

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Модернізація просапної сівалки з розробкою конструкції рами».

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи ГМ-22-1

ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____Письмак Андрій Олексійович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____Руслан КІСІЛЬОВ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____Іван СКРИННІК

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Перв. примен.		№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
		1			Документація загальна			
		2						
		3			Знову розроблена			
		4						
		5	A0	СУПГ 00. 000	Сівалка пневматична СУПН-8	1		
		6						
		7	A4	БР 00. 000 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
		8						
		9			Документація по складальних			
		10			одиницях			
		11						
		12			Знову розроблена			
		13						
		14	A0	СУПГ 00. 040 СБ	Рама-ресивер	1		
		15						
		16			Документація по			
		17			деталях			
		18						
		19			Знову розроблена			
		20						
		21	A3	СУПГ 00. 601	Маточина	1		
		22						
		23	A3	СУПГ 00. 602	Штуцер	1		
		24						
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Инв. № дубл.								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								

					СУПГ 00. 000 ВП		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Письмак				Відомість роботи		
Пров.	Кісільов						
Н.контр.	Артеменко						
Утв.	Васильковський						
					Лит.	Лист	Листов
					ЦНТУ, гр. ГМ-22-1		

ЗМІСТ

стор.

1. Вступ.....	
2. Стан питання про машину, яке підлягає модернізації.....	
3. Конструкторська частина.....	
4. Висновки	
Список літератури.....	
Додатки	

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Безперервне вдосконалення посівної техніки нерозривно пов'язане з розвитком сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, прагненням до скорочення витрат праці під час проведення сівби та підвищенням ефективності використання посівних агрегатів. Саме впровадження новітніх способів сівби визначає сучасні тенденції розвитку посівного машинобудування та формує основні напрями модернізації посівного обладнання.

За рядкового способу сівби одним із головних завдань залишається забезпечення стабільного та рівномірного загортання насіння на задану глибину як на добре підготовлених ґрунтах, так і на полях із наявністю стерньових решток. Водночас важливе значення має рівномірне розміщення насіння у площі живлення, що створює сприятливі умови для формування дружних сходів і подальшого розвитку рослин. Під час пунктирної сівби просапних культур особлива увага приділяється високій точності розташування насіння в рядку з дотриманням установлених інтервалів між насінинами та необхідної глибини їх загортання незалежно від стану поверхні поля та агрофону.

Підвищення якості посівного матеріалу та впровадження високопродуктивного насіння створюють передумови для застосування знижених норм висіву без погіршення густоти стояння рослин. Це, своєю чергою, стимулює подальший розвиток технологій точного землеробства та вдосконалення конструкцій посівних машин.

Для забезпечення високого рівня врожайності зернових культур усе ширше застосовується локальне внесення мінеральних добрив у підвищених нормах як одночасно з висівом, так і окремими технологічними операціями. Поряд із цим під час сівби просапних культур дедалі частіше

					БР 00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ				
Розроб.	Письмак								
Перевір.	Кісільов								
Реценз.									
Н. Контр.	Артеменко								
Затверд.	Васильковський								
					Літ.		Арк.	Акрушів	
					ЦНТУ, гр. ГМ-22-1				

використовуються комплексні сухі та рідкі добрива, що сприяє покращенню живлення рослин у початковій фазі росту та розвитку.

Сучасні тенденції розвитку посівної техніки також спрямовані на ефективне поєднання кількох агротехнічних операцій за один прохід агрегату. Такий підхід передбачає одночасне виконання передпосівного обробітку ґрунту, висіву насіння, локального внесення добрив і засобів захисту рослин, а також коткування посівів. Комплексне виконання операцій дозволяє суттєво підвищити продуктивність праці, скоротити витрати паливно-мастильних матеріалів, зменшити ущільнення ґрунту та підвищити загальну економічну ефективність технологічного процесу.

Поряд із впровадженням новітніх технічних рішень до конструкції сучасних посівних машин висувається комплекс загальних вимог, спрямованих на підвищення ефективності виконання технологічного процесу сівби. Усі ці вимоги обов'язково враховуються на етапах проектування, модернізації та вдосконалення посівної техніки. Однією з найважливіших умов є підвищення коефіцієнта технічної готовності машин, що досягається шляхом збільшення надійності, довговічності та міцності окремих вузлів, механізмів і конструкції агрегату загалом.

Важливого значення набуває також забезпечення стабільного функціонування основних робочих органів і механізмів за встановлених робочих швидкостей. Це дозволяє гарантувати безперервність та високу якість виконання технологічного процесу висіву. Досягнення такої стабільності забезпечується завдяки застосуванню сучасних систем контролю та сигналізації, які оперативно інформують оператора про порушення в роботі висівних апаратів, а також впровадженню елементів автоматизації й освітлювальних пристроїв для ефективної роботи у вечірній та нічний час.

Суттєва увага приділяється і покращенню умов праці механізатора, зокрема зменшенню фізичного навантаження та скороченню часу, необхідного для технічного обслуговування посівного агрегату. Важливим напрямом удосконалення є оптимізація процесу завантаження посівного

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалу шляхом збільшення місткості бункерів, удосконалення їх конструкції та забезпечення зручності заповнення. Крім цього, актуальним завданням є скорочення загальної тривалості проведення посівних робіт за рахунок забезпечення можливості ефективної роботи агрегатів на ґрунтах із підвищеною вологістю.

З урахуванням наведених вимог та сучасних тенденцій розвитку посівної техніки актуальним напрямом даної бакалаврської роботи є вдосконалення конструкції пневмомеханічної сівалки СУПН-8А шляхом впровадження рами-ресивера. Запропоноване конструктивне рішення спрямоване на підвищення надійності роботи пневматичної системи, стабілізацію технологічного процесу висіву та покращення експлуатаційних показників посівного агрегату в цілому.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКЕ ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1. Опис об'єкту модернізації

Сівалка СУПН-8, яка зображена на рисунку 2.1, є навісною посівною машиною, призначеною для точного висіву насіння просапних культур із одночасним внесенням мінеральних добрив. Її конструкція складається з комплексу взаємопов'язаних складальних одиниць і механізмів, які забезпечують стабільне виконання технологічного процесу сівби. До основних елементів сівалки належать:

- рама із замком автозчипки;
- два опорно-приводні колеса з механізмом передачі приводу на насіннєві та туковисівні апарати;
- вісім посівних секцій, обладнаних насіннєвими сошниками, пневматичними висівними апаратами, бункерами для насіння, прикочувальними котками, загортачами, шлейфами та механізмами регулювання глибини загортання сошників;
- чотири туковисівні апарати;
- пристосування для висіву насіння сої;
- пристрій для вичісування дрібних бур'янів;
- вентилятор відцентрового типу для пневматичної системи;
- маркери;
- транспортний механізм;
- уніфікована система контролю технологічного процесу.

Принцип роботи сівалки базується на передачі обертального руху від опорно-приводних коліс до насіннєвисівних дисків та пружинних шнеків туковисівних апаратів через систему ланцюгових передач і механізм зміни передаточних чисел. Така схема забезпечує синхронізацію роботи висівних механізмів із поступальним рухом агрегату та дозволяє підтримувати задану норму висіву насіння і добрив.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрідження у підковоподібній порожнині кришки пневматичного висівного апарата створюється вентилятором, який приводиться в дію за допомогою гідромотора. Для постійного контролю рівня вакууму на замку автозчіпки встановлено мембранний тягомір, що дозволяє оператору контролювати стабільність роботи пневматичної системи.

Під час роботи насіння під дією створеного розрідження присмоктується до отворів висівного диска, який обертається. У зоні вакууму насінини утримуються на поверхні диска та переміщуються із забірної камери до ділянки скидання. Після виходу із зони розрідження насіння під дією сили тяжіння відокремлюється від отворів диска та спрямовується через насіннепровід у сошник, який забезпечує укладання насіння у підготовлену борозну на задану глибину. Після цього насіння загортається ґрунтом та ущільнюється прикочувальними котками, що сприяє покращенню контакту насіння з ґрунтом і створює сприятливі умови для отримання дружних сходів.

Видалення зайвих насінин, що одночасно присмоктали до отворів висівного диска, здійснюється за допомогою спеціального скидача, розташованого в забірній камері висівного апарата. Робота цього елемента забезпечує відбір лише однієї насінини для кожного отвору диска, що сприяє підвищенню точності пунктирного висіву та дотриманню заданої густоти розміщення рослин у рядку.

У нижній частині пневматичного висівного апарата, під час переходу отворів диска із зони розрідження до зони атмосферного тиску, насіння втрачає утримувальну силу вакууму та поодинці відокремлюється від поверхні диска. Після цього насінини спрямовуються через насіннепровід у борозну, сформовану п'яткою сошника, що забезпечує їх укладання на задану глибину та рівномірне розміщення вздовж рядка.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

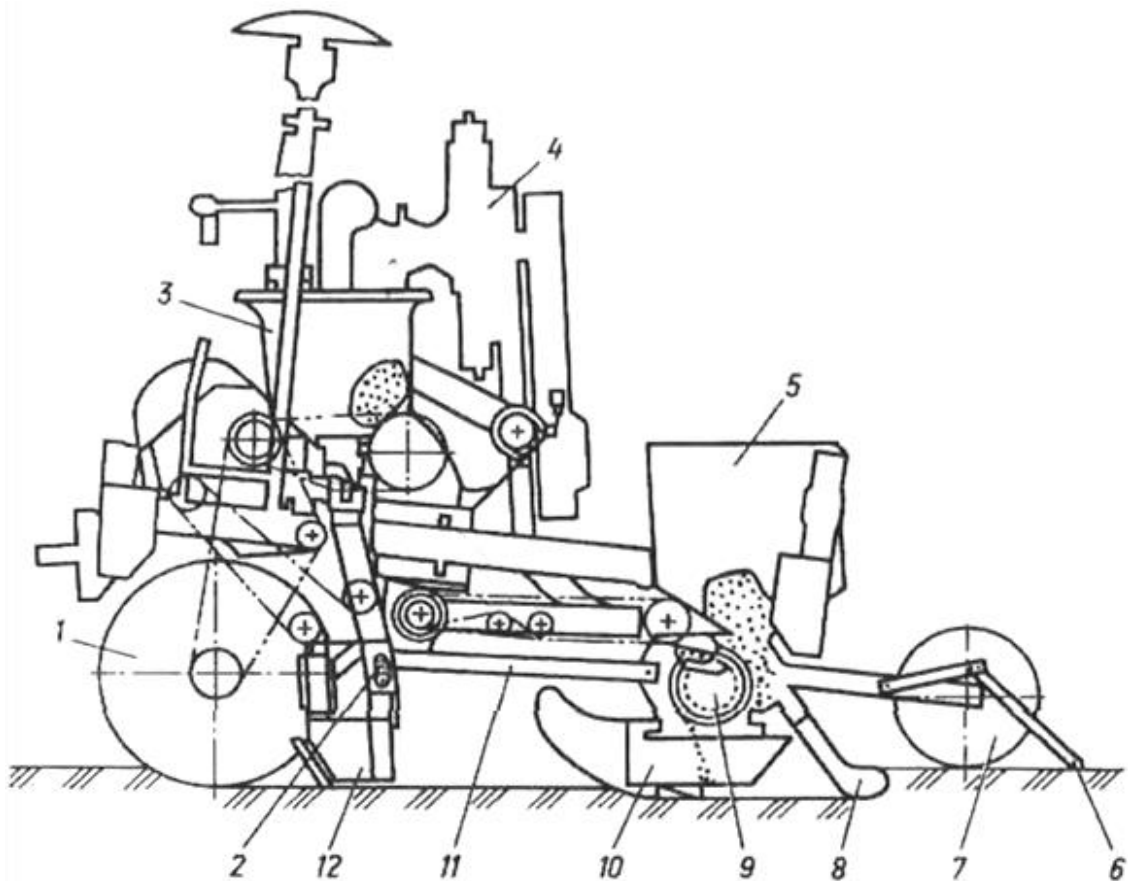


Рис. 2.1. Запропонована схема сівалка пневмомеханічної дії СУПН-8: 1- опорно-приводне колесо; 2 - гумовий тукопровід; 3 - пружино-шнековий туковисівний апарат; 4 - вентилятор відцентрового типу; 5 - бункер для насіння; 6 - шлейф для вирівнювання рельєфу; 7 - прикочувальне колесо; 8 - загортальні системи; 9 - насінневисівний апарат; 10 - сошник полозоподібної форми; 11 - паралелограмна підвіска; 12 - сошник для туків

Одночасно з висівом насіння сівалка виконує внесення мінеральних добрив. Подача туків із бункерів здійснюється пружинними шнеками туковисівного апарата, які мають ліву та праву навивки. Під час обертання шнеки транспортують добрива до воронок, звідки вони надходять у борозни, утворені туковими сошниками. Для забезпечення рівномірного розподілу добрив застосовуються розсіювачі, які за рахунок коливальних рухів вихідних вікон воронок формують стабільний та рівномірний потік туків.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фіксація сівалки в замку автозчіпки здійснюється після повного входження рамки у замковий пристрій. При цьому собачка автоматично защіпається за скошений виступ регулювальної планки, забезпечуючи надійне утримання рамки в робочому положенні. Необхідне положення регулювальної планки для забезпечення надійної фіксації досягається поворотом ексцентриків, установлених в овальних отворах планки, що дозволяє виконувати точне регулювання механізму зчеплення.

Для роз'єднання рамки із замком під час від'єднання сівалки від трактора конструкцією передбачені рукоятка та канат приводу механізму розблокування. Їх використання забезпечує зручність і безпечність виконання операцій агрегування та роз'єднання посівного агрегату.

2.2. Технічна характеристика сівалки СУПН-8

Сівалка СУПН-8 належить до навісних пневматичних посівних машин точного висіву, призначених для висіву насіння просапних культур із одночасним внесенням мінеральних добрив. Конструкція машини забезпечує виконання технологічного процесу з високою точністю та продуктивністю в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Основні технічні характеристики сівалки наведено нижче:

- тип машини - навісна;
- ширина захвату - 5,6 м;
- робоча швидкість руху - до 12 км/год.

Масові показники машини:

- конструктивна маса - 1100 ± 3 % кг;
- експлуатаційна маса - 1345 ± 3 % кг.

Конструкція сівалки передбачає наявність:

- восьми посівних сошників;
- механізмів приводу насіннєвисівних і туковисівних апаратів;
- пневматичної системи створення вакууму.

Габаритні розміри сівалки становлять:

- ширина - 5740 мм;

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- довжина - 2000 мм;
- висота - 1600 мм.

До основних агротехнічних параметрів машини належать:

- ширина міжрядь - 700 мм;
- глибина загортання насіння - 40...120 мм.

Сівалка забезпечує регулювання норм висіву в таких межах:

- насіння - 25...150 тис. шт./га;
- мінеральних добрив - 50...200 кг/га.

Пневматична система машини обладнана відцентровим вентилятором, який створює необхідне розрідження у висівних апаратах. Основні параметри пневмосистеми:

- тип вентилятора - відцентровий;
- потужність, необхідна для приводу вентилятора - 3,3 кВт;
- продуктивність вентилятора - 800 м³/год.

Коефіцієнт технічної готовності сівалки становить 0,98, що свідчить про достатньо високий рівень надійності конструкції та стабільність роботи машини в експлуатаційних умовах.

Агрегування сівалки СУПН-8 здійснюється з тракторами тягового класу 1,4.

2.3. Агротехнічні вимоги до машини

Для забезпечення якісного висіву насіння кукурудзи сівалкою СУПН-8 до роботи машини висувається ряд агротехнічних вимог, дотримання яких є необхідною умовою отримання рівномірних сходів та високої врожайності культури.

Основні агротехнічні показники якості роботи сівалки повинні відповідати таким вимогам:

- відхилення фактичної норми висіву насіння від заданого значення не повинно перевищувати $\pm 3\%$;
- відхилення норми внесення мінеральних добрив допускається не

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більше $\pm 10\%$;

- нерівномірність висіву насіння між окремими висівними апаратами сівалки не повинна перевищувати $\pm 4\%$;
- нерівномірність подачі насіння кожним окремим висівним апаратом допускається в межах $\pm 2\%$;
- не допускається наявність незагорнутого насіння на поверхні поля після проходу агрегату;
- нерівномірність висіву мінеральних добрив не повинна перевищувати $\pm 8\%$;
- насіння має висіватися повністю та рівномірно на задану глибину, при цьому допустиме відхилення глибини загортання не повинно перевищувати $\pm 1,5$ см;
- відхилення глибини та відстані внесення добрив відносно насіння допускається не більше $\pm 15\%$;
- відхилення основних міжрядь по всій довжині рядків не повинно перевищувати $\pm 3\%$;
- відхилення стикових міжрядь допускається в межах $\pm 7\%$;
- пошкодження та травмування насіння під час роботи висівного апарата не допускається.

Дотримання наведених агротехнічних вимог забезпечує рівномірність розміщення насіння та добрив у ґрунті, сприяє формуванню оптимальної густоти стояння рослин, підвищує польову схожість та створює передумови для отримання високих і стабільних урожаїв кукурудзи.

2.3. Пропозиції по удосконаленню конструкції вузлів, що підлягають до модернізації.

Об'єктом модернізації нами прийнято просапну сівалку СУПН-8.

З метою покращення рівномірності розрідження у кожному висівному апараті даної сівалки ми пропонуємо розробити конструкцію рами-ресивера.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки

3.1.1. Визначення витрат тиску в пневмосистемі просапної сівалки

Сформований рух повітря по конструкціям повітропроводів сівалки СУПН-8 використовується на подолання сил тертя $F_{тер}$, а також діючих місцевих опорів $F_{м.о.}$. Тому ми можемо скористатися наступним виразом:

$$F_{\zeta} = F_{тер} + F_{м.о.} \quad (3.1)$$

Далі, проведемо обчислення витрат тиску на тертя в трубопроводах, що конструктивно мають круглий перетин, скориставшись формулою 3.2:

$$F_{тер} = \lambda \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{\gamma \cdot g^2}{2 \cdot g} \quad (3.2)$$

де: l - значення довжини всього трубопроводу в конструкції сівалки;

D - значення діаметру трубопроводу (наприклад, найменший показник 0,032 м);

λ – чинник, що враховує опору тертя в системі. Він виражається з врахуванням числа Рейнольдса і обчислюється з наступного виразу:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot R_e^{-0,237}, \quad (3.3)$$

Відповідно, число Рейнольдса має визначатися з такого виразу:

$$R_e = \frac{D \cdot g}{\tau}$$

де: τ - чинник, що враховує кінематичну в'язкість матеріалу при барометричному тиску $P_0=760$ мм вод. ст. та показнику температури у 20°-22°, тобто $\tau=0,148 \cdot 10^{-4}$ MR/с;

g – чисельне значення швидкості повітряного потоку в конструкції трубопроводу. Його можна обчислити за наступною формулою:

$$g = 4,04 \cdot \sqrt{h_g} = 4,04 \cdot 2,95 = 11,8 \text{ м/с}, \quad (3.4)$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

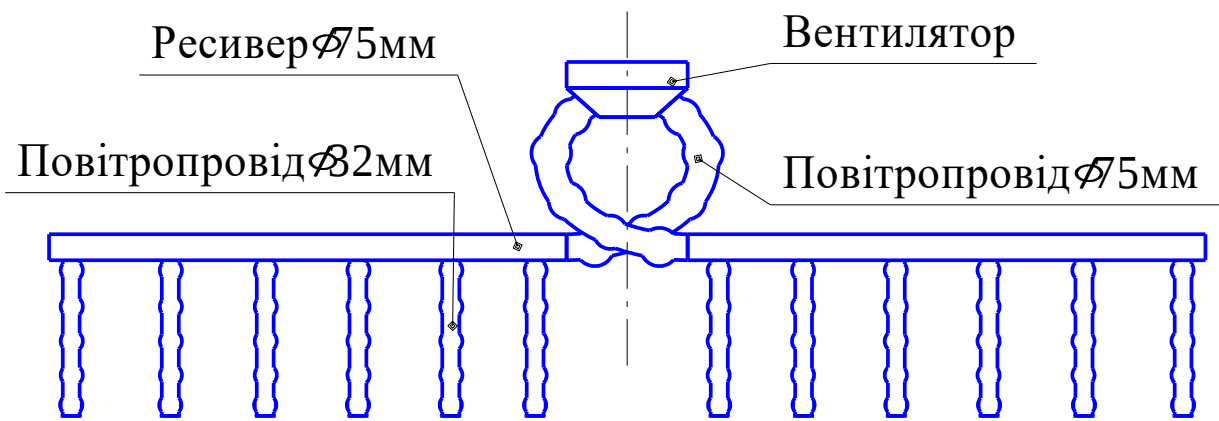


Рис. 3.1. Схема формування повітропроводів вздовж конструкції сівалки.

Враховуючи конструктивні особливості системи повітропроводів проведемо наступні обчислення:

- для повітропроводів, що мають діаметр 75 мм:

$$R_e = \frac{0,075 \cdot 11,8}{0,148 \cdot 10^{-4}} = 6,01 \cdot 10^{-4};$$

- для повітропроводів, що мають діаметр 32 мм:

$$R_e = \frac{0,032 \cdot 11,8}{0,148 \cdot 10^{-4}} = 2,56 \cdot 10^{-4}.$$

Далі, проводимо розрахунок витрат тиску на подолання сил тертя в пневмосистемі, тобто:

- для ресивера:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot (6,02 \cdot 10^4)^{-0,273} = 0,0462$$

Отже:

$$F_{тр.1} = 0,0462 \cdot \frac{2,0}{0,075} \cdot 2 \cdot \frac{1,24 \cdot 11,8^2}{2 \cdot 9,8} = 22,45 \text{ кг/м}^2;$$

- для пневмопроводів, що мають діаметр 75 мм:

$$F_{тр.2} = 0,0462 \cdot \frac{0,9}{0,075} \cdot 2 \cdot \frac{1,24 \cdot 11,8^2}{2 \cdot 9,8} = 10,1 \text{ кг/м}^2;$$

- для пневмопроводів, що мають діаметр 32 мм:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot (2,56 \cdot 10^4)^{-0,273} = 0,054;$$

Таким чином:

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{mp.3} = 0,054 \cdot \frac{0,7}{0,032} \cdot 6 \cdot \frac{1,24 \cdot 11,8^2}{2 \cdot 9,8} = 64,56 \text{ кг/м}^2.$$

Тепер ми можемо встановити витрати тиску на тертя у повітропроводах просумувавши вже визначені показники:

$$F_{тер.} = F_{тер.1} + F_{тер.2} + F_{тер.3} = 22,45 + 10,1 + 64,56 = 97,11 \text{ кг/м}^2 = 971,1 \text{ Па} \approx 0,9 \text{ кПа}$$

Обчислюємо витрати тиску, які використовуються на подолання місцевих опорів та входять до функції динамічного тиску:

$$F_{м.о.} = \chi \cdot \frac{\gamma \cdot g^2}{2 \cdot g} \quad (3.5)$$

де: χ – чинник, що враховує та характеризує місцевий опір.

Найпоширенішими видами місцевих аеродинамічних опорів є втрати тиску, що виникають у місцях зміни геометричних параметрів повітропроводу, зокрема при його розширенні, звуженні або зміні напрямку руху повітряного потоку. Такі опори обумовлені порушенням рівномірності руху повітря, появою турбулентних зон та додатковими енергетичними втратами під час транспортування повітряної суміші.

1. Раптове розширення повітропроводу спостерігається під час переходу потоку від камер висівних апаратів до ресивера. У цій зоні відбувається різке збільшення площі поперечного перерізу каналу, що призводить до зниження швидкості руху повітря та виникнення вихрових потоків. У результаті цього частина кінетичної енергії повітряного потоку втрачається, що спричиняє додатковий місцевий опір у пневматичній системі.

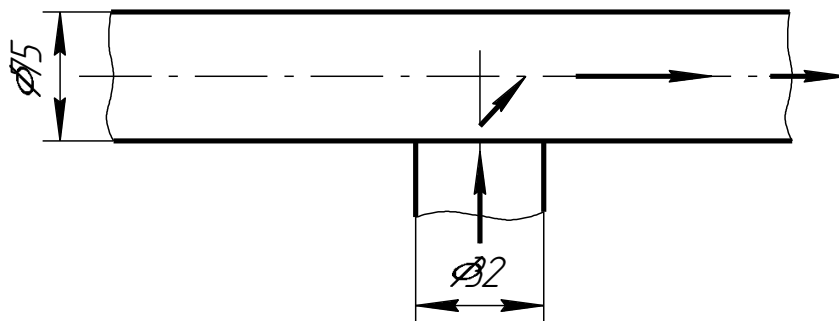


Рис. 3.2. Схема з виконанням переходу повітряного потоку.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі проводимо обчислення чинника, що враховує місцевий опір користуючись наступною за формулою:

$$\chi = \left(1 + \frac{f}{P}\right)^2,$$

де: f – відповідно, площа поперечного перетину повітропроводу, м².

Вона становить:

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} = 0,0008 \text{ м}^2$$

Далі обчислюємо вже площу поперечного перетину для конструкції ресивера:

$$P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,075^2}{4} = 0,0047 \text{ м}^2$$

Тепер підставляємо до виразу вже відомі значення показників:

$$\chi = \left(1 + \frac{f}{P}\right)^2 = \left(1 + \frac{0,0008}{0,047}\right)^2 = 1,32$$

Далі, отримуємо витрати тиску, пов'язаних з подоланням місцевих опорів:

$$F_{м.о.1} = \chi \cdot \frac{\gamma \cdot g^2}{2 \cdot g} = 1,32 \cdot \frac{1,24 \cdot 11,8^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 16 = 194,4 \text{ кг/м}^2$$

Проводимо обчислення показника, що враховує і характеризує згин в конструкції повітропроводу користуючись виразом 3.6:

$$\delta_{\kappa} = K_{\kappa} \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \quad (3.6)$$

де: $K_{\kappa} = 0,73$ - відповідно постійний чинник пропорційності;

δ_1 - чинник, який пов'язаний з радіусом заокруглення каналу, тобто R/D;

δ_2 - чинник, що враховує кут виконаного повороту в конструкції коліна труби, (α);

δ_3 - чинник, що враховує форму самого перетину. Так, для круглої форми перетину він складає $\delta_3 = 1,0$.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Користуючись літературними джерелами приймаємо наступне:

для $R/D=5$; $\delta_1 = 0,14$;

при $\alpha=40^\circ$ ми маємо $\delta_2 = 0,7$.

Підставляємо тепер відомі значення показників та проводимо розрахунки:

$$\delta_k = K_k \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 = 0,73 \cdot 0,14 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,072$$

Отже:

$$F_{m.o.2} = 0,072 \cdot \frac{1,24 \cdot 11,8^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 2 = 1,33 \text{ кг/м}^2$$

І нарешті, загальний показник стосовно витрат тиску становить:

$$F_{m.o.} = F_{m.o.1} + F_{m.o.2} = 194,4 + 1,33 = 195,73 \text{ кг/м}^2 = 1957,3 \text{ Па} = 1,9 \text{ кПа}$$

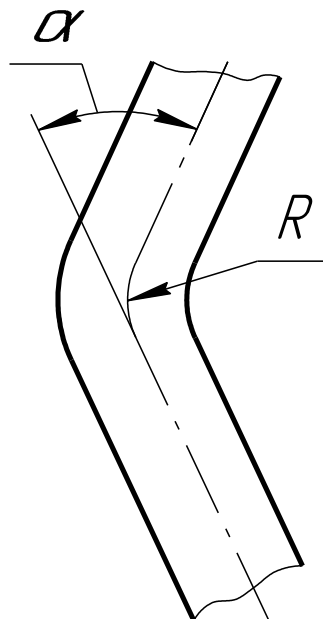


Рис. 3.3. Схема повітропроводу із закругленим виконанням.

Отже, обчислюємо кінцеві втрати тиску в пневмосистемі просапної сівалки СУПН-8:

$$F_\zeta = 0,9 + 1,9 = 2,8 \text{ кПа}$$

Для забезпечення стабільної та якісної роботи висівних апаратів під час висіву насіння просапних культур вентилятор повинен створювати достатній

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівень повного розрідження у пневматичній системі. Необхідна величина розрідження визначається конструктивними особливостями висівного апарата, фізико-механічними властивостями насіння та режимами роботи посівного агрегату. Саме підтримання оптимального вакууму забезпечує надійне утримання насінин на отворах висівного диска, рівномірність їх подачі та точність формування заданої норми висіву:

$$\sum F = F_a + F_{\xi} = 2500 + 2800 = 5300 \text{ Па} = 5,3 \text{ кПа}$$

Багаторічний практичний досвід експлуатації сівалок, обладнаних ресивером, підтверджує доцільність його застосування у конструкції пневматичної висівної системи. Використання ресивера сприяє стабілізації повітряного потоку та підтриманню рівномірного розрідження в системі, що забезпечує більш точний і рівномірний висів насіння. Завдяки цьому насіння розміщується у ґрунті з однаковими інтервалами по довжині рядка та на заданій глибині загортання. Саме рівномірність висіву й дотримання оптимальної глибини посіву належать до основних агротехнічних показників, які безпосередньо впливають на дружність сходів, розвиток рослин і, як наслідок, рівень урожайності сільськогосподарських культур.

3.2. Кінематичний розрахунок

3.2.1. Кінематичний розрахунок висівної системи сівалки СУПН-8.

Згідно існуючих агротехнічних вимог для сівалок, що придатні для сівби просапних культур, міжряддя як правило складає 70 см.

Норми висіву мають наступний діапазон: 25 тис. шт./га - це мінімальний показник і 150 тис. шт./га – максимальний.

Починаємо розрахунок з визначення частоти обертання висівного диска користуючись такою формулою:

$$n = \frac{N \cdot g_a}{Z (1 - \xi)} \quad (3.7)$$

де: N - задана норма висіву насіння, шт/м;

g_a - відповідно, робоча швидкість руху вибраного посівного агрегату,

м/с;

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ξ - чинник, що враховує прослизання коліс. Він становить 0,07;

Z - кількість присмоктувальних комірок на диску. Наприклад, для кукурудзи найбільш розповсюджений диск з 22 комірками.

При швидкості руху посівного агрегату $\vartheta_a=2,22$ м/с, тобто 8 км/год і нормі висіву 1,75 шт./м частота обертання висівного диску має бути наступною:

$$n = \frac{1,75 \cdot 2,22}{22(1-0,07)} = 0,19 \text{ с}^{-1} \text{ або } n=11,4 \text{ хв}^{-1}$$

Так, для сівби з нормою 5,6 шт./м:

$$n = \frac{5,6 \cdot 2,22}{22(1-0,07)} = 0,61 \text{ с}^{-1} \text{ або } n=36,41 \text{ хв}^{-1}$$

Для сівби з нормою 10,5 шт./м:

$$n = \frac{10,5 \cdot 2,22}{22(1-0,07)} = 1,14 \text{ с}^{-1} \text{ або } n=68,51 \text{ хв}^{-1}$$

Так як робоча швидкість посівного агрегату 8 км/год є найбільш прийнятною, тому подальші обчислення виконуємо для такого показника швидкості.

Для того, щоб встановити крутний момент на вал висівного апарата від опорно-приводного колеса для подальших силових розрахунків за допомогою механізму передач.

Спочатку обчислимо передаточне відношення користуючись наступною формулою:

$$i = \frac{N \cdot b \cdot \pi \cdot D}{\vartheta_a \cdot \gamma \cdot 10^3 \cdot (1 - \xi)} \quad (3.8)$$

де: N - запропонована норма висіву, кг/га;

b - встановлений показник для ширини міжряддя, м;

D - показник діаметру колеса сівалки СУПН-8, м;

ϑ_a - вище встановлена швидкість руху даного агрегату, км/год;

γ - об'ємна вага для вибраного насіння, кг/дм³;

ξ - коефіцієнт прослизання опорно-приводних коліс сівалки.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаючи кількість отворів у висівному диску та необхідну відстань між насіннями у рядку, яка визначається заданою нормою висіву - 25, 80 або 150 тис. шт/га, передаточне відношення приводу висівного апарата можна визначити аналітичним шляхом за відповідною розрахунковою залежністю. Такий підхід дає можливість встановити оптимальне співвідношення між частотою обертання опорно-приводного колеса та висівного диска, що забезпечує дотримання необхідної норми висіву й рівномірне розміщення насіння у рядку:

$$i = \frac{\pi \cdot D}{Z \cdot a \cdot (1 - \xi)} \quad (3.9)$$

де: Z - число комірок у конструкції висівного диску, шт.;

a - відстань між висіяним насінням в сформованому рядку.

$a = 57,1$ см, $17,9$ см, $9,5$ см, відповідно для норми $N = 1,7$; $5,6$ і $10,5$ шт./м.

Отже:

$$i_1 = \frac{3,14 \cdot 0,78 \cdot 10^2}{22 \cdot 57,1 \cdot 0,93} = 0,136,$$

$$i_2 = \frac{3,14 \cdot 0,78 \cdot 10^2}{22 \cdot 17,9 \cdot 0,93} = 0,438,$$

$$i_3 = \frac{3,14 \cdot 0,78 \cdot 10^2}{22 \cdot 9,5 \cdot 0,93} = 0,824.$$

Далі проведемо підбір зірочок для висіву основних норм наприклад для насіння кукурудзи:

$$i_1 = \frac{21}{21} \cdot \frac{12}{26} \cdot \frac{15}{23} \cdot \frac{13}{21} = 0,146,$$

$$i_2 = \frac{21}{21} \cdot \frac{21}{9} \cdot \frac{15}{23} \cdot \frac{13}{21} = 0,441,$$

$$i_3 = \frac{21}{21} \cdot \frac{23}{13} \cdot \frac{15}{23} \cdot \frac{13}{21} = 0,816.$$

Отже, робимо перевірку дійсної норми висіву завдяки отриманим передаточним відношенням, тобто:

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_1 = \frac{\pi \cdot D}{i_1 \cdot Z \cdot (1 - \xi)} = \frac{3,14 \cdot 51}{0,146 \cdot 22 \cdot 0,93} = 55,6 \text{ см};$$

$$a_2 = \frac{\pi \cdot D}{i_2 \cdot Z \cdot (1 - \xi)} = \frac{3,14 \cdot 51}{0,441 \cdot 22 \cdot 0,93} = 17,6 \text{ см};$$

$$a_3 = \frac{\pi \cdot D}{i_3 \cdot Z \cdot (1 - \xi)} = \frac{3,14 \cdot 51}{0,816 \cdot 22 \cdot 0,93} = 9,93 \text{ см}.$$

Таким чином, тоді: $N_1=1,87$ шт./м; відповідно $N_2=5,71$ шт./м та $N_3=10,2$ шт./м.

Тепер обчислюємо величину похибки в розрахованому та потрібному нам передаточному відношенні:

$$\Delta_1 = \frac{1,75 - 1,87}{1,87} \cdot 100 = 3,3\%,$$

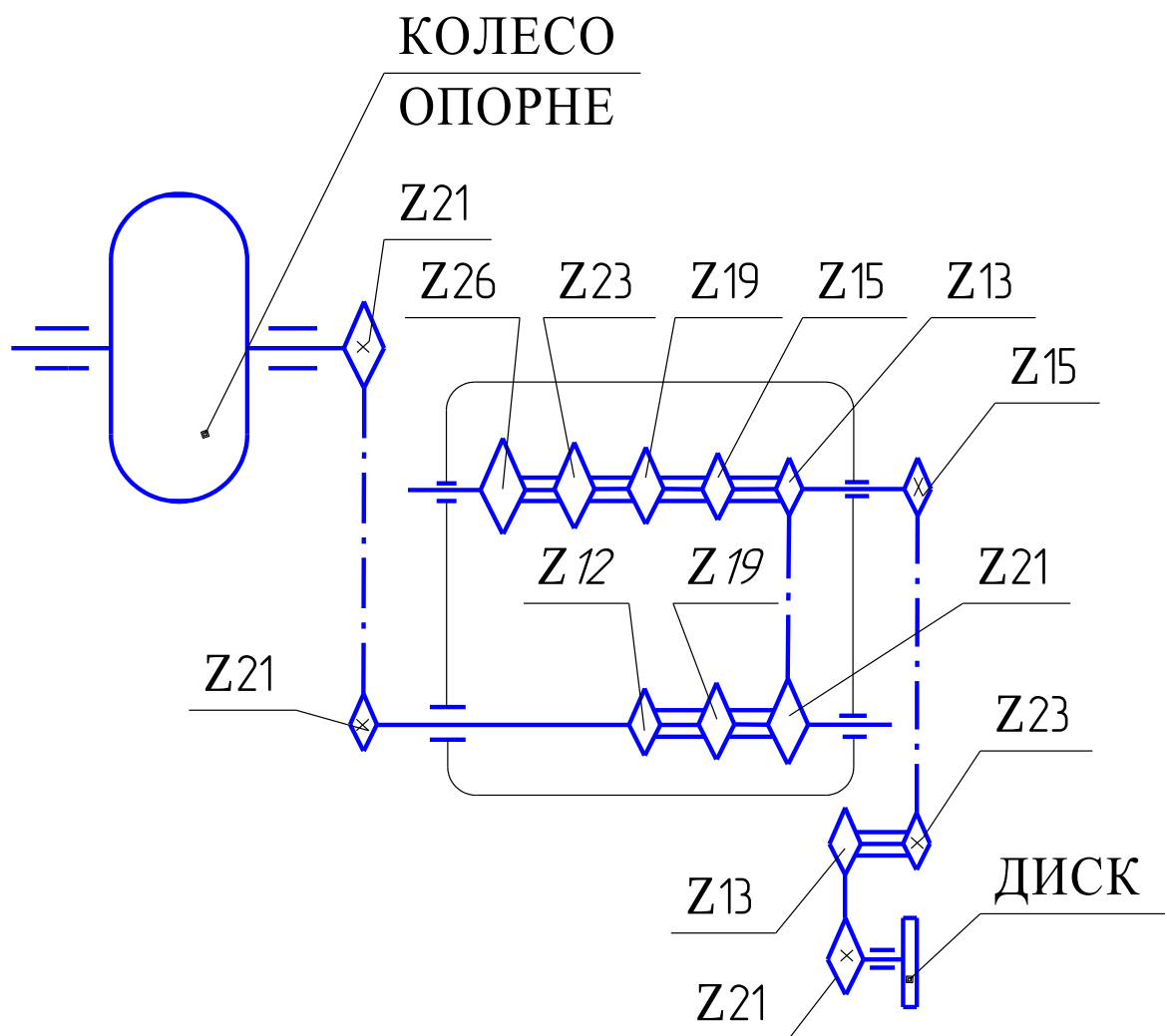


Рис. 3.4. Схема механізму передач до конструкції висівних апаратів.

					БР 00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\Delta_2 = \frac{5,6 - 5,71}{5,71} \cdot 100 = 1,88\%,$$

$$\Delta_3 = \frac{10,2 - 10,5}{10,5} \cdot 100 = 2,86\%.$$

Як бачимо отримані відсотки не перевищують нормативний показник - не більше 5%.

Таким чином, замінивши у встановленому механізмі передач зірочку з 21 зубами на 23 з'явилась можливість одним диском з кількістю отворів 22 забезпечити всі потрібні нам норми висіву насіння кукурудзи.

Проводимо встановлення максимальної колової швидкості на максимальній нормі висіву.

Отже:

$$g_r = \frac{\pi \cdot n \cdot R}{30} = \frac{3,14 \cdot 68,51 \cdot 0,06}{30} = 0,43 \text{ м/с}$$

Отримане значення не перевищує фактичний показник $g_r=0,5$ м/с, що свідчить про правильний підбір робочої швидкості посівного агрегату у 8 км/год при виконанні операції сівби кукурудзи.

3.3. Енергетичні розрахунки

3.3.1. Визначення повздовжньої стійкості вибраного агрегату.

Повздовжня стійкість колісного трактора, агрегатованого з навісними машинами, значною мірою визначається типом розташування навісної системи - переднім або заднім, а також положенням самої машини, яке може бути робочим чи транспортним. Зміна цих параметрів безпосередньо впливає на розподіл навантаження між осями трактора та його здатність зберігати стійке положення під час руху.

Під час роботи агрегату в борозні із задньою навіскою виникнення перекидання трактора практично виключається, оскільки у випадку відриву передніх коліс від поверхні ґрунту опорою для агрегату слугуватиме робоча навісна машина. За таких умов погіршується насамперед керованість трактора, однак його повне перекидання не відбувається.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом із тим застосування задньої навіски може негативно впливати на поздовжню стійкість агрегату під час руху вгору по схилу, особливо коли навісна машина перебуває у транспортному положенні. У такому випадку центр мас агрегату зміщується назад і вгору, що підвищує ймовірність втрати стійкості. При русі вниз по схилу задня навіска, навпаки, сприяє підвищенню поздовжньої стійкості трактора завдяки більш сприятливому перерозподілу ваги агрегату, що наочно показано на рисунку 3.5.

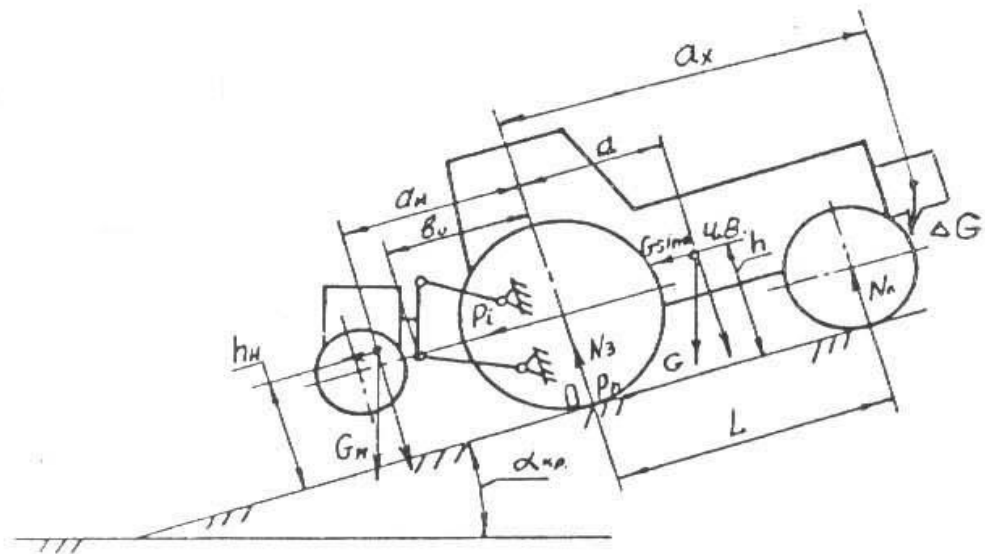


Рис 3.5. Розрахункова схема посівного агрегату (колісний трактор з начіпною сівалкою типу СУПН-8), який активно рухається на підйом.

Стійкість машинно-тракторних агрегатів, сформованих на базі колісних тракторів, оцінюють за допомогою коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості X_H . Цей показник характеризує здатність агрегату зберігати стійке положення під час руху та виконання технологічних операцій у різних експлуатаційних умовах. Коефіцієнт X_H є важливим критерієм безпеки роботи агрегату. Якщо його значення не перевищує 0,4, тобто $X_H \leq 0,4$, положення агрегату вважається стійким, а ризик втрати рівноваги або перекидання є мінімальним. У випадку, коли значення коефіцієнта перевищує 0,4, тобто $X_H > 0,4$, спостерігається

суттєве погіршення поздовжньої стійкості, що може призвести до втрати керованості та створення небезпечних умов експлуатації.

Визначення коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості здійснюється за відповідною розрахунковою залежністю, яка враховує конструктивні параметри трактора, масу та положення навісної машини, а також умови руху агрегату:

$$X_n = G_n \cdot a_n / G \cdot a = \delta_n \cdot a_n / a, \quad (3.10)$$

де: G_n - значення сили ваги самої начіпної машини, кН;

a_n - відповідно повздовжня координата визначеного нами центру ваги для начіпної машини, коли вона піднята в транспортне положення відносно осі лінії задніх ведучих коліс трактора, м;

G - значення сили ваги вибраного нами трактора, кН;

a - значення повздовжньої координати центру ваги колісного трактора відносно вісі ведучих коліс, м.

Отже, маємо наступне:

$$\delta_n = G_n / G = 13,45 / 36 = 0,36$$

$$X_n = 0,36 \cdot 1,02 / 0,821 = 0,47$$

Оскільки отримане значення коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості $X_n > 0,4$, експлуатація агрегату без додаткових заходів щодо підвищення стійкості є небажаною. Для забезпечення безпечної роботи та відновлення допустимого рівня поздовжньої стійкості необхідно встановити на передню частину трактора додаткові баластні вантажі.

Сила тяжіння додаткових вантажів ΔG повинна підбиратися таким чином, щоб після їх навішування навантаження на передню вісь не перевищувало допустимих значень, передбачених технічною характеристикою та паспортними даними трактора. Одночасно встановлення баласту має забезпечити зменшення коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

X_H до нормативно допустимих меж, за яких агрегат працюватиме стійко та безпечно.

Необхідну силу тяжіння додаткових вантажів визначають за відповідною розрахунковою формулою, що враховує масово-геометричні параметри трактора й навісної машини, а також умови експлуатації агрегату:

$$\Delta G = (X_H - X'_H) \cdot aG / X'_H a_x,$$

де: $X'_H \leq 0,4$ - необхідний чинник стосовно запасу повздовжньої стійкості з закріпленими додатковими вантажами, тобто приймаємо $X'_H = 0,4$;

a_x - відповідно повздовжня координата стосовно центру ваги закріплених додаткових вантажів відносно вісі ведучих коліс трактора, м.

Підставляємо відомі значення показників до виразу та отримуємо таке:

$$\Delta G = (0,46 - 0,4) \cdot 0,821 \cdot 36 / 0,4 \cdot 2,8 = 1,57 \text{ кН}$$

Отже, приймаємо $\Delta G = 1,6 \text{ кН}$, що свідчить про потребу у встановленні 8 додаткових вантажів.

Тепер проводимо деякі уточнення стосовно коефіцієнту запасу повздовжньої стійкості:

$$X'_H = G_H \cdot a_H / (G \cdot a + \Delta G \cdot a_x)$$

$$X'_H = 13,46 \cdot 1,02 / (36 \cdot 0,821 + 1,6 \cdot 2,85) = 0,4$$

Далі необхідно перевірити навантаження на колеса вибраного нами трактора в зв'язку з тим, щоб упевнитись у відсутності їх зайвого перевантаження.

Таким чином, навантаження на передні колеса буде становити:

$$N_n = (G \cdot a + \Delta G \cdot a_x - G_H \cdot a_H - (G + \Delta G + G_H) \cdot f \cdot r_k) / L,$$

де: $f = 0,2$ - це чинник, що враховує перекошування машини для закультивованого поля;

r_k - це значення радіусу кочення ведучих коліс даного трактора, м;

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L - чисельне значення повздовжньої бази того ж трактора, м.

Тепер маємо таке:

$$N_n = \left(36 \cdot 0,821 + 1,6 \cdot 2,85 - 13,45 \cdot 1,02 - (36 + 1,6 + 13,45) \cdot 0,2 \cdot 0,72 \right) / 2,37 = 5,42 \text{ кН}$$

Користуючись послідовним виразом визначимо навантаження на задні колеса:

$$N_z = G + \Delta G + G_n - N_n$$

$$N_z = 36 + 1,6 + 13,45 - 5,42 = 45,62 \text{ кН}$$

Згідно літературних джерел допустимий показник стосовно навантаження на задні колеса є 33,7 кН, а відповідно, на передні - 12 кН, при цьому дещо допускається перевантаження коліс, а саме на 40 % при швидкості до 8 км/год.

Таким чином, величина показника перевантаження для задніх коліс складає:

$$\frac{45,62 - 33,7}{45,62} \cdot 100 = 26,12\%$$

Далі користуючись наступною формулою ми можемо встановити значення для критичного кута нахилу схилу:

$$\operatorname{tg} \alpha_{кр} = \left[\operatorname{tg} \alpha_{гран} (1 - X_n) / (1 + \delta_n) \right] - f$$

де: $\alpha_{кр}$ - це є критичний кут нахилу схилу, град.

Отже, він становить таке:

$$\operatorname{tg} \alpha_{гран} = a/h = 0,724/0,821 = 0,87;$$

a, h - відповідно отримані горизонтальна та вертикальна координати стосовно центру ваги трактора, м. Підставляємо значення та отримуємо наступне:

$$\operatorname{tg} \alpha_{кр} = \left[\operatorname{tg} 0,87 \cdot (1 - 0,4) / (1 + 2,37) \right] - 0,2 = 0,51$$

$$\alpha_{кр} = 27,2^\circ$$

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

І нарешті, ми обчислюємо можливість трактора взагалі заїхати з начійною машиною на схил, при цьому не зсунутися з пагорба вниз залежно від стану поля. Тому користуємося наступною умовою:

$$(G + G_H) \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \geq (G + G_H) \cdot \sin \alpha$$

де: $\varphi = 31$, град – це значення кута тертя коліс трактора об оброблений ґрунт.

Отже, підставляємо чисельні значення відомих показників:

$$(36 + 13,45) \cdot \cos 27,2 \cdot 0,6 \geq (36 + 13,45) \cdot \sin 27,2$$

$$20,99 \geq 13,95$$

3.4. Розрахунки на міцність

3.4.1. Розрахунок підшипників на довговічність роботи

Виконаємо перевірочний розрахунок підшипників опорно-приводного колеса на довговічність з метою оцінки їх працездатності та відповідності експлуатаційним навантаженням.

Для даного вузла обрано кульковий радіальний однорядний підшипник закритого типу з двосторонніми ущільненнями відповідно до Держстандарту 180204. Зазначений підшипник характеризується такими основними параметрами:

- зовнішній діаметр підшипника є 47 мм;
- внутрішній діаметр - 20 мм;
- отже, ширина - 14 мм;
- і нарешті, динамічна вантажопідйомність - 12,95 кН.

Вибір підшипника такого типу обумовлений його здатністю сприймати радіальні навантаження, достатньою надійністю в умовах експлуатації сільськогосподарських машин, а також наявністю ущільнень, які запобігають потраплянню пилу, вологи та частинок бруду в зону тертя. Це сприяє підвищенню ресурсу роботи вузла та зменшенню втрат мастильного матеріалу.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінювання довговічності підшипника здійснюється за показником номінального ресурсу роботи, який визначають із урахуванням еквівалентного навантаження та динамічної вантажопідйомності. Номінальна довговічність підшипника розраховується за залежністю:

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{\kappa}{M} \right)^3, \quad (3.11)$$

де: n - значення кількості обертів внутрішньої обойми підшипника. Їх можна визначити скориставшись наступним виразом:

$$n = \frac{60 \cdot g_c}{7,2 \cdot 2 \cdot Z_{cm}}, \quad (3.12)$$

де: $g_c = 8,0$ км/год – робоча швидкість просапної сівалки (дивись кінематичні розрахунки);

$Z_{cm} = 0,242$ м – це є статичний радіус опорного колеса даної сівалки;

M - еквівалент, що характеризує навантаження на вибраний нами підшипник. Він становить таке:

$$M = F_2 \cdot \chi \cdot k_{\sigma} \cdot k_m, \quad (3.13)$$

де: F_2 - значення найбільшого показника навантаження на вибраний нами підшипник. Отже, підставляємо відомі значення та проводимо обчислення:

$$F_2 = \sqrt{P_B^{x_2} + P_B^{y_2}} = \sqrt{1056^2 + 838^2} = 1375 \text{ Н.}$$

$\chi = 1,0$ – це чинник, що враховує та характеризує обертання внутрішнього кільця в обоймі;

k_{σ} - чинник, що активно вказує на характер довговічності.

$k_m = 1,15$ – чинник температурного режиму.

Таким чином, до виразу 3.13 підставляємо відомі значення та отримуємо наступне:

$$M = 1375 \cdot 1,0 \cdot 1,9 \cdot 1,15 = 3004,7 \text{ Н}$$

Тепер ми встановлюємо кількість обертів внутрішнього кільця:

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{60 \cdot 8,0}{7,2 \cdot 2 \cdot 0,242} = 137,7 \text{ хВ}^{-1}$$

І нарешті, номінальна довговічність буде становити наступне:

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot 137,7} \cdot \left(\frac{12700}{3004,7} \right)^3 = 8967,6 \text{ год}$$

Розрахунковий ресурс підшипника повністю відповідає встановленим експлуатаційним вимогам та забезпечує його надійну роботу протягом усього нормативного строку експлуатації сівалки СУПН-8.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській роботі при розгляді «Стану питання про машину, яке підлягає модернізації» були визначені позитивні і негативні моменти в роботі просапної сівалки СУПН-8. Особлива увага була сконцентрована на питанні створення стабільного розрідження в пневмосистемі сівалки. Саме тому нами запропоновано використання рами-ресивера. Застосування ресивера у пневматичній системі сприяє вирівнюванню та стабілізації повітряного потоку, а також забезпечує підтримання постійного рівня розрідження під час роботи висівного апарата. Це створює передумови для більш точного дозування та рівномірного висівання насіннєвого матеріалу. У результаті насіння укладається в ґрунт із практично однаковими проміжками вздовж рядка та на встановлену глибину загортання.

Рівномірність розподілу насіння у рядку разом із дотриманням оптимальної глибини посіву є одними з найважливіших агротехнічних показників роботи сівалки СУПН-8. Саме ці параметри значною мірою визначають рівномірність появи сходів, інтенсивність подальшого росту й розвитку рослин, ефективність використання поживних речовин та вологи, а також безпосередньо впливають на формування високого і стабільного врожаю сільськогосподарських культур.

В конструкторському розділі ми провели обчислення витрат тиску в пневмосистемі просапної сівалки, обґрунтували використання повітропроводів з діаметром 32 мм та 75 мм з метою зменшення місцевих аеродинамічних опорів. Також виконали кінематичні, енергетичні розрахунки та обчислили довговічність роботи підшипника, що встановлений в ступиці опорно-приводного колеса.

Виконана модернізація пневматичної системи надає нам надійні підстави для підтримання оптимального вакууму у всіх висівних апаратах сівалки СУПН-8.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 1. Машини для рільництва / за ред. Черновола М.І. – К. Урожай, 2001. – 384 с.
2. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини (практичні заняття): навч. посібник. / Сисолін П.В., Сало В.М., Свірень М.О. – Кіровоград: Рай. друкарня, 2002. – 131 с.
3. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.
4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
5. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 2. Машини для рільництва / за ред. Черновола М.І. – К. Урожай, 2002. – 359 с.
6. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: У 2 т. – Т. 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО, 2001. – 443 с.
8. Хайліс Г.А. Основи теорії та розрахунку сільськогосподарських машин. - К.: Вид-во УСХА, 1992. - 235 с.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ