

Міністерство освіти і науки України

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

*Кафедра технічної механіки
та сільськогосподарських машин*



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни
«Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок»
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності

208 «Агроінженерія»

для здобуття освітнього ступеня
«БАКАЛАВР»

Машини для заготівлі кормів

УДК 631.3

ББК 40.72

Б12

Б12 Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 76 с.

Пропоновані методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» розроблені відповідно до освітньо-професійної програми «Агроінженерія», навчальних планів підготовки студентів освітнього рівня «бакалавр», що здобувають вищу освіту за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, протокол № 1 від 26.08 2022 р.

Схвалено й рекомендовано до друку на засіданні методичної комісії факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 1 від 26 серпня 2022 р.

Укладач: д.т.н, доцент Бабій А.В.

Рецензент: д.т.н., професор Ляшук О.Л.

Відповідальний за випуск: Бабій А.В.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ВИДИ ТА МЕТА КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ	5
2 ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЄКТУВАННЯ.....	7
3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ	14
3.1 Принцип роботи різальних апаратів.....	14
3.2 Визначення ходу і кінематика ножа	24
3.3 Траєкторія абсолютного руху точок ножа	31
3.4 Умова защемлення стебел різальною парою	33
3.5 Робочі швидкості різання	37
3.6 Площа подачі та навантаження на лезо	41
3.7 Сили, що діють на ніж.....	45
3.8 Визначення потужності для переміщення ножа	48
3.9 Визначення продуктивності агрегату	48
4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	49
4.1 Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	49
4.2 Оформлення графічної частини	59
5 ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИСНОВКІВ	65
6 ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	68
ДОДАТКИ.....	70
ДОДАТОК А	71
ДОДАТОК Б.....	72
ДОДАТОК В	74

ВСТУП

Розвиток сільськогосподарського виробництва в нашій державі набирає великих обертів. Разом з тим зростає потреба у підготовці фахівців, які дане виробництво будуть обслуговувати. Агроінженери повинні мати глибоке розуміння кожної технологічної операції процесів виробництва сільськогосподарської продукції.

Курсовий проєкт з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» виконується за найбільш актуальними розділами курсу. Дані вказівки відносяться до розділу «Машини для заготівлі кормів».

Зростання виробництва продуктів тваринництва в господарствах України потребує збільшення об'ємів кормів, заготівля яких відбувається у відповідні агротехнічні терміни, причому кормове забезпечення, де переважають трав'янисті компоненти, вимагає високотехнологічного обладнання для скошування рослин у різних фазах їх розвитку з суттєво відмінними фізико-механічними властивостями. Існуючі технічні засоби й технології заготівлі кормів, як показує практика, мають низьку продуктивність, високу енергоємність і недостатню експлуатаційну надійність.

Скошування рослинної маси є енергоємною операцією технологічного процесу заготівлі сухих кормів чи кормів на основі зеленої маси. Підвищення продуктивності косарок скоротить терміни збирання врожаю зі збільшенням об'єму, причому шляхами забезпечення зростання є збільшення ширини захвату або підвищення поступальної швидкості агрегату з одночасним збільшенням відносної швидкості різання. Для косарок підпорного зрізування, як найбільш поширених та, порівняно з ротаційними, менш енергоємних, підвищення відносної швидкості руху різального апарата призводить до значного зростання величин інерційних зусиль в елементах привода машин вказаного типу.

Тому завдання курсового проєкту є проведення усестороннього аналізу параметрів різального апарату з можливістю подальшого його удосконалення чи вибору раціонального режиму експлуатації для забезпечення максимально ефективної роботи.

1 ВИДИ ТА МЕТА КУРСОВИХ ПРОЄКТІВ

ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 встановлює чотири стадії розробки конструкторської документації виробу: технічна пропозиція, ескізний проєкт, технічний проєкт та робоча конструкторська документація.

Технічна пропозиція – це сукупність конструкторських документів, які повинні містити технічні та техніко-економічні обґрунтування доцільності розробки документації виробу на основі аналізу технічного завдання замовника і різних варіантів можливих рішень виробів, їх порівняльної оцінки з врахуванням конструктивних і експлуатаційних особливостей розроблюваних та існуючих виробів, а також патентні дослідження.

Технічна пропозиція після узгодження і затвердження у встановленому порядку є основою для розробки ескізного або технічного проєкту. Технічну пропозицію виконують згідно правил визначених ГОСТ 2.118-2013.

Ескізний проєкт – це сукупність конструкторських документів, які повинні містити принципові конструктивні рішення, що дають загальну уяву про будову і принцип роботи, а також дані, які визначають призначення, основні параметри і габаритні розміри розроблюваного виробу.

Ескізний проєкт після узгодження і затвердження у встановленому порядку є основою для розробки технічного проєкту або робочої документації, і виконують згідно правил, передбачених ГОСТ 2.119-2013.

Технічний проєкт – це сукупність конструкторських документів, які повинні містити остаточні рішення, які дають повну уяву про будову розроблюваного виробу і вихідні дані для розробки робочої документації.

Технічний проєкт виконують відповідно до правил, визначених ГОСТ 2.120-2013.

Робоча конструкторська документація – це сукупність конструкторських документів, за якими можна виготовити і

проконтролювати виріб.

Курсовий проєкт (курсова робота) – вид самостійної навчально-наукової роботи з елементами дослідження, що виконується студентами вищих або середніх-спеціальних навчальних закладів протягом семестру з метою закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних за час навчання та їх застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання.

Тематика курсового проєкту зазвичай є частиною наукового пошуку відповідної кафедри факультету. Проблеми наукового пошуку, висвітлені в курсових роботах чи проєктах студентів, можуть знайти своє продовження в кваліфікаційних роботах. Таким чином забезпечується наступність науково-дослідницької діяльності студентів від курсу до курсу, послідовність засобів і форм її проведення відповідно до логіки навчального процесу.

Курсовий проєкт з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» є роботою, що забезпечує набуття практичних навичок аналізу розглядуваних процесів та надання рекомендацій для покращення ефективності роботи окремих сільськогосподарських машин. Здобутий досвід позитивно використовується студентами для складання державної атестації (виконання і захисту кваліфікаційної роботи) для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Мета роботи – систематизувати, поглибити і закріпити набуті знання, розвинути навички самостійного вирішення організаційних і технічних задач, які виникають у сільськогосподарському виробництві, а також розвиток творчої діяльності.

При виконанні курсового проєкту студенти повинні проявити ґрунтовні знання з фундаментальних, професійно-орієнтованих та соціально-економічних дисциплін.

2 ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЄКТУВАННЯ

Тематику курсового проєктування сформовано у чіткій відповідності до навчальних планів підготовки «Бакалаврів» за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» та робочої програми дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок».

Курсовий проєкт включає аналіз конструктивних, кінематичних та енергетичних параметрів заданої сільськогосподарської машини. За аналізом конструктивних особливостей машини студент проводить розрахунок кінематичних параметрів робочих органів та призначає чи аналізує заданий режим її роботи для певних умов. В ході проведення дослідження виконуються окремі елементи розрахунків технологічних та енергетичних процесів.

Перед виконанням курсового проєкту студентові видається завдання, де є вихідні дані до роботи, призначається консультант роботи та терміни поетапного її виконання.

В даному блоці тематик курсового проєкту об'єктом проєктування є різальний апарат підпiрного зрізування рослин.

Структура розрахунково-пояснювальної записки курсового проєкту:

- титульний аркуш;
- заповнений бланк завдання;
- зміст;
- вступ;
- основна частина;
- загальні висновки;
- перелік використаної літератури;
- додатки (за необхідністю).

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки повинен складати 25-30 сторінок друкованого тексту формату А4. Графічна частина роботи – представлення конструкції (геометрії) різальної пари, що досліджується, та графічних залежностей: кінематичних характеристик ножа; траєкторії абсолютного руху точки ножа; активної ділянки різання та швидкості різання; діапазонів ефективності роботи досліджуваної різальної пари. Графічні матеріали слід формувати на листах формату А4 або А3 (в залежності від наповненості) в кількості не менше п'яти таких листів та розміщувати у додатках.

Зміст завдання «Дослідження параметрів різального апарату».

За вихідними даними завдання дослідити:

- аналітичні залежності, якими описано хід і кінематику ножа різального апарату (навести основні аналітичні залежності, якими описано кінематичні параметри ножа різального апарату; за вихідними даними побудувати графіки переміщення ножа, його швидкості, прискорення; встановити максимальні значення отриманих кінематичних параметрів);
- провести розрахунок параметрів, що визначають траєкторію абсолютного руху точок ножа (виконати необхідні обчислення та побудувати траєкторію абсолютного руху точок ножа за вихідними параметрами);
- розкрити суть умови защемлення стебел різальною парою (навести умови защемлення рослини в розхилі заданої різальної пари залежно від вологості рослин; враховуючи, що леза різальної пари є гладкі та з насічками; отримати графіки порівняльної характеристики кутів защемлення та тертя для матеріалів, що зрізаються (пшениці, жита та трав) різальною парою);
- робочі швидкості різання (описати залежності та показати графічні інтерпретації зміни швидкостей різання; в залежності від переміщення

ножа та для заданої геометрії різальної пари визначити ділянку різання; встановити швидкості різання на початку ділянки різання, в кінці цієї ділянки та максимальну швидкість різання; ілюструвати отримані результати);

- площа подачі і навантаження на лезо (описати залежності та визначити площу подачі і навантаження на лезо, охарактеризувати графік проходу активних лез ножа);

- сили, що діють на ніж (за питомою роботою, що витрачається на зрізування рослин з одиниці площі визначити середнє значення опору зрізуванню; показати зміну сили інерції протягом робочого ходу ножа та встановити максимальне її значення; проаналізувати основні залежності сили тертя та знайти її максимум; показати сумарний середній опір переміщенню ножа; встановити питому вагу кожної із складових опору переміщенню ножа);

- визначити потужність для роботи ножа (встановити орієнтовне значення потужності приводу ножа, використовуючи максимальну швидкість ходу ножа та середній опір його переміщенню);

- розрахувати продуктивність агрегату;

- зробити загальні висновки по роботі (навести числові дані отриманих результатів, рекомендації щодо зміни параметрів роботи різального апарату тощо).

Вихідні дані для курсового проектування

№ ва-ріанта	Тип машини	Тип різального апарата	Частота обертання вала кривошипа n , об/хв	Швидкість машини V_m , м/с	Ширина захвату машини B , м	Питома робота різання ϵ , $H \cdot м / м^2$
1	косарка широко-захватна	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s=2t=2t_0=152,4$ мм	600	1,6	6,0	150
2	косарка	низького різання $s=t=2t_0=76,2$ мм	500	1,3	3,2	180
3	косарка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s=t=t_0=76,2$ мм	640	1,0	1,4	200
4	косарка широко-захватна	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s=2t=2t_0=101$ мм	480	1,5	6,5	220
5	косарка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s=t=t_0=90$ мм	530	1,65	4,0	240
6	жатка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s=t=t_0=76,2$ мм	470	1,9	4,5	260
7	косарка широко-захватна	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s=2t=2t_0=101$ мм	540	1,8	4,2	250
8	комбайн зернозбиральний	нормальний з одинарним пробігом ножа $s=t=t_0=76,2$ мм	680	1,7	4,0	240

№ ва-ріанта	Тип машини	Тип різального апарата	Частота оберта-ння вала криво-шипа n, об/хв	Швид-кість машини V_m , м/с	Ширина захвату машини B, м	Питома робота різання ϵ , $H \cdot м / м^2$
9	жатка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s = t = t_0 = 90$ мм	440	1,65	6,0	230
10	косарка	низького різання $s = t = 2t_0 = 101,6$ мм	470	1,4	1,8	220
11	косарка	низького різання $s = t = 2t_0 = 76,2$ мм	430	1,5	2,1	210
12	жатка для збирання бобових культур	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s = 2t = 2t_0 = 152,4$ мм	360	1,6	4,2	200
13	жатка для збирання грубосте-бельних культур	нормальний з одинарним пробігом ножа $s = t = t_0 = 90$ мм	580	1,2	5,2	190
14	косарка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s = t = t_0 = 76,2$ мм	620	1,3	2,6	180
15	косарка	низького різання $s = t = 2t_0 = 101,6$ мм	600	1,4	1,7	170
16	жатка	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s = 2t = 2t_0 = 152,4$ мм	420	1,7	6,0	160
17	жатка бобова	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s = 2t = 2t_0 = 101$ мм	500	1,4	4,2	150

№ ва-ріанта	Тип машини	Тип різального апарата	Частота обертання вала кривошипа n , об/хв	Швидкість машини V_m , м/с	Ширина захвату машини B , м	Питома робота різання ε , $H \cdot м / м^2$
18	косарка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s=t=t_0=76,2$ мм	480	1,5	1,8	155
19	косарка	низького різання $s=t=2t_0=76,2$ мм	580	1,3	2,7	165
20	косарка широко- захватна	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s=2t=2t_0=101$ мм	410	1,8	6,0	175
21	жатка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s=t=t_0=90$ мм	415	2,0	3,7	185
22	косарка	нормальний з одинарним пробігом ножа $s=t=t_0=76,2$ мм	390	1,75	2,4	195
23	косарка причіпна	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s=2t=2t_0=152,4$ мм	440	1,3	3,9	205
24	жатка причіпна	низького різання $s=t=2t_0=101,6$ мм	575	1,35	3,8	215
25	косарка широко- захватна	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s=2t=2t_0=101$ мм	450	1,65	6,0	225
26	косарка	нормального типу з подвійним пробігом ножа $s=2t=2t_0=152,4$ мм	400	1,45	1,5	235

№ ва-ріанта	Тип машини	Тип різального апарата	Частота обертання вала кривошипа n, об/хв	Швидкість машини V _м , м/с	Ширина захвату машини В, м	Питома робота різання ε, Н·м/м ²
27	косарка	низького різання s=t=2t ₀ =101,6 мм	450	1,6	3,2	245
28	жатка	нормальний з одинарним пробігом ножа s=t=t ₀ =76,2 мм	580	1,25	4,7	255
29	жатка для збирання грубих кормів	нормальний з одинарним пробігом ножа s=t=t ₀ =90 мм	570	1,35	3,0	140
30	косарка	низького різання s=t=2t ₀ =76,2 мм	420	1,5	1,2	145

Примітка: масу ножа (кг) визначаємо як добуток питомої маси одного метра ножа на ширину захвату машин, тобто

$$m_n = m' \cdot B,$$

де m' – питома маса одного метра ножа, $m' = 2,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$;

B – ширина захвату машини, м.

Кількість сегментів визначаємо з врахуванням ширини захвату машини та ширини сегмента (геометричні характеристики різальної пари наведені у додатку В).

3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

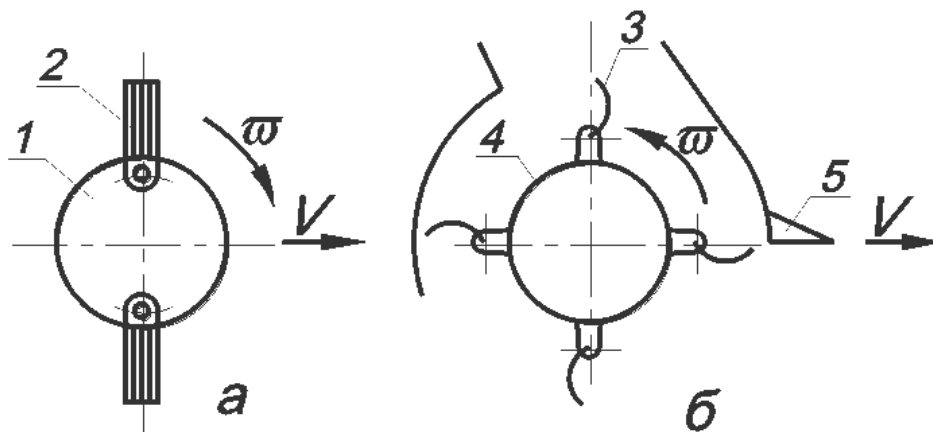
3.1 Принцип роботи різальних апаратів

Різальні апарати повинні виконувати чистий зріз рослин, без зминання, розривів, затягування і висковзування їх з-під ножів.

В основі роботи різальних апаратів можуть бути використані два принципи зрізу: безпідпірний і підпірний [16, 17].

За принципом безпідпідного зрізу працюють ротаційні різальні апарати, робочі елементи яких ножі здійснюють обертальний рух, рис. 1. Високоякісний зріз рослин без підпору можливий при коловій швидкості руху різальних елементів не менше 50...60 м/с. Опір зрізуванню при цьому погашається пружністю стебел поблизу коріння і їх інерцією.

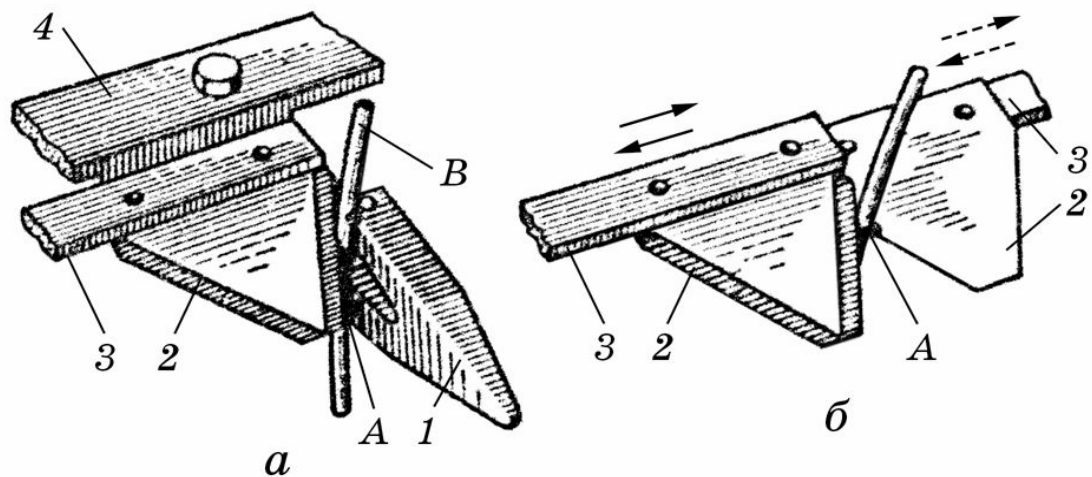
Апарати безпідпідного різання прості за будовою та надійні в роботі, але мають суттєвий недолік – разом зі зрізом в них спостерігається небажане подрібнення стебел, значні енергозатрати на одиницю площі, косарки з такими апаратами досить металоємні.



а – ротаційно-дисковий; б – ротаційно-барабанний:
1 – диск; 2 і 3 – ножі; 4 – барабан; 5 – щит

Рисунок 1 – Схема різальних апаратів безпідпідного зрізування

Принцип підпiрного зрiзування використовується в роботi сегментно-пальцевих i безпальцевих (двоножових) рiзальних апаратiв, рис. 2. Першi з них мають рiзальну пару у виглядi сегменту 2 i протирiзальної пластини пальця 1, другi, – у виглядi двох сегментiв протилежно рухомих ножiв (або при одному нерухомому).



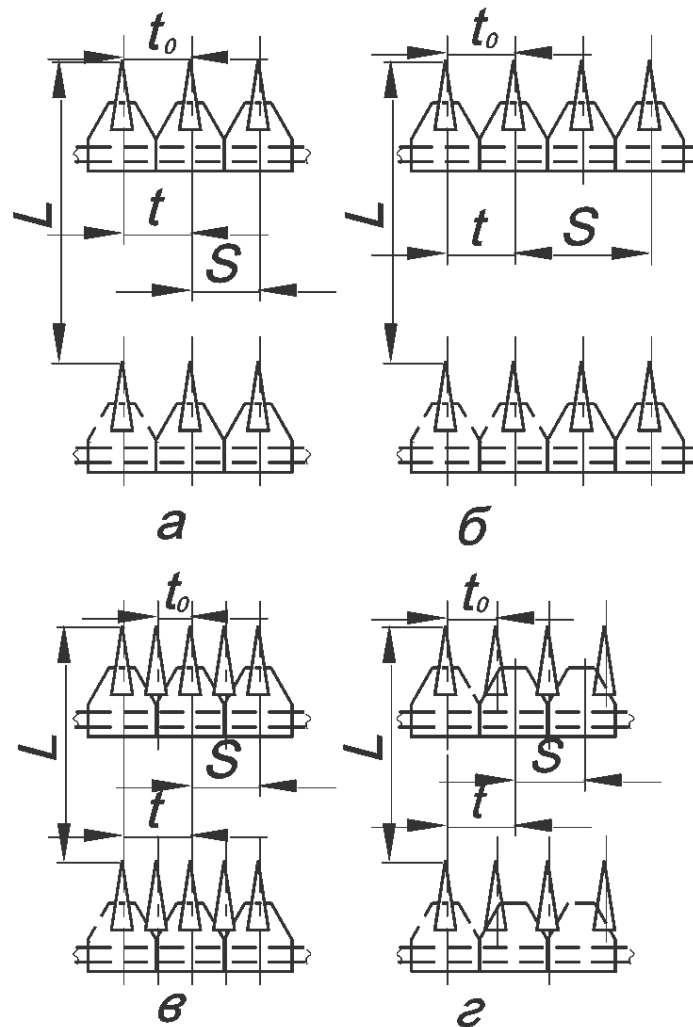
а – сегментно-пальцевий; б – безпальцевий: 1 – палець; 2 – сегмент;
3 – спинка ножа; 4 – пальцевий брус

Рисунок 2 – Рiзальнi апарати пiдпiрного зрiзування

В сегментно-пальцевих апаратах рiзальна пара – сегмент 2 (рис. 2, а) та протирiзальна пластинка пальця 1. Сегмент пiдводить рослину до протирiзальної пластинки i, затиснувши її в розхилi цих елементiв апарата, зрiзує. В момент зрiзу стебло (елемент В) опирається одночасно на протирiзальну пластинку (точка А) та на пероподiбний вiдросток, тобто на двi опори. Це зменшує iмовiрнiсть прогину стебла i тим самим пiдвищує надiйнiсть зрiзу, особливо тонкостебельних рослин, якi мають незначну жорсткiсть.

Сегментно-пальцевi рiзальнi апарати зрiзують рослини на швидкостях 1,5...3 м/с. Вони не подрiбнюють рослини та менш енергоємнi, нiж апарати безпiдпiрного зрiзування. Такi апарати знаходять широке застосування в косарках та жниварках. Але зворотньо-

поступальний рух ножа викликає знакозмінні інерційні зусилля, що обмежує значне підвищення робочих швидкостей косарок і жниварок.



а – нормального різання з одинарним пробігом ножа;

б – нормального різання з подвійним пробігом ножа;

в – низького різання; г – середнього різання

Рисунок 3 – Типи сегментно-пальцевих різальних апаратів

Типи сегментно-пальцевих апаратів. Сегментно-пальцеві різальні апарати характеризуються наступними геометричними і кінематичними параметрами (рис. 3): t – крок різальної частини (відстань між осьовими лініями сегментів); t_0 – крок протиризальної частини (відстань між

осьовими лініями пальців); S – хід ножа (переміщення ножа з одного крайнього положення в інше).

В залежності від співвідношення вказаних параметрів розрізняють апарати нормального різання з одинарним пробігом ножа, нормального різання з подвійним пробігом ножа, низького різання та апарат середнього різання.

Апарат нормального різання з одинарним пробігом ножа (рис. 3, а) має наступні співвідношення вказаних параметрів

$$t = t_0 = s = 76,2 \text{ мм.}$$

Апарат нормального різання з подвійним пробігом ножа (рис.3, б) має такі співвідношення параметрів

$$2t = 2t_0 = s = 152,4 \text{ мм.}$$

Різальний апарат низького різання (рис. 3, в) характеризується таким співвідношенням

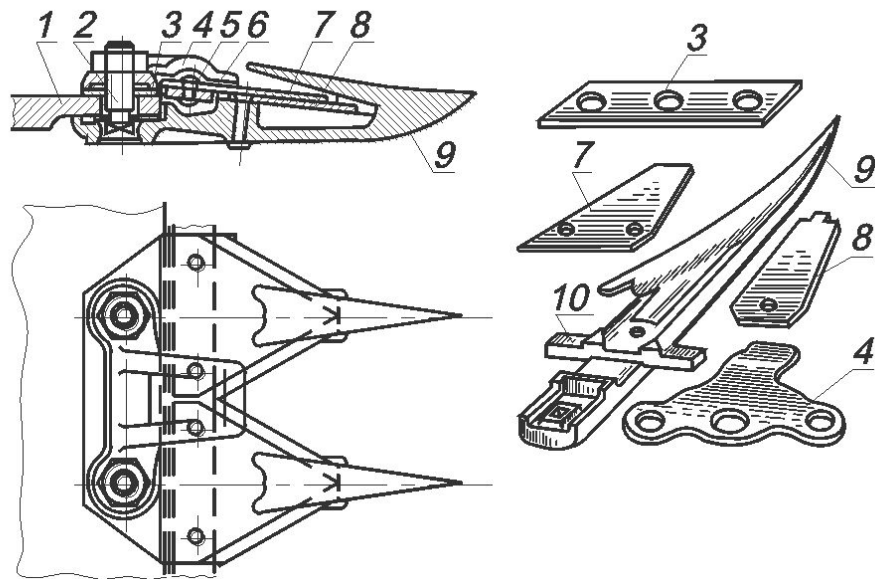
$$t = 2t_0 = s = 76,2 \text{ мм.}$$

Апарат середнього різання (рис. 3, г) має співвідношення

$$t = kt_0 = s = 76,2 \text{ мм,}$$

де $1,2 < k < 1,4$.

Конструкція різального апарата. На рис. 4 показана конструкція різального апарата сегментно-пальцевого типу. Різальна частина – сегменти 7 приклепані до спинки ножа 6. Протирізальні пластини 8 закріплені на пальці 9. Пальці болтами 2 прикручують до пальцевого бруса 1. Для надання жорсткості кріпленню, пальці оснащені підпорами 10. Або можуть спостерігатися інші конструктивні рішення [2-3].



1 – пальцевий брус; 2 – болт; 3 – пластина тертя;
 4 – притискна ланка; 5 – заклепка; 6 – спинка ножа; 7 – сегмент;
 8 – протирізальна пластина; 9 – палець; 10 – підпори
 Рисунок 4 – Сегментно-пальцевий різальний апарат

В зібраному вигляді ніж передніми основами сегментів опирається на протирізальні пластини, а задніми – на пластини тертя 3.

Кут заточування та гострота леза сегментів впливають як на затиснення і різання стебел, так і на зносостійкість леза. Чим менший кут заточування і більша гострота леза, тим більша різальна здатність сегмента. Зносостійкість характеризує інтенсивність, з якою відбувається затуплення леза. Сегменти з малим кутом заточування і з гострим лезом затуплюються швидше. Оптимальний кут складає 19...25°, а гострота леза сегмента – 25-30 мкм.

Для приводу ножа застосовують як плоскі, так і просторові механізми [1, 4, 5].

З цією метою наведемо аналіз приводних механізмів різальних апаратів сільськогосподарських машин із зворотно-поступальним рухом ножа.

Такі механізми можуть мати механічний, електричний, пневматичний, гідравлічний приводи, або їх поєднання. Нас в більшій мірі будуть цікавити механічні приводи різальних апаратів із зворотно-поступальним рухом ножа. Серед них можна виділити як найбільш прості та надійні такі типи приводів: кривошипно-повзунний і синусний, просторовий шестиланковий механізм, механізми коливної шайби, вилки і т.д. [20].

З наведеного переліку типів механізмів найпростішим та найпоширенішим є кривошипно-повзунний приводний механізм, рис. 5.

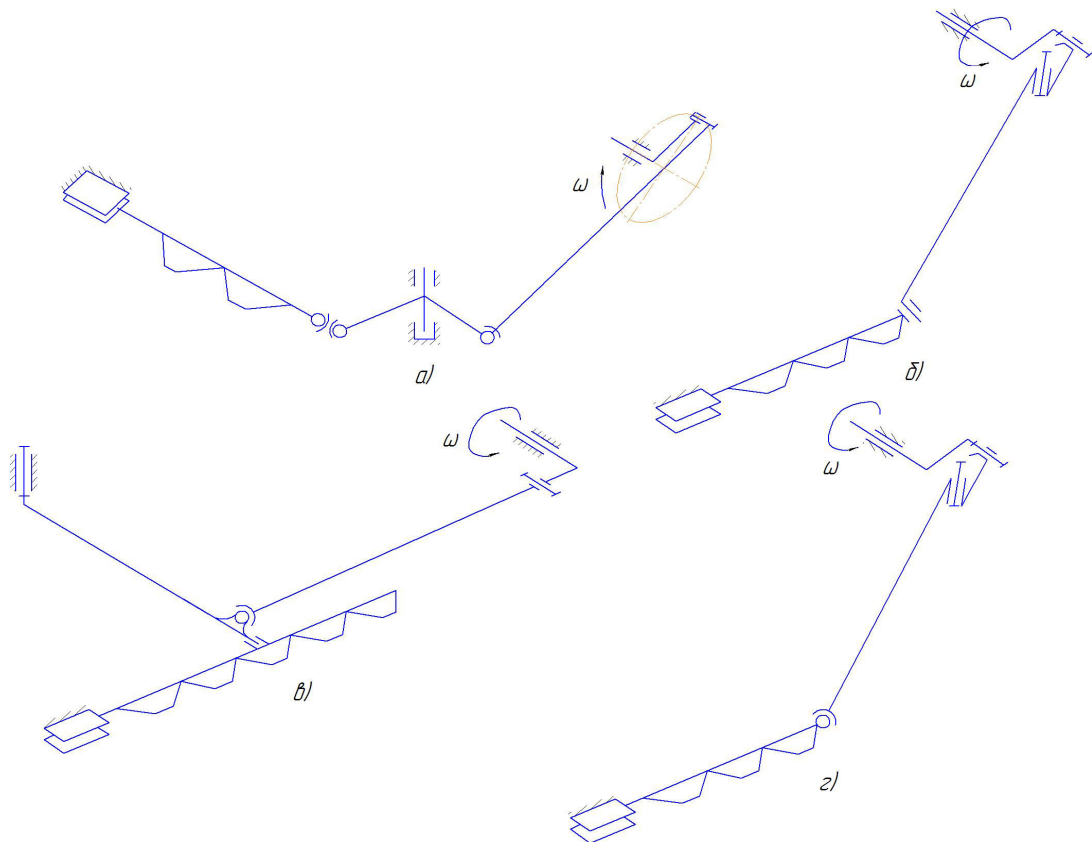


Рисунок 5 – Різні варіанти конструктивного виконання кривошипно-шатунних механізмів приводів різальних апаратів

На рис. 5, а – передача моменту для забезпечення руху ножа здійснюється за допомогою вилки, яка шарнірно одним кінцем з'єднана з ножем, а іншим – з шатуном. На рис. 5, б і г шатун з'єднано безпосередньо з ножем тільки використані різні типи з'єднувальних шарнірів. І на рис. 5, в з'єднання ножа виконано в центральній частині спинки ножа.

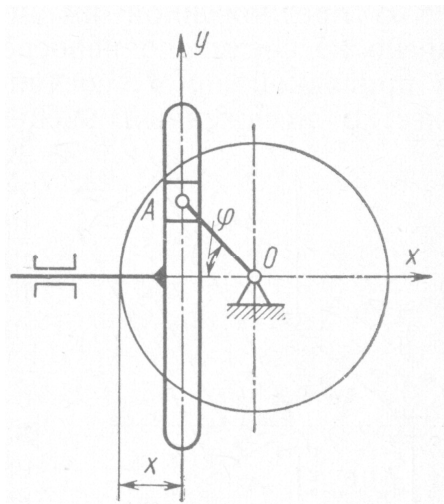


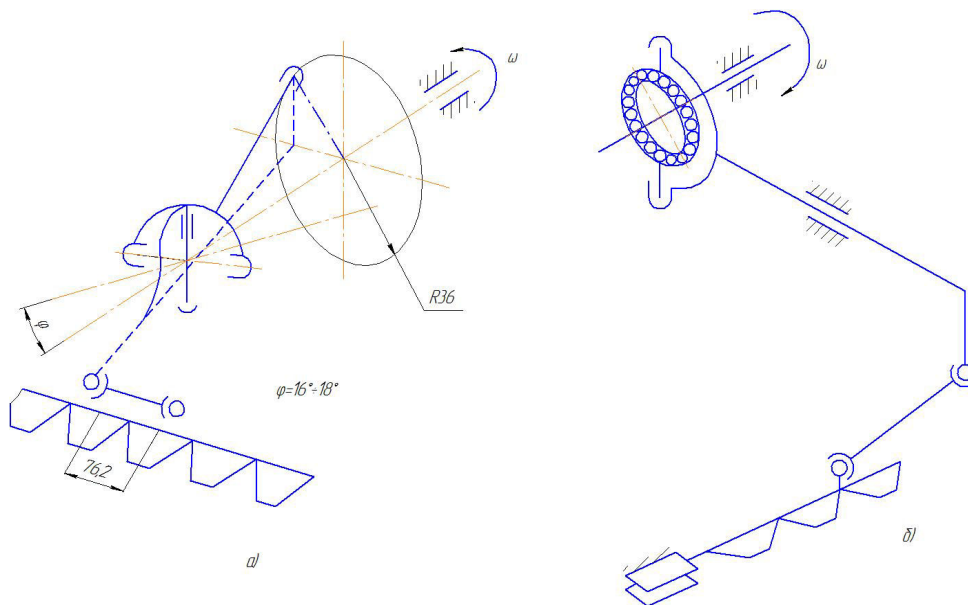
Рисунок 6 – Синусний приводний механізм

Особливістю роботи такого механізму є те, що швидкість та прискорення ножа тут змінюється за гармонійним законом коливання точки.

Питання забезпечення вигідного закону зміни швидкості та прискорення ножа дослідники вирішують по різному. Один з прикладів є надання механізму привода змінної кутової швидкості [11, 19, 20]. Звичайно, такий підхід дозволяє вирішити частину проблеми, але разом з тим ускладнюється механізм привода, що знижує його надійність та збільшує вартість.

Для привода різальних апаратів використовуються також механізми коливної шайби та коливної вилки (рис. 7), їх основною перевагою є

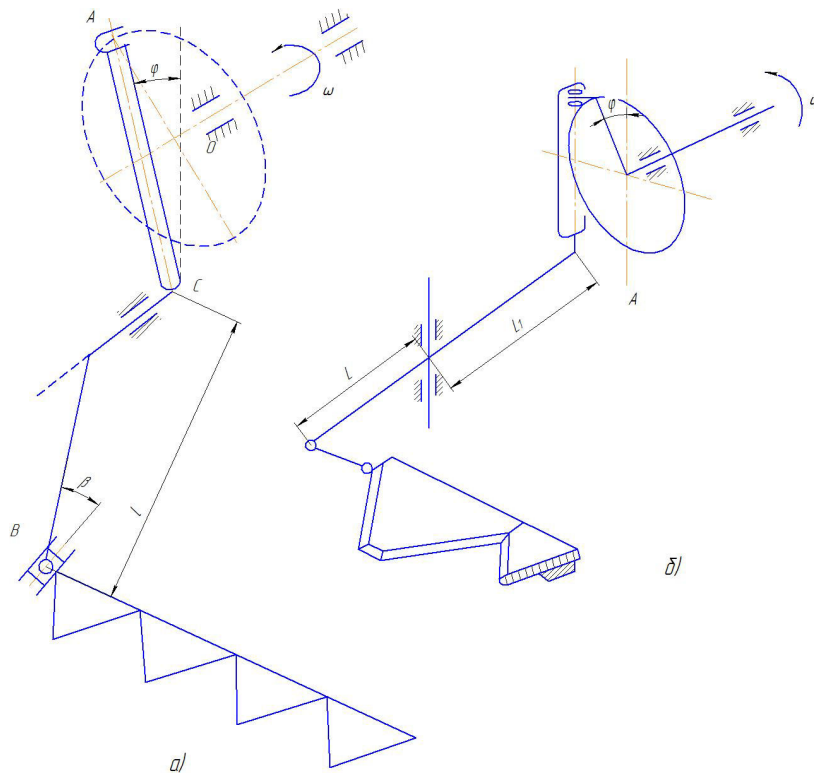
невеликі габарити. Це дозволяє такі механізми розмістити у вигідному місці з конструктивних міркувань. Проте, такі механізми привода мають суттєві недоліки: по-перше, вони є порівняно складними; по-друге, деталі таких механізмів вимагають високої точності виготовлення та монтажу; по-третє, такі механізми мають не досить високу надійність при роботі. Крім того, суттєвим недоліком ще є неможливість використовувати в їх конструкції противаги для зрівноважування сил інерції від зворотно-поступального руху ножа.



а – механізм коливної вилки; б – механізм коливної шайби
Рисунок 7 – Просторові приводні механізми

Кулісні механізми, рис. 8, використовують на косарках з фронтальним розміщенням різального апарата. У порівнянні з кривошипно-повзунним кулісний механізм є більш компактним та дозволяє своє встановлення як в центрі так і знизу пальцевого бруса [18, 20]. Недоліками таких механізмів є нерівномірність робочої швидкості ходу ножа, а його прискорення змінює свій знак та досягає значних значень. Через що виникають значні інерційні сили, які викликають суттєві вібрації всього різального апарата.

Частково вказані недоліки вирішені в кулісному механізмі з подвійним шарнірним зв'язком куліси з кривошипом, рис. 8, б. Але загальним недоліком обох розглядуваних кулісних механізмів є складність конструкції, висока точність виготовлення деталей привода тощо.



а – простий кулісний приводний механізм; б – кулісний механізм з подвійним шарнірним зв'язком куліси з кривошипом

Рисунок 8 – Приводні кулісні механізми

Розглянемо ще один тип приводних механізмів у вигляді двох спряжених коліс, рис. 9 [18]. Причому в спряженні є одне кругле колесо, а інше не кругле. Розміщення центрів коліс та положення кривошипа показані на рис. 9. При обертанні ведучого круглого колеса, яке є в постійному зачепленні з не круглим, останнє, обертаючись, приводить в дію кривошип, а через нього і шатун. Підібравши геометрію коліс, можна забезпечити необхідний закон руху ножа на ділянці різання. Також за кінематичним аналізом такого механізму встановлено, що він забезпечує

більш «м'який» закон прискорення для ножа, що суттєво знижує інерційні сили.

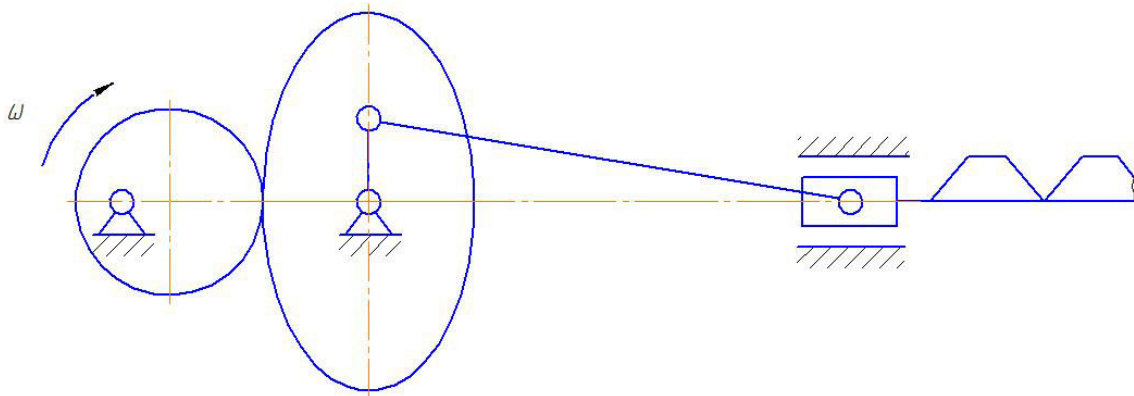


Рисунок 9 – Приводний механізм із спряженими колесами

Дуже подібним до приводного механізму із спряженими колесами є кулачковий приводний механізм.

Основним недоліком розглядуваного приводного механізму із спряженими колесами є складність реалізації представленої конструкції на практиці.

Отже, зроблений аналіз конструктивних і кінематичних особливостей приводних механізмів показує, що якість роботи різального апарата в значній мірі залежить від типу приводного механізму, який може забезпечувати той чи інший кінематичний режим роботи такого апарата. Це ж стосується і продуктивності різального апарата, яка залежить від швидкості різання.

Розглянемо кінематичні параметри приводного механізму на прикладі найпростішого – кривошипно-шатунного (кривошипно-повзунного) механізму [6-10].

3.2 Визначення ходу і кінематика ножа

У зернозбиральних машинах для приводу ножа застосовують головним чином дезаксіальні кривошипно-шатунні механізми. При цьому дезаксіал h по відношенню до радіусу кривошипа r рівний у комбайнів $(1...2)r$, у жаток $(2...3)r$, тоді як у косарок $h = (7...8)r$. В останньому випадку у зв'язку із зміною положення пальцевого бруса при копіюванні полозами рельєфу значення h постійно змінюється [16].

Визначення ходу ножа. Дезаксіал має вплив на хід ножа s і його кінематичну характеристику. Якщо і для центрального (аксіального) механізму $s = 2r$ то для зміщеного $s > 2r$. Це добре видно з рис. 10

$$s = BC_n - BC_n,$$

де

$$BC_n = \sqrt{(l+r)^2 - h^2} \text{ і } BC_n = \sqrt{(l-r)^2 - h^2}.$$

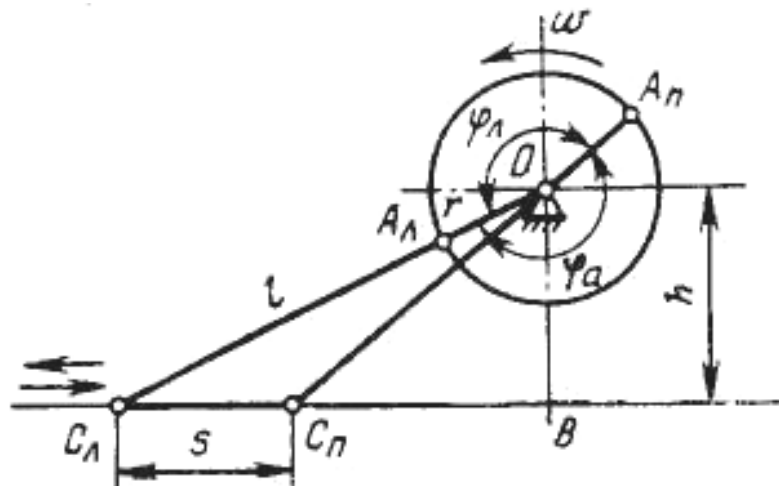


Рисунок 10 – Визначення ходу ножа різального апарату

Для комбайнів, наприклад, при $h = r$ і $l = 10r$ – хід ножа s більше $2r$ на 1%, а для косарок при $h = 7r$ і $l = 25r$ – на 7,5%.

Оскільки у відсотковому відношенні похибка кінцевого результату є невеликою, то для спрощення нехтуватимемо впливом кінцевої довжини шатуна та дезаксіала і визначимо x , ϑ і j для центрального кривошипно-шатунового механізму.

Переміщення ножа. Кривошип радіусом r (рис. 11), обертаючись з постійною кутовою швидкістю ω по ходу годинникової стрілки, за час t обернеться на кут ωt і перейде з положення A в положення A_1 . При цьому ніж переміститься на відстань $x = CB - CB_1$.

З урахуванням того, що $CB = r + l$ і $CB_1 = l \cos \alpha + r \cos \omega t$, переміщення ножа буде рівне

$$x = r(1 - \cos \omega t) + l(1 - \cos \alpha).$$

Оскільки $A_1D = r \sin \omega t = l \sin \alpha$,

то

$$\sin \alpha = r \sin \omega t / l,$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - (r/l)^2 \sin^2 \omega t}.$$

Для існуючих механізмів відношення $r:l = 0,1 \dots 0,04$. Тому без великої похибки можна прийняти $\cos \alpha = 1$.

Тоді отримаємо наступну залежність переміщення ножа від кута повороту кривошипа

$$x = r(1 - \cos \omega t). \quad (1)$$

Якщо, скориставшись тим же рисунком, розмістимо в точці A початок прямокутних координат з осями X і Y , то і для проекції пальця

кривошипа A_1 на лінію отримаємо таке ж рівняння (1), яке буде рівнянням правильного гармонійного коливання.

Швидкість і прискорення ножа. Продиференціювавши рівняння (1) за часом, отримаємо рівняння, що визначає швидкість ножа залежно від часу t або кута повороту кривошипа ωt .

Друга похідна цього рівняння виражає значення прискорення ножа.

Якщо відлік кутів повороту кривошипа проводити не від горизонтального його положення, а від вертикального (від осі Y), то рівняння переміщення, швидкості і прискорення ножа приймають вигляд

$$x = r \sin \omega t, \quad (2)$$

$$\vartheta = r\omega \cos \omega t, \quad (3)$$

$$j = -r\omega^2 \sin \omega t, \quad (4)$$

З приведених залежностей виходить, що швидкість ножа пропорційна ω і r , а прискорення пропорційне радіусу і квадрату кутової швидкості. Максимального значення воно досягає при крайніх (мертвих) положеннях ножа.

Піднявши праву і ліву частину рівняння (3) до квадрату, після нескладних перетворень виразимо швидкість ножа залежно від переміщення його від середнього положення $\vartheta = f(x)$

$$\vartheta^2 = r^2\omega^2 - x^2\omega^2$$

або

$$\vartheta^2 / (r\omega)^2 + x^2 / r^2 = 1. \quad (5)$$

Останнім виразом є еліпс. Таким чином, графік зміни швидкості ножа визначається еліпсом з півосями r і ωr , центр якого співпадає з центром кривошипного валу.

Для побудови еліптичного графіка $\vartheta = f(x)$ приймають відношення масштабів для швидкостей і переміщень $M_v / M_x = 1/10; 1/20; 1/30$ і так далі. Якщо ж взяти як окремий випадок це відношення рівним $1/\omega$, то отримаємо півколо на діаметрі, рівному ходу ножа s , з центром в точці O (рис. 12).

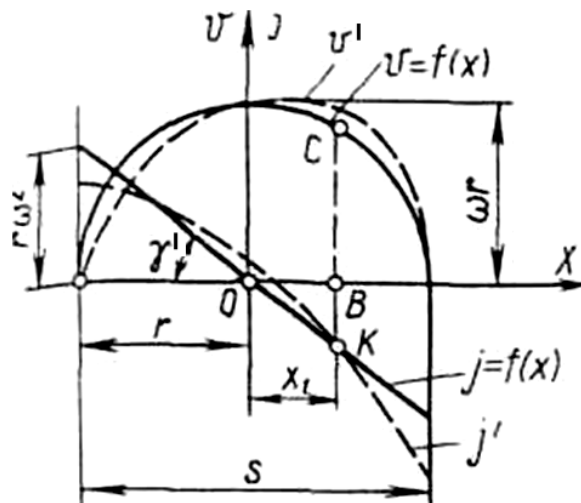


Рисунок 12 – Графіки швидкості та прискорення залежно від переміщення ножа

При переміщенні ножа на x_1 швидкість його визначатиметься ординатою BC .

Якщо через точку O проведемо пряму під кутом γ' до горизонтальної осі, то за умови, що $\text{tg}\gamma' = -\omega^2$, вона відповідатиме рівнянню (4), що виражає прискорення $j = f(x)$. При визначенні кута нахилу прямої треба враховувати прийняті масштаби прискорень і переміщень M_j і M_x .

$$tg\gamma' = -\frac{\omega^2 M_j}{M_x}. \quad (6)$$

Для вказаного вище переміщення ножа x_1 значення прискорення визначається ординатою *BK*.

Характер залежності $\vartheta' = f(x)$ і $j' = f(x)$ для дезаксіального механізму показаний на рис. 12 пунктирними лініями. Максимальна швидкість в цьому випадку на 7...9% більше, ніж у центрального механізму. Різниця відхилень максимальних прискорень не перевищує 7%. Зсув між максимальними значеннями швидкостей і прискорень для механізмів цих типів за кутом повороту кривошипа складає 16... 18⁰.

Зважаючи на невелику відмінність в кінематичних показниках центрального і зміщеного механізмів, розрахунок параметрів різального апарату можливо вести, виходячи з розгляду найпростішого з них – центрального.

Коментар

Після запису кінематичних параметрів приводного механізму різального апарату та розрахунків їх числових значень представляємо візуально результати.

На рис. 13 показано переміщення ножа протягом одного оберту кривошипа або двох його робочих ходів за залежністю (1) при відрахуванні ходу ножа від горизонтального положення кривошипа $x = r(1 - \cos \omega t)$.

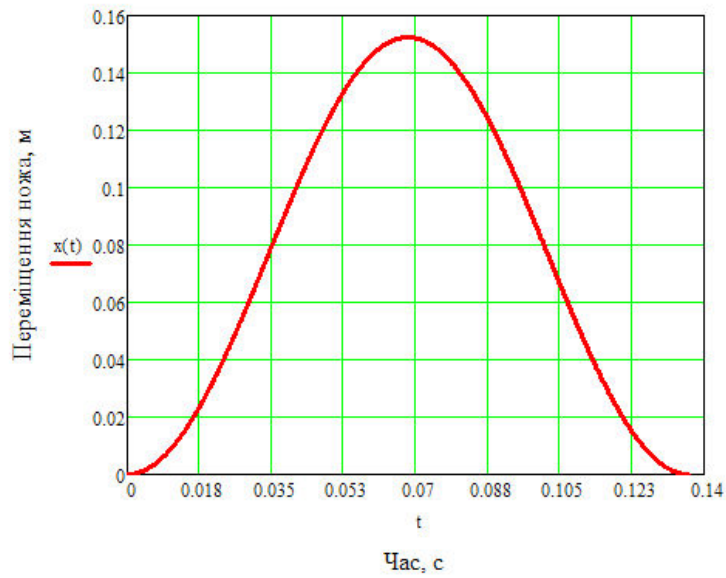


Рисунок 13 – Переміщення ножа

Швидкість ножа – перша похідна переміщення ножа (1) за часом t , $v = r \cdot \omega \cdot \sin \omega t$ (відлік від горизонтальної осі), показана на рис. 14.

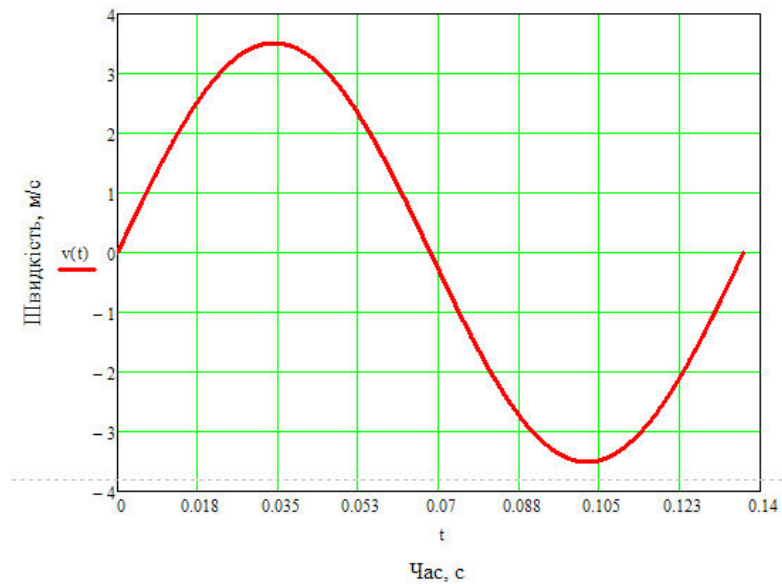


Рисунок 14 – Швидкість ходу ножа

Прискорення ножа – друга похідна переміщення ножа (1) за часом t , $j = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t$ (відлік від горизонтальної осі), показана на рис. 15.

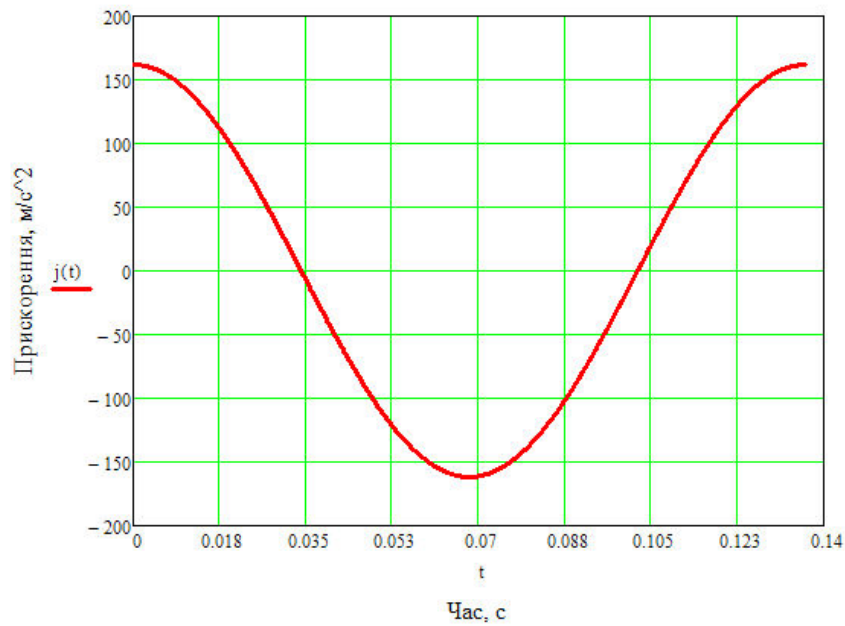


Рисунок 15 – Прискорення ножа

З розрахунків та за графіками встановлено, що максимальна швидкість ножа становить $v_{\max} = 3,51$ м/с, прискорення – $j_{\max} = 161,8$ м/с².

3.3 Траєкторія абсолютного руху точок ножа

Ніж різального апарату бере участь в двох рухах – в переносному разом з машиною із швидкістю ϑ_m і відносному з швидкістю, що визначена за залежністю (3). За час повороту кривошипа на кут $\omega t = \pi$ сегменти ножа перемістяться з крайнього лівого положення в крайнє праве, пройшовши у відносному русі шлях $s = 2r$. А в переносному русі разом з машиною пересунуться на відстань L , яка рівна

$$L = \vartheta_m t \text{ або } L = \vartheta_m \frac{\pi}{\omega}. \quad (7)$$

Шлях L , який проходить машина за час половини оберту кривошипа, називають подачею.

Складаючи геометрично переміщення ножа у напрямі переносного і відносного руху, можна побудувати траєкторію абсолютного руху якої-небудь точки A сегменту (рис. 16). Для цього зображені на кресленні в масштабі півколо радіусу r і відрізок L (подача) розбивають на однакову кількість частин. Точка A , переміщаючись на x_1 , в переносному русі пройде шлях 0-1, а переміщаючись на x_2 – шлях 0-2 і т.д. Точки перетину проєкцій однойменних точок належатимуть траєкторії абсолютного руху точки A . Інші точки сегменту здійснюватимуть рух за аналогічними траєкторіями.

При зворотному ході ножа точки сегменту з правого положення перейдуть в ліве, здійснивши рух за такими ж траєкторіями. Неважко переконатися, що їх рух відбувається по синусоїдальних кривих.

Для сучасних збиральних машин подача L частіше за все рівна 50...80 мм.

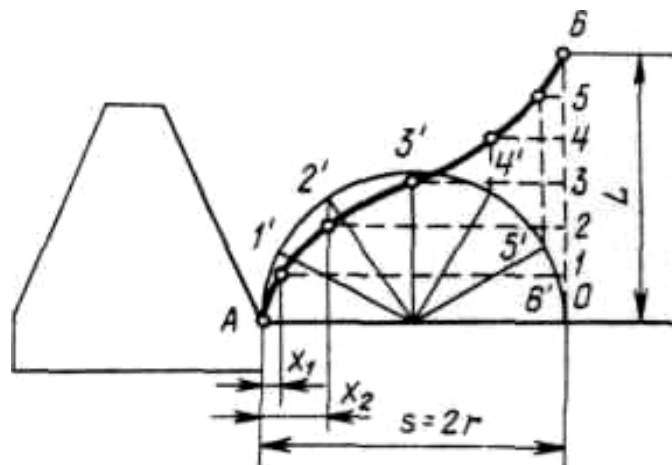


Рисунок 16 – Побудова траєкторії абсолютного руху точки ножа

Коментар

Підставляючи конкретні дані вказаного різального апарату, а саме поступальну швидкість агрегату, отримуємо траєкторію абсолютного руху будь-якої точки леза сегмента, рис. 17.

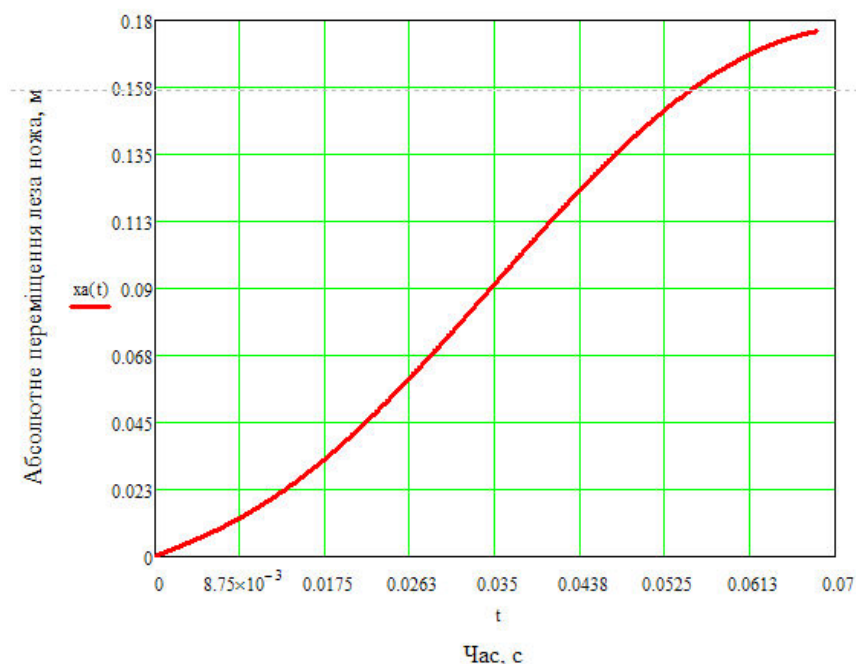


Рисунок 17 – Траєкторія абсолютного руху будь-якої точки леза сегмента

Побудову траєкторії можна виконувати будь-яким зручним способом чи із застосуванням прикладних програм.

3.4 Умова защемлення стебел різальною парою

Для високоякісного зрізу необхідна умова, при якій відсутнє виштовхування стебел з різальної пари. Визначимо цю умову (рис. 18) [12, 16].

Граничний кут $\gamma = \alpha_1 + \alpha_2$ різальної пари, при якому не відбувається висковзування стебла, називається кутом защемлення (затискання).

Позначимо: φ_1 і φ_2 – кути тертя і N_1 і N_2 – нормальні реакції на стебло з боку леза сегменту і протирізальної пластини.

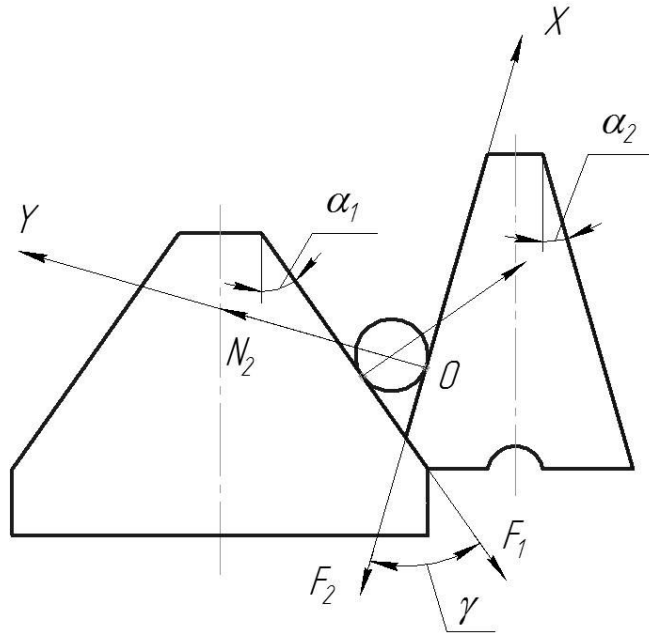


Рисунок 18 – Обґрунтування кута защемлення стебел

Сили тертя, що виникають між стеблом і лезами різальної пари, будуть рівні

$$F_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 \text{ і } F_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2.$$

Прийнявши напрям осі OX прямокутної системи координат по лінії леза протирізальної пластини, а осі OY по лінії дії сили N_2 , запишемо умову рівноваги стебла

$$\left. \begin{aligned} \sum X &= N_1 \sin \gamma - F_2 - F_1 \cos \gamma = 0; \\ \sum Y &= N_2 - F_1 \sin \gamma - N_1 \cos \gamma = 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Щоб не було висковзування стебла, необхідно дотримувати умову

$$F_2 \geq N_1 \sin \gamma - F_1 \cos \gamma$$

або

$$N_2 \operatorname{tg} \varphi_2 \geq N_1 \sin \gamma - N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \gamma . \quad (9)$$

З другого рівняння (8)

$$N_2 = N_1 \cos \gamma + F_1 \sin \gamma = N_1 \cos \gamma + N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \gamma$$

або

$$N_2 = N_1 (\cos \gamma + \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \gamma) . \quad (10)$$

Підставивши одержаний вираз для N_2 в нерівність (9), будемо мати

$$\cos \gamma \operatorname{tg} \varphi_2 + \sin \gamma \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 \geq \sin \gamma - \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \gamma .$$

Після перетворення знаходимо, що

$$\operatorname{tg} \gamma \leq \operatorname{tg} (\varphi_1 + \varphi_2) .$$

Звідси

$$\gamma \leq \varphi_1 + \varphi_2 .$$

Отже, умова защемлення стебел в розхилі різальної пари матиме вигляд

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2 . \quad (11)$$

Залежно від вологості рослин сума кутів їх тертя об гладкі леза різальної пари знаходиться в межах $20 \dots 35^\circ$ для пшениці та жита і $25 \dots 60^\circ$

для трав. Для сегментів з насічкою значення кутів збільшують на 30...50%.
У зв'язку з цим кут γ різальної пари приймають рівним 30...45°.

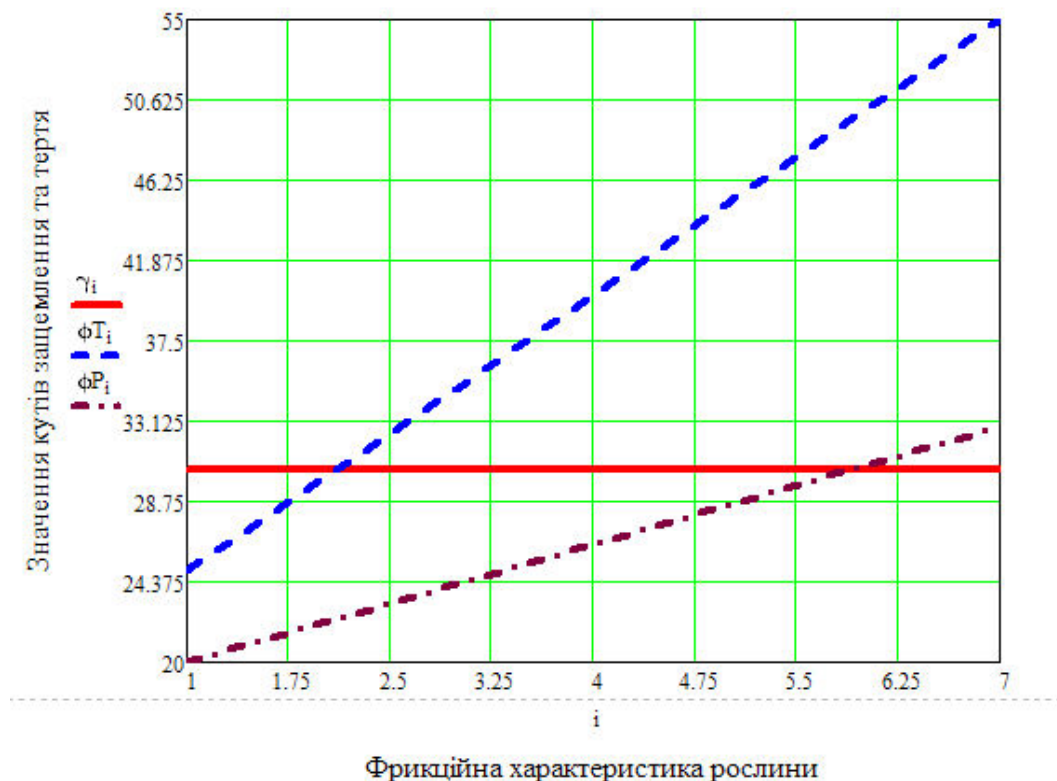
Після того, як відбудеться защемлення стебла в різальній парі, воно починає переміщатися разом з машиною і якість його зрізання залежатиме тільки від відносної швидкості ножа.

Коментар

Для даної різальної пари за умовою затискання стебел в розхилі різальної пари сумарний кут розхилу (кут защемлення) (11) становитиме

$$\gamma = 29^\circ + 1^\circ 30' = 30^\circ 30'.$$

Проілюструємо діапазон роботи даної різальної пари в залежності від фізичного стану рослин, їх фрикційних властивостей, рис. 19.



γ_i – розхил даної різальної пари; ϕP_i – кути тертя пшениці та жита;
 ϕT_i – кути тертя трав

Рисунок 19 – Порівняльна характеристика кутів защемлення та тертя матеріалів, що зрізаються

3.5 Робочі швидкості різання

Швидкість різання, яка визначається швидкістю руху ножа збиральної машини, можна характеризувати середнім її значенням. Проте для аналізу умов різання краще скористатися її значенням в процесі різання, тобто визначити робочі швидкості. Вони для апаратів різних типів неоднакові.

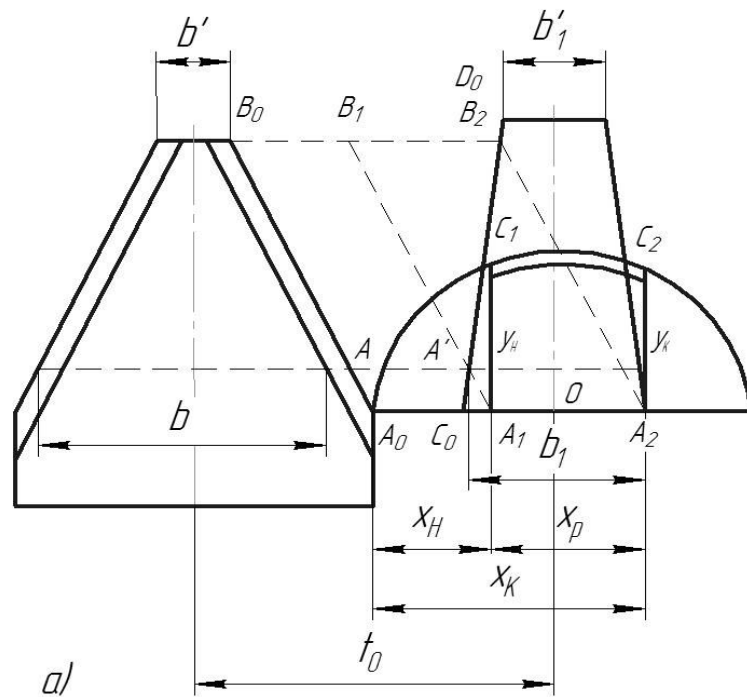
Виходитимемо з положення, що ніж перерізує стебла біля кромки пальця, і знайдемо значення швидкостей на початку і кінці різання.

Побудуємо графік швидкості ножа, віднесеної до його переміщення x , узявши масштаб швидкостей $M_9 = \omega$ в м/с на 1 мм (рис. 20, *a*). Для цього від вибраної точки A_0 відкладаємо відрізок $A_0O=r$ і з точки O радіусом кривошипа r проводимо півколо [16].

При переміщенні сегмента зліва направо на шляху x_n його ріжуча кромка A_0B_0 підводитиме рослини до лівої кромки C_0D_0 протирізальної пластини. Частина леза A_0A через перекриття відростками пальців на стебла не впливає. Як тільки точка A леза сегмента A_0B_0 торкнеться кромки C_0D_0 , почнеться процес зрізання стебел. Точка A_0 при цьому переміститься в положення A_1 , тому швидкість початку різання ϑ_n в прийнятому масштабі визначиться відрізком $y_n = A_1C_1$ і буде $\vartheta_n = y_n M_9$.

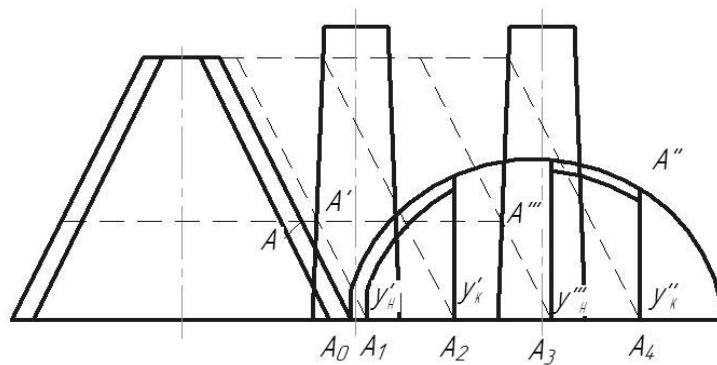
Різання закінчиться в той момент, коли ніж переміститься на відрізок x_k і верхня точка B_0 різальної кромки перейде в положення B_2 . Оскільки за той же час точка A_0 опиниться в положенні A_2 , швидкість кінця різання ϑ_k визначиться відрізком $y_k = A_2C_2$, тобто буде $\vartheta_k = y_k M_9$. Отже, процес різання рослин проходить в той період, коли точка A сегменту переміщається на ділянці $x_p = x_k - x_n$. Робочі швидкості різання у

апаратів нормального різання близькі до максимального значення швидкості ножа.



a/

Середній Крайній



б/

a – нормального різання; *б* – низького різання

Рисунок 20 – Визначення робочих швидкостей різання апаратів

У апаратів низького різання (рис. 20, б) зрізання стебел відбувається біля середнього і крайнього пальців. Швидкості ϑ'_H і ϑ''_H початку різання біля середнього і крайнього пальців відповідно складають

$$\vartheta'_n = y'_n M_\vartheta \text{ і } \vartheta''_n = y''_n M_\vartheta,$$

а швидкості кінця різання

$$\vartheta'_k = y'_k M_\vartheta \text{ і } \vartheta''_k = y''_k M_\vartheta.$$

Як випливає з приведеного, різання відбувається з непостійною робочою швидкістю. Особливе побоювання викликає низька швидкість ($\leq 0,5$ м/с) початку різання біля середнього пальця, що може служити причиною неякісного зрізу стебел у цей момент і забивання різального апарату. Зменшення ширини пальців від 25 до 18 мм дозволяє довести початкову швидкість різання біля середнього пальця до 0,7...0,8 м/с. Для підвищення працездатності таких апаратів, крім того, потрібне більш ретельне регулювання зазорів і заточування лез.

Щоб забезпечити необхідні робочі швидкості різання і якісну роботу різального апарату, необхідно середню швидкість руху ножа ϑ_{cp} погоджувати із швидкістю поступального руху машини ϑ_m . Найкращий технологічний ефект роботи, наприклад, тракторних косарок визначається співвідношенням $\vartheta_{cp} = (1,25...1,30)\vartheta_m$.

Значення робочих швидкостей різання залежить також від того, відцентрований ніж чи ні. Ніж вважається відцентрованим, якщо осьові лінії пальців і сегментів в крайніх положеннях співпадають або зміщені на однакові відрізки в протилежні сторони. Якщо цей зсув для двох крайніх положень ножа неоднаковий, то швидкість кінця різання при прямому ході та початку різання при зворотному буде менше, ніж в апараті з центрованим ножом. При зсуві ножа апарату нормального різання від центрального положення на 5...10 мм швидкість кінця різання буде

нижчою на 30...40% у порівнянні з центрованим ножом, а в апаратах нормального різання з некратним пробігом ножа – на 57...70%. В апаратах низького різання зсув ножа на 3 мм призводить до швидкості початку різання біля середнього пальця, рівної нулю. Тому для забезпечення високоякісної роботи різального апарату центрування ножа обов'язкове.

Коментар

Продемонструємо величину робочої швидкості ножа в залежності від його переміщення. Визначимо графічно (зобразивши в масштабі) активну ділянку різання та холосте переміщення ножа в залежності від геометрії заданої різальної пари, рис. 21.

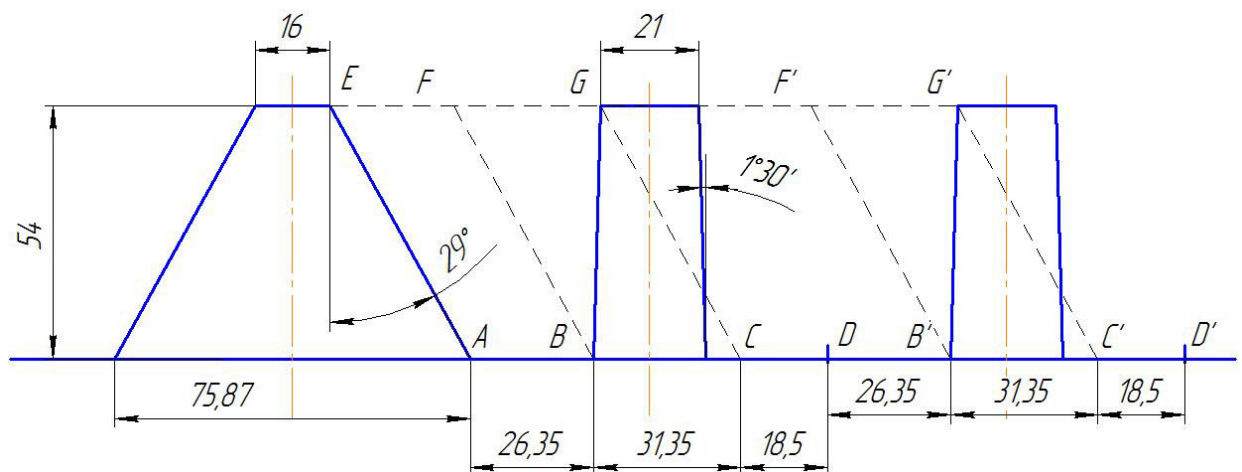


Рисунок 21 – Графічне визначення активної ділянки різання

За проведеним дослідженням встановлено: величина активної ділянки різання рівна 62,7 мм, холосте переміщення «до» – 52,7 мм, «після» – 37 мм.

За отриманими результатами встановимо величину робочої швидкості різання лезом сегмента на початку ділянки різання, максимальну швидкість та швидкість в кінці ділянки різання, рис. 22.

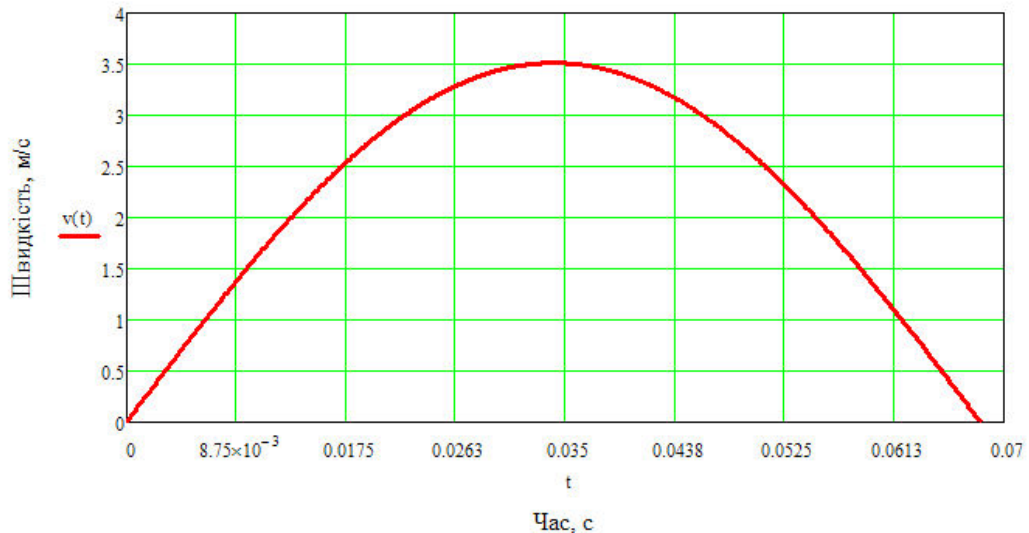


Рисунок 22 – Визначення величини робочої швидкості різання лезом сегмента

Значення швидкостей наступні: робоча швидкість різання лезом сегмента на початку першої ділянки різання – 3,27 м/с, другої – 3,28 м/с; максимальна швидкість – 3,51 м/с та швидкість в кінці першої ділянки різання – 3,42 м/с; в кінці другої – 2,32 м/с.

3.6 Площа подачі та навантаження на лезо

Площа подачі – площа поля, на якій відбувається зріз стебел одним ножовим сегментом за один хід ножа.

Побудуємо для апарату нормального різання графік пробігу активних лез ножа (рис. 23), що дозволяє бачити, що лезо C_1D_1 пробігає площадку $D_1C_1C_2D_2$ [12, 16]. На заштрихованій площадці стебла вже зрізали лезом AB при ході ножа вліво. Частина площі лезо проходить після зустрічі з протиріжучою пластиною.

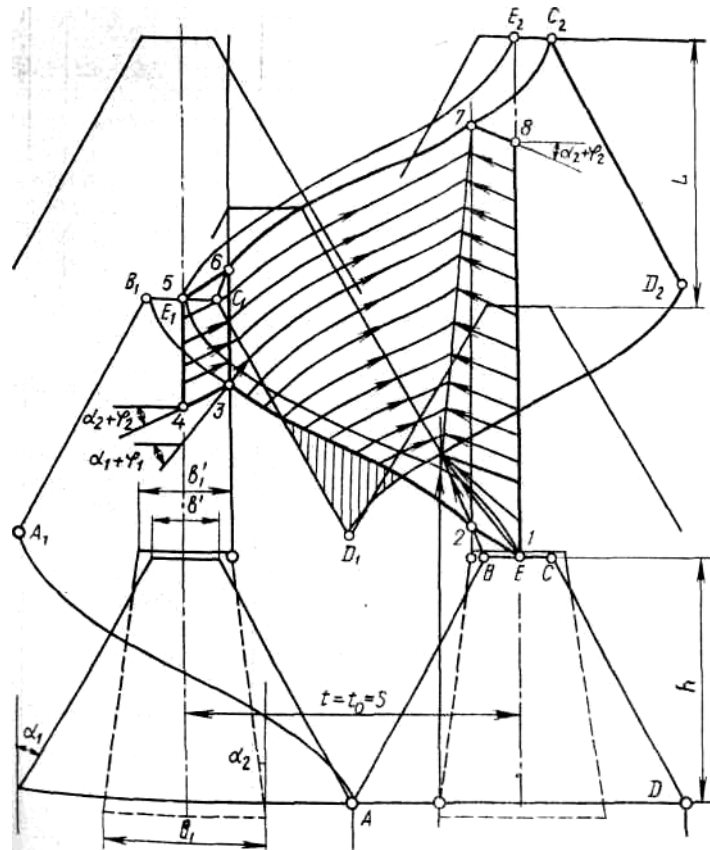


Рисунок 23 – Графік проходу активних лез ножа

Площа подачі S формою може бути у вигляді фігури 1-2-3-4-5-6-7-8, обмеженою ламаною кривою, де ділянки 1-2, 4-3, 5-6 і 8-7 за напрямком залежать від кута α_2 і кута тертя стебел об кромку протирізальної пластини φ_2 , а ділянки 2-3 і 6-7 є частиною косинусоїд, описуваних точками B і C_1 .

Після ділянки 4-3 відбувається подальше відхилення стебел сегментом під кутом, рівним сумі кутів α_1 і φ_1 .

Дана фігура рівновелика фігурі EE_1E_2 , яка обмежена косинусоїдою, описуваною середньою точкою E передньої основи сегменту. Враховуючи відносний і переносний рух ножа, що характеризується рівняннями

$$x = r(1 - \cos \omega t) = r(1 - \cos \varphi)$$

$$y = \frac{L\omega t}{\pi} = \frac{L\varphi}{\pi},$$

визначимо площу подачі

$$S = \int_0^{2\pi} x dy = \int_0^{2\pi} r(1 - \cos\varphi) \frac{L}{\pi} d\varphi = \frac{Lr}{\pi} |\varphi - \sin\varphi|_0^{2\pi} = 2Lr$$

або

$$S = Ls. \quad (12)$$

Формула (12) справедлива і для різальних апаратів інших типів. Її можна записати:

- для апарата нормального різання

$$S = Ls = Lt_0 = Lt;$$

- для апарата нормального різання з подвійним ходом ножа

$$S = Ls = 2Lt_0 = 2Lt;$$

- для апарата низького різання

$$S = Ls = 2Lt_0 = Lt.$$

Розрахункове навантаження на лезо – найбільша частина площі подачі, на якій сегмент зрізує рослини за один хід ножа біля одного з пальців.

Площа навантаження S_n на лезо визначається типом апарату і пов'язана з площею подачі S залежністю

$$S_n = kS. \quad (13)$$

Якщо для спрощення вважати, що в апарата нормального різання всі стебла з площі, обмеженою косинусоїдою EE_1E_2 , зрізуються за один хід ножа біля одного пальця, то $S_n = S$ і $k = 1$.

В апаратах нормального різання з подвійним пробігом ножа і низького різання середній палець ділитиме цю площу на дві нерівні частини S'_n і S''_n .

Кількість стебел, що зрізуються активним лезом біля середнього пальця, неоднакова з кількістю стебел, що зрізуються тим же лезом біля крайнього пальця. В апарата низького різання навантаження біля середнього пальця складає $S'_n = 0,23S$, а біля крайнього $S''_n = 0,68S$.

Апаратом з подвійним пробігом ножа стебла з площі подачі F зрізуються лезами двох сегментів біля середнього і крайнього пальців. Тому навантаження відповідно рівні: $S'_n = 0,23S$ і $S''_n = 0,68S$. Отже, коефіцієнт $k = 0,68$ для апарату низького різання і $k = 0,32$ для апарату з подвійним пробігом ножа.

З наведеного видно, що максимальні навантаження мають апарати нормального різання з одинарним пробігом ножа, а мінімальні – з подвійним пробігом ножа.

Питоме навантаження – це площа S_0 , на якій зрізуються стебла одним сантиметром робочої довжини леза сегменту. Для косарок $S_0 = 6...7 \text{ см}^2$, для зернозбиральних машин $S_0 = 8...9 \text{ см}^2$.

Навантаження на лезо можна характеризувати також числом рослин, що зрізуються ним. Наприклад, при $L = 70 \text{ мм}$, $s = 76,2 \text{ мм}$ і густині рослин зернових культур 800 на 1 м^2 одержуємо $S = 53,3 \text{ см}^2$ і число рослин, що зрізуються лезом сегмента апарата нормального різання при

кожному робочому ході, не менше чотирьох-п'яти. Враховуючи нерівномірність розподілу рослин, розрахункове число стебел, що зрізуються лезом, в цьому випадку можна вважати рівним восьми-десяти.

3.7 Сили, що діють на ніж

Під час роботи ніж різального апарату знаходиться під впливом сили опору зрізу R , сили інерції ножа P і сили тертя ножа F .

Сила R залежить від площі навантаження S_n і густини стеблестою, а також від технологічних властивостей рослин.

Оскільки ця робота виконується при переміщенні x_p ножа від початку до кінця різання, то для апарату нормального різання, що має z сегментів, можна записати вираз для середнього значення сили опору зрізу

$$R_{cp} = \frac{kS_n z}{x_p}. \quad (14)$$

Сила інерції P визначається масою m_n ножа і його прискоренням j . З врахуванням (1) і (4) сила інерції залежно від переміщення ножа може бути виражена так

$$P = m_n r \omega^2 \left(1 - \frac{x}{r}\right). \quad (15)$$

Максимальне її значення буде при $x = 0$ і $x = 2r$.

Сила тертя F складається з сили тертя F' від сили ваги ножа і сили тертя F'' від дії шатуна

$$F = F' + F'' .$$

Сила тертя від сили ваги ножа

$$F' = fG_n, \quad (16)$$

де G_n – сила ваги ножа, визначена із розрахунку його довжини і сили ваги на 1 м ножа, рівної 20...22 Н; f – коефіцієнт тертя, рівний 0,25...0,3.

Сила тертя від дії шатуна залежить від нормальної сили $N_0 = (R_{cp} + P + F) \operatorname{tg} \alpha$ (рис. 24) і коефіцієнта тертя

$$F'' = fN_0,$$

але

$$N_0 = (R_{cp} + P + F' + F'') \operatorname{tg} \alpha = (R_{cp} + P + fG_n + fN_0) \operatorname{tg} \alpha .$$

Отже,

$$N_0 = \frac{(R_{cp} + P + fG_n) \operatorname{tg} \alpha}{1 - f \operatorname{tg} \alpha},$$

тоді

$$F'' = f \frac{(R_{cp} + P + fG_n) \operatorname{tg} \alpha}{1 - f \operatorname{tg} \alpha}. \quad (17)$$

Задаючись кутом α , знаходимо для різних переміщень ножа значення сили F'' .

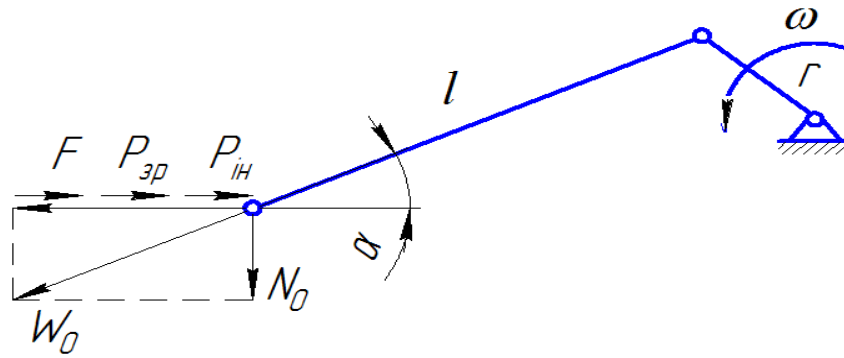


Рисунок 24 – До визначення сили тертя

Результуюча сила опору руху ножа

$$R_0 = R_{cp} + P + F . \quad (18)$$

Її значенням користуються при розрахунку пальця кривошипа, механізму передач і потрібної потужності.

Для розрахунку спинки ножа використовують зусилля, що визначається за формулою

$$R_0 = P_{\max} + R'_0 = \left(m_n + \frac{m_{ш}}{3} \right) r \omega^2 + q_0 l , \quad (19)$$

де m_n – маса ножа, кг; $m_{ш}$ – маса шатуна, кг; r – радіус кривошипа, м; ω – кутова швидкість кривошипа, s^{-1} ; l – довжина ножа, м; q_0 – питомий опір різанню і тертю, приймається 750 Н/м.

3.8 Визначення потужності для переміщення ножа

Потужність, необхідна для подолання опору різанню стебел, тертя і сил інерції ножа, може бути визначена за залежністю

$$N = \frac{R_0 \vartheta}{1000}, \quad (20)$$

де R_0 – сила опору руху ножа, Н; ϑ – швидкість ножа, м/с.

3.9 Визначення продуктивності агрегату

Підсумовуючи ефективність роботи косарки, розрахуємо годинну продуктивність агрегату в цілому за залежністю [8]

$$W = 0,19_{\text{м}} \cdot B \cdot \tau, \quad (21)$$

де W – годинна продуктивність агрегату, га/год;

$\vartheta_{\text{м}}$ – дійсна робоча поступальна швидкість машини, км/год;

B – конструктивна ширина захвату косарки, м;

τ – коефіцієнт використання ширини захвату косарки, прийняти

$\tau = 0,95$ м.

4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

4.1 Оформлення розрахунково-пояснювальної записки

Пояснювальну записку до курсового проєкту оформляють згідно ДСТУ 3008:2015 «Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення» [14].

Мова записки – державна, стиль – науковий, чіткий, без орфографічних і синтаксичних помилок, послідовність логічна. Пряме переписування матеріалів із літературних джерел у роботі неприпустиме.

Пояснювальну записку проєкту виконують машинописним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом на одному боці аркушів білого паперу формату А4 з кутовими штампами за формами відповідно до вимог діючих ГОСТів та ДСТУ. Дозволяється виконувати пояснювальну записку рукописним способом у *чорному кольорі*.

Текстовий матеріал при виконанні пояснювальної записки комп'ютерним способом друкувати через 1,5 міжрядкового інтервалу, текст вирівнювати по ширині аркуша (Текстовий редактор – Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, розмір шрифту – 14; не більше 40 рядків на сторінці).

При виконанні текстового матеріалу рукописним способом текст має бути виконаний креслярським шрифтом згідно з ГОСТом 2.304-81 з висотою букв і цифр не менше 2,5 мм. Цифри і букви необхідно писати чітко, виконати в *чорному кольорі*.

Помилки і графічні неточності допускається виправляти заклеюванням, підчищуванням або замальовуванням білою фарбою з наступним внесенням виправленого тексту.

Пошкодження листів текстових документів, забруднення,

неповністю знищені сліди попереднього тексту – *не допускаються*.

При вписуванні слів, формул, знаків у надрукований текст, вони мають бути чорного кольору; щільність вписаного тексту має максимально наближуватися до щільності основного зображення.

Виправлення мають бути *чорного кольору*.

У тексті записки обов'язковими є посилання на використані літературні та інші джерела. Після згадки (цитати) проставляють у квадратних дужках номер джерела, під яким воно записане у бібліографічному списку (переліку посилань) і, у випадку необхідності, сторінки, наприклад, [9] або [1, с.88].

Текст записки розміщувати на аркушах з дотриманням таких розмірів полів: з лівого боку – не менше 25 мм, з правого – не менше 10 мм, згори та знизу – не менше 25 мм.

Пояснювальну записку починають з титульного аркуша (додаток А), який повинен містити назву Міністерства, вищого навчального закладу та кафедри; тему проєкту; посаду, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по-батькові керівника проєкту; групу, прізвище, ім'я, по-батькові автора проєкту, місто і рік виконання.

Нумерація сторінок пояснювальної записки – наскрізна до додатків. Відлік починати з титульної сторінки, але номер її на титульній не ставити. Нумерацію сторінок без крапки після неї проставляють, як правило, у нижньому полі колонтитулу посередині або справа.

Додатки нумерувати окремо і вшивати в кінці записки.

Завдання до курсового проєкту (додаток Б) є другим аркушем записки та містить тему курсового проєкту; вихідні дані для вирішення індивідуального завдання, термін виконання; інформацію про розділи та окремі питання, які потрібно розкрити при виконанні курсового проєкту для досягнення поставленої мети; перелік графічного (презентаційного)

матеріалу. Завдання на курсового проекту має бути підписане студентом та керівником проекту.

Зміст – це третя сторінка записки. Він повинен містити назви та номери початкових сторінок усіх розділів і підрозділів (пунктів, підпунктів) проекту, включаючи усі заголовки, які є у записці, починаючи зі вступу і закінчуючи додатками.

Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, рисунків, таблиць, формул у всьому тексті записки подають арабськими цифрами без знака «№».

Вступ – наступна сторінка пояснювальної записки. Тут окреслюють проблематику питання, яке буде розкрито у курсовому проекті. Висвітлюють основні тенденції галузі таких досліджень тощо.

Текст основної частини записки ділять на розділи і підрозділи (пункти і підпункти при потребі) згідно із завданням.

Розділи в межах усієї записки повинні мати порядкові номери, позначені арабськими цифрами. Кожен розділ (структурну частину) починають з нового аркуша (сторінки).

Підрозділи повинні мати нумерацію в межах розділу, номер підрозділу складається з номера розділу і підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 2.3 (*це означає: третій підрозділ другого розділу*). У кінці порядкового номера розділу, підрозділу і т.п. крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 тощо [13].

Номер пункту вміщує номер розділу, підрозділу і пункту, які розділені крапками, наприклад, 3.2.1 (*перший пункт другого підрозділу третього розділу*).

Назви розділів повинні бути короткими, записують їх у вигляді заголовків прописними (великими) літерами посередині рядка (*симетрично до тексту*). Переноси слів у заголовках не допускаються.

Крапку в кінці заголовка не ставлять. Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше двох рядків. Заголовки підрозділів писати або друкувати рядковими літерами (крім першої прописної) з абзацу. Крапку в кінці заголовка не ставити.

Кожну структурну частину записки (розділ) починають з нової сторінки.

Абзацний відступ повинен бути однаковим упродовж усього тексту пояснювальної записки і становити 1,25 см (рекомендовано).

Структурні елементи ЗМІСТ, ВСТУП, ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ, ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ, ДОДАТКИ як розділи не нумерують.

Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. У заголовках (назвах) розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів міжрядковий інтервал – 1,0 (одинарний).

Відстань між основами рядків заголовків, а також між двома заголовками приймають такою, як у тексті.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту (рекомендують хоча б три рядки тексту).

У тексті пояснювальної записки не рекомендується вживати звороти із займенниками першої особи, наприклад: «Я вважаю, ...», «Ми вважаємо, ...» тощо. Рекомендується вести виклад, не вживаючи займенників, наприклад: «Вважаємо, ...», «... знаходимо ...» тощо.

Числа з розмірністю необхідно писати цифрами, а без розмірності – словами, наприклад: «Висота – 600 м», «... за другим варіантом ...». Розмірності параметрів записують пропустивши один недрукований символ (жорсткий пропуск).

Порядкові чисельники, які йдуть один за одним, можуть бути

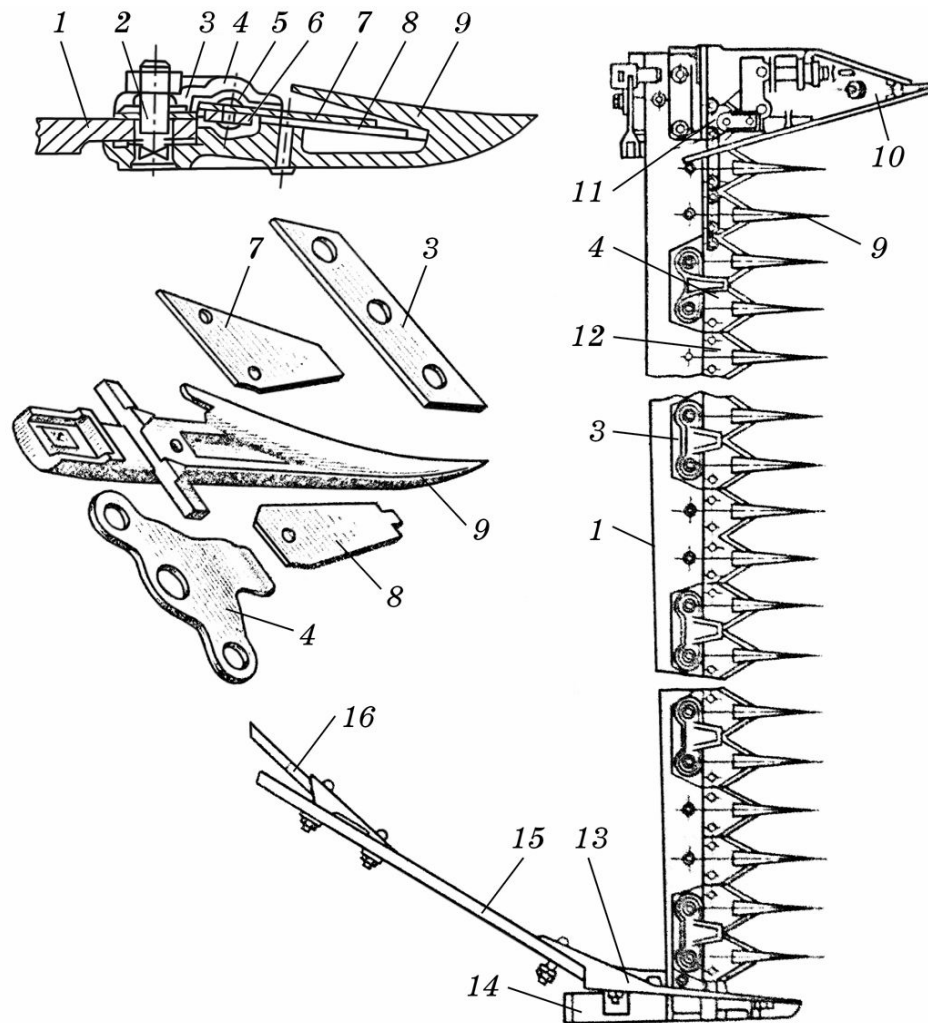
подані цифрами з відмінковим закінченням, яке ставлять лише при останній цифрі, наприклад: 1-е; 7, 8, 9-й тощо.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) розміщувати у записці проєкту безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути посилання. Кількість ілюстрацій повинна бути достатньою для пояснення тексту, що викладається.

Зміст ілюстрацій має доповнювати текст звіту, поглиблювати розкриття суті явища, наочно ілюструвати думки автора. Тому в тексті на кожну з них повинно бути посилання з коментарем.

Якщо ілюстрації розміщені на окремих сторінках роботи, їх включають до загальної нумерації сторінок. Ілюстративні або табличні матеріали, розміри яких є більші за формат А4, враховують як одну сторінку і розміщують у відповідних місцях після згадування у тексті або додатках.

Ілюстрації повинні мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст). Ілюстрацію позначають словом «Рисунок», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних по центру сторінки, наприклад, «Рисунок 2.1 – Загальний вигляд косарки КС-2,1». Ілюстрації нумерують арабськими цифрами порядковою нумерацією наскрізно або в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою. Наприклад, рисунок 4.1 – перший рисунок четвертого розділу. Наведемо приклад оформлення рисунка з під рисунковим текстом, рис. 25.



1 – пальцьовий брус; 2 – болт; 3 – пластина тертя; 4 – притискна лапка; 5 – заклепка; 6 – спинка ножа; 7 – сегмент; 8 – протиризальна пластина; 9 – палець; 10 – внутрішній подільник; 11 – головка ножа; 12 – ніж; 13 – зовнішній подільник; 14 – опорний полозок; 15 – польова дошка; 16 – прутки-стеблевідводи

Рисунок 25 – Різальний апарат косарки [17]

Якщо ілюстрація не вміщається на одній сторінці, можна переносити її на інші сторінки, вміщуючи назву ілюстрації на першій сторінці, пояснювальні дані – на кожній сторінці та під ними позначати: «Рисунок_, аркуш_».

Ілюстрації у тексті виконують у графічному редакторі або тушшю чи олівцем (рукописний спосіб).

Фотознімки розміру меншого за формат А4 мають бути наклеєні на

аркуші білого паперу формату А4.

Посилання у тексті на ілюстрації подають так: «на рис. 3.1», повторно «див. рис. 3.1». Перед і після назви рисунка пропустити один пустий рядок.

Цифровий матеріал, як правило, оформляють у вигляді таблиць. Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, а також лінії зліва, справа і знизу, що обмежують таблицю, можна не проводити, якщо їх відсутність не утруднює користування таблицею.

Таблицю розташовують безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці.

На всі таблиці мають бути посилання у тексті звіту. Посилання на таблицю має вигляд: у табл. 3.2, приведено... .

Таблиці нумерують арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад: Таблиця 3.1 – перша таблиця третього розділу.

Таблиця має назву, яку друкують рядковими (малими) літерами крім першої прописної (великої) і розміщують над таблицею з абзацного відступу. Назва має бути стислою і відображати зміст таблиці. Назву записують після номера таблиці через тире. Переносячи частину таблиці на наступну сторінку, повторюють у кожній частині таблиці її заголовок і боковик.

При поділі таблиці на частини допускається її заголовок або боковик замінювати відповідно номерами граф чи рядків, нумеруючи їх арабськими цифрами у першій частині таблиці.

Слово «Таблиця» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, вирівнювання назви таблиці – за шириною з абзацного відступу, над іншими частинами пишуть: Продовження або Закінчення таблиці з

зазначенням номера таблиці (вирівнювання виконують за шириною з абзацного відступу).

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище й нижче кожної формули або рівняння залишають не менше одного вільного рядка.

Формули і рівняння у записці (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) нумерують порядковою нумерацією в межах розділу (допускається нумерація в межах записки). Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, (2.3) – третя формула другого розділу.

Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні рядка.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, наводять безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні.

Пояснення значення кожного символу та числового коефіцієнта наводять з нового рядка. Перший рядок пояснення починають без абзацу словом «де» без двокрапки, наприклад.

Розрахуємо годинну продуктивність агрегату за залежністю [15]

$$W = 0,19_{\text{м}} \cdot B \cdot \tau , \quad (21)$$

де W – годинна продуктивність агрегату, га/год;

$\vartheta_{\text{м}}$ – дійсна робоча поступальна швидкість машини, км/год;

B – конструктивна ширина захвату косарки, м;

τ – коефіцієнт використання ширини захвату косарки.

Тоді при визначенні складових залежності (наявності чисельних значень), пишуть.

Підставляємо отримані значення у залежність (21), отримаємо

$$W = 0,1 \cdot 9,0 \cdot 2,1 \cdot 0,95 = 1,8 \text{ га/год.}$$

За іншим прикладом, коли є відомі всі складові залежності.

Сила розриву становитиме

$$F = \frac{\pi d_{mp}^2}{4} l_{mp} \gamma + G_{mp}, \quad (2.35)$$

де d_{mp} – діаметр труби, $d_{mp} = 0,247$ м;

l_{mp} – загальна довжина труби, $l_{mp} = 1,4$ м;

γ – щільність води, $\gamma = 10000$ Н/м³;

G_{mp} – вага труби, $G_{mp} = 250$ Н.

Тоді

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,247^2}{4} 1,4 \cdot 10000 + 250 = 920,5 \text{ Н.}$$

Написання формул, цифр, заголовків розділів і підрозділів, заповнення таблиць виконують тільки шрифтом (при оформленні

рукописним способом).

Висновки та пропозиції повинні містити короткий текст за результатами виконаної роботи.

Перелік посилань (перелік джерел інформації) повинен містити перелік літературних та інших джерел, використаних при написанні курсового проєкту, на які є посилання в тексті. Правила оформлення бібліографічних джерел повинні відповідати Національному стандарту України ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [14].

Додатки

Додатки позначають послідовно великими літерами української абетки, крім літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, ДОДАТОК А, ДОДАТОК Б. Дозволено позначати додатки літерами латинської абетки, крім літер I та O.

У разі повного використання літер української і/або латинської абеток дозволено позначати додатки арабськими цифрами.

Один додаток позначають як ДОДАТОК А.

За потреби текст додатків можна поділити на розділи, підрозділи, пункти й підпункти, які треба нумерувати в межах кожного додатка відповідно до вимог. У цьому разі перед кожним номером ставлять позначення додатка (літеру) і крапку, наприклад, А.2 – другий розділ додатка А; Г.3.1 – підрозділ 3.1 додатка Г; Д.4.1.2 – пункт 4.1.2 додатка Д; Ж.1.3.3.4 – підпункт 1.3.3.4 додатка Ж.

Рисунки, таблиці, формули та рівняння в тексті додатків треба нумерувати в межах кожного додатка, починаючи з літери, що позначає додаток, наприклад, рисунок Г.3 – третій рисунок додатка Г; таблиця А.2 – друга таблиця додатка А; формула (А.1) – перша формула додатка А.

Якщо в додатку один рисунок, одна таблиця, одна формула чи одне

рівняння, їх нумерують, наприклад, рисунок А.1, таблиця Г.1, формула (В.1).

Джерела, які цитують лише в додатках, потрібно розглядати незалежно від тих, які цитують в основній частині звіту, їх розміщують наприкінці кожного додатка в переліку джерел посилання.

Форма цитування, правила складання переліку джерел посилання та виноска у додатках аналогічні прийнятим в основній частині звіту. Перед номером цитати та відповідним номером у переліку джерел посилання й виносках ставлять позначення додатка.

4.2 Оформлення графічної частини

Графічну частину курсового проекту оформляють за діючим ДСТУ. Креслення та ілюстративний матеріал повинні відповідати вимогам стандартів «Єдиної системи конструкторської документації» (ЄСКД), їх виконують на аркушах стандартних форматів відповідно до ГОСТ 2.301-68.

Допускається виконувати додаткові демонстраційні матеріали іншими способами і меншими форматами (слайди, листові діапозитивні плівки, відеоролики і т.д.), якщо в аудиторії є необхідне обладнання.

Формати

Формат креслення потрібно вибирати, виходячи з можливості розміщення всіх необхідних виглядів, перерізів, розрізів, таблиць, а також текстової частини (технічних вимог, технічної характеристики). Робоче поле креслення кожного формату обмежується рамкою, яка виконується

суцільною лінією, що наносять на відстані 20 мм зліва від зовнішньої рамки (краю паперу) для підшивки і 5 мм з інших трьох сторін. Основні формати отримуємо, якщо послідовно будемо ділити формат А0 щоразу на дві рівні частини; лінія поділу має бути паралельна меншій стороні відповідного формату. У разі потреби застосовуються додаткові формати. Вони утворюються внаслідок збільшення розмірів основних форматів (табл. 4.1) на величину, кратну розмірам формату А4.

Таблиця 4.1 – Основні формати та їх розміри

Позначення формату	A0	A1	A2	A3	A4
Розміри сторін, мм	1189×841	841×594	594×420	420×297	297×210

Креслення виконують ручним способом (олівцем, чорною тушшю, спеціальними чорними фарбними матеріалами) чи машинним за допомогою ПК у чорних кольорах). Усі креслення виконують на аркушах білого щільного паперу (ватмані) формату А1. Ступінь заповнення графічним матеріалом плаката – не менше 75%.

Основний напис

Кожне креслення повинно мати основний напис (кутовий штамп), в якому наводяться найважливіші відомості про об'єкт (його назва, позначення, матеріал, маса та інші дані), який розташований у правому нижньому куті формату. Основний напис для креслень повинен відповідати формі 1 ГОСТ 2.104-2006. Розмір таблиці основного напису подано на рис. 26.

Основний напис (кутовий штамп) на форматі А4 розміщують вздовж короткої сторони листа, а на решті форматів – вздовж довгої сторони листа у правому нижньому куті.

У графах основного напису вказують:

1 – назву виробу або документу;

2 – позначення документу;

3 – позначення матеріалу деталі (тільки на кресленнях деталі);

4 – літера, що присвоєна даному виробу;

5 – маса (кг);

6 – масштаб;

7 – порядковий номер листа документу;

8 – загальна кількість листів документу;

9 – скорочена назва ЗВО, кафедри, шифр групи;

10 – характер роботи, яку виконує особа, причетна до даного документу, наприклад: “Студент”, “Керівник”, “Консультант”;

11 – прізвище особи, яка підписує документ;

12 – підпис особи, яка причетна до виконання даного документу;

13 – дата підпису документу;

14 - 23 – графи у курсовому проєкті не заповнюються;

24 – позначення документа повернуте на 90^0 або 180^0 .

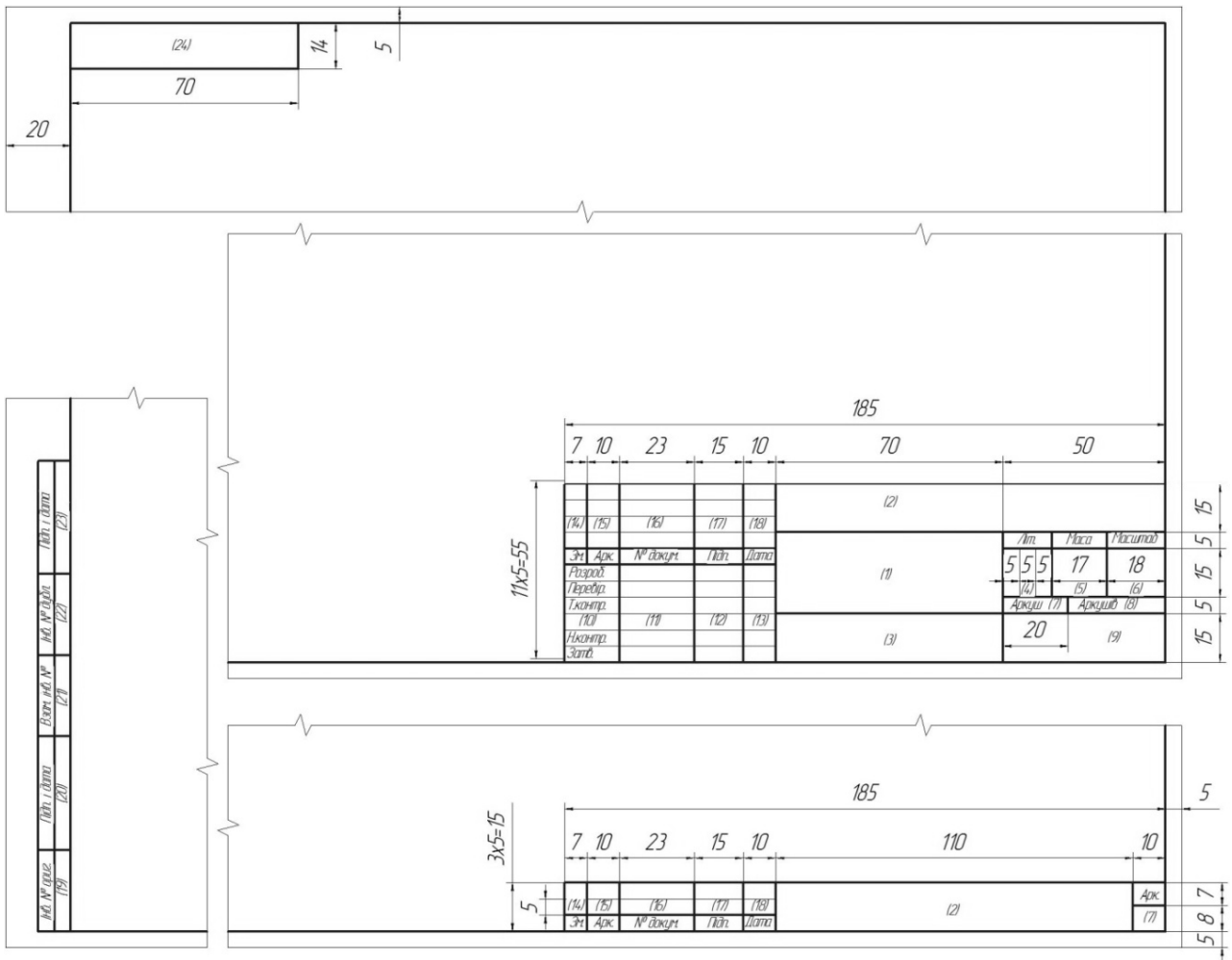


Рисунок 26 – Розміри таблиць основного напису

					<i>КП СГМ 19-022.01.00</i>		
					<i>Різальна пара</i>		
					<i>Складальне креслення</i>		
					<i>ФМТ, гр. МГ-31</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разроб.</i>		<i>Петренко С.П.</i>			<i>у</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Сидоренко П.</i>			<i>Аркуш</i>		<i>Аркушів 1</i>
<i>Т.контр.</i>		<i>Сидоренко П.</i>					
<i>Н.контр.</i>							
<i>Затв.</i>		<i>Бабію А.В.</i>					

Рисунок 27 – Приклад заповнення основного напису

Масштаби

При виконанні технічних креслень вибирають масштаб зображень

згідно з ГОСТ 2.302-68. Рекомендується використовувати масштаб 1:1. Стандарт (ГОСТ 2.302-68) встановлює масштаби, які подано в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Масштаби зображень на кресленнях

Масштаби зменшення	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральна величина	1:1
Масштаби збільшення	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 15:1; 20:1; 25:1; 40:1; 50:1; 75:1; 100:1

Під час проектування генеральних планів крупних об'єктів, у тому числі будівельних, використовують масштаби 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

При позначенні масштабу в спеціальній графі основного напису букву «М» не ставлять, а пишуть тільки відношення, наприклад: 1:1, 1:2 і т.д. Якщо якесь зображення на рисунку виконано в масштабі, що не відповідає зазначеному в основному написі, біля цього зображення записують значення масштабу з додатком букви М, наприклад: М 2:1.

Масштаб зображення окремих розрізів, перерізів, якщо він відрізняється від вказаного в основному написі, вказується безпосередньо за позначенням, яке стосується конкретного зображення, наприклад: А–А (2:1); Б (5:1).

Типи ліній, шрифти

Лінії, які застосовують для виконання рисунків, призначення ліній, їх обведення і співвідношення товщин відповідають ГОСТ 2.303–68. За цим стандартом бувають лінії трьох типів (рис. 28): суцільна, штрихова і штрих-пунктирна. Товщина ліній на рисунку має бути кратною вибраній

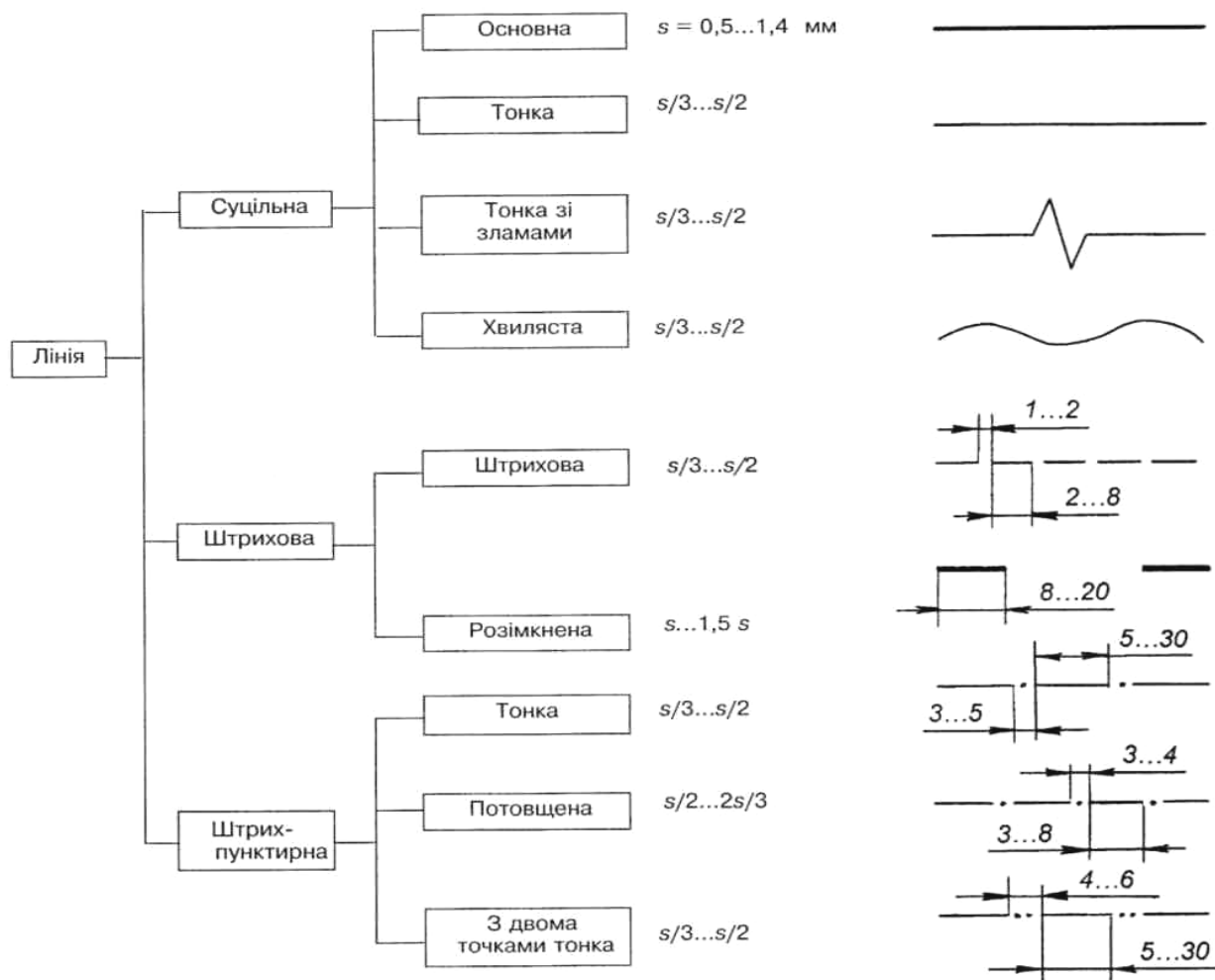


Рисунок 28 – Типи ліній

товщині суцільних основних ліній, яка змінюється в межах 0,5–1,4 мм залежно від величини, складності і призначення рисунка.

Написи та розміри на кресленнях і в технічних документах виконують стандартними шрифтами згідно з ГОСТ 2.304-68.

Загальні вимоги до креслень

Терміни та визначення основних понять, вказаних на кресленнях, слід вживати відповідно до ДСТУ 3321:2003.

Стандарт ЄСКД ГОСТ 2.109-73 встановлює основні вимоги до виконання креслень деталей, складальних, габаритних і монтажних

креслень на стадії розробки робочої документації для всіх галузей промисловості.

Таким чином, у цьому параграфі посібника наведено основні положення, щодо оформлення розрахунково-пояснювальної записки курсового проєкту та його графічної частини.

5 ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИСНОВКІВ

Після завершення викладу всіх питань, що виносяться до виконання в курсовому проєкті, як підсумок формують загальні висновки.

Цей розділ розпочинають заголовком **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ** без нумерації розділу.

Самі висновки формулюють лаконічно з чітким зазначенням отриманих результатів.

Послідовність викладу повинна відповідати логіці представлення процесу, що розглядається у курсовому проєкті. Зазвичай така послідовність викладу відповідає плану і змісту курсового проєкту.

6 ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Порядок захисту

Після закінчення терміну виконання курсового проєкту студенти представляють електронну або рукописну (роздруковану) версію завершеної роботи керівнику для перевірки.

За результатами перевірки проєкту керівник приймає рішення про

допуск студента до захисту або повертає роботу на доопрацювання. Після виправлень зауважень студентом керівник проєкту робить повторний аналіз роботи і у випадку належної її якості рекомендує здобувачу освіти друкувати пояснювальну записку та робить запис на титульній сторінці про допуск до захисту у відповідності до затверджених графіків, що плануються на профілюючій кафедрі.

До захисту проєкту допускають студентів, які повністю розкрили всі питання плану курсового проєкту, включаючи графічну частину, оформили документ належним чином та представили роботу у відповідні терміни.

Захист проєктів відбувається на випусковій кафедрі перед комісіями, призначеними завідувачем кафедрою, у складі двох-трьох викладачів кафедри, в тому числі керівника проєкту.

Графік роботи комісій визначає кафедра і доводить до відома студентів не пізніше, ніж за тиждень до дати першого захисту.

Форма підсумкового контролю – диференційований залік.

Результати прийому диференційованих заліків захисту курсових проєктів, оцінені за 4-бальною шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалою ECTS, яка характеризує успішність студента, оформляють відомістю, проставляють у залікову книжку студента, в журнал обліку успішності й на самій роботі.

Оцінку з курсового проєкту враховують на рівні з екзаменаційними оцінками з теоретичних курсів при призначенні студентам стипендії та при отриманні диплома разом з іншими оцінками.

Ліквідація заборгованостей із захисту курсових проєктів, котрі не з'явилися у призначений термін, проводиться комісією за відомостями «А» і «К» при умові, що робота виконана і оформлена належним чином.

Підсумки курсового проєктування студентів обговорюють на

засіданнях кафедр, на радах факультету та університету. Окремі результати такого проєктування обговорюють на студентських конференціях. Такі конференції дають можливість обмінюватися досвідом, визначити шляхи наукового пошуку рішень актуальних питань в галузі агроінженерії, удосконалювати методики розв'язання окремих задач, ознайомити студентів з сучасними досягненнями науки і техніки тощо.

Критерії оцінювання курсового проєкту

У накопичуваній заліково-екзаменаційній відомості нарахування балів для оцінювання навчальних досягнень студентів має наступну структуру: 75 (максимально) відсотків балів на поточний контроль за всіма змістовими модулями, 25 (максимально) відсотків балів на підсумковий контроль (захист представленого проєкту). До підсумкового контролю допускаються студенти, які набрали у сумі за всіма змістовими модулями 45 і більше відсотків балів від загальної кількості. Критерієм оцінювання на цьому етапі є якість виконання курсового проєкту і належно оформленої записки та графічної частини.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабий А., Бабий М., Рыбак Т. Математическая модель нагрузки привода режущего аппарата косилки. Motrol, 2014. *Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin. Vol. 16, No 4. С. 275–284.
2. Бабій А.В. Аналіз кута заземлення рослин в розхилі різальної пари. *Матеріали ХХ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя*. Тернопіль: ТНТУ, 2017. С. 113.
3. Бабій А.В. Конструктивне рішення для підвищення ефективності заземлення рослин в розхилі різальної пари. *Матеріали ХХ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя*. Тернопіль: ТНТУ, 2017. С. 114-115.
4. Бабій А.В., Бабій М.В. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 145. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2014. С.112–118.
5. Бабій А.В., Бабій М.В. Дослідження впливу конструкторсько–технологічних факторів на запас міцності спинки ножа косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 139. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2013. С.187–192.
6. Бабій А.В., Бабій М.В. Палець ріжучого апарату. Деклараційний патент на корисну модель 92054 А01D 34/02 (2006.01). Заявлено 25.07.2014 u201402297, опубліковано 25.07.2014, бюл. № 14.
7. Бабій А.В., Бабій М.В. Привідний механізм косарки. Деклараційний патент на корисну модель 92982 А01D 34/00 (2014.01); заявлено 10.09.2014 u201404200, опубліковано 10.09.2014, бюл. № 17.
8. Бабій М. В., Бабій А.В. Дослідження роботи енергозберігаючого приводного механізму косарки. *Вісник ТНТУ*, Тернопіль : ТНТУ, 2015. Том 77. № 1. С. 149-161.
9. Бабій М.В., Попович П.В., Бабій А.В. Підвищення ефективності роботи різального апарату косарки. Вісник Харківського національного технічного

університету сільського господарства. Випуск 170 “Технічний сервіс машин для рослинництва”. Харків, 2016. С.176–180.

10. Бабій А.В., Рибак Т.І., Бабій М.В. Обґрунтування конструктивних особливостей енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 134 “Технічний сервіс машин для рослинництва”. Харків, 2013. С.116–122.
11. Бойко Т.В. Влияние привода режущего аппарата на производительность и качество работы жатвенной машины : дис. ... канд. тех. наук. БГСХА, 1975. 182 с.
12. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. М.: *Машиностроение*, 1980. 565 с.
13. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. Чинний від 2017-07-01. Вид. офіц. Київ:ДП«УкрНДНЦ», 2016.31 с.
14. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : Книжк. палата України ім. Ів. Федор., 2015. 26 с.
15. Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П., Джолос П.А. Машиновикористання в землеробстві. К.: *Урожай*, 1996. 384 с.
16. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. М.: *Агропромиздат*, 1986. 688 с.
17. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка; авт. кол.: / Д.Г. Войтюк, С.С.Яцун, М.Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.
18. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М. : «Наука», 1967. 442 с.
19. Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет. Л.: *Машиностроение*, 1967. 577 с.
20. Турбин Б.И., Дроздов В.Н. Снижение вибрации и шумов в сельскохозяйственных машинах. М.: *Машиностроение*, 1976. 224 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок
(назва дисципліни)

на тему: Дослідження параметрів різального апарату

Студента (ки) _____ курсу _____

групи _____

спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 20__ рік

ДОДАТОК Б

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

Дисципліна Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок

Спеціальність 208 Агроінженерія

Спеціалізація _____

Курс III Група МГ Семестр 6

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт

Студентові Петренку Степану Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту радіус кривошипа $r = 37,3$ мм;

частота обертання кривошипа $n = 640$ об/хв;

поступальну швидкість агрегату, $v_m = 1$ м/с

конструктивні параметри різальної пари;

питома робота, що витрачається на зрізування рослин з одиниці площі, $\varepsilon = 200$ Н·м/м²;

кількість сегментів, $z = 18$; маса ножа, $m_n = 3,2$ кг.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) _____

Вступ. Обґрунтування параметрів різального апарату: 1. Визначення ходу і кінематика ножа.

2. Траєкторія абсолютного руху точок ножа. 3. Умова защемлення стебел різальною парою.

4. Робочі швидкості різання. 5. Площа подачі і навантаження на лезо.

6. Сили, що діють на ніж. 7. Визначення потужності для переміщення ножа.

8. Визначення продуктивності агрегату.

Загальні висновки. Перелік використаної літератури.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу, якщо передбачено _____

Різальна пара. СК. 1А4 (1А3). Кінематичні характеристики ножа. 1А4 (1А3). Траєкторія

абсолютного руху точки ножа. 1А4. Визначення активної ділянки різання та швидкості

різання. 1А4. Діапазони ефективності роботи досліджуваної різальної пари. 1А4.

6. Дата видачі завдання _____

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Конструктивні параметри різальних пар

Тип різального апарату	Сегмент, рис. В.1							Протирізальна пластина, рис. В.1						
	B	t ₁	m	h	α	γ	ε	B ₁	b	b ₁	α ₁	γ ₁	ε ₁	(α+α ₁)
s = t = t ₀ = = 76,2 мм	80	76	16	55	28° 40'	19°	2	59	37	21	7° 40'	60	3	36° 20'
	75	76	16	54	29°	19°	2	49	29,5	23	3° 50°	60	2	32° 50'
s = 2t = 2t ₀ = = 152,4 мм	75	76	16	54	29°	19°	2	58	24	21	1° 30'	45	2	30° 30'
	70	101	6	48	44° 40'	19°	2	58	24	21	1° 30'	45	2	46° 10'
s = t = 2t ₀ = = 76,2 мм	80	76	16	55	28° 40'	19°	2	59	25	16	4° 30°	60	2	33° 10'
s = t = 1,5 t = = 76,2 мм	80	76	16	55	28° 40'	19°	2	59	40	19	10°	60	3	38° 40'
s = 2t = t ₀ = = 90 мм	85	90	12	55	38° 10'	23°	3	65	37	21	7° 40'	45	3	45° 40'
s = 2t = 2t ₀ = = 101 мм	75	50	15	45	21°	22°	2	53	25	22	3°	60	3	24°

