої;

$$\Delta\gamma = \gamma_{\max} - \gamma_0; \quad (1.4)$$

y_{\max} – максимальне лінійне значення кутів γ (верхня гілка кривої), см ($y_{\max} = y_8$);

$$\text{для нижньої гілки кривої:} \quad m' = \frac{\Delta\gamma}{y'_{\max}}, \quad (1.5)$$

де $\Delta\gamma$ – зменшення кута γ для нижньої гілки кривої;

$$\Delta\gamma = \gamma_0 - \gamma_{\min}; \quad (1.6)$$

y'_{\max} – максимальне лінійне значення кутів γ (нижня гілка кривої), см ($y'_{\max} = y_3$).

Масштаб μ показує скільки градусів припадає на 1 см.

Далі підраховуємо проміжні значення кутів γ для відповідних твірних:

для верхньої гілки кривої:

$$\Gamma_1 = \Gamma_{\min} + M \cdot Y_1 ;$$

$$\Gamma_2 = \Gamma_{\min} + M \cdot Y_2$$

$$\Gamma_3 = \Gamma_{\min} + M \cdot Y_3 ;$$

(1.7)

$$\Gamma_{\max} = \Gamma_{\min} + M \cdot Y_{\max} .$$

для нижньої гілки кривої:

$$\Gamma_1' = \Gamma_{\min} + M' \cdot Y_1' ;$$

$$\Gamma_2' = \Gamma_{\min} + M' \cdot Y_2' ;$$

$$\Gamma_3' = \Gamma_{\min} + M' \cdot Y_3' .$$

(1.8)

Розрахункові величини зводимо в табл. 1.2.

Таблиця 1.2.

Дані для побудови робочої поверхні плужного корпусу

Верхня гілка параболі						Нижня гілка параболі					
Твірна	z, см	y, см	γ , град	tg γ	100·tg γ , мм	Твірна	z, см	y, см	γ , град	tg γ	100·tg γ , мм
1-1						1'-1'					
2-2						2'-2'					
3-3						3'-3'					
...											

Щоб краще зрозуміти порядок визначення кута γ , розглянемо приклад. Вихідні дані: $\gamma_{\min} = 39^\circ$, $\gamma_0 = 41^\circ$, $\gamma_{\max} = 46^\circ$, $z_1 = 7,5$ см, $z_{\max} = 44,5$ см.

Висота умови прикладу z_1 належить до верхньої гілки, тому розрахунки будуть вестись за формулами для верхньої гілки. Для нижньої гілки розрахунки подібні верхній.

Скориставшись залежністю (1.2) визначимо лінійне значення y_1 :

$$y_1 = \frac{6,2 \cdot z_1}{z_1^2 + 100} = \frac{6,2 \cdot 7,5^2}{7,5^2 + 100} = 2,23$$

Скориставшись залежністю (1.4) знайдемо зменшення кута γ для верхньої гілки кривої:

$$\Delta\Gamma = \Gamma_{\max} - \Gamma_0 = 46 - 41 = 5^\circ$$

Після цього визначимо масштаб:

$$M = \frac{\Delta\Gamma}{Y_{\max}} = \frac{5}{44,5} = 0,11 \text{ град/см}$$

Підрахувавши проміжні значення кута γ для даної твірної за виразом (1.7) отримаємо:

$$\Gamma_1 = \Gamma_{\min} + m \cdot y_1 = 39 + 0,11 \cdot 2,23 = 39,25^\circ$$

5. Побудова горизонтальної проекції робочої поверхні плужного корпусу.

Для побудови горизонтальної проекції необхідно скористатися вертикальною проекцією на прямої кривої (параболи) та отриманими розрахунками (табл. 1.2).

На напямну криву (параболу) з лобового контуру корпусу зносяться всі твірні, в наслідок чого між вертикаллю MM_1 та напямною кривою отримуємо відрізки t_2-t_2' , t_1-t_1' , $0-0'$, $r-r'$, t_1-t_1' , t_2-t_2' , t_3-t_3' і т.д.

На продовжені лінії стінки борозни вибирається точка D_1 (горизонтальна проекція носка лемеша – точка D). Із точки D_1 (рис. 1.5) під заданим кутом γ_0 до лінії стінки борозни проводиться лінія леза лемеша (з нею співпадає твірна $3'-3'$ в плані).

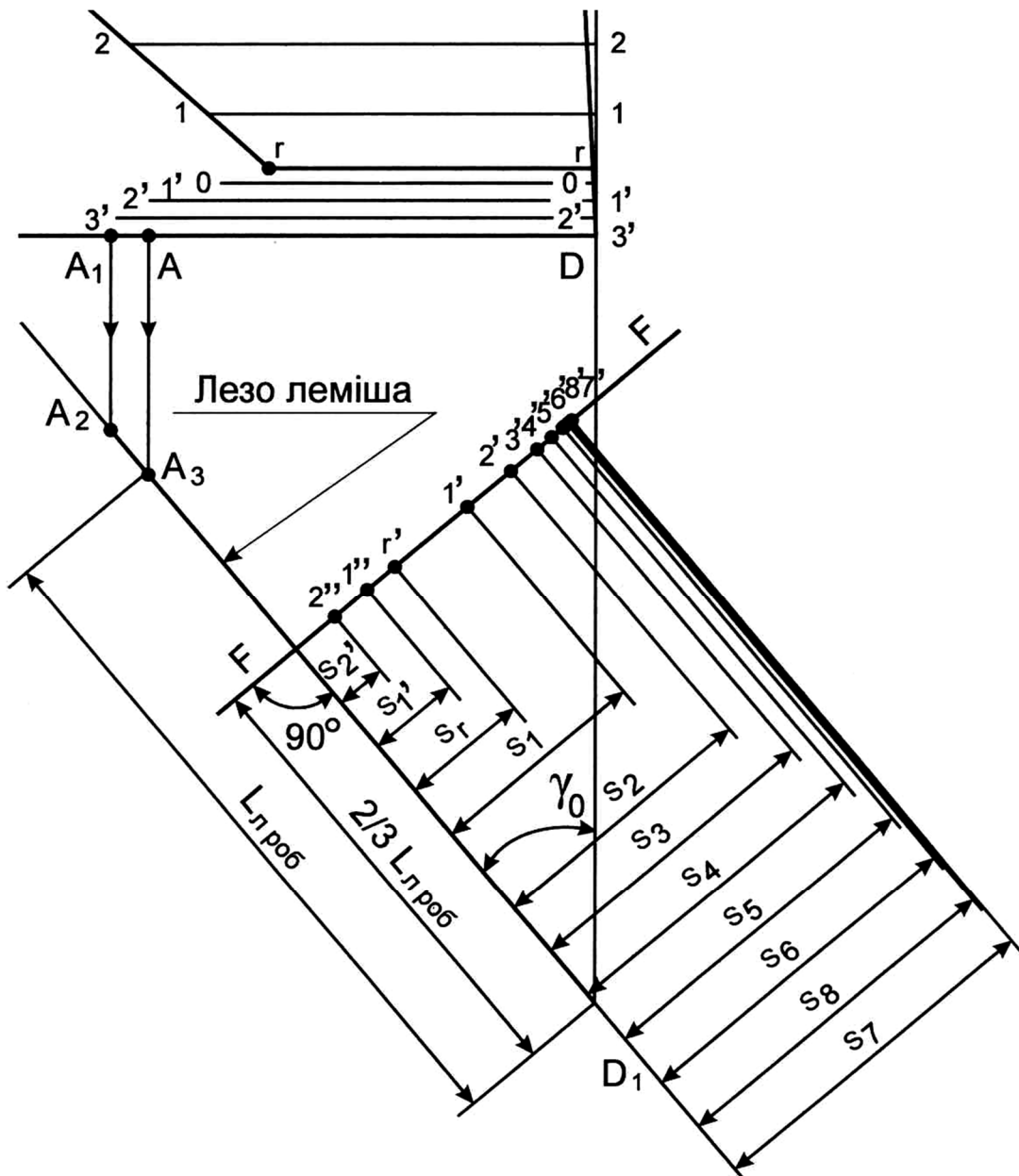


Рис. 1.5. Побудова горизонтального сліду площини F-F

Точки A_1 та A проєктуються з вертикальної площини на лінію леза лемеша (твірні $3'-3'$) у точки A_2 та A_3 відповідно. Відрізок D_1A_2 відповідає повній довжині леза лемеша, а відрізок D_1A_3 – робочій ($L_{л.роб}$). Горизонтальний слід площини $F-F$ проводиться перпендикулярно до леза лемеша на відстані $2/3L_{л.роб}$ (робочої довжини лемеша) від носка лемеша (точка D_1). На слід цієї площини зносяться відрізки $t_2'-t_2'$, $t_1'-t_1'$, $r-r$, t_1-t_1 , t_2-t_2 , t_3-t_3 і т.д. що дорівнюють s_2' , s_1' , s_r , s_1 , s_2 , s_3 і т.д. відповідно (довжина відрізків береться з рис. 1.4). Відрізки відкладають починаючи від точки перетину леза лемеша з площиною $F-F$. В результаті отримуємо точки $2''$, $1''$, r' , $1'$, $2'$, $3'$ і т.д.

Паралельно лезу лемеша, через точку r' , на площині $F-F$ проводиться лінія стику лемеша з полицею і на цю лінію із вертикальної проєкції (рис 1.6) проєктується точка r . На перетині цих ліній отримуємо точку N_1 . З'єднавши точку N_1 з точкою A_2 отримуємо горизонтальну проєкцію борозного зрізу лемеша (відрізок A_2N_1).

Із точок $2''$, $1''$, r' , $1'$, $2'$, $3'$ і т.д. проводяться вертикальні прямі довжиною 100 мм (на рис. 1.6 наведено лише побудову трьох перших твірних, щоб не засмічувати креслення). Потім перпендикулярно їм (вліво) відкладаються відрізки, рівні $100tg\gamma_2'$, $100tg\gamma_1'$, $100tg\gamma_1$, $100tg\gamma_2$, $100tg\gamma_3$ і т.д. (використовуючи дані табл. 1.2).

Через знайдені дві точки (наприклад, точку $2''$ на площині $F-F$ та кінець відрізка $100tg\gamma_2'$ і т.д.) проводять відповідні похилі твірні в плані до перетину з продовженням лінії стінки борозни (лінія DD_1). Потім на ці твірні із вертикальної проєкції (контур плужного корпусу) проєктують відповідні точки перетину контуру полиці з твірними (наприклад, точку $2'$ вертикальної проєкції проєктуємо на похилу твірну $2''-2$). З'єднав послідовно отримані точки ($2'$, $1'$, r' , 1 , 2 , 3 і т.д.) плавною кривою, отримуємо контур полиці в плані.

Для побудови борозного зрізу лемеша у вертикальній проєкції необхідно точки перетину твірних $2'$ та $1'$ з лінії A_2N_1 перенести з горизонтальної проєкції на відповідні твірні лобового контуру. Отримані точки з'єднати плавною кривою A_1N .

6. Побудування кривої польового зрізу.

Крива польового зрізу будується на горизонтальній проєкції і являє собою графічне вираження залежності кута підйому пласта від висоти z в зоні польового зрізу.

З точок перетину похилих твірних з лінією польового зрізу в плані (точки, що утворились на лінії DD_1) проводяться перпендикуляри до польового зрізу (рис. 1.7), на яких послідовно відкладаються

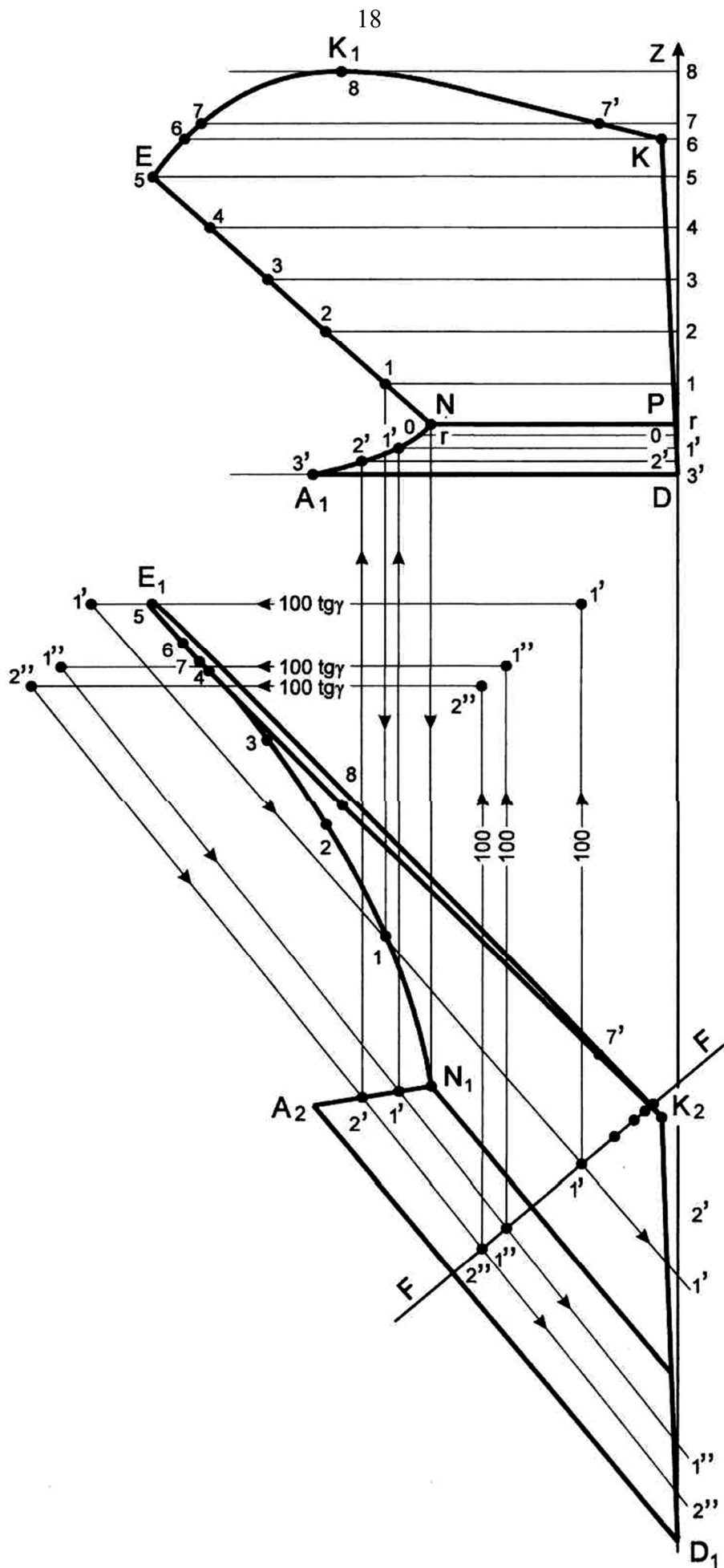


Рис. 1.6. Побудова робочої поверхні плужного корпусу

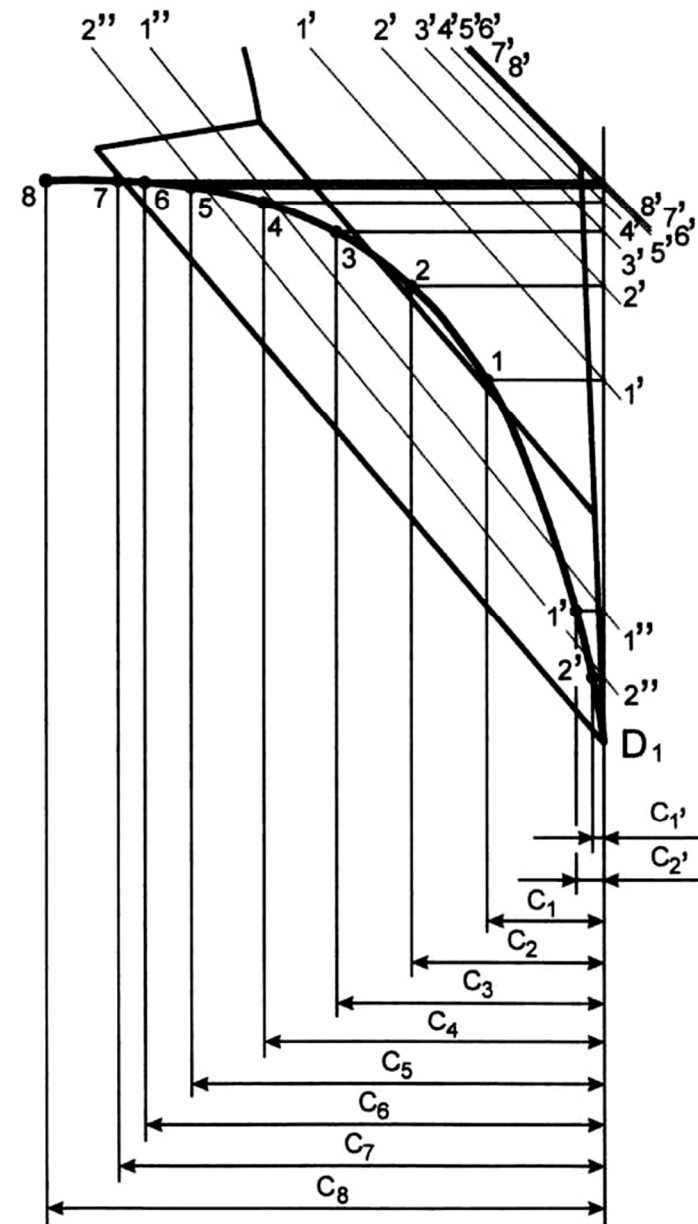
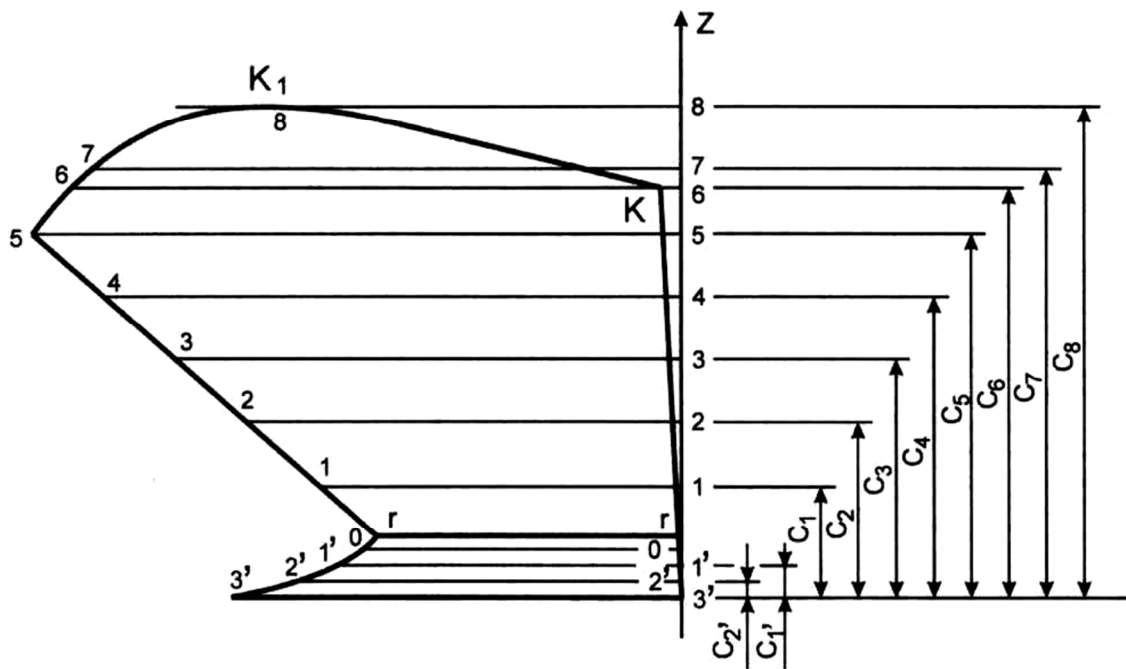


Рис. 1.7. Побудова кривої польового зрізу

відрізки рівні $c_2', c_1', c_1, c_2, c_3$ і т.д. (наприклад з точки 2'' відкладається відрізок c_2' і т.д.). Отримані точки з'єднуються плавною кривою, яка і є польовим зрізом корпусу в незмінному виді.

7. Побудова кривих перерізу поверхні поперечно-вертикальними площинами U-U.

Про ступінь крутості спроектованої лемішно-полицевої поверхні, її плавності, про ступінь крутості грудей, підгинання крила, можливість задирання скиби борозенним обрізом полиці можна робити можна робити висновок на підставі кривих перерізу робочої поверхні поперечно-вертикальними площинами. Ці криві можна використовувати також для виготовлення моделей робочих поверхні.

Для побудови цих кривих необхідно проекцію в плані розсікти поперечно-вертикальними площинами $U_1-U_1, U_2-U_2, U_3-U_3, U_4-U_4$ (рис. 1.8), перпендикулярними стінці борозни (лінія DD_1). Поперечно-вертикальні площини проводяться на однаковій відстані одна від одної. Потім точки перетину цих площин з контуром плужного корпусу і з твірними переносяться на відповідні лінії контуру та твірні у вертикальній проекції.

Наприклад, для площини U_2-U_2 на проекції в плані такими точками будуть 3'', 2'', 1'', 1', 2', 3', а на вертикальній проекції – $x_3', x_2', x_1', x_1, x_2, x_3$. Отримані точки з'єднуються плавними кривими.

Всі наступні криві перерізу поверхонь будуємо аналогічно.

8. Побудова кривих ортогональних перерізів (шаблонів).

Для перевірки правильності виготовлення моделей штампів, а також вірності вже виготовлених полиць роблять шаблони. Виготовляють їх відповідно до перерізу робочої поверхні вертикальною перпендикулярною площиною до леза лемеша з однаковим інтервалом одна від одної.

Для побудови шаблонів, зліва від горизонтальної проекції лемішно-полицевої поверхні (рис. 1.9), наносимо прямі вертикальні лінії з інтервалами рівними інтервалам між твірними на вертикальній проекції (див. рис 1.4) і позначаємо їх: $3'-3', 2'-2', 1'-1', 0-0, 1-1, 2-2$ і т.д. На горизонтальній проекції лемішно-полицевої поверхні проводимо вертикальні площини $V_1-V_1, V_2-V_2, V_3-V_3, V_4-V_4$, перпендикулярні лезу лемеша. Ці площини перетинають твірні у певних точках. Наприклад, для площини V_1-V_1 на проекції в плані такими точками будуть 3'', 2'', 1'', $G_1, 1'$. Так як точка G_1 не лежить на жодній похилій твірній, то для знаходження її положення (по

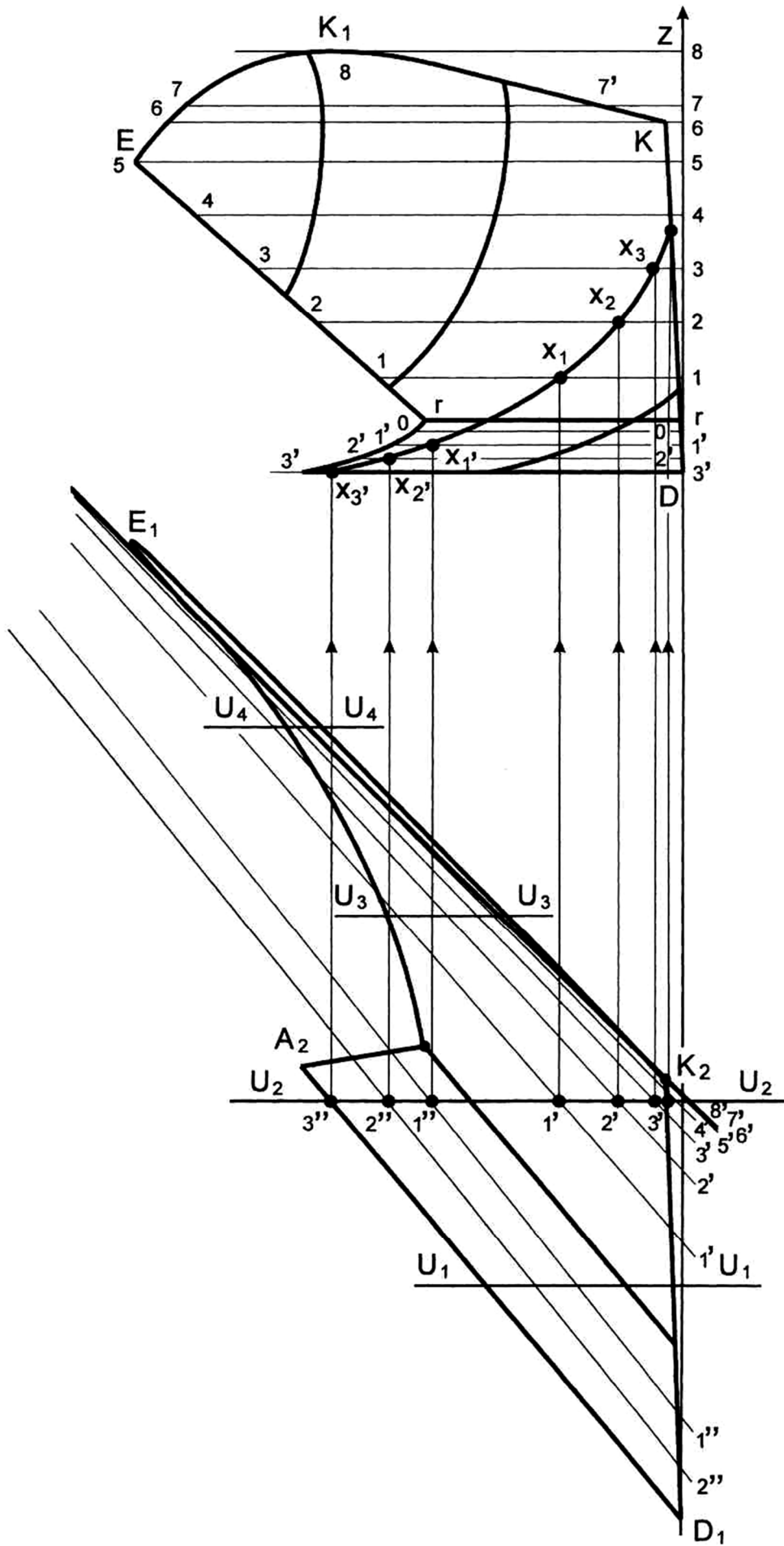


Рис. 1.8. Побудова кривих перерізу поверхні плужного корпусу

горизонталі) потрібно взяти найближчу до неї точку перетину площини V_1-V_1 та похилої твірної, яку вона перетне за межами плужного корпусу. Для даного прикладу такою точкою є точка $1'$.

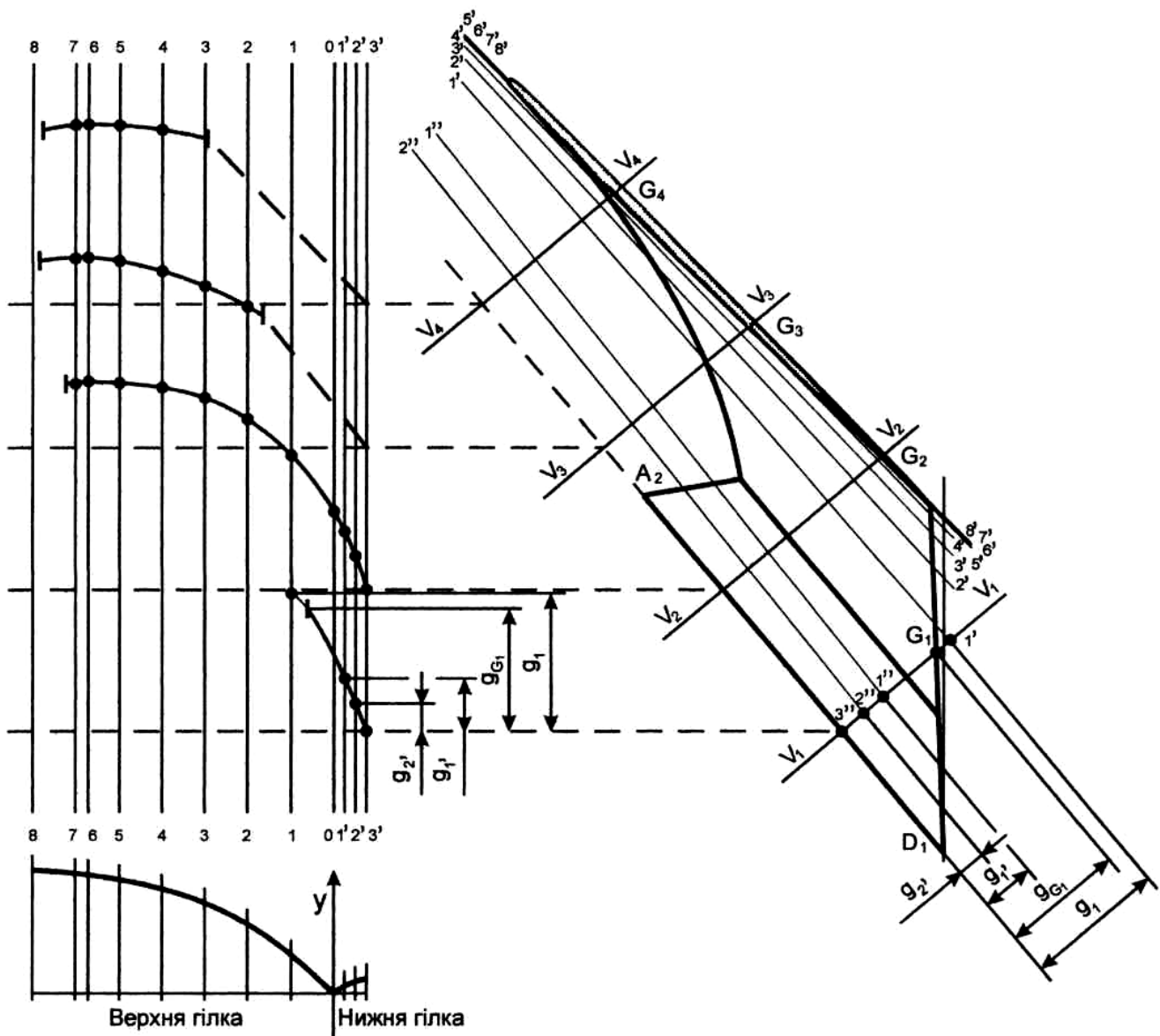


Рис. 1.9. Побудова кривих ортогональних перерізів (шаблонів)

Від точки перетину площини V_1-V_1 з лезом лемеша вліво проводиться пряма. Від точки перетину цієї прямої та вертикальної прямої $3'-3'$ відкладаються вгору відрізки g_2' , g_1' , g_{G1} , g_1 . Із кінців отриманих відрізків проводимо перпендикуляри до перетину відповідних твірних (наприклад, відрізку g_2' відповідає твірна $2'$, відрізку g_1' – твірна $1'$ і т.д.). Точка G_1 є граничною точкою контуру корпусу плуга яка обмежує шаблон у площині V_1-V_1 . З'єднавши плавною кривою точки отримаємо лінію шаблону. Провівши перпендикуляр із кінця відрізка g_{G1} до перетину з лінією шаблону отримаємо його граничну точку, тим самим відсічемо відрізок G_1-1' ,

який був потрібен лише для побудови шаблону.

Для всіх наступних перерізів лінії шаблонів будуємо аналогічно.

За отриманими таким чином кривими із листової сталі виготовляють окремі шаблони. В залежності від призначення шаблони для контролю правильності виготовленої поверхні роблять випуклі, а для перевірки штампів – вигнуті.

9. Побудова графіку зміни кутів твірних зі стінкою борозни.

Закон зміни кутів твірних можна виразити залежністю:

$$r = f(z), \quad (1.9)$$

де z – визначає висоту розміщення чергової твірної від початку координат (твірна 0-0, вісь y).

Функцію $r = f(z)$ легше виразити в графічній формі.

Як було вказано раніше, кути γ твірних зі стінкою борозни змінюються за законом параболи, вираженим формулою (1.2). Для того щоб не завантажувати вертикальну проекцію креслення зручніше цей графік розмістити під кривими-шаблонами (рис. 1.8), використовуючи вже нанесені раніш твірні.

Так як за формулою (1.2) (y) – ордината визначена приростом кутів γ в масштабі, умовно виражена в см, то на осі (y) відкладають у вибраному масштабі на відповідних твірних значення y_3' , y_2' , y_1' , y_1 , y_2 , y_3 і т.д. взяті з табл. 1.2.

Розрахунково-графічна робота №2

Час: 4 годин

Тема: Аналіз силової взаємодії начіпного плуга з механізмом начіплювання трактора.

Мета роботи: Проаналізувати силову взаємодію начіпного плуга з механізмом начіплювання трактора.

ДОПОМІЖНА ІНФОРМАЦІЯ

Якість оранки значною мірою залежить від рівноваги плуга у поздовжньо-вертикальній і горизонтальній площинах.

Залежно від способу приєднання до трактора плуг може мати від двох до чотирьох можливих переміщень. Найбільше переміщень має причіпний плуг. Для фіксації в певному положенні відносно поверхні поля і стінки борозни плуг повинен мати стільки опорних пристроїв, стільки він має переміщень. Зазвичай плуги мають набагато більше опор. Так, начіпний чотирикорпусний плуг, приєднаний до трактора за допомогою навісного механізму, має два переміщення відносно трактора і дев'ять опор, якими плуг дотикається до дна і стінки борозни і поверхні поля, тоді як потрібно лише дві опори.

Сучасні плуги є статично невизначеними системами, що ускладнює їх регулювання під час роботи і унеможливорює проведення розрахунків без певних припущень.

Суть графічного способу визначення опорних реакцій начіпних плугів полягає в тому, що в певному масштабі будують проекції конструктивної схеми орного агрегату в двох чи трьох координатних проекціях. У двох проекціях будують схеми, за якими плуг агрегується з трактором, усі колеса чи гусениці якого переміщуються в одній площині по незораному полю. Якщо праві колеса чи права гусениця трактора переміщуються по дну борозни, то будують третю проекцію у вертикально-поперечній площині.

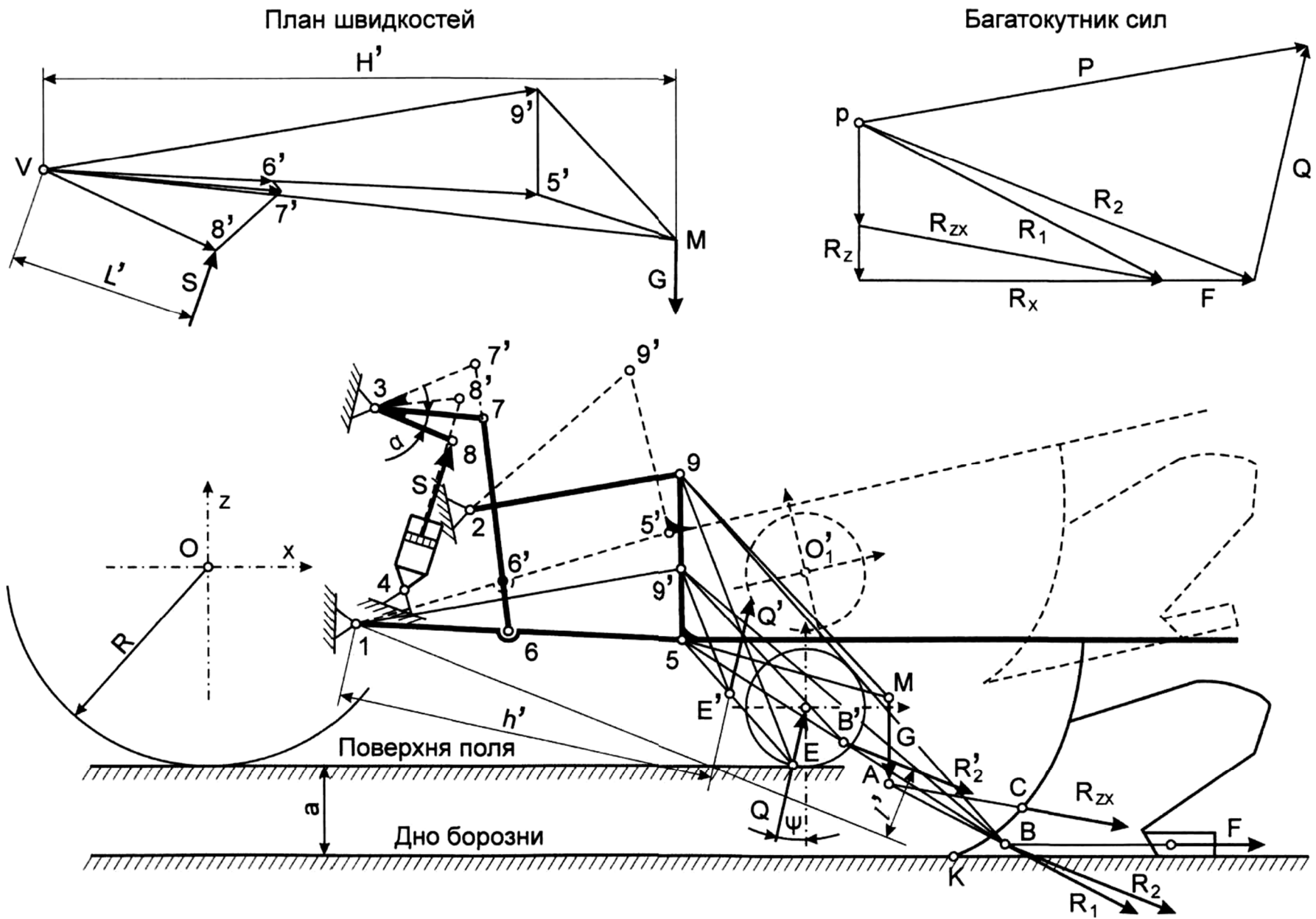


Рис. 2.1. Загальний вид графічної частини розрахунково-графічної роботи

ЗМІСТ РОБОТИ

За вихідними даним варіанту (табл. 2.1):

1. Побудувати схему механізму навіски трактора та конструктивну схему начіпного плуга в робочому положенні.
2. Розрахувати значення сил, що діють на умовний середній корпус плуга.
3. Визначити графоаналітичним шляхам величину та напрям реакції ґрунту на опірне колесо.
4. Викреслити схему переведення начіпного плуга в транспортне положення.
5. Визначити час переведення начіпного плуга в транспортне положення.
6. Визначити зусилля на штоку гідроциліндра.

Графічна частина роботи: загальний вид якої представлений на рис. 2.1, виконується на міліметровому папері формату А3 у вибраному масштабі.

Пояснювальна записка повинна мати вихідні дані та необхідні для графічних побудов аналітичні розрахунки.

Вихідні дані (варіанти з 1 по 10)

№ варіанту		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Глибина оранки a , см		26	20	20	24	24	18	20	24	26	20	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		840	685	760	760	685	540	840	878	585	720	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	0	33	126	0	0	30	0	0	120	126
		Z_1	-120	-80	-147	-125	-55	-45	-53	-120	-110	-36
	Точка 2	X_2	363	330	434	406	325	290	440	370	325	378
		Z_2	126	120	210	200	160	215	210	193	225	250
	Точка 3	X_3	226	73	175	210	265	155	233	160	330	144
		Z_3	485	435	505	505	500	455	585	538	475	540
	Точка 4	X_4	150	127	250	250	150	160	206	166	210	192
		Z_4	100	76	125	38	65	125	183	94	65	66
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		1040	990	1055	1075	1010	750	1185	1140	580	828
	Ланка 1-6		447	465	460	445	465	285	565	523	280	360
	Ланка 3-7		363	120	336	355	365	270	447	425	200	246
	Ланка 3-8		145	140	155	140	140	145	178	190	115	138
	Ланка 4-8 _{min}		370	325	295	390	430	300	415	420	400	432
	Ланка 4-8 _{max}		475	405	393	500	525	365	525	545	480	490
	Ланка 6-7		570	537	620	575	534	475	750	670	355	594
	Ланка 5-9		428	373	610	510	357	390	510	587	430	480
Кут α , град		16	12	14	14	12	9	16	17	10	13	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		49	60	27	27	60	27	49	60	38	16	
Діаметр силового гідронасоса d_c , мм		95	100	80	80	100	80	95	100	90	75	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		900	765	665	790	812	605	858	938	700	780	
Діаметр опірної колеса, мм		500	450	400	450	450	350	450	500	400	500	
Відстань від вісі підвісу до опірної колеса (по горизонталі) S_x , мм		530	465	500	505	380	345	553	608	475	315	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	720	635	700	720	630	450	745	815	545	360	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	560	545	553	580	595	450	470	520	560	630	
Відстань від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) (по горизонталі) c_x , мм		820	745	800	750	710	555	820	900	600	430	
Вага плуга G , кН		7,0	8,7	3,4	3,4	8,7	3,4	7,0	8,7	5,2	1,7	
Число корпусів n , шт		4	5	2	2	5	2	4	5	3	1	
Ширина захвату корпусу b , см		30	30	30	30	30	35	30	35	30	35	

Вихідні дані (варіанти з 11 по 20)

№ варіанту			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Глибина оранки a , см			26	22	24	26	30	22	26	20	20	26
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм			795	540	540	760	878	493	840	795	585	540
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	0	80	0	0	53	45	28	77	80	50
		Z_1	-100	-45	-70	-90	-136	-57	-95	-140	-50	-35
	Точка 2	X_2	320	335	260	435	428	370	370	440	350	340
		Z_2	210	235	215	270	228	230	182	196	225	185
	Точка 3	X_3	210	160	60	112	137	185	140	147	285	220
		Z_3	435	440	415	476	470	430	463	490	475	205
	Точка 4	X_4	265	235	130	260	200	257	170	175	215	200
		Z_4	95	110	65	105	100	20	110	60	65	110
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		1140	840	850	1120	1100	845	1070	1000	640	850
	Ланка 1-6		476	400	390	540	460	445	465	430	320	320
	Ланка 3-7		355	255	285	400	330	260	375	315	125	275
	Ланка 3-8		158	125	160	180	130	150	147	140	100	115
	Ланка 4-8 _{min}		280	285	300	365	310	330	357	350	375	285
	Ланка 4-8 _{max}		393	340	375	470	400	400	445	465	415	345
	Ланка 6-7		510	470	460	665	590	470	646	588	475	435
	Ланка 5-9		545	435	425	520	565	445	460	540	400	400
Кут α , град			15	9	9	14	17	8	16	15	10	9
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв			38	27	27	27	60	16	49	38	38	27
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм			90	80	80	80	100	75	95	90	90	80
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм			860	665	645	847	985	580	950	770	650	675
Діаметр опірного колеса, мм			500	400	350	450	450	350	500	450	350	350
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм			390	335	355	450	706	305	655	490	380	300
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм		670	495	530	690	960	395	885	615	460	460
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм		610	600	515	610	610	480	683	545	400	550
Відстань від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) (по горизонталі) c_x , мм			700	660	625	720	1010	485	940	650	485	515
Вага плуга G , кН			5,2	3,4	3,4	3,4	8,7	1,7	7,0	5,2	5,2	3,4
Число корпусів n , шт			3	2	2	2	5	1	4	3	3	2
Ширина захвату корпусу b , см			35	35	35	30	35	30	30	35	30	35

Вихідні дані (варіанти з 21 по 30)

№ варіанту		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Глибина оранки a , см		22	30	18	20	26	30	24	26	28	22	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		585	840	760	640	878	795	640	720	720	540	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	185	40	140	75	66	75	0	0	30	48
		Z_1	-80	-106	-112	-60	-80	-75	-95	-70	-30	-55
	Точка 2	X_2	345	375	470	470	406	378	400	264	340	305
		Z_2	230	225	129	295	210	250	137	200	220	205
	Точка 3	X_3	280	117	147	107	126	100	227	60	105	45
		Z_3	425	566	525	490	520	455	425	490	510	435
	Точка 4	X_4	225	178	217	185	230	180	230	125	144	120
		Z_4	30	160	50	60	25	40	53	90	48	80
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		565	1055	1070	1000	1144	1130	955	940	1000	750
	Ланка 1-6		300	463	476	500	620	435	440	360	420	325
	Ланка 3-7		200	395	388	360	415	350	350	300	276	275
	Ланка 3-8		125	135	190	180	215	175	160	150	150	120
	Ланка 4-8 _{min}		395	346	413	415	455	375	365	365	450	330
	Ланка 4-8 _{max}		450	450	514	495	560	485	435	425	510	380
	Ланка 6-7		500	653	615	620	660	555	560	570	570	490
	Ланка 5-9		425	528	505	615	490	525	490	480	468	375
Кут α , град		10	16	14	11	17	15	11	13	13	9	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		38	49	27	49	60	38	49	16	16	27	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		90	95	80	95	100	90	95	75	75	80	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		665	965	717	685	1000	940	690	800	895	665	
Діаметр опірного колеса, мм		350	500	450	400	500	500	400	400	500	400	
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм		300	508	510	387	680	510	320	430	350	370	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	420	706	637	610	830	680	530	475	470	515	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	445	525	518	530	580	615	520	660	568	565	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		485	785	707	680	966	695	610	510	520	650	
Вага плуга G , кН		5,2	7,0	3,4	7,0	8,7	5,2	7,0	1,7	1,7	3,4	
Число корпусів n , шт		3	4	2	4	5	3	4	1	1	2	
Ширина захвату корпусу b , см		30	30	30	35	35	35	35	35	35	35	

Вихідні дані (варіанти з 31 по 40)

№ варіанту		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Глибина оранки a , см		24	24	18	28	30	24	30	20	26	20	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		493	795	493	640	795	840	493	878	685	685	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	60	0	173	55	165	45	45	110	0	43
		Z_1	-70	-75	-60	-120	-70	-198	-75	-160	-105	-70
	Точка 2	X_2	430	305	486	395	370	365	280	500	286	390
		Z_2	167	240	190	147	200	136	235	78	140	140
	Точка 3	X_3	315	65	328	195	200	140	125	140	167	90
		Z_3	438	525	457	400	545	590	430	510	454	436
	Точка 4	X_4	265	145	311	250	285	107	130	263	135	167
		Z_4	85	20	80	35	126	113	56	77	26	42
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		940	1080	897	905	1106	1073	850	1218	960	957
	Ланка 1-6		480	490	489	485	485	468	415	605	415	456
	Ланка 3-7		307	370	273	335	400	340	270	445	325	400
	Ланка 3-8		185	160	135	165	175	125	150	220	140	165
	Ланка 4-8 _{min}		320	435	320	330	370	417	320	410	385	385
	Ланка 4-8 _{max}		400	648	380	420	488	515	400	515	475	475
	Ланка 6-7		465	600	480	545	660	740	480	765	545	600
	Ланка 5-9		415	515	375	445	510	570	460	560	415	415
Кут α , град		8	15	8	11	15	16	8	17	12	12	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		16	38	16	49	38	49	16	60	60	60	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		75	90	75	95	90	95	75	100	100	100	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		615	875	580	725	900	812	680	800	790	710	
Діаметр опірного колеса, мм		350	500	350	400	450	450	350	500	350	450	
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм		365	410	256	315	395	475	345	670	478	483	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	560	670	357	560	545	725	545	845	620	690	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	540	615	420	550	610	595	578	530	475	470	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		655	675	400	640	615	805	650	960	690	770	
Вага плуга G , кН		1,7	5,2	1,7	7,0	5,2	7,0	1,7	8,7	8,7	8,7	
Число корпусів n , шт		1	3	1	4	3	4	1	5	5	5	
Ширина захвату корпусу b , см		30	35	30	35	35	30	30	35	30	30	

Вихідні дані (варіанти з 41 по 50)

№ варіанту		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
Глибина оранки a , см		26	26	24	20	22	30	18	22	28	28	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		493	493	585	493	795	760	640	878	795	685	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	60	0	85	100	120	98	0	85	40	100
		Z_1	-40	-50	-80	-35	-100	-60	-110	-65	-120	-100
	Точка 2	X_2	488	410	330	500	357	400	400	540	385	375
		Z_2	210	215	200	265	160	270	145	230	210	155
	Точка 3	X_3	225	350	310	310	130	90	125	300	175	140
		Z_3	465	417	535	405	498	445	540	480	480	370
	Точка 4	X_4	280	225	290	295	210	230	185	260	230	245
		Z_4	47	50	95	85	85	63	78	98	105	72
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		950	885	620	957	1085	1057	1080	1170	1070	1000
	Ланка 1-6		505	455	280	475	440	425	658	585	440	510
	Ланка 3-7		333	235	165	335	365	406	440	445	375	375
	Ланка 3-8		175	135	110	150	160	175	225	190	175	148
	Ланка 4-8 _{min}		315	350	400	325	357	385	400	424	295	305
	Ланка 4-8 _{max}		400	430	460	390	468	500	495	540	400	385
	Ланка 6-7		450	435	590	520	575	630	650	657	550	625
	Ланка 5-9		430	405	435	515	540	530	505	495	535	454
Кут α , град		8	8	10	8	15	14	11	17	15	12	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		16	16	38	16	38	27	49	60	38	60	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		75	75	90	75	90	80	95	100	80	100	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		634	650	650	588	800	896	665	968	875	770	
Діаметр опірного колеса, мм		350	350	350	350	500	450	400	500	450	450	
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм		350	287	500	255	420	427	430	498	460	505	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	425	505	555	300	595	658	625	690	700	630	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	460	522	490	415	580	610	555	525	610	555	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		490	560	575	415	610	700	730	820	730	700	
Вага плуга G , кН		1,7	1,7	5,2	1,7	5,2	3,4	7,0	8,7	5,2	8,7	
Число корпусів n , шт		1	1	3	1	3	2	4	5	3	5	
Ширина захвату корпусу b , см		30	30	30	30	35	30	35	35	35	30	

Вихідні дані (варіанти з 51 по 60)

№ варіанту		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Глибина оранки a , см		22	22	20	24	30	24	28	30	28	18	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		840	760	540	760	720	640	585	640	585	585	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	55	40	115	90	115	60	165	40	120	0
		Z_1	-145	-85	-55	-125	-160	-45	-60	-47	-25	-25
	Точка 2	X_2	313	435	365	476	320	360	355	340	320	390
		Z_2	173	230	210	185	180	170	220	245	270	320
	Точка 3	X_3	163	260	165	260	210	177	295	107	315	295
		Z_3	470	490	380	510	480	465	490	438	475	520
	Точка 4	X_4	137	295	225	287	250	230	315	195	210	225
		Z_4	90	126	95	48	66	65	220	70	60	30
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		1052	1095	765	1075	900	851	600	885	665	810
	Ланка 1-6		473	460	325	435	355	445	300	465	275	330
	Ланка 3-7		380	350	255	378	355	277	210	287	175	230
	Ланка 3-8		152	155	130	168	168	130	100	150	115	145
	Ланка 4-8 _{min}		367	320	265	385	365	365	365	300	400	450
	Ланка 4-8 _{max}		480	410	320	480	435	428	405	385	470	550
	Ланка 6-7		630	560	460	575	605	535	485	490	455	490
	Ланка 5-9		515	510	385	525	625	395	380	455	385	455
Кут α , град		16	14	9	14	13	11	10	11	10	10	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		49	27	27	27	16	49	38	49	38	38	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		95	80	80	80	75	95	90	95	90	90	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		840	785	625	740	770	775	755	845	790	640	
Діаметр опірної колеса, мм		500	450	350	400	400	500	450	500	450	450	
Відстань від вісі підвісу до опірної колеса (по горизонталі) S_x , мм		565	518	200	420	468	425	340	430	375	290	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	710	700	300	645	615	620	430	625	480	420	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	550	520	525	520	610	580	590	678	500	350	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		740	745	385	685	660	685	510	730	545	375	
Вага плуга G , кН		7,0	3,4	3,4	3,4	1,7	7,0	5,2	7,0	5,2	5,2	
Число корпусів n , шт		4	2	2	2	1	4	3	4	3	3	
Ширина захвату корпусу b , см		30	30	35	30	35	35	30	35	30	30	

Вихідні дані (варіанти з 61 по 70)

№ варіанту		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
Глибина оранки a , см		22	18	24	28	20	26	22	30	22	18	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		493	878	720	640	795	640	585	760	640	795	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	140	50	48	40	90	48	145	0	52	0
		Z_1	-90	-265	-115	-65	-120	-50	-75	-100	-40	-65
	Точка 2	X_2	400	485	380	395	350	376	330	280	435	336
		Z_2	155	60	210	150	196	230	230	215	235	260
	Точка 3	X_3	360	150	180	205	145	100	300	45	240	70
		Z_3	445	570	485	375	485	467	530	490	450	540
	Точка 4	X_4	240	255	245	280	240	187	260	130	200	147
		Z_4	55	70	66	25	70	25	60	30	88	56
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		850	1140	930	980	1085	985	610	1100	935	1130
	Ланка 1-6		450	570	390	540	505	535	300	450	465	485
	Ланка 3-7		340	535	360	365	400	354	145	378	410	390
	Ланка 3-8		165	215	195	165	170	185	100	175	170	180
	Ланка 4-8 _{min}		430	420	400	335	385	410	410	365	380	405
	Ланка 4-8 _{max}		500	520	460	320	495	485	485	475	450	520
	Ланка 6-7		515	825	600	525	700	570	550	520	545	575
	Ланка 5-9		395	575	486	415	575	455	475	546	435	550
Кут α , град		8	17	13	11	15	11	10	14	11	15	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		16	60	16	49	38	49	38	27	49	38	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		75	100	75	95	90	95	90	80	95	90	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		590	740	790	770	770	795	670	865	760	805	
Діаметр опірного колеса, мм		350	450	500	400	450	500	450	400	500	500	
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм		330	597	340	365	435	425	300	385	355	420	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	455	800	445	580	700	570	380	595	540	680	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	460	555	565	580	490	580	460	570	520	560	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		520	890	580	620	710	660	445	640	670	715	
Вага плуга G , кН		1,7	8,7	1,7	7,0	5,2	7,0	5,2	3,4	7,0	5,2	
Число корпусів n , шт		1	5	1	4	3	4	3	2	4	3	
Ширина захвату корпусу b , см		30	35	35	35	35	35	30	30	35	35	

Вихідні дані (варіанти з 71 по 80)

№ варіанту		71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
Глибина оранки a , см		26	18	28	28	30	22	18	18	26	30	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		540	640	493	878	685	720	685	840	878	585	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	55	32	0	206	0	0	44	45	52	50
		Z_1	-22	-150	-85	-180	-150	-120	-157	-150	-150	-35
	Точка 2	X_2	370	295	300	620	265	342	357	300	470	325
		Z_2	235	90	185	140	98	260	76	205	150	260
	Точка 3	X_3	245	125	145	300	70	240	75	78	195	285
		Z_3	420	360	440	490	408	460	505	595	525	475
	Точка 4	X_4	205	155	145	355	125	210	120	130	137	280
		Z_4	55	20	45	40	88	90	108	150	90	25
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		750	915	840	1090	940	900	965	1085	1170	760
	Ланка 1-6		345	458	510	510	470	366	396	445	496	365
	Ланка 3-7		310	312	300	590	345	310	400	400	460	210
	Ланка 3-8		145	130	157	275	135	180	150	175	167	115
	Ланка 4-8 _{min}		370	310	355	455	295	320	356	367	400	370
	Ланка 4-8 _{max}		425	390	450	575	360	400	440	488	508	455
	Ланка 6-7		705	510	500	795	588	530	655	695	625	435
	Ланка 5-9		375	400	390	535	417	560	400	550	540	435
Кут α , град		9	11	8	17	12	13	12	16	17	10	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		27	49	16	60	60	16	60	49	60	38	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		80	95	75	100	100	75	100	95	100	90	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		735	630	655	895	775	710	630	780	905	775	
Діаметр опірного колеса, мм		400	400	350	500	350	400	350	450	500	350	
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм		340	315	385	558	495	570	390	495	685	340	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	435	530	500	770	690	620	575	740	895	550	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	656	410	600	560	525	690	463	530	600	475	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		580	600	600	870	768	650	680	820	990	450	
Вага плуга G , кН		3,4	7,0	1,7	8,7	8,7	1,7	8,7	7,0	8,7	5,2	
Число корпусів n , шт		2	4	1	5	5	1	5	4	5	3	
Ширина захвату корпусу b , см		35	35	30	35	30	35	30	30	35	30	

Вихідні дані (варіанти з 81 по 90)

№ варіанту		81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
Глибина оранки a , см		28	28	24	28	24	18	28	30	22	20	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		685	540	685	840	795	720	760	540	878	720	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	0	50	0	0	210	60	50	70	145	96
		Z_1	-35	-65	-156	-80	-130	-54	-155	-35	-175	-85
	Точка 2	X_2	345	325	328	385	427	384	390	335	465	390
		Z_2	155	235	68	180	210	228	210	255	120	168
	Точка 3	X_3	85	70	205	205	285	198	205	220	260	295
		Z_3	445	375	390	475	490	570	520	445	440	455
	Точка 4	X_4	125	140	135	207	300	210	210	215	296	330
		Z_4	110	30	45	145	90	96	120	135	30	36
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		945	780	940	1105	1045	852	1050	760	1100	906
	Ланка 1-6		422	360	350	445	380	438	427	300	460	400
	Ланка 3-7		290	300	330	360	355	252	378	280	377	355
	Ланка 3-8		100	140	130	120	175	132	150	135	156	160
	Ланка 4-8 _{min}		307	325	335	335	320	400	335	275	370	420
	Ланка 4-8 _{max}		375	385	415	450	425	470	445	325	460	485
	Ланка 6-7		520	445	530	680	525	564	588	450	610	625
	Ланка 5-9		360	430	410	500	570	480	525	385	488	460
Кут α , град		12	9	12	16	15	13	14	9	17	13	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		60	27	60	49	38	16	27	27	60	16	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		100	80	100	95	90	75	80	80	100	75	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		845	710	700	940	800	792	812	760	876	775	
Діаметр опірного колеса, мм		450	350	350	450	450	500	400	400	450	500	
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм		495	305	427	506	427	290	415	295	490	350	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	620	390	630	635	650	390	630	390	650	405	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	620	525	530	555	560	540	580	570	517	600	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		720	505	730	780	680	570	686	585	805	470	
Вага плуга G , кН		8,7	3,4	8,7	7,0	5,2	1,7	3,4	3,4	8,7	1,7	
Число корпусів n , шт		5	2	5	4	3	1	2	2	5	1	
Ширина захвату корпусу b , см		30	35	30	30	35	35	30	35	35	35	

Вихідні дані (варіанти з 91 по 100)

№ варіанту		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
Глибина оранки a , см		18	22	18	30	24	18	28	30	22	20	
Зовнішній радіус заднього ведучого колеса трактора R , мм		540	685	493	878	720	585	720	840	840	760	
Координати опірних підшипників механізму навішування трактора	Точка 1	X_1	180	109	90	60	96	20	25	43	0	90
		Z_1	-35	-95	-80	-115	-108	-60	-36	-118	-120	-125
	Точка 2	X_2	440	355	350	487	390	370	355	363	335	350
		Z_2	240	125	220	180	175	255	270	150	106	238
	Точка 3	X_3	220	160	230	110	100	255	85	140	200	115
		Z_3	400	470	450	500	455	455	438	390	490	510
	Точка 4	X_4	260	210	160	216	205	255	200	185	140	168
		Z_4	60	78	50	65	36	60	125	75	120	98
Довжина ланок, мм	Ланка 1-5		790	930	940	1175	900	755	960	1057	1071	1080
	Ланка 1-6		405	460	440	525	415	405	430	470	410	425
	Ланка 3-7		270	345	325	415	366	150	350	327	370	357
	Ланка 3-8		125	148	180	176	186	100	165	128	138	168
	Ланка 4-8 _{min}		340	345	420	410	385	360	300	328	338	350
	Ланка 4-8 _{max}		400	445	500	505	460	410	370	400	445	460
	Ланка 6-7		490	570	530	688	630	510	545	600	563	595
	Ланка 5-9		400	380	425	570	485	460	450	444	442	545
Кут α , град		9	12	8	17	13	10	13	16	16	14	
Продуктивність гідронасоса Q_d , л/хв		27	60	16	60	16	38	16	49	49	27	
Діаметр силового гідронасоса $d_{ц}$, мм		80	100	75	100	75	90	75	95	95	80	
Висота розміщення вісі підвісу (точка 5) над дном борозни, мм		635	750	547	956	760	665	895	955	875	760	
Діаметр опірного колеса, мм		400	400	350	500	400	350	500	450	450	400	
Відстань від вісі підвісу до опірного колеса (по горизонталі) S_x , мм		310	475	335	527	268	360	370	488	500	420	
Координати центра тяжіння плуга (точка М)	Від вісі підвісу по горизонталі n_x , мм	390	680	530	670	350	525	395	615	665	575	
	Від дна борозни по вертикалі n_z , мм	495	520	415	597	500	395	650	640	546	510	
Відстань (по горизонталі) від вісі підвісу до носка середнього корпусу (точка К) s_x , мм		425	807	640	810	400	500	500	695	780	610	
Вага плуга G , кН		3,4	8,7	1,7	8,7	1,7	5,2	1,7	7,0	7,0	3,4	
Число корпусів n , шт		2	5	1	5	1	3	1	4	4	2	
Ширина захвату корпусу b , см		35	30	30	35	35	30	35	30	30	30	

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Побудова схеми механізму навіски трактора та плуга.

Побудову (рис. 2.2) починають з нанесення лінії дна борозни (на відстані 50 мм від нижнього обрізу листа). Друга горизонтальна лінія (поверхня поля) проводиться вище дна борозни на величину глибини оранки (а).

2. Потім намічається горизонтальна лінія рівня розташування точки 5 (вісі підвісу плуга) над дном борозни.

На відстані 70 мм від лівого обріза листа намічають точку О (центр ведучого колеса або ведучої зірочки трактора). Точку О розташовують на висоті, рівній заданій величині радіуса R центра ведучого колеса або ведучої зірочки трактора. Вісь X направляють в право, а вісь Z – вверх.

За заданими значеннями координат X_1Z_1 ; X_2Z_2 ; X_3Z_3 ; X_4Z_4 намічають шарніри 1, 2, 3, 4 механізму начіплювання трактора. З точки 1 (шарнірного кріплення нижніх тяг) радіусом, рівним довжині ланки 1-5, роблять засічку на лінії, яка проходить через вісь підвісу – це і буде точка 5. З точки 5 проводять перпендикуляр до рами плуга на якому відкладають задану висоту ланки 5-9. Ланка 5-9 з рамою плуга кріпиться жорстким з'єднанням. Точку 9 з'єднують з шарніром 2 на рамі трактора (отримують ланку 2-9). На ланці 1-5 відкладають довжину ланки 1-6 і отримують точку 6.

Радіусом, рівним довжині ланки 3-7, роблять засічку з точки 3, а з точки 6 – радіусом, рівним довжині ланки 6-7. На перетині цих засічок отримаємо точку 7. З'єднав точки між собою отримуємо ланки 3-7 та 6-7. Ланки 3-7 та 3-8 з'єднані між собою в шарнірі 3 жорстко і утворюють між собою кут α . Для отримання точки 8 необхідно відкласти від ланки 3-7 за годинниковою стрілкою (вниз) кут α і провести лінію, рівну довжині ланки 3-8. Після цього визначиться довжина рухомої ланки 4-8_{min} (шток гідроциліндра), що буде відповідати плаваючому положенню системи навіски трактора.

За заданими координатами табл. 2.1 викреслюють опірне колесо, точку М (центр тяжіння плуга, до якої прикладена його вага G) та умовно середній корпус, бокове ребро полиці якого проходить через точку С, що знаходиться на відстані $0,5 \cdot a$ від дна борозни та $0,5 \cdot b$ від носка лемеша.

2. Розрахунок сил, що діють на умовний середній корпус плуга.

В процесі оранки на корпус плуга зі сторони ґрунту діють багато різних сил, які між собою не паралельні і не перетинаються в

одній точці. Отже, привести всі ці сили до однієї результуючої неможливо. Однак, вплив елементарних сил опору ґрунту на корпус плуга можна представити декількома результуючими, які мають визначені величини та напрям дії.

Рекомендується враховувати сили R_{zx} та R_{xy} . Горизонтальна складова цих сил направлена вздовж вісі X і дорівнює:

$$R_x = z_{пл} \cdot k \cdot a \cdot b \cdot n, \quad (2.1)$$

де $\eta_{пл}$ – ККД плуга ($\eta_{пл}=0,7$);

k – питомий опір ґрунту, Н/см² (легкі ґрунти – 1,96...2,04; середні ґрунти – 3,92...4,69; важкі ґрунти – 5,88...7,84);

a – глибина оранки, см;

b – ширина захвату одного корпусу, см;

n – число корпусів

Вертикальна складова, напрямлена вздовж осі Z , може бути визначена з виразу:

$$R_z = \pm 0,2R_x, \quad (2.2)$$

Тоді

$$R_{zx} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2}, \quad (2.3)$$

Знак (+) береться при нових, гострих лемішах (тоді сила R_z напрямлена в вниз), знак (-) береться при тупих, зношених лемішах (тоді сила R_z напрямлена вгору).

Складова сили R_{xy} , напрямлена вздовж вісі Y , визначається за формулою:

$$R_{xy} = \frac{1}{3} R_x, \quad (2.4)$$

Сили R_{zx} та R_{xy} прикладені до точки C .

При аналізі силової взаємодії плуга з ґрунтом припускають, що складові сили R_z , R_y та R_x діють на кожен корпус плуга і можуть бути приведені до одного середнього корпусу. Якщо число корпусів плуга парне, то за середній корпус приймається умовний (прийнятий) корпус, носок леміша якого розташований на однаковій відстані від носків лемішів переднього та заднього корпусів.

Крім вказаних сил опору ґрунту на плуг діють:

- вага плуга G , прикладена в точці M центра тяжіння;
- сила тертя F польової дошки об стінку і дно борозни;
- реакція поверхні поля на обід колеса Q .

Сила F (рис. 2.3) прикладена до кінця польової дошки середнього корпусу і проходить через середину її ширини (ширина польової дошки зазвичай рівна 70...80 мм).

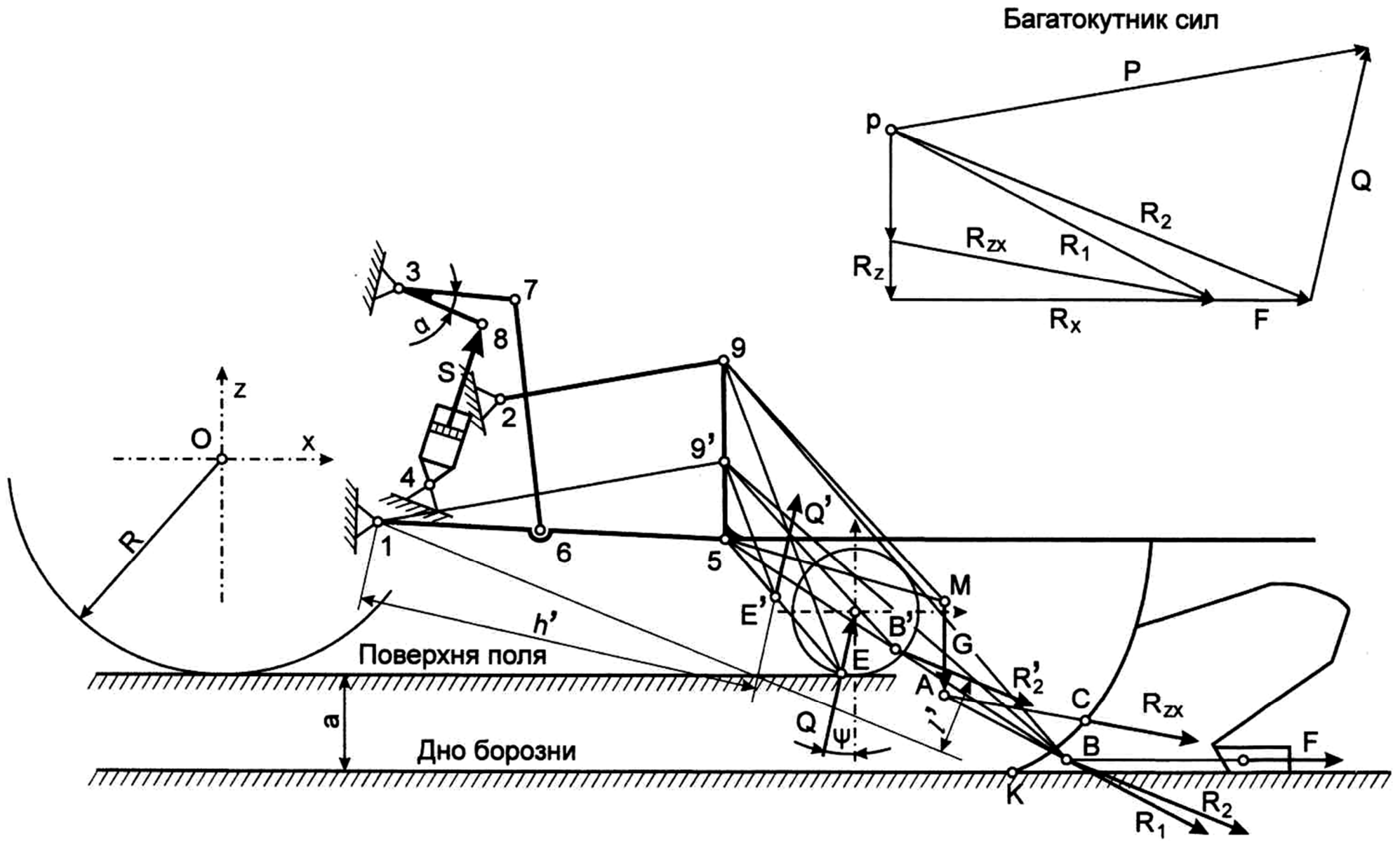


Рис. 2.3. Силевий аналіз механізму навіски трактора та начіпного плуга

Величина сили F залежить від сили R_y :

$$F = f \cdot R_y, \quad (2.5)$$

де f – коефіцієнт тертя сталі по ґрунту ($f=0,3$)

Реакція Q ґрунту на обід опірною колеса плуга передається на вісь колеса. Напрямок реакції Q відхилений на кут ψ .

$$\psi = \arctg \mu. \quad (2.6)$$

де μ – коефіцієнту перекочування колеса по ґрунту ($\mu=0,15 \dots 0,2$).

3. Визначення реакції Q ґрунту на опірне колеса плуга

Так як начіпний плуг з'єднується з трактором за допомогою механізму навішування, то верхня регульована по довжині ланка 2-9 і дві нижні ланки 1-5 (у вертикальній площині їх проекції зливаються в одну лінію) спільно зі стійкою плуга 5-9 та рамою трактора 1-2, утворюють чотирьох-ланковий механізм 1-5-9-4. Сила, що діє на плуг, сприймається ланкою 5-9, яка не має постійного центра обертання. Миттєвий центр обертання цієї ланки знаходиться на перетині продовження ланок 1-5 та 2-9, тобто поза межами креслення.

Для визначення реакції ґрунту Q на опірне колесо плуга необхідно скласти рівняння моментів всіх сил, що діють на плуг, відносно миттєвого центра обертання начіпного плуга.

Для зручності сили R_{zx} , G , F замінюють результуючою R_2 , значення якої знаходять за допомогою багатокутника сил. Для цього з довільної точки (p) відкладають у масштабі сили R_{zx} , G , F . Сума сил R_{zx} та G являє собою результуючу R_1 , а сума сил R_1 та F дасть результуюче силу R_2 . R_{zx} – це результуюча сила суми сил R_z та R_x .

Щоб визначити точку прикладання результуючої R_2 на схемі плуга знаходять точки A та B . Точка A лежить на перетині ліній дії сил ваги G та R_{zx} . До точки A прикладені результуюча сила R_1 , сил ваги G та сила тертя F . На перетині ліній дії сил R_1 та F знаходиться точка B , до якої прикладена результуючі R_1 та R_2 .

Результуюча сила R_2 під тим же кутом нахилу до горизонту переноситься з силового багатокутника в точку B на схемі плуга.

Необхідно побудувати точку прикладання сил Q' та R_2' . Враховуючи, що ці сили прикладені до деталей плуга, які жорстко зв'язані з ланкою 5-9 (стійкою плуга), можна скористатися методом подібності. Проводиться лінія з точки 1 , яка паралельна ланці 2-9, на перетині якої з ланкою 5-9 утвориться точка $9'$. На плані проводиться лінія 5- B і лінія $9'$ - B' (лінія $9'$ - B' паралельна лінії 9- B). Точка перетину цих ліній дозволить визначити точку B' .

Точка E знаходиться на перетині лінії напрямку сили Q (реакції

поверхні поля на обід колеса) та опірною колеса. Точка E' знаходиться на перетині лінії 5-Е з лінією 9'-Е' (лінія 9'-Е' паралельна лінії 9-Е).

Згідно теореми Н.Е. Жуковського, вектори сил R_2 та Q слід перенести паралельно самим собі в однойменні точки B' та E' . Сили R_2 та Q позначають як R_2' та Q' .

Тепер сума моментів від сил R_2' та Q' , відносно полюса (точки 1), буде рівна нулю, тобто

$$\sum M_1 = Q' \cdot h' - R_2' \cdot l' = 0, \quad (2.7)$$

звідси

$$Q' = Q = \frac{R_2' \cdot l'}{h'} \quad (2.8)$$

де l' – відстань від точки 1 до напрямку дії сили R_2' ;

h' – відстань від точки 1 до напрямку дії сили Q' ;

$R_2 = R_2'$.

У силовому багатокутнику необхідно провести з кінця сили R_2 лінію дії сили Q (паралельно напрямку із схеми плуга) і паралельно ланці 2-9 лінію дії сили P в цій ланці.

Таким чином визначиться зусилля P , що діє в ланці 2-9.

Отримані дані необхідні для розрахунку на міцність механізму навішування.

4. Переведення начіпного плуга в транспортне положення

Переведення механізму навіски трактора і плуга з робочого в транспортне положення повинен забезпечувати його дорожній просвіт, рівний дорожньому просвіту базової машини.

Переведення начіпного плуга в транспортне положення (рис. 2.4) здійснюється гідросистемою трактора. Спочатку з шарніра 4, розміром ланки 4-8_{max} та з шарніра 3, розміром ланки 3-8 роблять засічки. На перетині цих двох засічок утвориться точка 8'. Так як ланки 3-8 та 3-7 між собою з'єднані жорстко, з постійним кутом α між ними, то провівши з точки 3 під кутом α проти годинникової стрілки (вгору) лінію, рівну ланці 3-7, отримаємо ланку 3-7'. На перетині засічок з точки 1 (радіусом рівним довжині ланки 1-6) та з точки 7' (радіусом рівним довжині ланки 6-7) отримаємо точку 6'. Провівши лінію з точки 1 через точку 6' та відклавши на ній довжину ланки 1-5 отримаємо ланку 1-5'. Для знаходження точки 9' необхідно провести засічки з точки 5' (радіусом рівним довжині ланки 5-9) та з точки 2 (радіусом рівним довжині ланки 2-9). На перетині засічок отримаємо точку 9'.

Для завершення побудови необхідно перенести опірне колесо та умовно середній корпус.

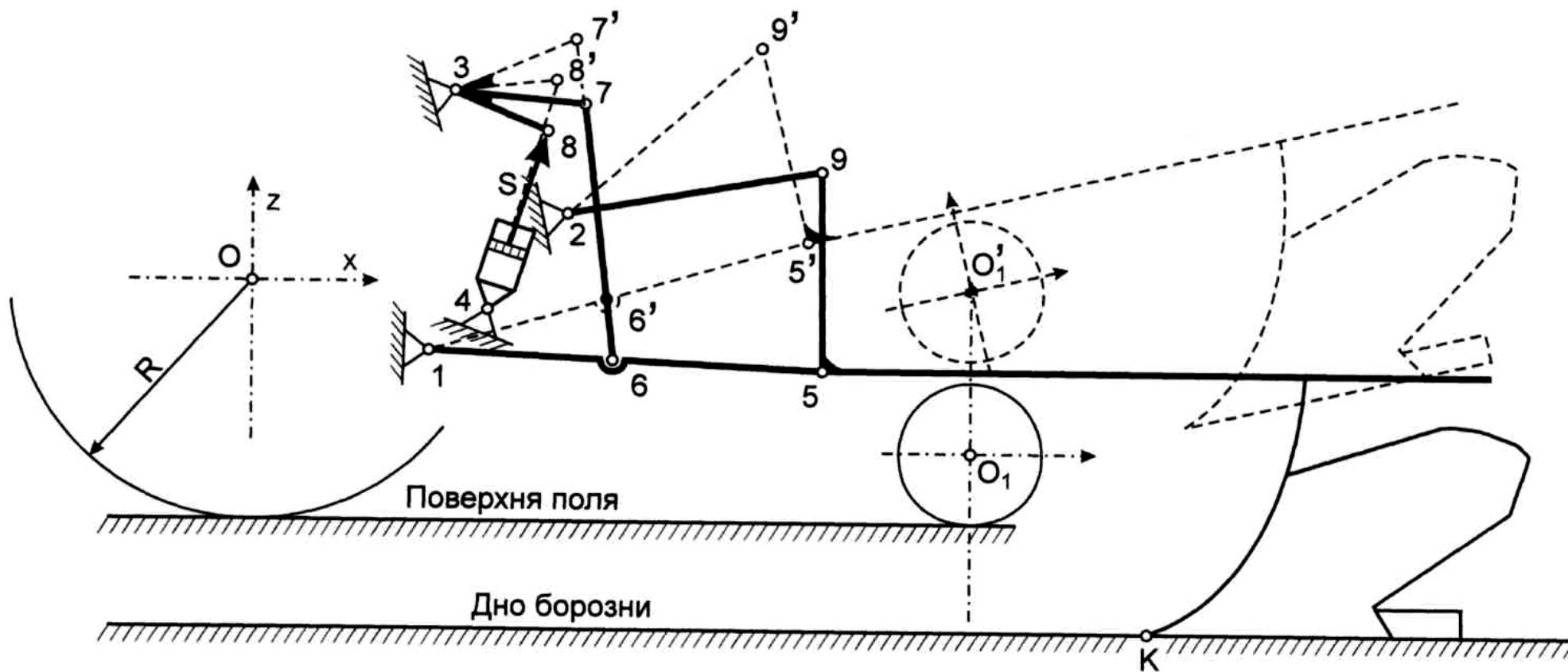


Рис. 2.4. Схема переведення начіпного плуга в транспортне положення

Положення ланок механізму навішування трактора, рами та корпуса плуга в транспортному положення показати пунктирними чи кольоровими лініями.

Підйом начіпного плуга над поверхнею ґрунту на величину рівну дорожньому просвіту базової машини та глибини оранки забезпечується ходом штока гідроциліндра. Різниця між довжиною ланки 4-8 та $4-8_{\max}$ і буде ходом штока гідроциліндра.

5. Визначення часу переведення начіпного плуга в транспортне положення

Тривалість підйому плуга визначають за формулою:

$$t = \frac{15 \cdot l_{\text{ш}} \cdot p \cdot d^2}{Q_{\text{н}} \cdot z_o}, \quad (2.9)$$

де $l_{\text{ш}}$ – хід штоку, мм;

$d_{\text{ц}}$ – діаметр гідроциліндра, мм;

$Q_{\text{н}}$ – продуктивність гідроциліндру, мм/хв;

η_o – об'ємний ККД, ($\eta_o=0,95 \dots 0,95$).

6. Визначення зусилля на штоку гідроциліндра

Зусилля на штоку гідроциліндра виникає при переведенні плуга з робочого положення в транспортне.

Для його визначення необхідно побудувати план швидкостей (за методом Н.Е. Жуковського).

Швидкість точки 5' ($V_{5'}$), вісі підвісу, у довільному масштабі проводять з полюсу V (рис. 2.5), паралельна ланці 1-5. Після цього з полюсу V проводять лінію V-9', паралельну ланці 2-9, а з точки 5' проводять лінію 5'-9', паралельну ланці 5-9. Точка 9', перетину цих двох ліній, визначає кінець вектору швидкості точки 9. На відрізьку 5'-9' будують трикутник, подібний трикутнику 5-9-М. Вектор VM' являє собою швидкість центра тяжіння плуга (точки М). Вектор швидкості точки 6 буде меншим вектора швидкості точки 5 настільки, наскільки ланка 1-6 менше ланки 1-5. Швидкість точки 7 можна розглядати як складову двох швидкостей:

$$\bar{V}_7 = \bar{V}_6 + \bar{V}_{76}. \quad (2.10)$$

Виходячи з формули (10.2) з полюсу V плану швидкостей проводиться лінія V-7', паралельна ланці 3-7 до перетину з ланкою 6'-7', проведеної з точки 6' паралельно ланці 6-7. На відрізьку V-7' будують трикутник, подібний трикутнику 3-7-8. Так визначиться вектор

швидкості точки 8, тобто V-8'.

До кінців векторів швидкостей $V-8'$ та $V-M'$ прикладаються відповідно сили S та G (перенесені зі схеми плуга паралельно).

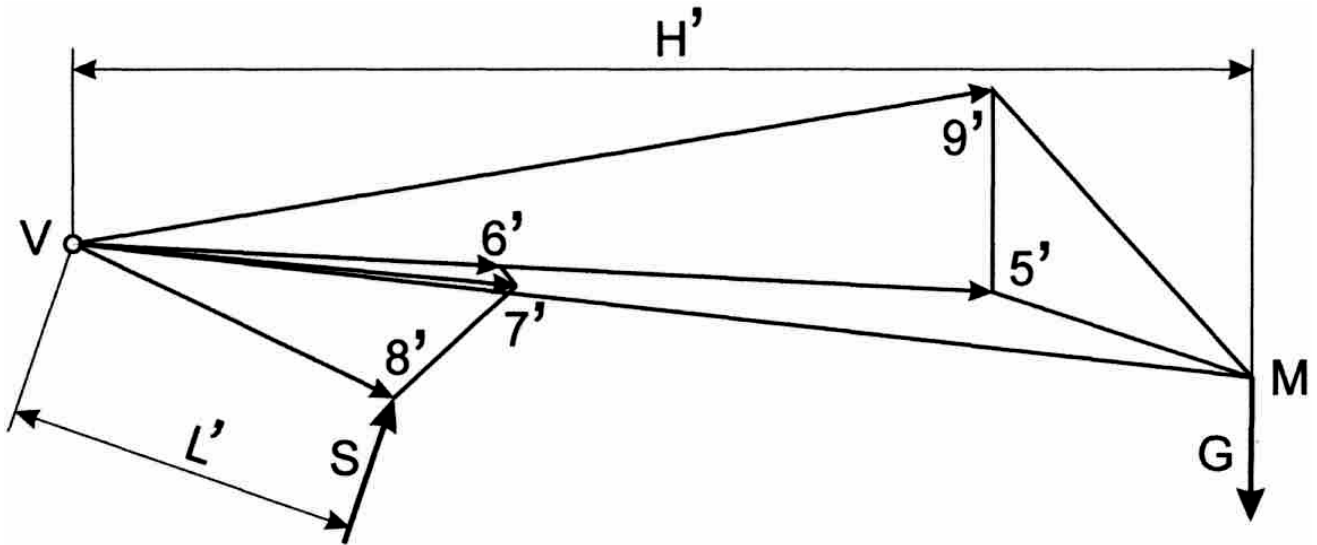


Рис. 2.5. Побудова плану швидкостей

Рівняння рівноваги відносно полюсу V :

$$\sum M_V = S \cdot L' - G \cdot H' = 0, \quad (2.11)$$

звідси

$$S = \frac{G \cdot H'}{L'}. \quad (2.12)$$

За величиною S (за довідником) підбирають необхідний гідроциліндр, що забезпечує підйом начіпного плуга.

Розрахунково-графічна робота №3

Тема: Проектування ланок зубової борони „ЗИГ-ЗАГ”

Мета роботи: Вивчити метод проектування ланок зубової борони „ЗИГ-ЗАГ”

Час: 4 години.

ДОПОМІЖНА ІНФОРМАЦІЯ

Для поверхневої обробки ґрунту широке застосування одержали зубові борони трьох типів: важка трьох-ланкова ЗБЗТУ–1,0; середня трьох-ланкова ЗБЗС–1,0; посівна легка ЗБП–0,6. Перспективними є зубові швидкісні борони БЗОС–1,0 – середня та БЗТС–1,0 важка.

Розподіл зубових борін на важкі, середні та легкі визначається навантаженням на один зуб від ваги борони; оптимальні значення їх такі: 15,7...19,6 Н – для важких борін, 11,8...14,7 Н – для середніх та 5,88...9,8 Н – для легких борін.

При розміщенні зубів на рамі борони необхідно дотримуватися наступних вимог:

1. Кожен зуб повинен проводити самостійну борозну. Це обґрунтовується тим, що при поступовому русі борони зуб зміщує частинки ґрунту в напрямку перпендикулярному цього руху. Ширина полоси зміщених частин ґрунту тим більше, чим глибше зуб заглиблюється в ґрунт.

2. Борозни по всій ширині захвату повинні знаходитися на рівних одна від другої відстанях.

3. Кожен зуб повинен працювати в однакових умовах. Це запобігає виникненню сил, що порушують спокійний хід борони.

4. Сила тяги для забезпечення стійкості ходу борони повинна проходити через слід центру тяги і бути спрямованою під відповідним кутом до горизонту.

ЗМІСТ РОБОТИ

За вихідними даним варіанту (табл. 3.1):

1. Побудувати ланку зубової борони
2. Визначити форму рами та її конструктивні розміри
3. Розрахувати тяговий опір борони
4. Визначити раціональну вагу борони.

Графічна частина роботи виконується на міліметровому папері формату А3 у вибраному масштабі.

Пояснювальна записка повинна мати вихідні дані та необхідні для графічних побудов аналітичні розрахунки.

Таблиця 3.1

Вихідні дані

№ вар	Тип борони	М	К	Порядок розміщення зубів	а, мм	h, мм	h ₁ , мм	l ₀ , мм	l ₃ , мм	R, Н	G/N
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	легка	5	2	2-5-3-1-4	38	140	110	35	140	13,0	2,20
2	середня	7	3	2-5-3-1-4	44	220	190	50	160	15,0	2,20
3	легка	5	3	4-1-3-5-2	30	100	80	20	100	10,0	2,00
4	важка	5	2	2-5-3-1-4	56	380	260	70	200	49,5	2,40
5	середня	7	2	4-1-3-5-2	44	220	190	50	160	11,0	2,20
6	важка	5	2	2-5-3-1-4	50	330	270	75	200	46,5	2,30
7	середня	5	3	2-5-3-1-4	50	270	180	45	150	21,5	2,15
8	середня	7	3	2-5-3-1-4	48	260	210	50	160	13,0	2,20
9	легка	5	2	2-5-3-1-4	40	150	110	40	130	12,5	2,10
10	важка	5	2	2-5-3-1-4	58	340	200	80	220	47,5	2,40
11	легка	5	2	2-5-3-1-4	38	190	150	35	110	10,5	2,15
12	важка	7	2	4-1-3-5-2	50	300	200	80	200	48,0	2,30
13	важка	7	3	4-1-3-5-2	52	310	200	70	190	40,5	2,25
14	середня	5	2	4-1-3-5-2	40	210	120	40	140	20,0	2,10
15	середня	5	2	4-1-3-5-2	46	260	150	40	160	23,0	2,10
16	середня	5	2	4-1-3-5-2	48	240	150	60	180	22,0	2,30
17	важка	5	2	2-5-3-1-4	60	400	300	80	220	49,0	2,50
18	середня	5	3	2-5-3-1-4	46	230	140	55	170	23,5	2,25
19	важка	7	3	4-1-3-5-2	56	330	260	75	210	41,5	2,35
20	легка	5	2	2-5-3-1-4	38	160	120	20	120	12,0	2,00
21	середня	5	3	2-5-3-1-4	42	200	130	45	150	24,5	2,15
22	важка	5	3	4-1-3-5-2	58	340	200	80	220	42,0	2,40
23	важка	7	3	4-1-3-5-2	54	320	240	60	200	41,0	2,30
24	важка	5	3	4-1-3-5-2	52	360	220	60	200	43,0	2,50

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	легка	5	3	4-1-3-5-2	40	200	160	40	120	15,0	2,20
26	середня	5	3	2-5-3-1-4	40	210	120	40	140	25,0	2,10
27	важка	7	2	2-5-3-1-4	56	330	260	75	210	45,5	2,35
28	легка	5	2	2-5-3-1-4	30	100	80	20	100	15,0	2,00
29	важка	5	2	2-5-3-1-4	58	390	280	75	210	50,0	2,45
30	важка	5	2	2-5-3-1-4	54	320	180	65	190	46,0	2,25
31	важка	5	2	2-5-3-1-4	52	360	220	60	200	48,5	2,50
32	легка	5	3	4-1-3-5-2	38	140	110	35	140	12,0	2,20
33	середня	7	2	2-5-3-1-4	40	250	160	60	140	23,0	2,20
34	легка	5	3	4-1-3-5-2	40	150	110	40	130	12,5	2,10
35	середня	7	2	4-1-3-5-2	48	240	170	60	180	12,0	2,30
36	середня	7	2	4-1-3-5-2	42	210	140	45	150	10,5	2,15
37	легка	5	2	2-5-3-1-4	32	110	90	20	110	14,5	2,05
38	легка	5	2	2-5-3-1-4	36	130	100	30	130	13,5	2,15
39	важка	5	3	4-1-3-5-2	50	330	270	75	200	41,0	2,30
40	важка	7	3	4-1-3-5-2	56	370	290	65	190	43,5	2,30
41	важка	7	2	2-5-3-1-4	58	340	250	80	220	46,0	2,40
42	важка	5	3	4-1-3-5-2	52	310	170	70	180	40,0	2,20
43	середня	5	2	4-1-3-5-2	50	270	180	45	150	23,5	2,15
44	середня	7	2	4-1-3-5-2	46	230	180	55	170	11,5	2,25
45	важка	5	3	4-1-3-5-2	56	300	190	60	210	41,5	2,35
46	легка	5	3	4-1-3-5-2	34	120	90	25	120	11,0	2,10
47	важка	5	2	2-5-3-1-4	56	300	190	60	210	47,0	2,35
48	важка	7	2	2-5-3-1-4	54	320	240	60	200	45,0	2,30
49	середня	5	2	4-1-3-5-2	50	300	200	60	170	25,0	2,30
50	середня	5	2	4-1-3-5-2	44	220	140	50	160	21,0	2,20
51	легка	5	3	4-1-3-5-2	40	170	130	25	110	13,5	2,05
52	легка	5	2	2-5-3-1-4	34	120	90	25	120	14,0	2,10
53	важка	7	3	4-1-3-5-2	58	340	250	80	220	42,0	2,40
54	важка	5	3	4-1-3-5-2	54	320	180	65	190	40,5	2,25
55	легка	5	3	4-1-3-5-2	36	180	140	30	100	14,0	2,10
56	легка	5	3	4-1-3-5-2	38	190	150	35	110	14,5	2,15
57	середня	7	2	4-1-3-5-2	46	270	200	45	150	13,5	2,10
58	важка	7	2	2-5-3-1-4	52	310	200	70	190	44,5	2,25
59	легка	5	2	2-5-3-1-4	36	180	140	30	100	11,0	2,10
60	легка	5	3	4-1-3-5-2	32	110	90	20	110	10,5	2,05
61	середня	5	2	4-1-3-5-2	42	200	130	45	150	20,5	2,15
62	середня	7	3	2-5-3-1-4	48	240	170	60	180	14,0	2,30
63	середня	5	3	2-5-3-1-4	46	280	170	50	140	21,0	2,20
64	важка	5	3	4-1-3-5-2	60	400	300	80	220	45,0	2,50
65	легка	5	3	4-1-3-5-2	36	130	100	30	130	11,5	2,15

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
66	середня	5	3	2-5-3-1-4	50	250	160	50	170	22,5	2,20
67	важка	7	2	2-5-3-1-4	50	300	210	65	180	44,0	2,20
68	важка	7	3	4-1-3-5-2	50	300	210	65	180	40,0	2,20
69	легка	5	3	4-1-3-5-2	38	160	120	20	120	13,0	2,00
70	середня	7	2	4-1-3-5-2	40	200	150	40	140	10,0	2,10
71	важка	5	3	4-1-3-5-2	54	370	250	65	190	43,5	2,3
72	важка	7	2	2-5-3-1-4	56	370	290	65	190	47,5	2,30
73	легка	5	2	2-5-3-1-4	40	170	130	25	110	11,5	2,05
74	важка	5	3	4-1-3-5-2	60	350	210	60	210	42,5	2,45
75	важка	7	3	4-1-3-5-2	58	360	270	70	200	43,0	2,50
76	середня	5	3	2-5-3-1-4	48	290	190	55	160	20,5	2,25
77	важка	7	2	2-5-3-1-4	58	360	270	70	200	47,0	2,50
78	середня	5	2	4-1-3-5-2	46	230	140	55	170	21,5	2,25
79	важка	7	3	4-1-3-5-2	60	350	230	75	210	42,5	2,45
80	середня	7	2	4-1-3-5-2	48	260	210	50	160	13,0	2,20
81	важка	5	3	4-1-3-5-2	56	380	260	70	200	44,0	2,40
82	середня	5	2	4-1-3-5-2	48	290	190	55	160	24,5	2,25
83	середня	7	3	2-5-3-1-4	50	250	200	55	170	13,5	2,25
84	середня	7	3	2-5-3-1-4	40	200	150	40	140	14,0	2,10
85	легка	5	2	2-5-3-1-4	40	200	160	40	120	10,0	2,20
86	середня	5	3	2-5-3-1-4	50	300	200	60	170	20,0	2,30
87	важка	5	2	2-5-3-1-4	54	370	250	65	190	49,0	2,30
88	важка	5	2	2-5-3-1-4	52	310	170	70	180	45,5	2,20
89	середня	5	3	2-5-3-1-4	46	260	150	40	160	22,0	2,10
90	середня	7	2	4-1-3-5-2	50	250	200	55	170	12,5	2,25
91	середня	7	3	2-5-3-1-4	46	230	180	55	170	14,5	2,25
92	середня	7	3	2-5-3-1-4	46	270	200	45	150	12,5	2,10
93	важка	7	2	2-5-3-1-4	60	350	230	75	210	46,5	2,45
94	важка	5	3	4-1-3-5-2	58	390	280	75	210	44,5	2,45
95	важка	5	2	2-5-3-1-4	60	350	210	60	210	48,0	2,45
96	середня	7	3	2-5-3-1-4	42	210	140	45	150	14,5	2,15
97	середня	5	2	4-1-3-5-2	46	280	170	50	140	24,0	2,20
98	середня	5	2	4-1-3-5-2	50	250	160	50	170	22,5	2,20
99	середня	5	3	2-5-3-1-4	44	220	140	50	160	24,0	2,20
100	середня	5	3	2-5-3-1-4	48	240	150	60	180	23,0	2,30

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Побудова ланки зубової борони

Порядок розміщення зубів може бути: 2-5-3-1-4 чи 4-1-3-5-2. Це значить (при першому варіанті), що першу зліва борозну проведе зуб,

розміщений на другій поперечній планці; другу борозну проведе зуб, розміщений на п'ятій (верхній) планці; третю проведе зуб, розміщений на третій планці; четверту борозну проведе зуб, розміщений на першій планці і останню борозну (крайню з права) проведе зуб, розміщений на четвертій планці.

Аналогічні міркування і для другого варіанту (4-1-3-5-2) розміщення зубів.

Такі закономірності розміщення зубів дозволяють побудувати зигзагоподібну раму борони та забезпечити вказані вище вимоги до її якісної роботи.

За основу побудови зубового поля борони прийнято метод розміщення зубів за допомогою багатогодового гвинта.

Для початку побудови ланки зубової борони необхідно намітити і провести M ліній поперечних планок борони (в залежності від варіанту завдання $M = 5$ або $M = 7$) на відстані h одна від одної (рис. 3.1 чи 3.2).

Для побудови ланки зубової борони необхідно:

– визначити крок гвинтової лінії:

$$b = M \cdot a, \quad (1.3)$$

де M – число поперечних планок;

a – відстань між слідами сусідніх борін

– визначити хід основного гвинта:

$$t = b \cdot K, \quad (2.3)$$

де K – число ходів основного гвинта.

– визначити хід додаткового гвинта:

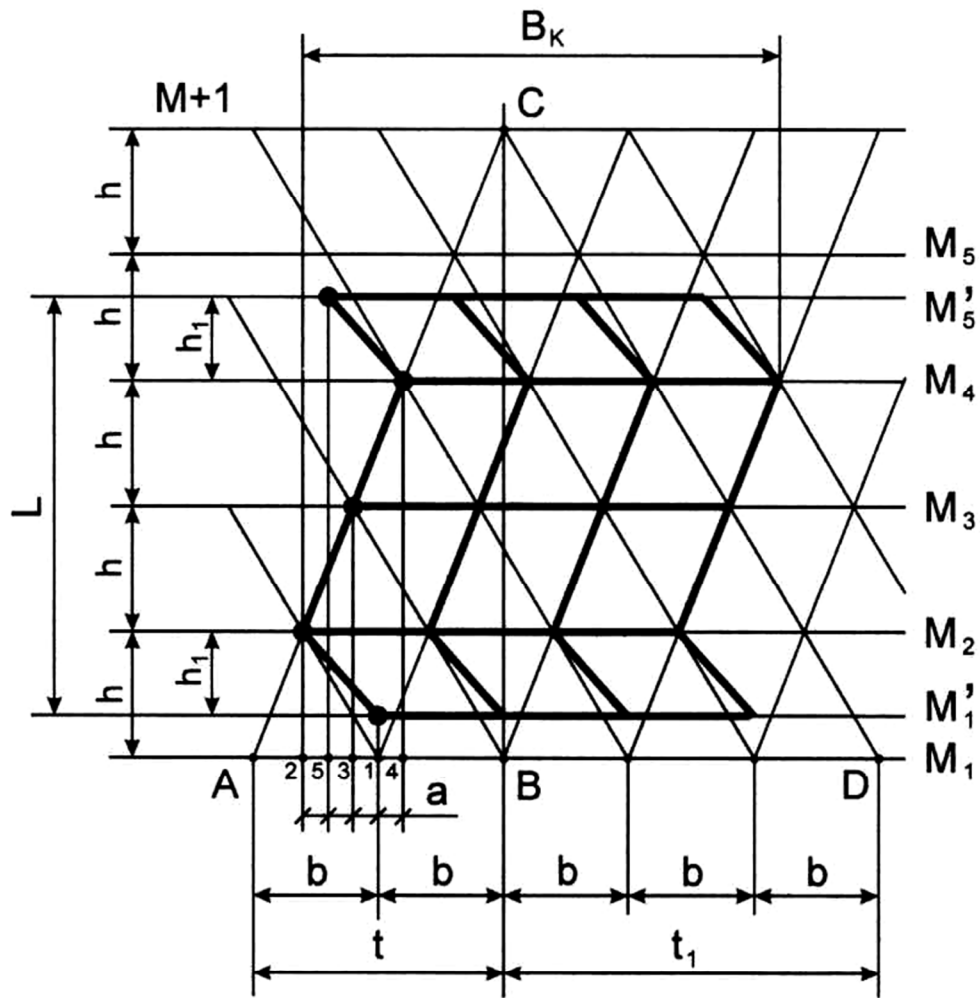
$$t_1 = b \cdot K_1, \quad (3.3)$$

де K_1 – число ходів додаткового гвинта, визначається з умови:

$$K + K_1 = M. \quad (4.3)$$

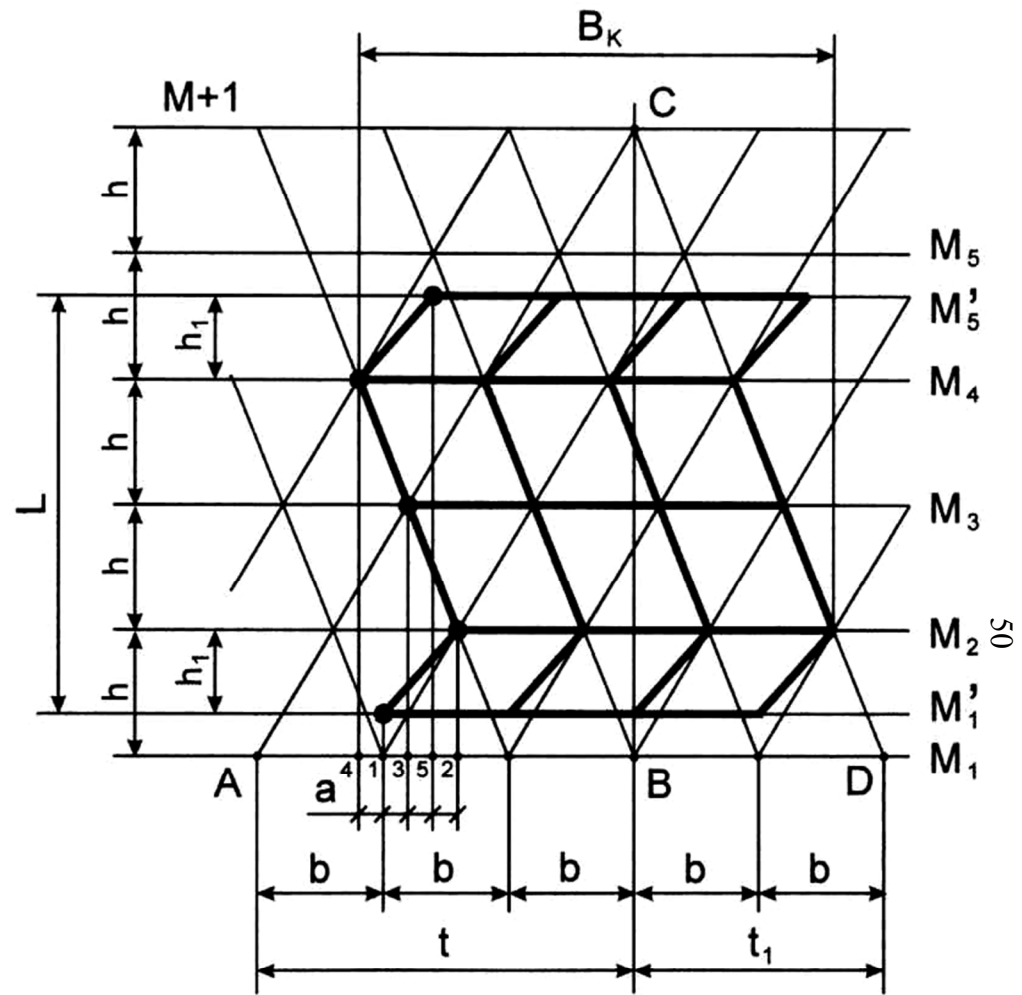
– провести допоміжну горизонтальну лінію $M+1$ на відстані h .

На першій лінії (лінія M_1) відкладаємо відрізок AB , рівний ходу гвинта t (точка A вибирається довільно), і розділяємо його на K відрізків (в залежності від варіанту завдання $K = 2$ або $K = 3$), рівних кроку гвинтової лінії (b). З точки B проводимо перпендикуляр до перетину з лінією $M+1$ і позначаємо точкою C . З'єднавши точку C з точкою A отримаємо лінію AC – розгортку гвинтової лінії основного гвинта. Кроком гвинтової лінії (b) проводимо декілька прямих паралельних AC .



Порядок роботи зубів

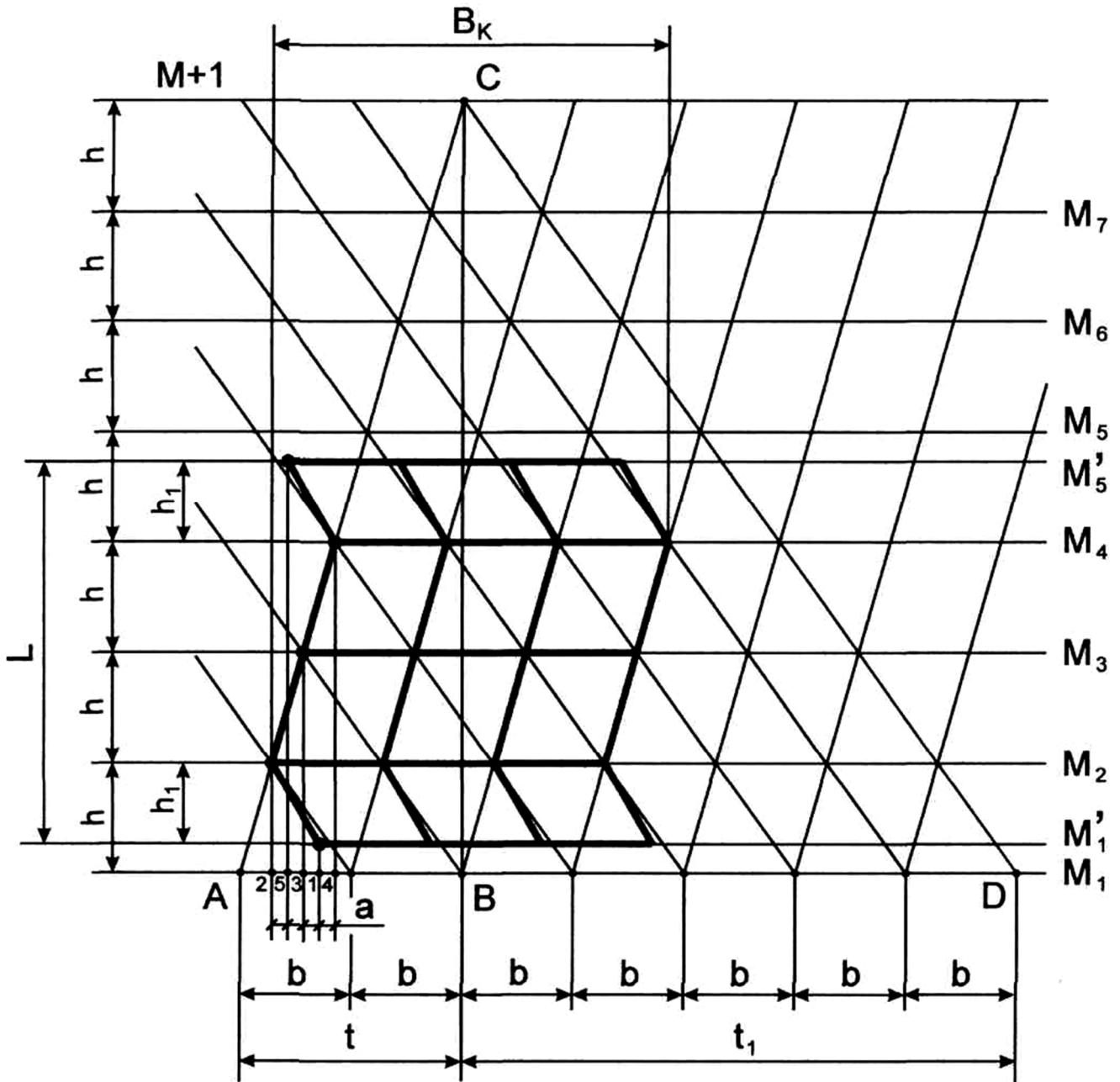
2	5	3	1	4
---	---	---	---	---



Порядок роботи зубів

4	1	3	5	2
---	---	---	---	---

Рис. 3.1. Побудова ланок зубової борони ($M=5$)



Порядок роботи зубів

2	5	3	1	4
---	---	---	---	---

Рис. 3.2. Побудова ланок зубової борони

На відстані (b) проводимо ряд прямих, паралельних AC . Від точки B відкладаємо K_1 кроків гвинтової лінії в результаті чого отримуємо точку D , при цьому відрізок BD повинен бути рівний ходу t_1 додаткового гвинта. З'єднавши точку D з точкою C отримуємо лінію DC – розгортку гвинтової лінії додаткового гвинта. Кроком гвинтової лінії (b) проводимо декілька прямих паралельних DC .

Умовою вірності побудови є перетин розгорток основного та додаткового гвинта на поперечних планках.

Зменшуємо відстань між крайніми парами планок, для чого проводять на відстані h_1 від другої (вниз від M_2) і четвертої (вгору від M_4) додаткові прямі (M_1' та M_5' відповідно).

Вибираємо три поперечні планки (M_2, M_3, M_4) та з'єднуємо їх між собою так, щоб лінії їх з'єднання при схемі 2-5-3-1-4 були паралельні лінії АС, а при схемі 4-1-3-5-2 – лінії DC. В результаті отримаємо середню частину зубової борони.

Точки перетину крайньої лівої лінії середньої частини зубової борони з поперечними планками (M_2, M_3, M_4) проектуємо на планку M_1 в точки 2, 3 та 4 відповідно. Так як кожен зуб борони проводить свою власну борозну, яка знаходиться на відстані (a) від сусідніх, то розділивши відстані між точками 2 і 3 та 3 і 4 навпіл, отримаємо точки 5 та 1 відповідно. Спроекувавши ці точки на додаткові прямі (точку 5 на планку M_5' , а точку 1 на планку M_1') отримаємо місце знаходження крайніх зубів. Провівши таким чином чотири поздовжні зигзагоподібні прямі та з'єднав їх поперечними планками закінчуємо побудову контуру ланки борони

2. Визначення конструктивних параметрів ланки борони

Конструктивними параметрами ланки борони є:

– конструктивну ширину захвату:

$$B_k = a \cdot (n - 1), \quad (5.3)$$

де n – число зубів борони, ($n=20$);

– робоча ширина захвату:

$$B_p = n \cdot a, \quad (6.3)$$

– довжину ланки борони:

$$L = 2(h_1 - h), \text{ м.} \quad (7.3)$$

3. Розрахунок тягового опору борони

Для знаходження тягового опору побудованої борони необхідно викреслити в прийнятому масштабі схему борони в вертикальній площині проєкцій, оскільки сили, що діють в ній, взаємно врівноважуються (рис. 3.3). Величина зуба l_3 та глибина його заглиблення в ґрунт l_0 береться з вихідних даних.

Для знаходження центру тяжіння зубової борони визначаємо кут нахилу (α) сили тяжіння до горизонту за формулою:

$$\alpha = \arctg \frac{2l_0}{L}. \quad (8.3)$$

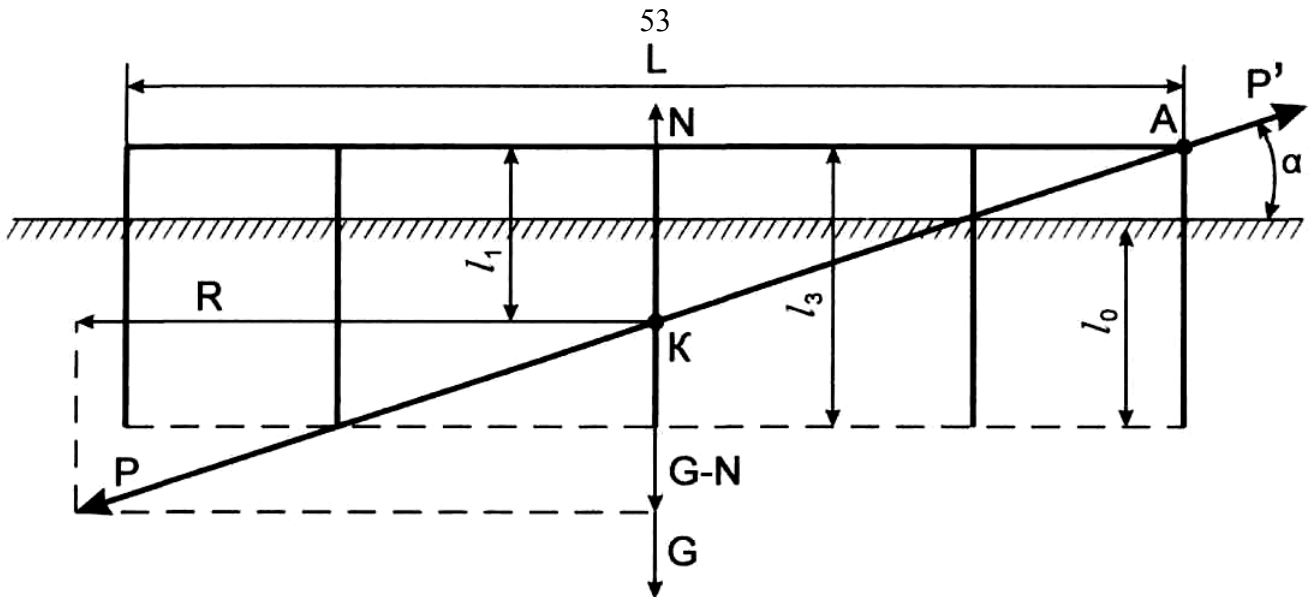


Рис. 3.3. Схема борони у вертикальній площині проєкцій

Проведемо лінію під кутом (α) через точку А (кріплення тяги) та середній зуб борони, перетин з яким і дає точку К – центр тяжіння зубової борони.

Тяговий опір борони залежить від її ваги, числа зубів та опору ґрунту. Для практичної мети при знаходженні тягового опору скористаємось виразом:

$$P = n \cdot R, \quad (9.3)$$

де R – опір одного зуба, n – кількість зубів.

4. Визначення раціональної ваги борони

При проектуванні нової борони для визначення її раціональної ваги G , що забезпечує стійкий хід по ґрунту, скористаємось виразом:

$$G > P \cdot \sin \alpha. \quad (10.3)$$

Сила тяги $P' \geq P$, а лінія її дії повинна проходити через центр тяжіння борони та точку А.

Під дією ваги G виникає вертикальна реакція N . З точки К проводиться тяговий опір P направлений протилежно сили тяги P' .

Для визначення складу тягового опору P будується прямокутник, сторони якого: опір зуба борони (R), вага борони (G) та виштовхуюча сила (N).

Величину виштовхуючої сили N можна знайти використав відношення:

$$N = G - P \cdot \sin \alpha. \quad (11.3)$$

Підставив замість G значення N , із співвідношення G/N , визначають величину сили N .

Наприклад, якщо $G/N = 2,7$ звідси $G = 2,7 \cdot N$. Підставивши

значення G у вираз (11.3) отримаємо:

$$N = 2,7 \cdot N - P \cdot \sin \beta . \quad (12.3)$$

Виконав над формулою (12.3) певні математичні дії отримаємо:

$$1,7 \cdot N = P \cdot \sin \beta , \quad (13.3)$$

звідси

$$N = \frac{P \cdot \sin \beta}{1,7} . \quad (14.3)$$

Умова, що забезпечує стійкість ходу борони:

$$G > N > 0 . \quad (15.3)$$

Для визначення раціональної ваги борони G будується (в прийнятому масштабі сил Н/мм) багатокутник сил. До вибраної точки B під кутом (α) (рис. 3.4.), проводиться лінії дії сили тяги P' , а вертикальна виштовхуюча сила N проводиться до точки C . Горизонтальна складова R проводиться до точки E . З'єднав точки B та D визначається величина G . Умовою правильності побудови багатокутника є перпендикулярність лінії дії сили G до лінії R .

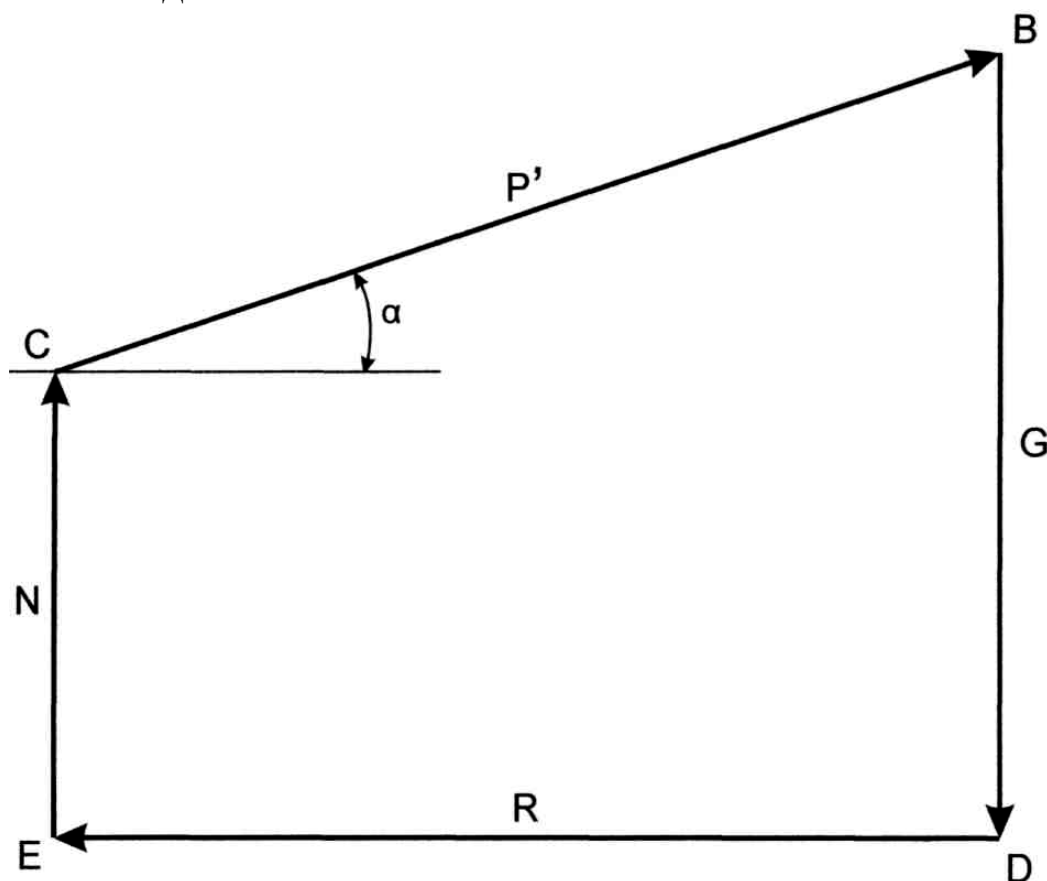


Рис. 3.4. Побудова багатокутника сил

Рейтингова система оцінювання дисципліни «МАШИНИ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АПВ»

Підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються).

Мінімальний пороговий рівень оцінки з освітнього компоненту складає 60 відсотків від максимально можливої кількості балів.

Здобувач вищої освіти може бути недопущеним до підсумкового оцінювання, якщо під час семестру він: не досяг мінімального порогового рівня оцінки тих результатів навчання, які не можуть бути оцінені під час підсумкового контролю; якщо під час семестру він набрав кількість балів, недостатню для отримання позитивної оцінки навіть у випадку досягнення ним на підсумковому контролі максимально можливого результату.

Оцінювання результатів навчання під час семестру включає оцінювання знань здобувача під час практичних занять, індивідуальної роботи, самостійної роботи і неформальної освіти.

Оцінювання знань здобувача під час практичних занять відбувається за такими критеріями: своєчасність та правильність виконання завдань практичної роботи; повнота і правильність відповіді під час усного опитування та інших передбачених форм контролю.

Під час оцінювання індивідуальної роботи здобувача враховується її вид, актуальність, правильність виконання.

Під час оцінювання робіт, які винесено на обов'язкове самостійне виконання, враховується своєчасність та правильність виконання самостійної роботи та розуміння змісту завдання і його вирішення.

Під час оцінювання результатів неформальної освіти здобувача враховується відповідність напряму та змісту тематики дисципліни, актуальність, документальне підтвердження участі у заході.

Здобувачі вищої освіти, що хворіли і мають відповідні довідки медичних установ або були відсутні з інших поважних причин і не могли брати участь у контрольних заходах, проходять контроль під час спеціально встановлених додаткових занять за узгодженням з викладачами за графіком, що розроблює деканат факультету.

56
Оцінювання

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	зараховано
82-89	B	
75-81	C	
64-74	D	
60-63	E	
35-59	FX	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Шкала оцінювання

Вид роботи	Кількість балів
Розрахунково-графічна робота 1	0-3
Розрахунково-графічна робота 2	1-3
Розрахунково-графічна робота 3	1-3

Якщо здобувач вищої освіти на екзамені отримує незадовільну оцінку, то він має право на одне перескладання викладачеві, друге перескладання приймає комісія, створена за вказівкою декана факультету. Якщо здобувач вищої освіти студент отримує незадовільну оцінку під час складання комісії, його відраховують з університету.

За будь-якої форми здобуття освіти оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти є ідентичним.

Список використаних джерел

1. Боженко В. О. Сільськогосподарські машини та їх використання Київ : Аграрна освіта, 2009. 420 с.
2. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Київ : «Агроосвіта», 2015. 679 с.
3. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. Київ : Каравела, 2018. 552 с
4. Гапоненко В. С., Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Київ : Урожай, 1992. 448 с.
5. Скрипник В. І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки. Київ, Літера ЛТД, 2019.

Зміст

Передмова	3
Розрахунково-графічна робота №1	4
Розрахунково-графічна робота №2	23
Розрахунково-графічна робота №3	45
Рейтингова система оцінювання дисципліни	55
Список використаних джерел	57

Навчальне видання

Машини та обладнання для АПВ

методичні рекомендації

Укладачі:

**Гавриш Валерій Іванович
Галєєва Антоніна Петрівна
Грубань Василь Анатолійович**

Надруковано в видавничому центрі МНАУ.
Зам. _____ Наклад _____ прим.
54010, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9.