

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____ Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Модернізація копача цукрових буряків з удосконаленням
сепаруючого робочого органу"

Виконав здобувач вищої освіти __II__ курсу,
групи ГМ-22М-1.1
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Нікітенко Дмитро Олександрович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____ Юрій МАЧОК
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Олександра БІЛОВОД

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

_____ Нікітенка Дмитра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

Модернізація копача цукрових буряків з удосконаленням сепаруючого
робочого органу

2. Керівник роботи (проекту)

_____ Мачок Юрій Вікторович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 27.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) _____

Метою даної магістерської роботи є удосконалення конструкції роторного

очисника коренеплодів цукрових буряків

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1–6	Мачок Ю.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	01.06.2024 р.	
2	Графічна частина	10.06.2024 р.	
3	Захист роботи	27.06.2024 р.	

Дата видачі завдання
« 05 » лютого 2024 р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 05 » лютого 2024 р.

Підпис здобувача _____ (прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			AЗБ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	48	
				<u>Документація по науковій</u>		
				<u>частині</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			AЗБ 10.000 С2	Огляд конструкцій	1	
				бурякозбиральних машин		
A1			AЗБ 20.000 С2	Обґрунтуванням параметрів	1	
				кінематичного режиму		
				роторного очисника		
				<u>Документація по інженерній</u>		
				<u>частині</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
			AЗБ 00.000	Копач-валкоутворювач	1	A1x2
				цукрових буряків АЗБ-6		
				<u>Документація по складальних</u>		
				<u>одиницях</u>		

					AЗБ 00.000 ВР					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість роботи			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Нікітенко								1	2
Перевірив	Мачок									
Н. контр.	Мачок							ЦНТУ гр. ГМ-22М-1.1		
Затвердив	Лещенко									

Зміст

	<u>стор.</u>
1. Вступ.....	6
2. Наукова частина.....	8
3. Інженерна частина.....	25
4. Охорона праці.....	40
5. Економічна частина.....	43
6. Висновок.....	44
Список використаної літератури.....	45
Додатки.....	48

1. Вступ.

Розв'язана росією жорстока війна негативно вплинула на всі аспекти життя українського народу, як побутового життя так і розвитку і діяльності промислового виробництва. Це стосується і аграрного виробництва. Багато посівних площ втрачено через окупацію, замінування, повне чи часткове знищення. Але наші виробники борються за кожний клапчик родючої землі, вирощуючи там культурні рослини. Важливе місце серед них займають цукрові буряки. Слід звернути увагу на важливий факт [18]. У 2023 році дана культура вирощувалась на 249,9 тис. га, в порівнянні з 180,6 тис. га у попередньому році. Цей приріст складає 27,7%. Слід зазначити, що дана цифра більша, чим навіть у довоєнні роки. Лише у 2018 році цей показник був більший – 274 тис. га. Це говорить про велику потребу цукру та інших продуктів переробки даної культури, як в Україні так і у світі. Даний факт також вказує на технологічну та технічну спроможність наших аграріїв на вирощування таких об'ємів цукрових буряків. Відомо, що це дуже трудомістка і в той же час високорентабельна культура. Її вирощування максимально механізовано, що практично виключає використання ручної праці.

Найвідповідальнішою операцією в технології вирощування є збирання урожаю. Тут, звісно, використовується комбайнове збирання. Від складності конструкції даної машини залежить спосіб збирання коренеплодів. Це буде пряме (однофазне) чи роздільне комбайнування (дво- або трифазне збирання), як у зернових культур. Доцільність використання того чи іншого способу визначається площею посіву та урожайністю коренеплодів. Для збирання урожаю цукристих зі значних площ (більше 800 га) доцільно застосовувати однофазний спосіб для невеликих іншій з вище вказаних.

					АЗБ 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	Нєдокум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Нікітенко				Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Мачок						6	47
Н.контр.	Мачок					ЦНТУ		
Затвер.	Лещенко					гр. гр. ГМ-22М-1.1		

2. Наукова частина.

2.1. Мета і задачі досліджень.

Метою даної магістерської роботи є удосконалення конструкції роторного очисника коренеплодів цукрових буряків.

Задачі досліджень:

- проаналізувати відомі конструкції бурякозбиральних комбайнів для різних технологій збирання урожаю;
- проаналізувати існуючі конструкції коренезбиральних машин та робочих органів для видалення з ґрунту коренеплодів цукрових буряків;
- теоретично обґрунтувати параметри кінематичного режиму роторного очисника коренеплодів;

Об'єкт дослідження – процес очищення коренеплодів цукрових буряків при збиранні урожаю.

Предмет дослідження – конструкція і параметри кінематичного режиму роторного очисника коренеплодів.

Наукова новизна:

- теоретично обґрунтовано параметри кінематичного режиму роторного очисника коренеплодів.

2.2. Аналіз конструкцій бурякозбиральних машин.

У вступній частині зазначалося, що збирання урожаю, залежно від обсягу посівних площ, урожайності збирання урожаю можна здійснювати за однією з технологій – однофазною, дво- або трифазною. Можливий варіант комбінування різних способів в межах господарства [17].

Закордоні виробники цукристих використовують здебільшого однофазне збирання, а наші - дво- або трифазне. Проблема вибору того чи іншого способу лежить в першу чергу в фінансовій площині. Вартість технічного забезпечення для однофазного способу значно вища за інші. Ціна бурякозбирального комбайна бункерного типу може сягати декількох сотень тисяч євро. Завдяки

					АЗБ 00.000 ПЗ		Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8



Рис. 2.4. Бурякозбиральний комбайн КС-6Б.



Рис. 2.5. Комбайн бурякозбиральний КСБ-6 "Збруч".



Рис. 2.6. Комбайн бурякозбиральний КСБ-6-10 "Тернопіль".

Використання комбайнів бункерного типу з об'ємом бункера 10 м^3 , що дозволило забезпечити безперервність збирання урожаю і більш раціонально

					АЗБ 00.000 ПЗ			Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11	

Конструкція комбайна опирається на тривісну повнопривідну ходову систему задні спарені колеса якої дещо зміщені в сторону, що унеможливорює утворення колійності. Гичкорізальна частина оснащена ротаційним гичкорізом з доочисником.

На комбайні встановлено дискові копачі. Підбирання викопаних коренеплодів та первинна сепарація їх від ґрунту забезпечується прутковим роторним апаратом.

Подібним за конструкцією та виконанням технологічного процесу є бункерний бурякозбиральний комбайн *RopaEuro-TigerV8-4* (рис. 2.8). Потужність двигуна дещо менша від попереднього і складає 515кВт. Це найпотужніша у світі такого класу машина. Даний комбайн має таку ж схему ходової системи, як і комбайн Ropa. Місткість накопичувального бункера складає 48м³. Завдяки тому, що комбайн опирається на шини шириною 800мм з максимальним тиском в них при повному завантаженні лише 140кПа він дуже ощадно впливає на ґрунт.



Рис. 2.8. Бурякозбиральний комбайн *RopaEuro-TigerV8-4*.

Підбирально-сепарувальний пристрій даного комбайна такий же, як і комбайна Holmer. Споживачі даного комбайна відзначають надзвичайну надійність конструкції, високу зносостійкість його робочих органів.

Наступним бурякозбиральним комбайном німецького виробництва є *KLEINE SF-10* (рис. 2.9).

						АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			13

Він також володіє високими технічними характеристиками і знайшов свого споживача на аграрному ринку.

Має об'єм бункера для коренеплодів - 18м^3 , потужність двигуна - 235кВт .

Бачимо, що за цими основними показниками він є прямим конкурентом комбайна *KLEINE SF – 10*.

На наших полях можна бачити ще одну розробку німецьких фахівців. Це комбайн *Grimme Maxtron 620* (рис. 2.11). Особливістю його конструкції є використання комбінованої ходової системи. Задня частина машини має колісний хід. За допомогою цих коліс здійснюється керування комбайном.



Рис. 2.11. Бурякозбиральний комбайн *Grimme Maxtron 620*.

Найбільш завантажена середня та передня частина опирається на гусеничну ходову систему. Таке конструктивне рішення має велике екологічне, технологічне та експлуатаційне значення. Тобто, зменшується питомий тиск на ґрунт, що не викликає значного його переущільнення. Крім того, така ходова система забезпечує високу маневреність комбайна. На комбайні встановлено двигун потужністю 390кВт та бункер, який здатний вміщувати до 21т коренеплодів. Робочі органи комбайна та схема їх розміщення подібна до вище розглянутих машин. Бачимо, що це одна з найбільш потужних і продуктивних машин.

Порівняльна характеристика деяких вітчизняних та закордонних комбайнів для однофазного збирання наведена в табл. 2.1.

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Основні техніко – економічні показники деяких вітчизняних та закордонних бурякозбиральних комбайнів, які застосовують для однофазного збирання.

Показники	КСБ -6 «Збруч»	Бурякозбиральний комбайн КС-6Б-10 «Тернопіль»	SF-10 «Кляйне»	Tim SR - 1800	Ropa TIGER 6	“ХОЛІМЕР Terra Dos T4-40”
Кількість рядків	6	6	6	6	6	6
Ємність бункера, м ³	8	3,7	17	18	48	45
Потужність двигуна, к.с.	235	185	320	350	700	626
Робоча швидкість, до км/год	7,0-9,0	5	10	9,5	10	9,5
Час розвантаження, с	50	60	60	40	50	40
Продуктивність, год/га	2,3	2,2	2,5	2,5	2,7	2,5
Маса, кг	14000	11800	16900	15800	33600	15800

Крім комбайнів вітчизняного виробництва для двофазного збирання урожаю слід відзначити деякі конструкції причіпних бункерних машин закордонного виробництва.

Їх використання є актуальним для невеликих господарств з відносно невеликою енергоозброєністю. Це комбайни, наприклад, *Kleine5000* (рис. 2.12) та *Tim M III 120* (рис. 2.13)



Рис. 2.12. Бурякозбиральний комбайн *Kleine5000*.



Рис. 2.13. Бурякозбиральний комбайн *Tim M III 120*.

Аналіз їх конструкції показав, що технологічний процес збирання урожаю подібний до того, який виконують самохідні машини. А той факт, що вони причіпні робить їх більш вигідними фінансово для наших господарств.

До даного сімейства причіпних машин можна також віднести вітчизняні комбайни *КСП-2* (рис. 2.14) та *МКР-2-3* (2.15).



Рис. 2.14. Бурякозбиральний комбайн *КСП-2*.

Це застарілі моделі Дніпропетровського комбайнового заводу, які випускались у минулому столітті. Вони мають малу продуктивність, тому що

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис. 2.17. Копач-валкоутворювач *КВЦБ-1,2*.

Бачимо, що процес збирання урожаю даним копачем є більш енергоємним ніж попередньою машиною.

Більш сучасною і конкурентною серед такого плану машин є вітчизняний копач-валкоутворювач *АЗБ-6* (рис. 2.18).



Рис. 2.18. Копач-валкоутворювач *АЗБ-6*.

Це дещо складній агрегат ніж *Franquet6Rangs*, але набагато простіший ніж *КВЦБ-1,2*.

					АЗБ 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

$$r = R - 250 = 650 - 300 = 350 \text{ мм}$$

Тут 250...300 мм - ширина смуги транспортуючої частини диску ротора [2,3].

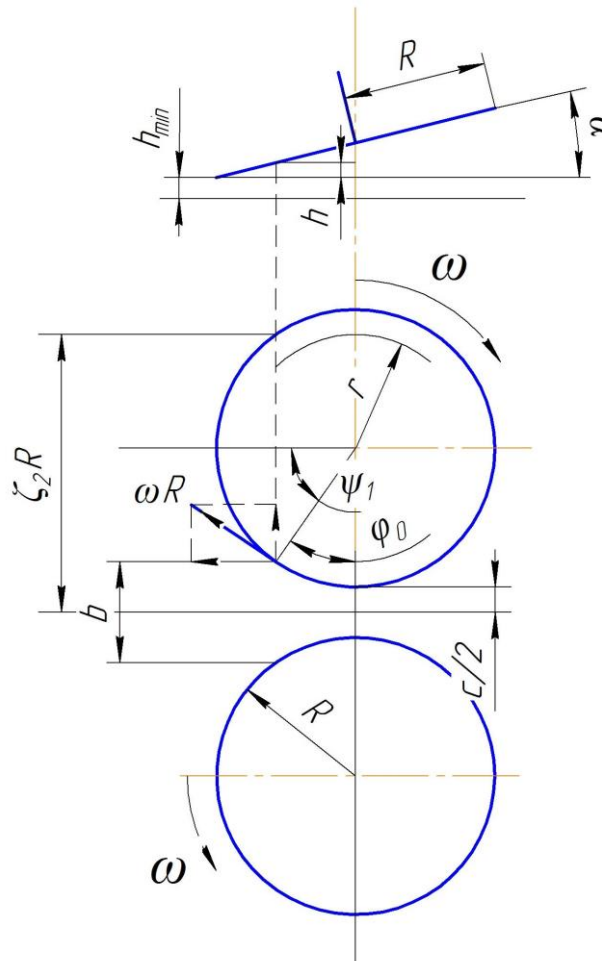


Рис. 2.19. Розрахункова схема роторного очисника.

З урахуванням того, що діаметр турбінних коліс очисника копача АЗК-6-01 складає $D = 1300 \text{ мм}$ ($R = 650 \text{ мм}$), тоді $r = R - 250 = 650 - 300 = 350 \text{ мм}$.

Тоді отримаємо

$$\xi_1 = 1 - \frac{350^2}{650^2} = 0,71$$

Частоту обертання роторів виробник встановив на рівні $\omega = 7,07 \text{ с}^{-1}$.

Тоді, отримаємо значення пропускної здатності роторного очисника досліджуваної машини.

$$W = 3,14 \cdot 0,71 \cdot 0,65^2 \cdot 7,07 = 6,7 \text{ м}^2 / \text{с}$$

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

АЗБ 00.000 ПЗ

Арк.

23

супроводжувалось виникнення радіального та осьового биття, погіршенням якості процесу викопування. Для усунення негативного впливу даного явища пропонується замість метало-керамічних втулок встановити радіально-упорні роликові підшипники, які сприйматимуть не лише радіальні а й осьові навантаження. Це підвищить надійність даного вузла.

Щоб не було втрат коренеплодів ротори охоплюються вертакально розміщеними пружинними пальцями. Ця конструкція запобігає можливим втратам та сприяє сепарації ґрунту за рахунок їх вібрації. Але спостерігається втрати цукристих не в цілісних коренеплодах, а в обломках нижньої частини коренеплодів, які потрапляють в зазор між пальцями. Слід також звернути увагу значну кількість та вартість цих пальців, виготовлених із пружинної сталі.

Тому, пропонується прибрати їх з конструкції а натомість застосувати пруткові решітки з горизонтальним зазором 35мм, що сприятиме сепарації ґрунту та убезпечить коренеплоди від ушкоджень..

3.2. Технологічні розрахунки.

3.2.1. Вибір параметрів дискового копача.

Дотримання оптимальних значень параметрів диска комбінованого копача, таких як діаметр диска D та кут атаки α зможуть забезпечити його якісну роботу (рис. 3.1). За рекомендаціями П.М. Волохи [3] оптимальним значенням кута атаки можна вважати кут $\alpha = 45^{\circ}$, а глибина підкопування коренеплодів знаходиться в межах $h_z = 80 - 120 \text{ мм}$. Виробник копача валкоутворювача вважає за оптимальне значення кута атаки $\alpha = 28 - 30^{\circ}$. Прийmemo за основу для подальших розрахунків значення $\alpha = 30^{\circ}$, а $h_z = 120 \text{ мм}$.

Значення загальної ширини захвату комбінованого викопуючого органу

$$2a = d_{k \max} + 2\delta, \quad (3.1)$$

де $d_{k \max} \approx 130 \text{ мм}$ - орієнтовне значення максимального діаметра буряка цукрового;

					АЗБ 00.000 ПЗ		Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

δ - параметр, який враховує ймовірне відхилення буряків від осі рядка та неточність водіння агрегату в загінці, $\delta \approx 150\text{мм}$

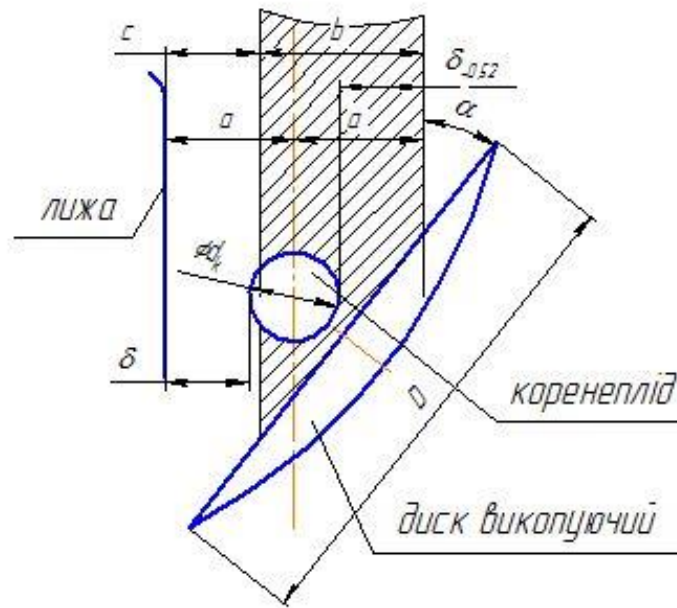


Рис. 3.1. Розрахункова схема комбінованого викопуючого пристрою.

Ширина захвату комбінованого викопуючого диску визначиться

$$b = 2 \sin \alpha \cdot h_2 (D - h_2) = 2a - c \quad (3.2)$$

Звідси отримаємо вираз для визначення діаметру диску

$$D = h_2 + \frac{2(d_{k\max} + 2\delta - c)}{2 \sin \alpha \cdot h_2} = h_2 + \frac{d_{k\max} + 2\delta - c}{\sin \alpha \cdot h_2} \quad (3.3)$$

При проектуванні чи підготовці викопуючого органу до роботи потрібно мінімізувати надходження піднятого диском ґрунту на ротори, а також запобігти травмуванню коренеплідів лижою. Дана вимога забезпечується за виконання умови $c = \delta$.

Тоді вираз 3.3 запишеться у вигляді

$$D = h_2 + \frac{d_{k\max} + \delta}{\sin \alpha \cdot h_2} \quad (3.4)$$

Підставивши вихідні дані отримаємо орієнтовне значення діаметра викопуючого диска

$$D = 120 + \frac{130 + 150}{\sin 30^\circ \cdot 120} = 124,7\text{мм}$$

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Отримане теоретичне значення діаметра диску значно відрізняється від реального.

Практика показує, що оптимальним є значення діаметра диска є значення, яке лежить в межах $D = 450 - 560 \text{ мм}$, як і для більшості ґрунтообробних машин (луцильники, дискові борони тощо).

Тому, приймаємо $D = 450 \text{ мм}$.

3.3. Кінематичний розрахунок.

Для виконання кінематичних розрахунків скористаємося спроектованою кінематичною схемою (рис. 3.2). Розрахунок передбачає отримання значень частот обертання, кутових швидкостей валів копача-валкоутворювача з урахуванням передаточних відношень механізму передач від ВВП трактора до очисних роторів. Частота обертання ВВП трактора $n = 540 \text{ об/хв}$

Частота обертання вала I дорівнює частоті обертання ВВП. $n_I = 540 \text{ об/хв}$.

Відповідно, частоти обертання інших валів матимуть значення.

$$n_{II} = \frac{z_1}{z_2} = 540 \frac{17}{34} = 270 \text{ об/хв};$$

$$n_{III} = n_{II} = 270 \text{ об/хв};$$

$$n_{IV} = n_{III} = 270 \text{ об/хв};$$

$$n_V = n_{IV} \frac{z_3}{z_4} = 270 \frac{14}{56} = 67,5 \text{ об/хв}.$$

Для розрахунку кутових швидкостей скористаємось виразом [14].

$$\omega_i = \frac{\pi \cdot n_i}{30} \quad (3.5)$$

де ω_i - кутова швидкість i -го валу, c^{-1} .

n_i - частота обертання i -го валу, об/хв .

$$\omega_I = \frac{3,14 \cdot 540}{30} = 56,5 c^{-1}$$

$$\omega_{II} = \frac{3,14 \cdot 270}{30} = 28,26 c^{-1}$$

$$\omega_{III} = \omega_{II} = 28,26 c^{-1}$$

$$\omega_{IV} = \omega_{III} = 28,26 c^{-1}$$

					АЗБ 00.000 ПЗ			Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			30	

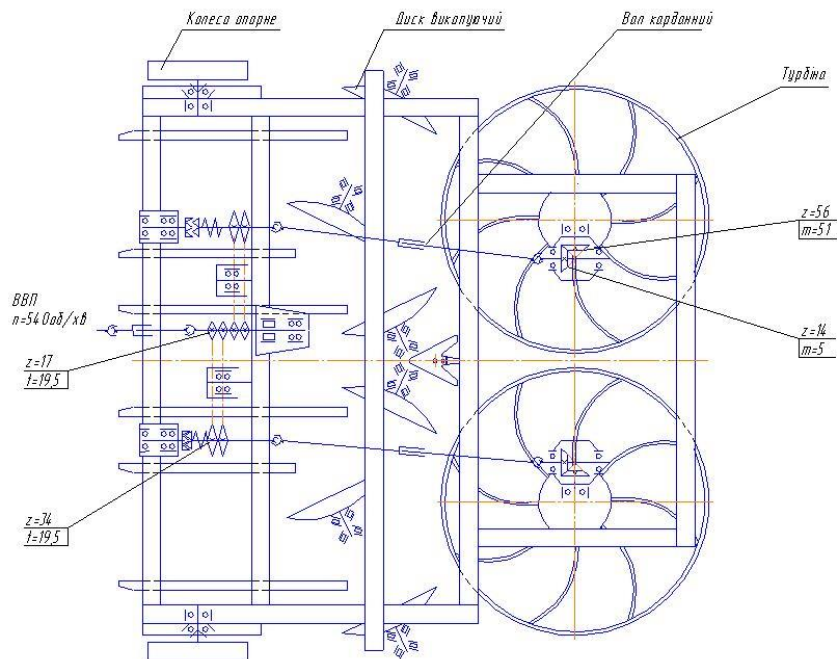


Рис. 3.2 Кінематична схема механізму приводу копача.

$$\omega_v = \frac{3,14 \cdot 67,5}{30} = 7,07 \text{ c}^{-1}$$

3.4. Силовий аналіз механізму передач машини.

Відповідно до інструкції з експлуатації копача-валкоутворювача АЗБ-6, як засіб агрегування призначаємо трактор МТЗ – 80 [10].

Для ведення силового аналізу механізму передач необхідно визначити потужність, яку може передати ВВП призначеного трактора.

Вихідні дані:

- вага трактора - $G_{mp} = 33,4 \text{ кН}$;
- вага копача-валкоутворювача - $G_m = 12,6 \text{ кН}$;
- коефіцієнт опору коченню – $f = 0,1$;
- робоча швидкість - $V = 6 \text{ км/год} = 1,67 \text{ м/с}$;
- ККД ВВП - $\eta_{ВВП} = 0,95$;
- питома потужність, яка витрачається на привод робочих органів - $N_n = 3,5 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{кг}$;
- урожайність цукрових буряків – $Q = 300 \text{ ц/га} = 3,0 \text{ кг/м}^2$

Агрегат працюватиме за умови [11].

					АЗБ 00.000 ПЗ		Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

$$N_{np} < N_{BВП} \quad (3.6)$$

де N_{np} – потужність, яка витрачається на забезпечення роботи механізмів копача, $кВт$;

$N_{BВП}$ - потужність, що передається через ВВП підчас роботи копача, $кВт$;

$$N_{np} = N_n \cdot q \quad (3.7)$$

q - секундна передача маси в машину, $кг/с$;

$$q = B_p \cdot V \cdot Q \quad (3.8)$$

де $B_p = 2,7 м$ - робоча ширина захвату копача, $м$;

Тоді

$$q = 2,7 \cdot 1,67 \cdot 3,0 = 13,5 кг/с$$

Тоді

$$N_{np} = 3,5 \cdot 13,5 = 47,3 кВт$$

Визначаємо потужність на кожному валу

$$N_I = N_{BВП} = 47,3 кВт$$

$$N_{II} = N_I \cdot \eta_{лн}^2 \cdot \eta_{нк}^3 \cdot \eta_m = 47,3 \cdot 0,92^2 \cdot 0,99^3 \cdot 0,98 = 38,1 кВт \quad (3.9)$$

де $\eta_{лн} = 0,92$ - ККД ланцюгової передачі;

$\eta_{нк} = 0,99$ - ККД підшипників кочення;

$\eta_m = 0,98$ - ККД запобіжної муфти;

$$N_{III} = N_{II} \cdot \eta_{ум}^2 = 38,1 \cdot 0,98^2 = 36,6 кВт$$

де $\eta_{ум} = 0,98$ - ККД шарнірної муфти;

$$N_{IV} = N_{III} \cdot \eta_{нк}^2 = 36,6 \cdot 0,99 = 36,2 кВт;$$

$$N_V = N_{IV} \cdot \eta_{зн} \cdot \eta_{нк}^2 = 36,2 \cdot 0,97 \cdot 0,99^2 = 34,4 кВт$$

де $\eta_{зн} = 0,97$ - ККД зубчатої передачі

Визначаємо крутний момент на валах

$$T_I = T_{BВП} = \frac{N_I}{\omega_I} = \frac{47,3 \cdot 10^3}{56,5} = 837,1 Нм \quad (3.10)$$

$$T_{II} = \frac{N_{II}}{\omega_{II}} = \frac{38,1 \cdot 10^3}{28,26} = 1348,2 = Нм$$

					АЗБ 00.000 ПЗ		Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

$$T_{III} = \frac{N_{III}}{\omega_{III}} = \frac{36,6 \cdot 10^3}{28,26} = 1295,1 \text{ Нм}$$

$$T_{IV} = \frac{N_{IV}}{\omega_{IV}} = \frac{36,2 \cdot 10^3}{28,26} = 1280,9 \text{ Нм}$$

$$T_V = \frac{N_V}{\omega_V} = \frac{34,4 \cdot 10^3}{7,07} = 4865,6 \text{ Нм}$$

3.5. Енергетичні розрахунки.

3.5.1. Перевірка агрегату на повздовжню стійкість.

Бурякозбиральний агрегат складається з колісного трактора МТЗ-80 та навісного копача-валкоутворювача АЗБ-6 (рис. 3.3). Найменшою стійкістю такий агрегат володіє під час руху на підйом. Для оцінки його стійкості користуються коефіцієнтом запасу стійкості X_n [2]. Якщо розрахункове його значення буде $X_n \leq 0,4$ то вважається, що повздовжня стійкість забезпечується. Якщо ж $X_n \geq 0,4$ то стійкість агрегату порушується і потрібно проводити додаткові заходи для її відновлення (наприклад, встановленням додаткових вантажів на передню навіску трактора) [2].

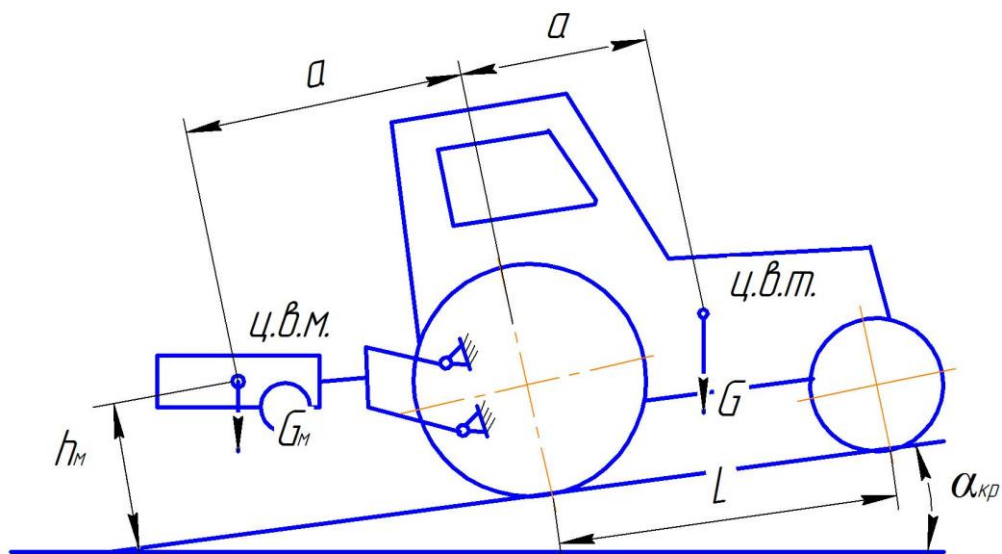


Рис. 3.3. Розрахункова схема агрегату.

Зазначений коефіцієнт визначають з виразу

$$X_n = \frac{G_n \cdot a_n}{G \cdot a} \quad (3.11)$$

де $G_n = 12,6кН$ – сила ваги начіпної машини (копача);

$a_n = 1,4м$ – координата центру ваги копача, відносно осі ведучих коліс енергетичного засобу;

$G = 33,4кН$ – сила ваги трактора;

$a = 0,724м$ – координата центру мас трактора відносно осі ведучих коліс.

Тоді

$$X_n = \frac{12,6 \cdot 1,4}{33,4 \cdot 0,724} = 0,72$$

Бачимо, що стійкість агрегату порушена ($X_n \geq 0,4$) і є необхідність встановлення на передню частину трактора додаткових вантажів.

Сила ваги додаткових вантажів

$$\Delta G = \frac{(X_n - X_n') \cdot a \cdot G}{X_n' \cdot a_x} \quad (3.12)$$

де $X_n' = 0,4$ – необхідний коефіцієнт запасу повздовжньої стійкості з додатковими вантажами;

$a_x = 2,8м$ – повздовжня координата центру ваги додаткових вантажів відносно осі ведучих коліс трактора

$$\Delta G = \frac{(0,72 - 0,4) \cdot 0,724 \cdot 33,4}{0,4 \cdot 2,8} = 6,9кН$$

Тоді

$$X_n = \frac{G_n \cdot a_n}{G \cdot a + \Delta G \cdot a_x} = \frac{12,6 \cdot 1,4}{33,4 \cdot 0,724 + 6,9 \cdot 2,8} = 0,4$$

Таким чином, умова стійкості виконується.

3.6. Розрахунок деталей на міцність.

3.6.1. Розрахунок на міцність напіввісі викопуючого диска.

Визначимо силове навантаження на викопуючий диск. Відомо, що на сферичний диск ґрунтообробної машини діє горизонтальна складова сили $R_x^z = 800 \dots 1100H$ за умови, що питомий опір ґрунту складає близько $k = 7H / \text{см}^2$ [2,7].

Для ведення розрахунків прийmemo $R_x^z = 1000H$.

Тоді, значення вертикальної складової сили визначиться (рис. 3.4)

$$R_y^e = 1,2 \cdot R_x^z = 1,2 \cdot 1000 = 1200H \quad (3.13)$$

Реакції опор в горизонтальній площині

$$\sum M_A = 0 \quad R_x^z(l_1 + l_2) - R_B^z \cdot l_2 = 0$$

$$R_B^z = \frac{R_x^z(l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{1000(68 + 45)}{45} = 2511,1H$$

$$\sum M_B = 0 \quad -R_A^z \cdot l_2 + R_x^z \cdot l_1 = 0$$

$$R_A^z = \frac{R_x^z \cdot l_1}{l_2} = \frac{1000 \cdot 68}{45} = 1511,1H$$

$$\text{Перевірка: } \sum F = 0 \quad -R_x^z + R_B^z - R_A^z = -1000 + 2511,1 - 1511,1 = 0$$

Реакції опор в вертикальній площині

$$\sum M_A = 0 \quad -R_y^e(l_1 + l_2) - R_B^e \cdot l_2 = 0$$

$$R_B^e = \frac{R_y^e(l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{1200(68 + 45)}{45} = 3013,3H$$

$$\sum M_B = 0 \quad -R_y^e \cdot l_1 + R_A^e \cdot l_2 = 0$$

$$R_A^e = \frac{R_y^e \cdot l_1}{l_2} = \frac{1200 \cdot 68}{45} = 1813,3H$$

Перевірка

$$\sum F = 0 \quad R_y^e - R_B^e - R_A^e = 1200 - 3013,3 + 1813,3 = 0$$

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

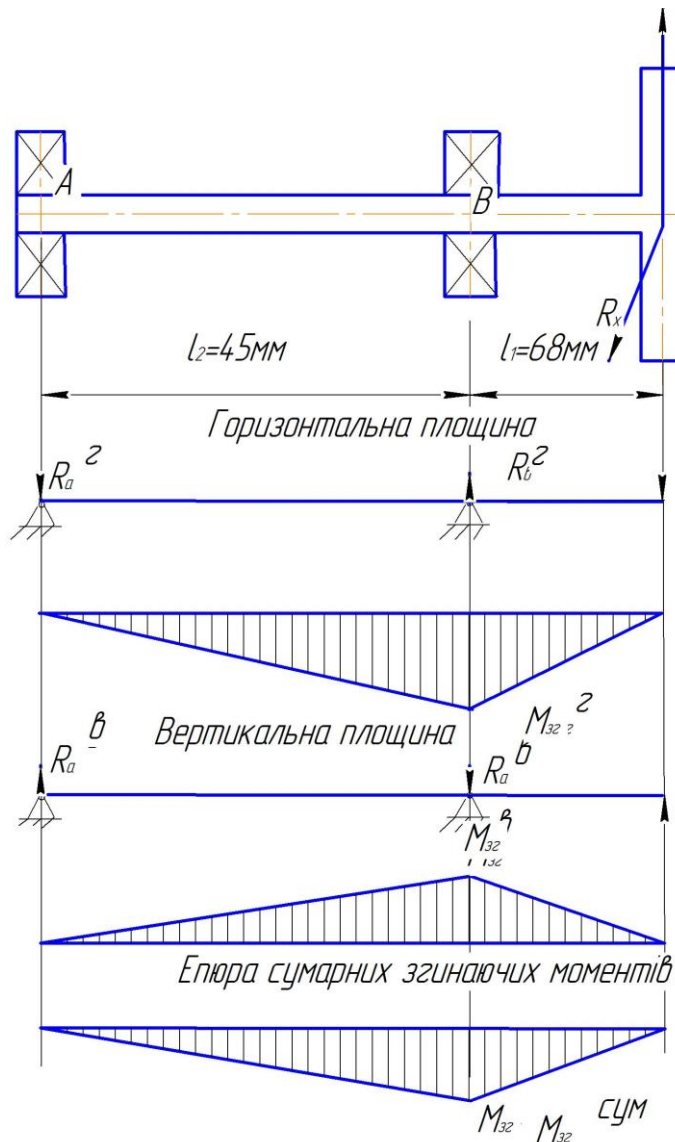


Рис. 3.4 Розрахункова схема напіввісі

Розрахуємо значення згинаючого моменту в небезпечному перерізі B ,

- в горизонтальній площині

$$M_{32}^z = R_x^z \cdot l_1 = 1000 \cdot 0,068 = 68,0 \text{ Нм}$$

- в вертикальній площині

$$M_{32}^y = R_y^B \cdot l_1 = 1200 \cdot 0,068 = 81,6 \text{ Нм}$$

Значення сумарного згинаючого моменту [14].

$$\sum M_{32} = \sqrt{(M_{32}^z)^2 + (M_{32}^y)^2} = \sqrt{68,0^2 + 81,6^2} = 106,2 \text{ Нм}$$

Попередньо діаметр напіввісі складе

$$d = \sqrt[3]{\frac{\sum M_{32}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{106,2}{0,1 \cdot 55 \cdot 10^6}} = 0,027 \text{ м} = 27 \text{ мм}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Висновки по розділу. В розділі наведено технічну характеристику копача-валкоутворювача АЗБ-6, будову та процес роботи. Проаналізовано деякі недоліки його конструкції, запропоновано конструкторсько-технологічні рішення щодо їх усунення. Виконано необхідні інженерні розрахунки, які підтверджують доцільність заходів по удосконаленню машини.

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

4. Охорона праці.

4.1. Аналіз небезпечних факторів, які можуть виникнути в процесі роботи копача-валкоутворювача.

Цукрові буряки є однією з найбільш трудомістких культур в сучасному сільському господарстві. Вирощування даної культури це дуже складний технологічний та технічний процес. Він стосується всіх операцій її вирощування, в тому числі і збирання урожаю. Збирання урожаю умовно можна розділити на два етапи:

- збирання гички;
- збирання коренеплодів.

Для збирання урожаю коренеплодів, як варіант, використовують агрегат, який складається з колісного трактора та начіпного копача-валкоутворювача АЗБ-6. Такий агрегат несе більшу небезпеку ніж самохідний комбайн, тому що деякі вузли є менш закриті засобами захисту, він є більш небезпечний при маневруванні [6,9,16]. Даний агрегат відноситься до класу тягово-приводних, тому, звісно, має механізм передач та вузли, які обертаються. Такими вузлами є ротори-очисники. Під час роботи вони створюють небезпеку для оточуючих. По сторонах доступ до роторів обмежений, але це не пов'язано з впровадженням заходів безпеки. Пруткові решітки, що там встановлені, виконують технологічну функцію, утримують буряки в межах дії роторів та сприяють сепарації ґрунту. Але, як факт, роблять роботу більш безпечною. В задній частині копача, в зоні валкоутворення доступ до роторів більш відкритий, що є небезпечно. Небезпечні умови праці створюють також деталі механізму передач, які обертаються чи рухаються. До них відносяться вали, ланцюгові передачі, карданні передачі тощо. Крім конструктивних елементів копача-валкоутворювача негативний вплив на обслуговуючий персонал мають і інші фактори.

Під час викопування буряків навколо агрегату створюється зона підвищеної запиленості, викликана ходовою системою трактора і копача, роботою викопувачів дисків, роторів очисників, валкоутворюючої решітки

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

тощо. Негативний вплив на механізатора мають також підвищений рівень вібрації від роботи двигуна, підвищений рівень шуму також від роботи того ж двигуна, механізму передач та роторів машини.

Певні безпекові проблеми можуть виникнути в темну пору доби через погану видимість в робочій зоні, ризик отримання теплового удару в спекотну погоду. Спричинити травмування може надмірна втома через напружений графік роботи, монотонність виконання робіт. Потрапляння прямих сонячних променів на механізатора може спричинити його засліплення та створити певну аварійну ситуацію. Трактор, як енергетичний засіб є потенційним джерелом небезпеки. Небезпечні явища можуть виникнути як при водінні так і при обслуговуванні (робота з паливо-мастильними матеріалами, робочими рідинами тощо).

4.2. Заходи по створенню безпечних умов праці.

При розробці заходів по організації безпечних умов праці при збиранні коренеплодів цукрових буряків використовувались вимоги державних стандартів ДСП 3.3.2.041-99 та ДСТУ 2189-93 [6].

Рухомі частини копача-валкоутворювача (деталі та вузли механізму передач, ротори) повинні бути захищені огороженнями. У разі неможливості виконання даної вимоги небезпечні зони необхідно позначити відповідними знаками [5]. Це стосується, в першу чергу, вихідного вікна валкоутворювача, де є вільний доступ до роторів.

При безпосередній роботі під час збирання урожаю необхідно користуватися засобами індивідуального захисту та особистої гігієни.

В холодну пору одягати теплий одяг, а жарку погоду в кабіні трактора вмикати систему вентиляції чи кондиціонування. Для зменшення негативного впливу вібрації кабіну потрібно монтувати на гумових подушках. Для дотримання нормативного рівня шуму в робочій зоні потрібно використовувати справний глушник вихлопної системи трактора. Як додатковий засіб – використовувати шумопоглинаючі навушники. В сонячну погоду потрібно користуватися сонцезахисними окулярами та козирками, які перекривають

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

верхню частину лобового скла від прямого попадання на голову механізатора сонячних променів.

При водінні трактора механізатор повинен виконувати правила дорожнього руху. При здійсненні технологічних маневрів він зобов'язаний подавати відповідні світлові сигнали, а за необхідності і звукові. Всі заправні роботи потрібно проводити в захисних рукавичках при відсутності поряд відкритого полум'я.

Всі ремонтні та налагоджувальні роботи потрібно проводити в спеціально відведених місцях та регулювальних майданчиках при заглушеному двигуні трактора.

В кабіні трактора обов'язково повинні бути медична аптечка, запас питної води, вогнегасник.

Для запобігання появи проявів втоми необхідно робити періодичні планові технологічні перерви.

Висновки по розділу. В розділі наведено аналіз небезпечних факторів урожаю, які можуть супроводжувати процес збирання урожаю коренеплодів цукрових буряків та запропоновано ряд дій щодо їх усунення.

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

5. Економічна частина

Оцінку економічної ефективності збирання урожаю цукрових буряків потрібно розглядати з двох позицій. По-перше, особливості технології збирання, по-друге, використання машини в даній технології [1].

Стосовно технологій, то раніше відзначалось, що дану культуру можна збирати за трьома технологіями: однофазне, дво- або трифазне збирання.

Ефективність однофазного збирання підтверджена при збиранні цукрових буряків з великих площ (600-800 га і більше) при високій урожайності. Це пояснюється, в першу чергу, бурякозбирального комбайну. Для умов невеликих та середніх фермерських господарств найбільш прийнятною з економічної точки зору є трифазна технологія. Відносна дешевизна системи машин для збирання урожаю робить її конкурентоздатною.

Однією з машин цієї системи є копач-валкоутворювач АЗБ-6. Це, фактично урізана версія самохідного комбайна. При незначній вартості він якісно виконує технологічний процес. Але, як і всі сільськогосподарські машини має деякі недоліки, на усунення яких направлені розробки наукової та інженерної частини. Після модернізації машина стане більш надійною, якісно та стабільно виконуватиме технологічний процес.

Завдяки зазначеному, виробник та споживач машини отримають позитивний економічний ефект.

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

6. Висновок.

Виконані теоретичні дослідження та інженерні розрахунки дають можливість сформулювати наступні висновки.

1. Розглянуто стан бурякозбиральної техніки на ринку України. Встановлено, що найбільш прийнятною для збирання урожаю цукрових буряків для умов невеликих та середніх фермерських господарств є трифазна технологія та система машин для її реалізації.

2. Теоретично обґрунтовано параметри кінематичного режиму роторного очисника коренеплодів.

3. Обґрунтовано параметри викопуючого диска копача-валкоутворювача та удосконалено конструкцію його підшипникового вузла.

4. Удосконалено конструкцію роторного очисника машини.

5. Розроблено заходи більш безпечної експлуатації копача-валкоутворювача.

6. Обґрунтовано економічну ефективність наукових та інженерних розробок виконаних в магістерській роботі.

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

16. . Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинский. – К.: «Урожай», 1991. – 136 с.

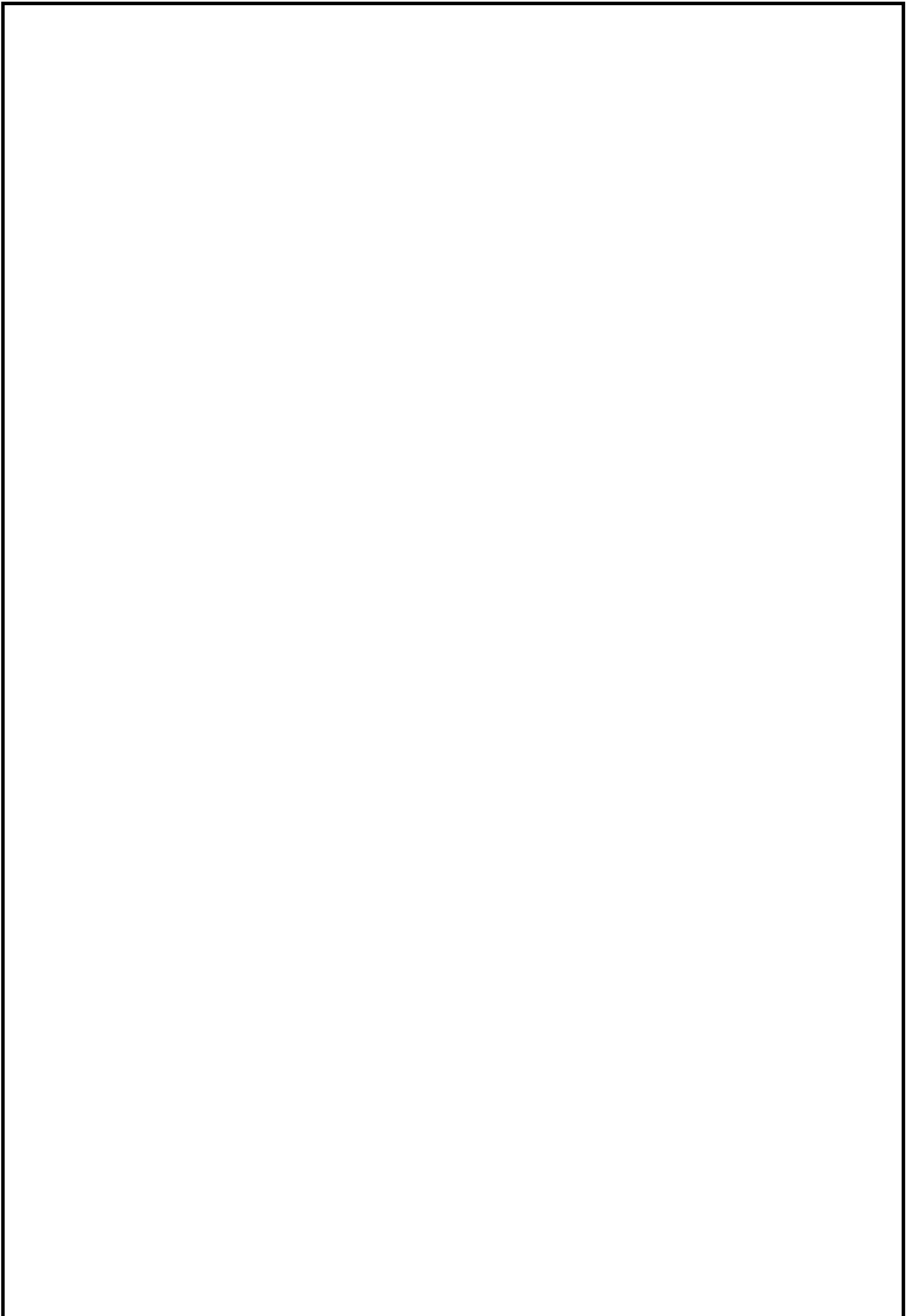
17. Машины для збирання цукрових буряків: конструкції та сучасні вимоги. URL: <https://propozitsiya.com/ua/mashini-dlya-zbirannya-cukrovih-buryakiv-konstrukciyi-ta-suchasni-vimogi>.

18. Цукровий сезон 2023: чи зароблять на цукрових буряках аграрії. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1492-tsukroviy-sezon-2023-chi-zaroblyat-na-tsukrovih-buryakah-agrariyi>.

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Додатки

					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



					АЗБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

ДЛЯ ОДНОФАЗНОГО ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ



БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН HOLMER



БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН ROPA



БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН КС-6Б-10
"ТЕРНОПІЛЬ"



БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН KLEINE SF-10

ДЛЯ ДВОФАЗНОГО ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ



БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН КС-6Б



БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН РКС-6



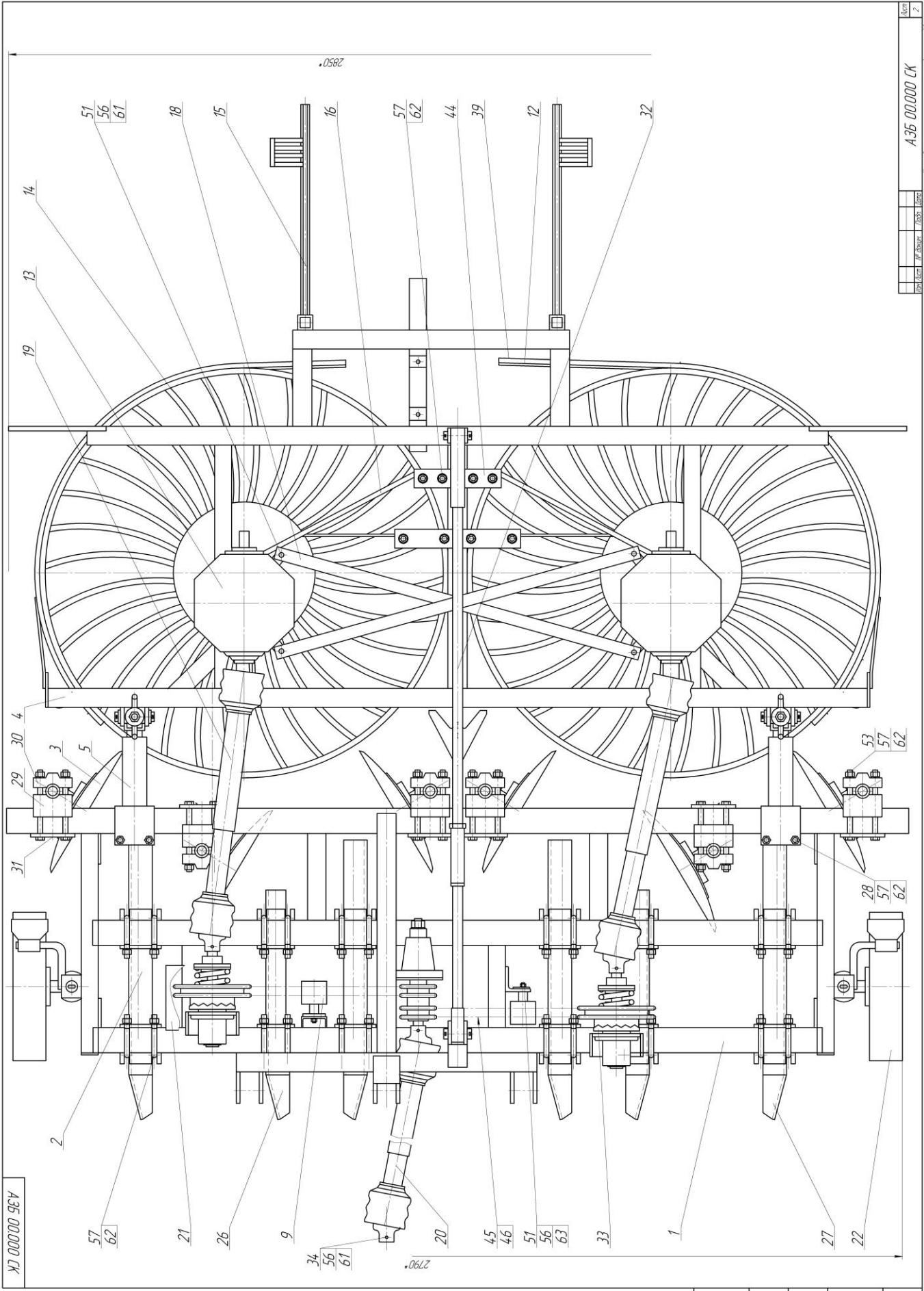
БУРЯКОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН РКМ-6-07

Лист № _____
 Конт. № _____
 Лист № _____
 Лист № _____

						А35 10.000 С2					
Вид	Лист	№ докум.	Полн.	Листы		Огляд конструкцій бурякозбиральних машин			Лист	Маса	Мощність
Розроб.		Акцетиво							-	-	
Вибір		Місця							Лист	Указав	Г
Скорект.											
Вислано		Місце				-			ЦНТУ		
Відп.		Людський				-			ар. ГМ-20М-11		
						Копія			Формат А1		

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
			АЗБ 00.000 СК	Складальне креслення		A1x2
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	АЗБ 00.100	Рама	1	
		2	АЗБ 00.200	Стійка	6	
A1		3	АЗБ 20.000	Диск викопуючий	6	
		4	АЗБ 30.000	Стійка з лапою	1	
		5	АЗБ 00.150	Кронштейн	2	
		6	АЗБ 00.160	Гайка	2	
		7	АЗБ 00.170	Тяга	1	
		8	АЗБ 50.000	Муфта кулачкова	2	
		9	АЗБ 00.190	Ролик натяжний	2	
		10	АЗБ 00.300	Болт регулювальний	2	
		11	АЗБ 00.110	Рама	1	
		12	АЗБ 00.120	Пояс	2	
		13	АЗБ 00.130	Редуктор	2	
A3		14	АЗБ 10.100	Турбіна	2	
		15	АЗБ 60.150	Направляюча	2	
		16	АЗБ 00.180	Відбивач	1	
		17	АЗБ 00.190	Тяга	1	
		18	АЗБ 40.000	Лижа	6	
		19	АЗБ 00.210	Вал карданний	2	
		20	АЗБ 00.220	Вал карданний	1	
		21	АЗБ 00.230	Огородження	2	

					АЗБ 00.000			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Нікітенко				Копач-валкоутворювач цукрових буряків АЗБ-6	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок						1	3
Н. контр.	Мачок					ЦНТУ		
Затвердив	Лещенко					гр. ГМ-22М-1.1		



A35 00.0000 CK

2850

2790

№	Изм.	Исполн.	Дата	Лист	№
				2	2

А35 00.0000 CK

Автомобиль

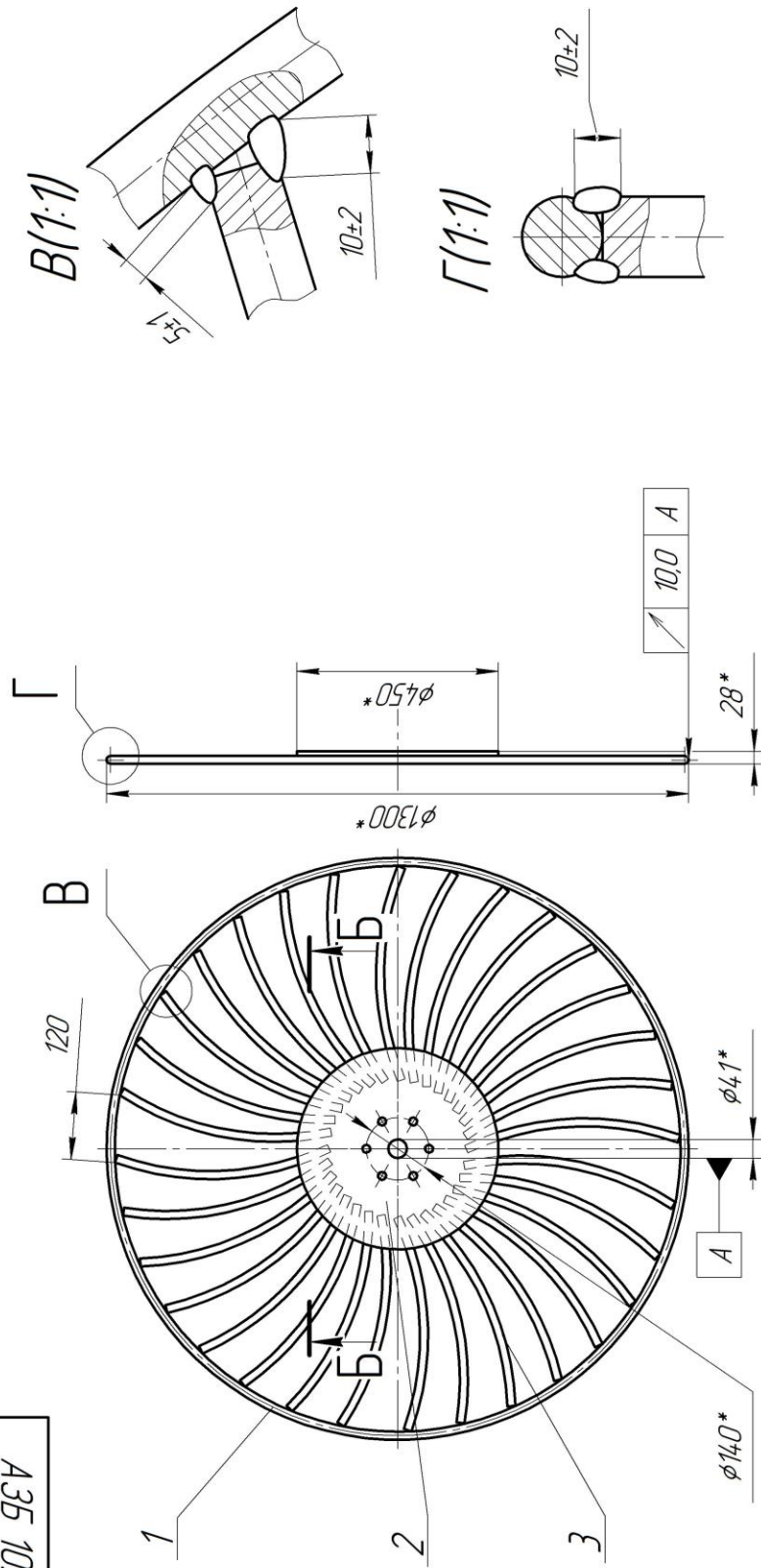
Элемент - А1

Изд. №	Исполн.	Изд. №	Исполн.	Изд. №	Исполн.

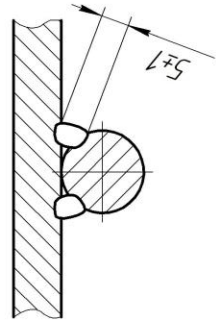
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
			АЗБ 20.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	АЗБ 20.020	Стійка	1	
		2	АЗБ 20.250	Чистик	1	
		3	АЗБ 20.240	Фіксатор	1	
				<u>Деталі</u>		
А3		4	АЗБ 20.304	Напіввісь	1	
А3		5	АЗБ 20.402	Диск	1	
		6	АЗБ 20.403	Шайба	1	
		7	АЗБ 20.406	Шайба	1	
		8	АЗБ 20.408	Кришка	1	
		9	АЗБ 20.307	Прокладка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Манжета І 55x80-3	1	
				ГОСТ 8752-79		
		11		Маслінка 1.2 УХП-1		
				ГОСТ 19853-74		
		12		Підшипник 46207	1	
				ГОСТ 831-75		

					АЗБ 20.000			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Нікітенко				Диск вкопуючий	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок						1	2
Н. контр.	Мачок				ЦНТУ гр. ГМ-22М-1.1			
Затвердив	Лещенко							

АЗБ 10.000 СК



Б-Б(1:1)



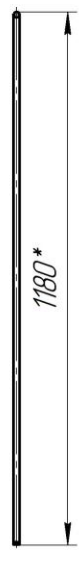
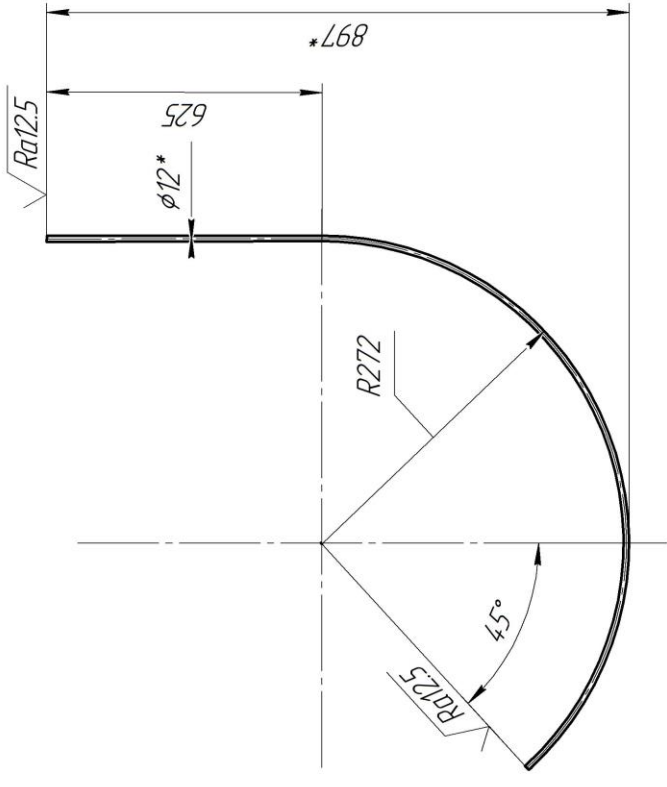
1. Зварна конструкція І-класу по ОСТ 105-934-82
2. Зварний дріт Св-08 ГС
3. *Розміри для довідок
4. Покриття по ТУ на вирід

АЗБ 10.000 СК		Лист	Масса	Масштаб
Турбіна		52	1:10	
-		Лист	Листов	1
-		ЦНТУ		
-		Зр. ГМ-22М-11		
-		Формат А3		

Инд. № подл.	Лист. и дата	Взам. инд. №	Инд. № зуда	Лист. и дата
Лист. и дата	Спроб. №	Лист. и дата	Спроб. №	Лист. и дата

A3B 10.604

1/1 А



1. * Розміри для довідок
2. Невказані граничні відхилення розмірів по ± IT16/2

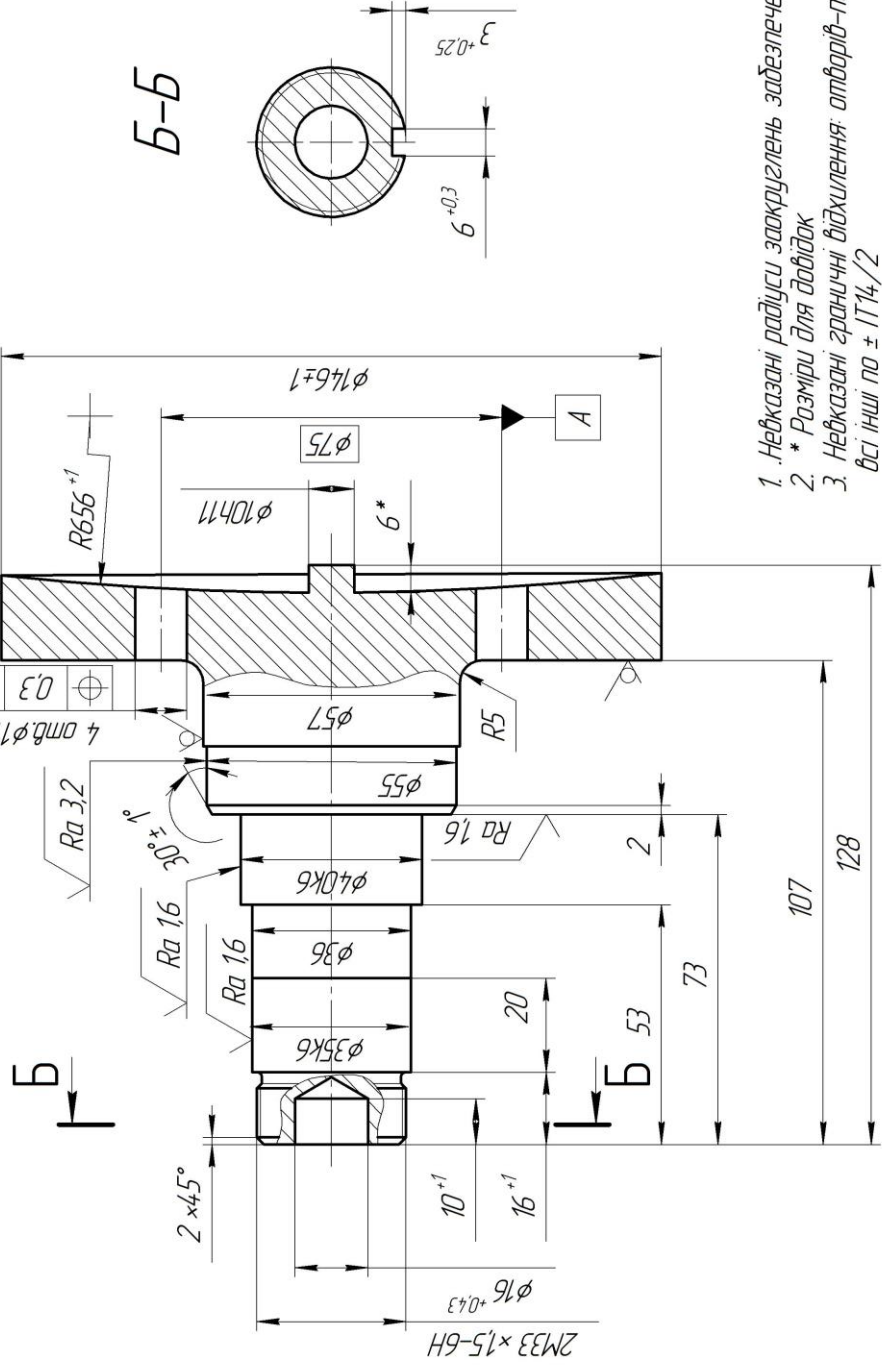
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № инв. №	Инд. № одвл.	Подп. и дата
Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Дата

A3B 10.604		Лист	Масса	Масштаб
Боковина		0,9	1:5	
		Лист	Листов	1
12-В ГОСТ 2590-88		ЦНТУ		
Круж 45- ГОСТ 1050-88		Зр. ГМ-22М-11		

A3Б 20.304

Лист № 03 А
4 шт. ф. 11Н12

$\sqrt{Ra 6,3}$ (✓)



Б-Б

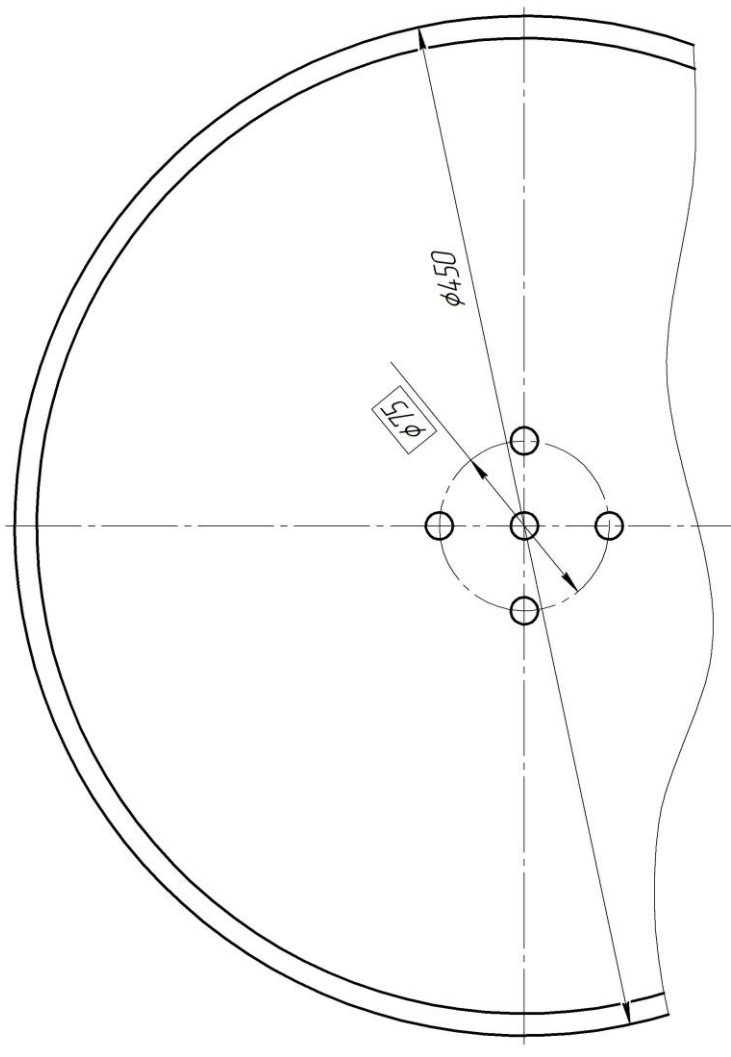
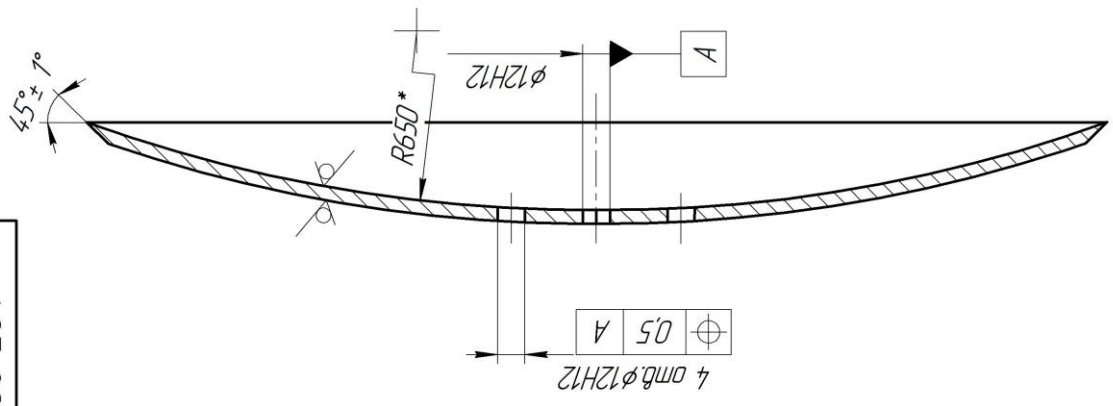
1. Невказані радіуси заокруглень забезпечені інструментом.
2. * Розміри для довідок
3. Невказані граничні відхилення: отворів-по Н14; валів-по н14; всі інші по $\pm IT14/2$

4. Паковка зр. 1 ГОСТ 8479-70.

A3Б 20.304			
Напіввісь		Лист	Масса
		31	1:1
		Лист	Листов
		1	1
Сталь 35 ГОСТ 1050-88		ЦНТУ	
		зр. ГМ-22М-11	

A3B 20.402

$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)



1. Твердість 40..45 HRC.
2. Покрыття по ТУ на вирід.
3. * Розміри для довідок
4. Невказані граничні відхилення: отвір-по Н14; валів-по h14; всі інші по ± IT14/2

Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Удп.	Нікитенко	Мачок		Лист	7,5	1:2
Нконтр.	Мачок	Лещенко		Лист		1

A3B 20.402						
Диск						
Б-ПН-6 ГОСТ 19903-74						
Лист 65Г - ГОСТ 1577-93						
Лист ЦНТУ						
Зр. ГМ-22М-11						