

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології збирання кукурудзи
з розробкою стаціонарного пункту очистки
качанів**

Виконав: студент факультету за спеціальністю
208 «Агроінженерія»

_____ Положевець Станіслав Іванович

Керівник: _____ Волик Борис Анатолійович

Рецензент: _____

Дніпро, 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: "Магістр"
Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “_____” _____ 20__ року

№ _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

АНОТАЦІЯ

Положевець С.І. Удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно з розробкою стаціонарного пункту очистки качанів/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 93 с.

В роботі розроблено технологію вирощування і збирання кукурудзи в умовах господарства, визначено необхідну кількість машин і обладнання для реалізації технології. Дано аналіз технологій збирання кукурудзи на зерно, а також світових і вітчизняних тенденцій розвитку кукурудзозбиральної техніки.

Розроблено конструкцію стаціонарного пункту очистки качанів кукурудзи і проведені розрахунки основних вузлів і деталей розробленого пристрою.

Розроблено заходи з охорони праці при вирощуванні і збиранні кукурудзи, а також при роботі на стаціонарному пункті очистки качанів. Економічний ефект від використання технології і стаціонарного пункту очистки становить 558000 грн., а затрати на його будівництво окупаються практично протягом першого року експлуатації.

Ключові слова: кукурудза, технологія, стаціонарний пункт очистки, параметри, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

| | |
|---|----|
| В С Т У П. | 6 |
| 1 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА. | 9 |
| 1.1 Біологічні особливості вирощування кукурудзи на зерно. | 9 |
| 1.2 Програмування врожайності кукурудзи на зерно. | 12 |
| 1.3 Складання технологічної карти на виробництво кукурудзи на зерно по інтенсивній технології. | 16 |
| 2 СПОСОБИ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ І АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ. | 24 |
| 3 СВІТОВІ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ. | 26 |
| 4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ І ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПУНКТУ ОЧИСТКИ. | 42 |
| 4.1 Обґрунтування схеми. | 42 |
| 4.2 Розрахунок стрічкового конвеєра. | 42 |
| 4.3 Розрахунок стрічкового конвеєра. | 44 |
| 4.4 Розрахунок скребкового транспортера. | 53 |
| 4.5 Розрахунок очисника качанів кукурудзи. | 61 |
| 4.6 Розрахунок стрічкового конвеєра для транспортування очищених качанів. | 67 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ. | 78 |
| 5.1 Шкідливі та небезпечні фактори при виробництві кукурудзи на зерно. . | 78 |
| 5.2 Аналіз можливих небезпек і травм при виконанні технологічних процесів на вирощуванні кукурудзи. | 79 |
| 5.3 Охорона праці на стаціонарному пункті очистки кукурудзи. | 82 |
| 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ. | 83 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. | 86 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. | 87 |
| Д О Д А Т К И. | 89 |

В С Т У П

Кукурудза, як відомо, є найвисокопродуктивнішою зерною культурою, яку знає людство. Її широко вирощують як в умовах тропічного, субтропічного, так і помірних кліматичних поясів. Серед зернових культур лише кукурудза здатна за сприятливих умов накопичувати протягом вегетаційного періоду до 26 т сухої речовини на 1 га посіву (для порівняння: ячмінь може синтезувати за вегетаційний період лише до 14 т/га сухої речовини).

Зерно кукурудзи використовується на продовольчі цілі (20%), технічні (15-20%) і на фуражні (60-65%). За вмістом кормових одиниць зерно кукурудзи переважає овес, ячмінь, жито. Кілограм його містить 1,34 кормової одиниці, 78 г перетравного протеїну [1]. Протеїн представлений неповноцінним зеїном і глютеїном, тому згодовувати зерно слід у суміші з високопротеїновими кормами. У зерні кукурудзи 65-70% вуглеводів, 9-12% білка, 4—8% рослинної олії (у зародку до 40%) і лише близько 2% клітковини. Містяться вітаміни А, В_р В₂, В₆, Е, С, незамінні амінокислоти, мінеральні солі і мікроелементи. Вміст білка невисокий, він дефіцитний за деякими незамінними амінокислотами, особливо за вмістом лізину і триптофану.

Для продовольчих цілей із зерна кукурудзи виготовляють понад 150 харчових і технічних продуктів: борошно, крупу, пластівці, крохмаль, сироп, глюкозу, спирт. Із 100 кг зерна одержують 37-40 л спирту, що на 3-5 л більше, ніж із зерна інших культур. Із зародків зерна добувають цінну харчову олію, яка має лікувальні властивості (зменшує вміст холестерину в крові і запобігає захворюванню на атеросклероз). Із стрижнів качанів виготовляють фурфурол, лігнін, ксилозу, одержують целюлозу і папір. З 1 ц зерна можна одержати 56 кг крохмалю (або 60 кг фруктози чи 38 л спирту), 22,4 кг корму з вмістом протеїну 21%, 5,2 кг глютенного борошна і 2,7 кг кукурудзяної олії.

Ось чому в США кукурудза – основа всього могутнього зернового господарства країни. Її частка в структурі валових зборів зерна щорічно становить близько 80 %, а площа – близько 30 млн. га. Середня врожайність становить 84 ц/га, а в штаті Іллінойс досягли рекордно високого врожаю 160 ц сухого зерна з гектара [2, 3].

В Україні до початку повномасштабного вторгнення росії кукурудза була другою культурою за площею вирощування. Це обумовлено як нашим географічним розташуванням, яке створює сприятливі умови для вирощування цієї культури, так і попитом на високоякісну українську продукцію у світі.

Сьогодні частка кукурудзи у посівах культур зменшилась. По-перше, через блокування українських портів, та зниження цін на внутрішньому ринку.

По-друге, через підвищення собівартості вирощування (живлення кукурудзи потребує внесення азотних добрив, які подорожчали на 50%), сушіння (зростання ціни на природний газ також має суттєвий вплив на тарифи) та інші фактори.

В результаті, якщо станом на 2021 рік сільськогосподарські площі кукурудзи складали 5,4 млн гектар, то, згідно з даними державної служби статистики України, у 2022 році вони зменшилися до 4,5 млн гектар, тобто фактично на 17%. В 2023 році очікувано зменшення площ посівів кукурудзи до 3,4 млн гектар [4, 5, 6]. У ситуації, що склалася, частина аграріїв перепрофілювалася на вирощування сої, соняшника та інших культур.

Експерти вважають, що не дивлячись на ці загрози, кукурудза, як і раніше, залишиться серед основних культур. Тому що, по-перше, Україна за багато років завоювала високий рівень експертності у вирощуванні цієї культури (техніка, технології, знання та досвід наших аграріїв), тож після розблокування більшої кількості портів аграрії швидко повернуть свої сильні позиції на міжнародному ринку. По-друге, у світі попит на кукурудзу тільки зростає. В Україні зростання цін уповільнюється тільки темпами експорту.

Одним із основних напрямків підвищення ефективності вирощування кукурудзи є також удосконалення і розробка нової збиральної техніки,

відсутність якої сьогодні так гостро відчуває товаровиробник. У механізації збирання кукурудзи на зерно в світовій практиці спостерігаються дві тенденції: відокремлення качанів безпосередньо в полі з подальшим їх обмолотом у стаціонарних умовах для одержання зерна; відокремлення качанів і їх обмолот прямо в полі.

В даній роботі пропонується удосконалення технології вирощування і збирання кукурудзи на зерно. Це досягається шляхом переобладнання кукуруддозбирального комбайна для збирання кукурудзи в неочищених качанах з послідуною очисткою качанів на стаціонарному очисному пункті.

В дипломній роботі розроблена технологія нового збирального процесу із стаціонарним пунктом очищення качанів продуктивністю 20 т/год. Використання такого рішення дозволяє малому чи середньому фермерському господарству скоротити втрати зерна кукурудзи, знизити затрати праці на збиранні, підвищити якість збиральних робіт в цілому.

1 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

1.1 Біологічні особливості вирощування кукурудзи на зерно

Кукурудза – однорічна, однодомна, роздільностатева, перехресно-запильна рослина родини злакових, підродини просоподібних. Як усі хліба другої групи, кукурудза теплолюбна культура. Мінімальна температура проростання насіння більшості гібридів і сортів 8–10 °С, а нормально розвинені і дружні сходи з'являються при температурі 10–12 °С. Кукурудза, висіяна в холодний і перезволожений ґрунт, проростає дуже повільно, сходи її часто бувають зріджені, бо набубнявіле насіння уражається грибними хворобами і втрачає польову схожість. Перспективними є виведені селекціонерами біотиби кукурудзи, здатні проростати при температурі 5–6 °С. Сходи кукурудзи витримують температуру до мінус 3С, у фазі 2-3 листків - до мінус 3-5 С Кукурудза краще витримує весняні заморозки, ніж ранні осінні (мінус 2 - 3 °С), які пошкоджують зерно незрілих качанів і різко знижують його схожість і товарну якість. Більш вибагливі до тепла сорти і гібриди зубоподібної групи, менше - кременистої.

Кукурудза найкраще росте і розвивається при середньо добовій температурі до 25 °С. При більш низьких температурах (14-15 °С) ріст рослин затримується, а при зниженні їх до біологічного мінімуму (10 °С) припиняється. Високі температури (25-30 °С) кукурудза до цвітіння витримує добре, але якщо вони в період викидання волотей і з'явлення стовпчиків качанів перевищують 30-35 °С, різко порушується нормальний хід цвітіння і запліднення рослин (розрив у часі між появою стовпчиків і розтріскуванням пиляків сягає 7-8 днів), внаслідок чого спостерігається значна череззерниця в качанах. Максимальна температура, за якої припиняється ріст кукурудзи, становить 45-47°С. Сума біологічно активних температур,

необхідна для дозрівання скоростиглих гібридів і сортів, становить 1800-2000 °С, середньо- і середньоранньостиглих 2300-2600 °С, пізньостиглих 3000-3200 °С.

Одні вчені відносять кукурудзу до посухостійких рослин, інші - до вологолюбних. Кукурудза в ранні фази росту і розвитку (до утворення генеративних органів) справді може тривалий час перебувати у стані в'янення, а при випаданні опадів відновлювати життєздатність і продовжувати вегетацію. Крім того, коренева система кукурудзи глибоко проникає у ґрунт і добре засвоює вологу з глибоких його шарів.

На утворення одиниці сухої речовини кукурудза витрачає майже удвічі менше води, ніж хліба першої групи. Коефіцієнт її транспірації становить у середньому 246 (174-406). Це він міг стати підставою для віднесення кукурудзи до посухостійких рослин. Проте після утворення на рослинах 8-9 листків і особливо з появою волоті потреби кукурудзи у волозі різко зростають, досягаючи максимуму в період від початку цвітіння (викидання волоті) до початку молочної стиглості. Триває він приблизно місяць і є найбільш критичним для кукурудзи за її потребою у волозі. В цей період кукурудза використовує близько 70% вологи від загальної спожитої її кількості. Встановлено, що навіть короткочасна (2-3-денна) ґрунтова посуха у період викидання волотей чи запилення (якщо при цьому спостерігається в'янення рослин) може призвести до зниження врожаю на 22%. Кукурудза дуже чутлива до вологи також під час наливання зерна. Оптимальна вологість ґрунту в період активної вегетації має становити 75-80 % НВ, що забезпечується випаданням улітку до 300 мм опадів.

Разом з тим надлишок вологи, зокрема близьке залягання ґрунтових вод, негативно впливає на розвиток кукурудзи. У надмірно зволоженому ґрунті через поганий доступ повітря дуже повільно проростає насіння, що призводить до його загнивання; слабо розвивається коренева система; рослини погано засвоюють фосфор і погіршується їх білковий обмін; вони жовкнуть і дають низький врожай. За надмірних опадів у період досягання та збирання врожаю

качани ушкоджуються грибними хворобами, що призводить до зниження врожаю зерна і погіршення його якості.

Високі врожаї зерна і зеленої маси кукурудза дає на всіх ґрунтах, придатних для вирощування інших польових культур. Проте найкраще вона росте і розвивається на ґрунтах з глибоким гумусовим горизонтом, які добре затримують вологу і не заболочуються при цьому, проникні для повітря, мають достатню кількість легкозасвоюваних поживних речовин і нейтральну або злегка кислу реакцію ґрунтового розчину (рН 5,5-7). Такими ґрунтами є чорноземи, темно-каштанові, темно-сірі. Кукурудза краще росте на добре аерованих ґрунтах. При нестачі кисню в ґрунті припиняється ріст її кореневої системи, порушується засвоєння рослинами води і поживних речовин. Кукурудза вибаглива до родючості ґрунту. З урожаєм зерна 50-60 ц/га або 500-600 ц/га зеленої маси з ґрунту виноситься 150-180 кг/га азоту, 50-60 кг/га фосфору, 150-180 кг/га калію та багато інших поживних речовин. На дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах, вилугуваних чорноземах найбільш ефективними для кукурудзи є азотні добрива, на звичайних чорноземах - фосфорні, на торфових і легких супіщаних заплавах - калійні добрива. Кукурудза - світлолюбна рослина. Для утворення листкової поверхні та нагромадження достатньої кількості органічних речовин вона потребує інтенсивного сонячного освітлення в усі фази росту і особливо в початкові. Навіть незначне затінення молодих рослин призводить їх "стікання" – витягування і пожовтіння, що негативно позначається на продуктивності посівів. Тому для вирощування високих врожаїв важливо дотримувати оптимальної густоти стояння рослин, знищувати бур'яни протягом усього періоду вегетації.

Кукурудза – рослина короткого світлового дня. Вона швидше закінчує вегетацію при тривалості світлового дня 8–9 год., а при 12–14 год. вегетаційний період подовжується. Особливості росту. Розділяють такі фенологічні фази росту кукурудзи: проростання насіння, сходи, утворення 3-го листка, кущення, вихід в трубку (11-13-й листок), викидання волотей,

цвітіння, формування і досягання зерна молочної, воскової і повної стиглості [6].

1.2 Програмування врожайності кукурудзи на зерно

Програмування урожаю передбачає визначення рівня потенційно можливого урожаю по лімітую чому в даному регіоні ґрунтово-кліматичному фактору;

- складання технологічної карти заходів (агротехнічних, агрономічних) по забезпеченню програмованого (гарантованого) урожаю;
- корегувати технології в процесі вегетації в залежності від фактичних природно-кліматичних умов і розвитку рослин;
- контроль і обмін умов та результатів вирощування сільськогосподарської культури з метою накопичення для наступних уточнень нормативів і показників програмування урожаю.

В визначених умовах лімітуючими факторами для прогнозованого урожаю можуть бути використання фотосинтетично активної радіації (ФАР), вологозабезпеченості посівів, теплові ресурси визначаються по гідротермічному показнику (ГТП), або по значенню біокліматичного потенціалу (БКП). [7]

Розрахунок потенційного урожаю по приходу сонячної енергії (використання ФАР).

Потенційно можливу урожайність по ФАР визначають наступним чином

$$Y_c = \frac{Q \times k_Q}{100q} \quad (1.1)$$

де Y_c – урожайність абсолютно сухої біомаси, т/га;

Q – кількість ФАР за період вегетації, кДж/га;

q – питома кількість енергії, що акумулюється одиницею сухої органічної речовини (приймають $c = 2 \cdot 10^6$ кДж/т) [7];

K_Q – коефіцієнт використання (засвоєння) ФАР посівом, %;

$$Y_c = \frac{13.5 \times 10^9 \times 2.5}{100 \times 2 \times 10^6} = 16.8 \text{ m / га}$$

Для переходу від урожаю абсолютно сухої біомаси до урожаю зерна, або любого другого виду продукції рослинництва використовують співвідношення.

$$Y_3 = \frac{Q \cdot k_q \cdot 100}{100 \cdot q \cdot (100 - \omega) \cdot \alpha} \quad (1.2)$$

де Y_3 – урожайність зерна, або другої продукції при стандартній вологості, т/га;

ω – стандартна вологість основної продукції, %;

α – сума відносних частин основної та побічної продукції в загальному урожаї сухої біомаси.

$$Y_3 = \frac{13.5 \cdot 10^9 \cdot 2.5 \cdot 100}{100 \cdot (100 - 18) \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 25} = 7.8 \text{ m / га}$$

Розрахунок потенційного урожаю по вологозабезпеченості.

Потенційний урожай по вологозабезпеченості визначають наступним чином:

$$Y_c = \frac{10000 \cdot (W + P)}{k_w \cdot \alpha \cdot (100 - B)} \quad (1.3)$$

де Y_c – урожайність абсолютно сухої маси, т/га;

α – сума відношення основної і побічної продукції;

W – ресурси продуктивної вологи, мм;

P – сума опадів за період вегетації, мм;

B – стандартна вологість основної продукції, %;

K_w – коефіцієнт (питомий показник) водоспоживання, мм·га/т\$

$$Y_c = \frac{10000 \cdot (230 + 228)}{480 \cdot 3 \cdot (100 - 18)} = 4.62 \text{ m / га}$$

Розрахунок потенційного урожаю по тепловим ресурсам

Визначення потенційного врожаю при обмеженій теплозабезпеченості проводять по гідротермічному показнику (ГТП), або по значенню біокліматичного потенціалу (БКП), які враховують у вологозабезпеченості.

Існує визначена залежність між приходом фотосинтечно активної радіації, фактичними ресурсами вологи і ресурсами енергії, що витрачаються на випаровування.

Виходячи з цього було встановлено наступні вирази для визначення гідротермічного показника в балах:

$$ГТП = 0,5 \cdot k_{увл} \cdot h \quad (1.4)$$

де $K_{увл}$ – коефіцієнт зволоження, бали;

h – число декад активної вегетації сільськогосподарської культури.

$$ГТП = 0,5 \cdot 0,57 \cdot 8,5 = 2,4$$

Значення $K_{увл}$ залежить від співвідношення фактичних ресурсів вологи W і ресурсів енергії, що витрачається на випаровування. По сумі $K_{увл}$ являє собою відношення максимальної продуктивності в умовах достатнього зволоження до продуктивності при даній наявності вологи. Розраховують $K_{увл}$ за виразом:

$$k_{увл} = 0,25 \frac{W}{R} \quad (1.5)$$

де R – сума раціонального балансу за період вегетації, кДж/см;

0,25 – коефіцієнт, що враховує питому теплоту випаровування, кДж/см².

$$k_{увл} = 0,25 \frac{230}{100} = 0,57$$

Потенційну урожайність сухої біологічної маси по ГТП рекомендується визначати за виразом:

$$Y_c = 2,2 \cdot ГТП - 1 \quad (1.6)$$

$$Y_c = 2,2 \cdot 2,4 - 1 = 4,28 \text{ т / га}$$

Розрахунок потенційного урожаю по тепловим ресурсам може бути визначено виходячи із значення біокліматичного потенціалу продуктивності землі (БКП), що визначається за виразом:

$$БКП = k_{\text{ува}} \frac{\sum \tau_{>10^{\circ}}}{1000} \quad (1.7)$$

де $\sum \tau_{>10^{\circ}}$ – сума середньодобових активних температур повітря за вегетаційний період, що перевищують $+10^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}$;

1000 – сума температур вище $+10^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}$ [7];

$$БКП = 0.57 \frac{2700}{1000} = 1.54$$

Урожайність с/г культур по БКП визначаємо з виразу:

$$Y_c = \frac{k_{\text{п}}}{k_{\text{ува}}} 10 \cdot БКП = 0,01 \cdot k_{\text{п}} \cdot \sum \tau_{>10^{\circ}} \quad (1.8)$$

де $K_{\text{п}}$ – показник (коефіцієнт) продуктивності культури (урожай на 100C сума температур по емпіричним даним), т/га.

$$Y_c = \frac{0.15}{0.57} 10 \cdot 1.54 = 4.05 \text{ т/га}$$

Всі вищеописані методи визначення продуктивності, теоретично відображають суть програмування урожаю. З розрахунків видно, що найвірогіднішою урожайністю даної с/г культури, а саме кукурудзи, приблизно буде рівною $Y = 4$ т/га.

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення мінеральних добрив по виносу поживних речовин, а саме азоту (N), фосфору (P), калію (K), здійснюється за формулою:

$$D_M = \frac{(100 \cdot B - П \cdot K_{\text{п}} - D_0 \cdot C_0 \cdot K_0)}{K_M \cdot C_M} \quad (1.9)$$

де B – внесення доз, або винесення елементів мінерального живлення з програмованим урожаєм, кг/га;

$$B_M = Y_0 \cdot C_0 + Y_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}} \quad (1.10)$$

П – вміст доступних поживних речовин в ґрунті, кг/га;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту, %;

D_o – кількість внесених органічних добрив, т/га;

C_m, C_o – вміст в мінеральних і органічних добривах, поживних речовин, кг/га;

C_o, C_{II} – винесення поживних речовин основною та побічною продукцією, кг/т [8];

K_o, K_m – коефіцієнт використання поживних речовин в органічних та мінеральних добривах, % [8];

U_o, U_{II} - урожайність відповідно основної і побічної продукції, т/га;

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення азоту (N):

$$B_N = 4 \cdot 40.7 + 10 \cdot 4.6 = 168.8 \text{ кг/га}$$

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення фосфору (P):

$$B_P = 4 \cdot 11.6 + 10 \cdot 2 = 66.4 \text{ кг/га}$$

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення калію (K):

$$B_K = 4 \cdot 24.4 + 10 \cdot 3.4 = 131.6 \text{ кг/га}$$

Необхідна кількість доз внесення мінеральних добрив буде наступною, з перерахунку на такі сучасні добрива як (аміачна селітра, подвійний суперфосфат та калійні солі змішані).

Розрахуємо необхідну кількість внесення аміачної селітри:

$$D_N = \frac{(100 \cdot 168.8 - 320 \cdot 0.26 - 40 \cdot 0.49 \cdot 0.35)}{71.34} = 6.95 \text{ т/га}$$

Розрахуємо необхідну кількість внесення подвійного суперфосфату:

$$D_P = \frac{(100 \cdot 66.4 - 450 \cdot 0.09 - 40 \cdot 0.27 \cdot 0.28)}{27.45} = 5.43 \text{ т/га}$$

Розрахуємо необхідну кількість внесення калійних солей змішаних:

$$D_K = \frac{(100 \cdot 131.6 - 375 \cdot 0.23 - 40 \cdot 0.39 \cdot 0.35)}{57.38} = 6.03 \text{ т/га}$$

1.3 Складання технологічної карти на виробництво кукурудзи на зерно по інтенсивній технології

Вихідними даними для дипломного проекту являється: перелік с/г культур для складання технологічних карт на вирощування та збирання;

якісний склад МТП; планові технології вирощування с/г культур; дані про технічний стан техніки.

Технологічна карта розробляється на кожну культуру окремо, на всю площу посіву. Площа посіву с/г культури проставляється у відповідності з вихідними даними.

Урожайність продукції приймається з врахуванням прогресивної технології вирощування та збирання і береться з перспективних планів розвитку господарства.

Норми внесення органічних, мінеральних і рідких добрив в цілому і в тім числі під основний обробіток, при сівбі і догляді за рослинами, повинні вибиратися під запланований урожай з врахуванням наявності в ґрунті поживних речовин. [9].

Норма висіву приймається для зони степу України.

Віддаль перевезення насіння, добрив, основної і побічної продукції приймається у відповідності з планом землекористування господарства.

В перелік с/г робіт (графа 2) технологічної норми слід включити всі операції, які необхідно використовувати для одержання кінцевої продукції. Сюди також включаються транспортні норми, навантажувально-розвантажувальні роботи і роботи попереднього року, починаючи з обробітку поля після збирання попередника і закінчуючи збиранням і заготівлею основної і побічної продукції.

В графі 3 проставляються основні агротехнічні вимоги (глибина обробітку, норми внесення добрив, гербіцидів та інші).

Обсяг робіт (графа 4) посівною площею, кратністю обробітку, для транспортних та навантажувальних робіт валовим виходом основної або побічної продукції, кількістю перевезених вантажів і віддаллю перевезень: [9]

$$Q_{II} = k \cdot F \quad (1.11)$$

$$Q_H = q \cdot F \quad (1.12)$$

$$Q_T = Q_H \cdot S \quad (1.13)$$

де Q_{Π} , Q_H , Q_T – відповідно обсяг польових робіт в га, навантажувальних робіт в т, транспортних робіт в т. км;

k – кратність обробітку ($k = 1,2,3$);

F – посівна площа, га;

q – норма висіву (внесення добрив);

S – відстань перевезень, в км.

$$Q_{\Pi} = 2 \cdot 540 = 1080 \text{га}$$

Календарні агротехнічні строки виконання с/г робіт (граф 5) проставляються у відповідності з типовими картами для зони розміщення відповідного господарства.

Кількість робочих днів (граф 6) за агротехнічний строк визначаються по формулі:

$$D_p = D_k \cdot \alpha \quad (1.14)$$

де D_p , D_k – відповідно, кількість робочих і календарних днів за агротехнічний строк;

α – коефіцієнт використання календарного часу.

В графі 7 вказується тривалість робочого дня в годинах. Доцільно планувати роботу агрегатів на протязі світлового дня.

Кількість змін за робочий день (граф 8) підраховується по формулі:

$$K_{zm} = \frac{T_d}{T_{zm}} \quad (1.15)$$

де K_{zm} – коефіцієнт змінності;

T_d – тривалість робочого дня, год.;

T_{zm} – тривалість зміни, год.

$$K_{zm} = \frac{14}{7} = 2$$

$T_{zm} = 7$ год., $T = 6$ год. - при виконанні робіт, шкідливих для здоров'я. В графах 9, 10, 11 і 12 заносяться марки машин, які входять в агрегат і їх кількість. При цьому необхідно використовувати парк машин, що рекомендовано

для даної зони системою машин, які мають найвищу продуктивність, найменшу норму витрат палива і найменші прямі експлуатаційні витрати.

Кількість механізаторів і допоміжних робітників, обслуговуючих машинний агрегат визначається з технічних характеристик і заноситься в графи 13 і 14.

В графи 15,17 заноситься відповідно, змінну норму виробітку і норму витрати палива, які прийняті у господарстві, або взяті із типових норм. [9]

Виробіток агрегату за агротехнічний строк визначається по формулі: (графа 16)

$$W_{азр} = W_{зм}^n \cdot D_p \cdot k_{зм} \quad (1.16)$$

де W – норма виробітку агрегату за строк, га/зм, (н/зм; т·км/зм).

$$W_{азр} = 52,8 \cdot 4 \cdot 2 = 422,8 \text{га/зм}$$

Потреба машинних агрегатів для виконання даного обсягу робіт визначаються по формулі (графа 18, 19, 20).

$$n_a = \frac{Q}{D_p \cdot k_{зм} \cdot W} \quad (1.17)$$

де Q – обсяг робіт, га (т, т·км);

$k_{зм}$ – коефіцієнт змінності;

D_p – кількість робочих днів;

W – годинна продуктивність агрегату, га/год. (т/год., т км/год.).

$$n_a = \frac{590}{4 \cdot 2 \cdot 52,8} = 1$$

Потреба механізаторів і допоміжних робітників (графа 21, 22) визначається множенням граф 13, 14 на кількість агрегатів (графа 12).

Потреба в паливі визначається по формулі (графа 23)

$$G_i = q \cdot Q \quad (1.18)$$

де Q – загальна витрата палива, кг;

q – норми витрати палива, кг/га ($2,5 \cdot 2 = 5$ кг)

$$G_i = 5 \cdot 540 = 2700 \text{кг}$$

Затрати праці на одиницю роботи (графіа 24) визначається по формулі:

$$h = \frac{(m_c + m_d) T_{зм}}{W_{зм}} \quad (1.19)$$

де h – затрати праці на одиницю роботи, год/га;

m_c, m_d – відповідно кількість механізаторів і допоміжних працівників;

$T_{зм}$ - тривалість часу зміни, год.;

$W_{зм}$ – змінні норми виробітку, га/зм.

$$h = \frac{(1+0)}{52.8} 7 = 0.13 \text{ год/га}$$

Затрати праці на весь обсяг робіт (графіа 25) визначається по формулі:

$$H_i = h \cdot Q \cdot k_{зм} \quad (1.20)$$

$$H_i = 0,13 \cdot 540 \cdot 2 = 140,4 \text{ год}$$

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи (графіа 25) беруться з довідкової літератури.

Кількість годин роботи тракторів (графіа 27, 28, 29 і 30) визначаються по формулі:

$$T_i = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \quad (1.21)$$

$$T_i = \frac{1080 \cdot 7}{52,8} = 143 \text{ год}$$

Коефіцієнт переведення в умовні еталонні трактори вибирається із довідкової літератури [13] і заноситься в графу 30.

Обсяг робіт в умовних еталонних гектарах (графіа 31) підраховується по виразу:

$$\Omega = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \lambda_{ум} \quad (1.22)$$

де $\lambda_{ум}$ – коефіцієнт переведення в умовні еталонні трактори.

$$\Omega = \frac{1080 \cdot 7}{52,8} 1,65 = 235,9 \text{ ум.ет.га}$$

В графі 32 проставляється загальна сума прямих експлуатаційних витрат. В нижній частині технологічної норми проставляється загальна кількість палива, затрати праці, кількість годин, обсяг робіт в умовних еталонних гектарах експлуатаційні витрати.

Загальні прямі експлуатаційні витрати (граф 33) визначаються по формулі:

$$S_{екп} = S_{np} \cdot \Omega \quad (1.23)$$

$$S_{екп} = 54,76 \cdot 235,9 = 12917,88 \text{ грн}$$

В нижній частині технологічної карти проставляємо сумарні значення кількості палива, затрат праці, кількості годин по маркам тракторів, обсягу робіт в умовних еталонних гектарах, прямих експлуатаційних витрат.

1.4 Розрахунок потреби техніки, в робочій сили, технологічних матеріалів

Для визначення складу машинно-тракторного парку необхідно побудувати графік завантаження тракторів, комбайнів, транспорту, сільськогосподарських машин, потреби в робочій силі.

Орієнтовна потреба тракторів даної марки визначається по обсягу робіт в годинах і середньому нормативному річному завантаженню трактора:

$$n_i = \frac{\sum_{i=1}^k T_i}{T_{ін}} \quad (1.24)$$

де n_i – кількість тракторів даної марки, шт.;

$\sum_{i=1}^k T_i$ – загальне завантаження тракторів даної марки по технологічній карті,

год;

$T_{ін}$ – нормативне річне завантаження трактора даної марки, год. [10, 13]

$$n_{T-150K} = \frac{1155}{1300} = 0,88 \approx 1$$

Графік завантаження будується на основі технологічних норм для кожного трактора окремо. Для цього по осі абсцис відкладаються календарні

Таблиця 1.1 -Комплекс обладнання для виробництва кукурудзи на зерно.

| Техніка та матеріали | Марка | Кількість, шт., т. |
|---|------------|--------------------|
| Трактори | Т-150 | 3 |
| | ДТ-75М | 4 |
| | МТЗ-80 | 6 |
| | Т-70С | 2 |
| | ЮМЗ-6 | 8 |
| Комбайни | КЗС-9М | 2 |
| | Джон Дір | 2 |
| Автомобілі | ЗіЛ-130 | 8 |
| | ГАЗ-53 | 2 |
| | САЗ-3507 | 8 |
| С - г. машини: луцильники | ЛДГ-15 | 3 |
| плуги | ПН-5-35 | 2 |
| Агрегат передпосівного обробітку ґрунту | АПО-4,2 | 4 |
| Культиватори | КРН-4,2 | 4 |
| | КПС-4 | 6 |
| Борони | ЗБЗТС-1,0 | 48 |
| | БДТ-7 | 3 |
| | БЗСС-1,0 | 24 |
| Котки | ЗККШ-6А | 10 |
| Зчіпки | СП-16 | 3 |
| | СТ-21 | 2 |
| Приставка | КМД-6 | 2 |
| Сівалка | СУПН-12 | 2 |
| Причепи | 2ПТС-4-887 | 7 |
| | ММЗ-554 | 8 |
| Навантажувачі: насіння | УЗСА-40 | 2 |
| Мінеральних добрив | ПЭ-0,8Б | 4 |
| Гноївкорозкидачі | РЖ-1,8 | 5 |
| Змішувач мінеральних добрив | СЗУ-20 | 1 |
| Подрібнювач мінеральних добрив | АИР-20 | 2 |
| Розкидач мінеральних добрив | КСА-3 | 3 |
| Вирівнювачі борозен | ВП-8 | 3 |
| Снігоутримувачі | СВШ-7 | 3 |
| Приготувачі гербіцидів | АПР "Темп" | 1 |
| Оприскувачі | ОПШ-15 | 6 |
| Навантажувачі соломи | ПФ-0,5 | 1 |
| Укривачі траншей | БН-100 | 6 |
| Очищувачі качанів (стаціонарний пункт) | ПОК-10 | 1 |
| Технологічні матеріали | | |

| | | |
|----------------------|-------------------|-------|
| Посівний матеріал | Піонер-39-78 | 24,3 |
| Мінеральні добрива | Аміачна селітра | 3,753 |
| | Суперфосфат | 2,932 |
| | Калійні солі | 3,256 |
| Органічні добрива | перегній | 21600 |
| Гербициди | Агелон | 2,43 |
| Паливо-мастильні | Диз. паливо | 47,44 |
| Потреба робочої сили | Механізаторів | 21 |
| | Допом. робітників | 5 |

строки виконання робіт, а на осі ординат – тривалість роботи на протязі доби. Аналогічно необхідно побудувати графіки потреби механізаторів і допоміжних працівників. Графік завантаження сільськогосподарських машин будується в виді лінійного графіка (див. аркуш графічної частини).

Розрахуємо потребу мінеральних і органічних добрив, а також гербицидів за формулою:

$$M = D_m \cdot F \quad (1.25)$$

де D_m – доза внесення мінеральних добрив чи органічних добрив, або також гербицидів, кг/га;

F – площа посіву кукурудзи на зерно, га.

$$M = 6.59 \cdot 540 = 3753 \text{ кг}$$

Результати розрахунку потреби техніки, робочої сили та технологічних матеріалів заносимо в таблицю 1.1.

2 СПОСОБИ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ І АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

При збиранні кукурудзи на зерно намагаються збирати не тільки качани з зерном, але і листостеблову масу (при наявності в господарствах тваринництва).

Дозрілі рослини кукурудзи мають розвинуте стебло з листками висотою від 1,5 до 4 м з 1-3 качанами. Зерна кукурудзи розташовані по поверхні качана, міцно зв'язані з його стержнем і покриті багат шаровою обгорткою. Качани низькорослих сортів розташовуються на відстані 25-45 см від поверхні поля, високорослих – більше 60 см [4].

Розташування качанів на висоті менше 30 см ускладнює збирання і приводить до збільшення втрат. Для машинного збирання на зерно перевага повинна надаватися скоростиглим сортам і гібридам кукурудзи, які мають міцні стебла і невелику листову масу, дружно дозріваючі прямостоячі качани з небагатьма короткими обгортками, які легко відділяються від качана.

Кукурудзу на зерно збирають у вигляді качанів або з одночасним обмолотом останніх (табл. 2.1, [5]). Перший спосіб збирання включає зрізання рослин, відділення качанів, подрібнення стебла, очищення качанів від обгорток з наступним сушінням до вологості 16 - 18 % і обмолотом качанів на стаціонарі. Для цього використовують кукурудзозбиральний комбайн КОП-1,4 „Херсонєць-7”, самохідний комбайн КСКУ-6 або причіпний ККП-3 з трактором Т-150К.

Коли кукурудзу збирають зерновими комбайнами, обладнаними спеціальними жатками, привезене з поля зерно висушують у зернових сушарках і зберігають у звичайних зерноскладах або консервують у спеціальних ямах без доступу повітря, де воно надійно зберігається понад шість місяців. Збирають кукурудзу 15 - 20 днів.

Таблиця 2.1 - Технологічні схеми і склад агрегатів для збирання кукурудзи на зерно

| О п е р а ц і я | С к л а д а г р е г а т у |
|--|--|
| Збирання качанів з їх очищенням і подрібненням листостеблової маси | Самохідний комбайн КСКУ-6 або причіпний ККП-3 з трактором Т-150К. Трактори МТЗ-80 з причепами 2ПТС-4-887А для транспортування качанів. Автомобілі для перевезення листо-стеблової маси |
| Збирання качанів з їх обмолотом і подрібненням листостеблової маси | Комбайн КЗС-9М з шестирядковою приставкою. Трактор МТЗ-80 з причепами 2ПТС-4-887А для транспортування зерна. Автомобілі для перевезення листостеблової маси. |

Щоб зменшити втрати і збільшити продуктивність комбайнів, збирання кукурудзи в качанах при вологості нижче 30 % проводять без очисних апаратів.

При збиранні кукурудзи необхідно виконувати такі агротехнічні вимоги. Кукурудзу на зерно починають збирати в фазі – кінець воскової – початок повної стиглості, при вологості зерна не більше 40 %, а з обмолочуванням качанів – не більше 30 %. При зниженні збиральної вологості до 20 % втрати зерна збільшуються в 2 - 3 рази. Тривалість збирання одного гібриду – 5 - 7 днів. Висота зрізування рослин кукурудзи повинна бути не більше 15 см. Повнота збирання качанів – не менше 95 %.

Пошкодження поверхні зерен при збиранні кукурудзозбиральними комбайнами не повинне перевищувати 1,5 %, а при збиранні переобладнаними зерновими комбайнами – 6 %. Ступінь очистки качанів від обгорток повинна бути не менше 95 %. Наявність зерна у подрібненій листостебловій масі – до 2,5 %.

Повнота збирання зерна – не менше 98 %. Повнота збирання листостеблової маси – не менше 95 %. Листостеблова маса повинна подрібнюватися на частинки 20 - 45 мм.

3 СВІТОВІ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

У механізації збирання кукурудзи на зерно в світовій практиці спостерігаються дві тенденції: відокремлення качанів безпосередньо в полі з подальшим їх обмолотом у стаціонарних умовах для одержання зерна; відокремлення качанів і їх обмолот прямо в полі.

Машини для збирання кукурудзи на зерно діляться на кукурудзозбиральні комбайни (самохідні і причіпні), пристосування до зернозбиральних комбайнів, очисники качанів, молотарки, транспортери (табл. 3.1), а також сушарки і сховища.

Самохідний кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6 „Херсонець-200” (рис. 3.1) призначений для збирання шести рядків кукурудзи, яка посіяна з міжряддями 70 см на полях із схилом до 8°, з вологістю зерна до 30%, листостебельністю маси до 60% і висотою розташування початків від поверхні поля не менше 50 см. Він може збирати весь біологічний врожай кукурудзи повної стиглості з урожайністю в качанах до 20,0 т/га при співвідношенні качанів і листостеблової маси 1:1,5.

Комбайн складається із таких основних частин: шасі, жатки, змінних: апарата для очищення качанів і молотарки, а також транспортерів.

Технологічний процес роботи комбайна на збиранні стиглої кукурудзи відбувається наступним чином. Під час руху комбайна стебла кукурудзи з шести рядків направляються мисами 1 (рис. 3.1) в робочі русла. Кожне русло створено парою ланцюгів 18 і щілиною між відривальними пластинами 2 і вальцями 17 качановідокремлювального апарату. Обертаючись назустріч один одному, вальці протягують стебла між пластинами і відривають качани, а стебла зрізуються роторним різальним апаратом 16.

Відірвані качани подаються до шнека 3 похилої камери, який направляє їх до лівого і правого бокових транспортерів 7, змонтованих по обидва боки

комбайна. В верхній головці кожного транспортера встановлено уловлювач стебла 8, призначений для виділення поступивши на транспортер разом з качанами стебел. Потім качани поступають в очисний апарат 9, де підпружинені вальці, обертаючись назустріч один одному, захоплюють обгортку, відривають її від качанів (при цьому на качани тиснуть і еластичні лопаті підпружинених притискних барабанів) і викидають на транспортер обгортку.

Таблиця 3.1 - Основні технічні характеристики машин для збирання кукурудзи на зерно [9]

| Машина | Ширина захвату, м | Число рядків | Ширина міжрядь, см | Робоча швидкість, км/год | Продуктивність т/год. | Маса, кг | Агрегується |
|------------------------|-------------------|--------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|----------|-------------|
| КСКУ-6 „Херсонець-200” | 4,2 | 6 | 70 | 4,5-6 | 30-40 т/год. | 13850 | Самохідний |
| ККП-3 | 2,1 | 3 | 70 | 4-10 | 12 т/год. | 5350 | Т-150К |
| ККП-2 | 1,8 | 2 | 90 | 4-8 | 8 т/год. | 5200 | Т-4А |
| Приставка ППК-4 | 2,8 | 4 | 70 | До 9,0 | 1,4 га/год. | 2500 | СК-5 |
| Приставка КМД-6 | 4,2 | 6 | 70 | До 8,0 | 3,3 га/год. | 4200 | Дон-1500 |
| Очисник ОП-15 | - | - | - | 0,3-0,6 | 10...15 т/год. | 3806 | ЮМЗ-6 |
| Транспортер ТПК-20 | - | - | - | - | 20 т/год. | 990 | Т-25А |
| Молотарка МКП-3,0 | - | - | - | - | 3 т/год. | 510 | - |

Обгортка поступає на верхній решітний стіл, де з неї виділяється зерно, і транспортером викидається на поле. Очищені качани разом з виділеним зерном подаються на транспортери 13 і 10 і далі в причіпний візок 11. Звільнені від качанів і зрізані різальним апаратом стебла з обох сторін переміщуються шнеком 15 до центру і направляються бітерами 4 до подрібнювача 14. Подрібнена маса по трубі силосопроводу 6 вивантажується в транспорт, який рухається поруч.

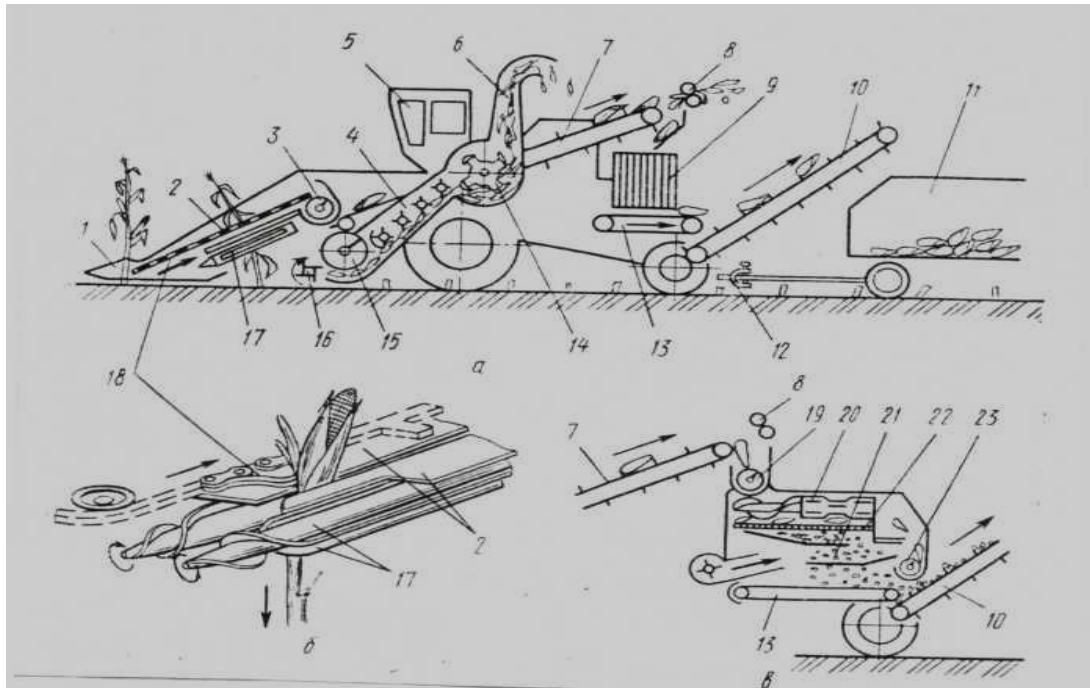


Рисунок 3.1 - Схема кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 „Херсонець-200”: *а* – функціональна схема; *б* - апарат для відокремлення качанів; *в* – молотарка; 1- мис; 2- відривальні пластини; 3, 15, 19 і 23-шнеки; 4 - бітери; 5- кабіна; 6 - труба силосопроводу; 7, 10 і 13 – транспортери; 8 – уловлювач стебла; 9- очисний апарат; 11- візок; 12- автозчіпка; 14- подрібнювач; 16- різальний апарат; 17- вальці; 18- подавальні ланцюги; 20- молотильний апарат; 21- очистка; 22 – решето; 23 - шнек

Для збирання кукурудзи з одночасним обмолотом качанів апарат для очистки качанів знімають і на його місце встановлюють молотарку, яка має живильний шнек 19, гвинтовий молотильний апарат 20 і повітряно-решітну очистку 21. Обмолочене і очищене від домішок зерно транспортерами 13 і 10 завантажується в кузов візка, а домішки і стержні качанів викидаються шнеком 23 на поле.

При збиранні кукурудзи в фазі молочно-воскової стиглості апарат для очищення качанів відключають, встановлюють скатну дошку, по якій неочищені качани, минуючи вальці качаноочисного апарату, подаються на транспортер 10 і далі в візок 11.

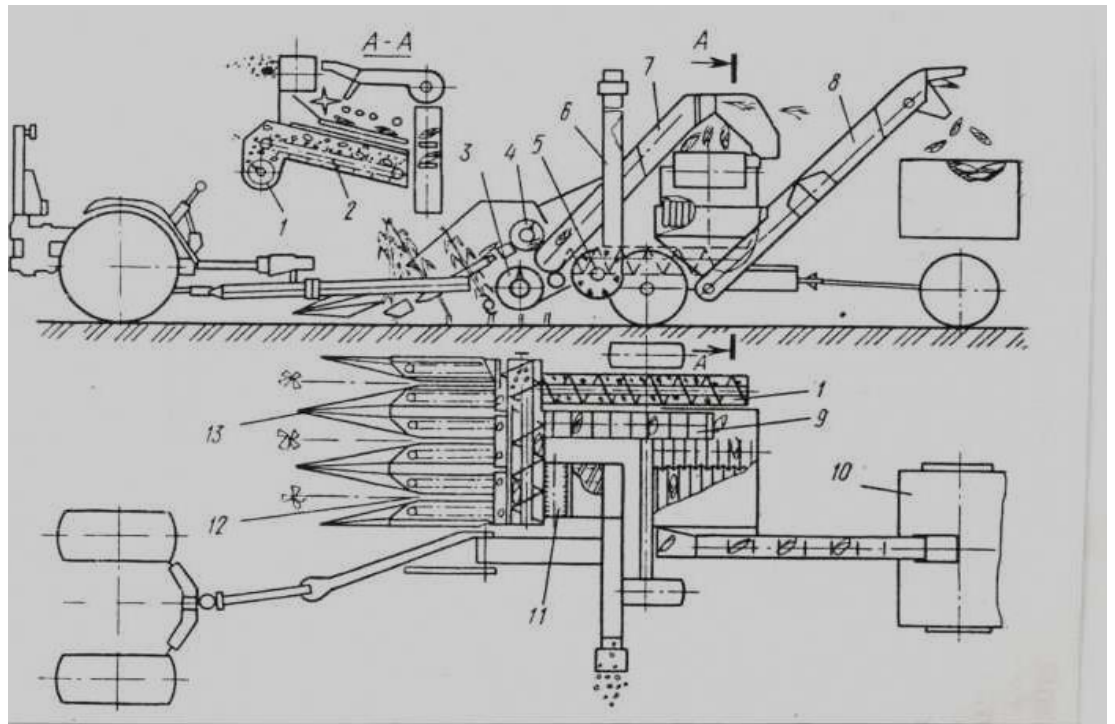


Рисунок 3.2 - Функціональна схема кукурудзозбирального комбайна ККП-3: 1 - шнек обгортки; 2 - транспортер обгортки; 3 – шнек стебел; 4 – шнек качанів; 5- ножовий барабан; 6- викидна труба; 7- транспортер неочищених качанів; 8- транспортер очищених качанів; 9- очисник качанів; 10 – змінний візок; 11- приймальний бітер; 12- робоче русло; 13- мис

Причіпний кукурудзозбиральний комбайн ККП-3 (рис. 3.2) як і самохідний КСКУ-6 „Херсонєць-200” (рівень їх уніфікації по робочих органах становить 60%), призначений для збирання кукурудзи на зерно в качанах з очисткою від обгортки з одночасним зрізом, подрібненням і збиранням листостебельної маси.

Кукурудзяна приставка КМД-6 до зернозбирального комбайна „Дон-1500” призначена для збирання кукурудзи повної стиглості урожайністю до 20,0 т/га. Вона представляє собою шестирядну фронтальну жатку, оснащену вальцьовими апаратами для відривання качанів і подрібнювачем стеблової маси. Комбайн збирає кукурудзу з обмолотом качанів, подрібненням і збиранням листостеблової маси.

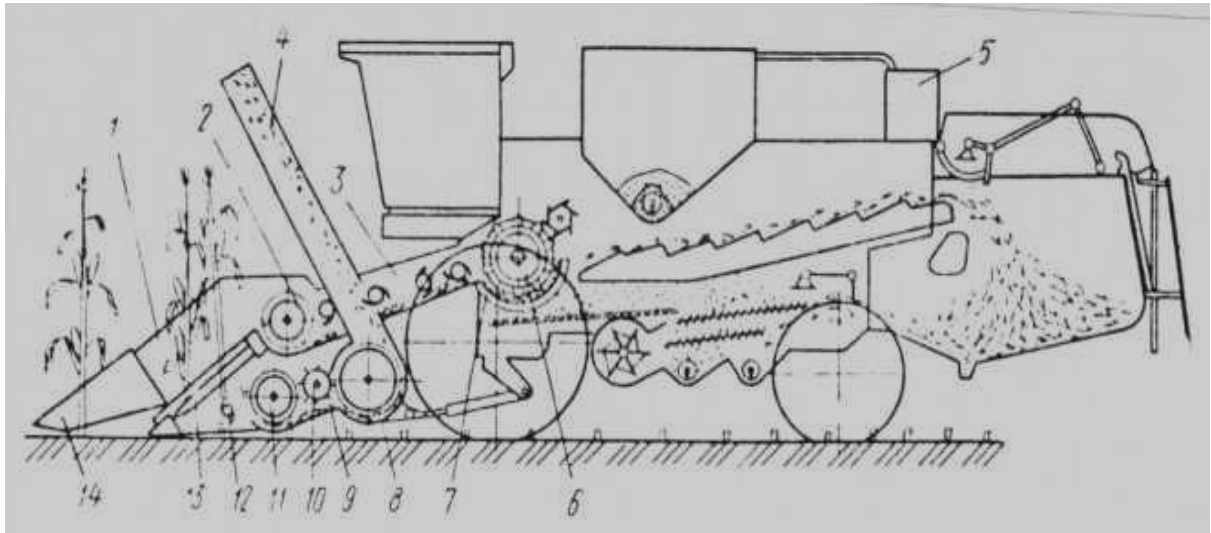


Рисунок 3.3 - Функціональна схема комбайна „Дон-1500”, обладнаного приставкою КМД-6: 1- жатка; 2- шнек початків; 3- похила камера; 4- труба; 5- противага; 6- молотильний барабан; 7- дека; 8- подрібнювач; 9- протиризальна пластина; 10- бітер; 11- шнек стебел; 12- ротаційний різальний апарат; 13 – вальцьовий апарат; 14 – мис

Приставка складається з качановідділюючих русел, різального апарата 12 (рис. 3.3), шнека 2 качанів, шнека 11 стебел, похилої камери 3, подрібнювача 8, труби 4 і механізмів приводу робочих органів. Для поздовжньої стійкості збирального агрегату на даху молотарки комбайна встановлюють противагу 5 масою 800 кг (контейнер з баластом).

Під час руху комбайна стебла кукурудзи з качанами направляються кромками мисів 14 в розхил вальцьового апарату 13. Обертаючись назустріч один одному, вальці протягують стебла крізь щілину між пластинами для відокремлення качанів і відривають качани. Останні транспортуються в шнек 2 лапками подавальних ланцюгів, а потім бітерами похилої камери 3 в молотильний апарат. Далі технологічний процес протікає так, як і при збиранні зернових колосових культур.

При збиранні кукурудзи на зерно молотарку комбайна обладнують редуктором, який знижує частоту обертання барабана до $350 - 450 \text{ хв}^{-1}$. Для виключення подрібнення і втрат зерна виконують наступні операції:

- встановлюють зазор між барабаном 6 і декою 7 (підбарабанням) 18 - 25 мм на виході і 35 - 45 на вході;

- закривають щитками простір між бичами молотильного барабана і пруткову решітку (на виході підбарабання);

- захищають від передчасного руйнування стержнями качанів перші два каскади клавішів соломотрясу, встановивши на них спеціальні щитки.

Обмолочене зерно очищається на решетах очистки комбайна і поступає в бункер. Стержні і обгортки качанів виводяться клавішами в копнувач. Стебла кукурудзи по мірі виходження з вальців зрізуються роторним апаратом 12. Далі вони попадають в шнек 11 і за допомогою приймального бітера 10 подаються до барабана подрібнювача 8. Барабан взаємодіє з протирізальною пластиною 9, подрібнює стебла і скидає масу в кузов транспорту.

Качановідокремлювальна система містить апарат для відокремлювання качанів у поєднанні із стеблоподавальними та качановідвідними елементами. Від її роботи залежить як продуктивність, так і показники якості роботи кукурудзозбирального комбайна.

Аналіз тенденцій розвитку кукурудзозбиральної техніки у світовій і вітчизняній практиці свідчить, що найпоширенішою є качано-відокремлювальна система пікерно-стриперного типу. За даними випробувань, кращі показники серед інших відомих систем має качановідокремлювальна система такого типу з відривом качанів від стебла кукурудзи пасивними пластинами за активного протягування стебел ребристими вальцями, розміщеними під ними.

Ця система має дві позитивні ознаки: сталість технологічного процесу (отже, високу пропускну здатність) та мінімальне пошкодження качанів під час очищення. Проте їй, як засвідчили дослідження, притаманна низка істотних вад: відносно висока засміченість вороху качанів вільними домішками у вигляді листків, часточок стебла і волоті кукурудзи, що очісані пасивними пластинами; низький ступінь очищення качанів від обгорток при їх відриванні від стебел кукурудзи [10].

Встановлено, що засміченість вороху качанів після пікerno-стриперної системи, аналогічної конструкції качановідокремлювальної системи КСКУ-6 „Херсонець-200”, становить 13-15 % за масою проти 4,5-8,5 % після апарата причіпного кукурудзозбирального комбайна КОП-1,4В „Херсонець-7”, тобто вдвічі-втричі вища. При цьому ступінь очищення качанів від обгорток цими системами, відповідно, становить 24-45 та 40-75 %.

Висока засміченість вороху качанів листостебловими домішками є наслідком жорсткого удару листя та стебел кукурудзи об нерухомі крайки відривних пластин при протягуванні стебла активними ребристими пальцями.

Найбільша ударна дія на стебло виникає під час гальмування в момент контакту качана з пластинами. При цьому очісується не тільки суха листкова частина верхівки стебел, а й частина стебла разом з качанами.

Засміченість вороху ускладнює його переміщення в транспортувальних пристроях, особливо в місцях їх з'єднань, призводить до утворення нагромаджень у приймальному шнекові, більшою мірою перед крайніми руслами, а в руслах – між облицюваннями. Що нижча вологість листостеблової маси, то більший ступінь засміченості вороху.

Задля усунення виявлених недоліків у ГСКБ „Херсонські комбайни” розроблено конструкцію тривальцової качановідокремлювальної системи з розділенням функцій протягування стебел і відокремлення качанів між різними комбінаціями пар вальців.

Технологічний процес роботи комбайна проходить так (рис. 3.4): під час руху вздовж рядків стебла спрямовуються мисами в русла, що утворені подавальними ланцюгами пасивними (нерухомими) пластинами та розміщеними під ними активними (ребристими) вальцями, які прокатують стебла. При цьому качани відокремлюються від стебел на пасивних пластинах, що виключає можливість їх травмування.

Відокремлені від стебел качани відводяться із русел лапками подавальних ланцюгів та шнеком і переміщуються транспортерами далі на качаноочисник. Стебла, прокатані вальцями, зрізуються роторним апаратом і

подаються до шнека стебел, який звужує їх потік і підводить до бітерного живильника, що спрямовує їх далі у подрібнювач.

Відмінною особливістю технологічного процесу роботи адаптера комбайна з тривальцевою качановідокремлювальною системою є те, що протягування стебел у цьому апараті здійснюється нижнім активним ребристим вальцем, що працює в парі із середнім (з гвинтовою ребордою) вальцем, а відривання качанів – верхнім гладким циліндричним вальцем у парі з тим самим середнім вальцем.

Протягувальна здатність апарата в даному разі забезпечується активністю нижнього вальця, що має на поверхні ребра. Водночас оптимальність пошкодження качанів забезпечує відсутність на робочих поверхнях качановідокремлювальних вальців (верхнього і нижнього) будь-яких активізуючих виступів.

Для обертання чистого, вільного від домішок вороху качанів русло, по якому вони відводяться від відривних вальців тривальцевого апарата, виконане у вигляді вузького жолоба, утвореного з одного боку відривними вальцями та з іншого – боковиною облицювання. Для поліпшення умов захвату вальцями листостеблових домішок лапки подавального ланцюга, що відводить ворох із русла, розміщені на рівні робочої щілини відривних вальців.

Встановлено [10], що за такими показниками, як повнота збору врожаю, втрати від просипання зерна на землю, кількість поламаних качанів, обидва типи апаратів для відокремлення качанів практично рівноцінні.

За ступенем очищення качанів від обгорток тривальцева качановідокремлювальна система має істотну перевагу перед пікерно-стриперною системою. Ступінь очищення качанів від обгорток, відповідно, становить 82,4 та 64,5 %. За вмістом листостеблових домішок у воросі неочищених качанів пікерно-стриперна качановідокремлювальна система також поступається тривальцевій системі, поза як вміст домішок в останній майже вчетверо менший (2 % проти 7,8 %).

У світовій практиці для збирання врожаю кукурудзи спеціалізованих комбайнів не виробляють, а використовують зернові комбайни, які комплектуються спеціальними адаптерами вузькоцільового призначення. В основу їх конструкції покладено платформу-раму.

Рисунок 3.4 – Зернозбиральний комбайн 9600 фірми JOHN DEERE
на збиранні кукурудзи

Рисунок 3.5 - Зернозбиральний комбайн 5650 фірми
MASSEY FERGUSON на збиранні кукурудзи

Рисунок 3.6 - Зернозбиральний комбайн LEXION 430 фірми
CLAAS на збиранні кукурудзи

Залежно від ширини міжрядь (45 – 70 см), на ній розміщені у верхній частині лотки насіннєвловлювачів, а в нижній – ланцюгові або шнекові транспортери, які „супроводжують” стебла під час роботи.

Так, німецька фірма Geringhoff випускає цілу низку адаптерів Rota Disk, які навішуються на серійні зернозбиральні комбайни (табл.3.2).

Характерною особливістю адаптерів цієї фірми є те, що листостеблова маса кукурудзи подрібнюється і розсіюється по полю. Адаптери фірма Geringhoff MS-Horizon випускає двох типів: із суцільною рамою та секційною (для складання в транспортне положення).

Німецька фірма Kemper випускає 6- та 8-рядні адаптери. Принципово новим у цій конструкції є те, що в апараті для відокремлення качанів використано не традиційну ланцюгову подавальну систему, а шнекову.

Виробництвом адаптерів для збирання кукурудзи на зерно займається ще ціла низка зарубіжних фірм, наприклад італійські Olimac, Capello, Grecav.

Таблиця 3.2 - Коротка технічна характеристика адаптерів Rota Disk для збирання кукурудзи фірми Geringhoff

| Модель | Ширина міжрядь, см | Ширина в транспортному положенні, м | Маса, кг |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|
| Адаптери із суцільною рамою | | | |
| RD 400 | 70 – 80 | 3,00 | 1280 |
| RD 500 | 70 – 80 | 3,76 – 4,10 | 1680 |
| RD 600 | 70 – 80 | 4,40 – 4,90 | 1960 |
| RD 800B | 70 – 80 | 5,80 – 6,50 | 2700 |
| RD 900B | 50 – 75 | 4,80 – 6,90 | 2755 |
| RD 1200B | 50 - 75 | 6,36 – 9,15 | 3350 - 3630 |
| Адаптери із секційною рамою | | | |
| RD 600F | 70 - 80 | 3,00 | 2130 |
| RD 800FB | 70 – 80 | 3,00 – 3,30 | 2980 |
| RD 800FBS | 75 | 3,00 | 2980 |

Адаптери випускають також двох типів: без подрібнення листостеблової маси та з подрібнювачем.

Коротку технічну характеристику адаптерів фірми Gresav приведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Коротка технічна характеристика адаптерів Maxima фірми Gresav (Італія)

| Марка адаптера | Кількість рядків | Маса, кг | Максимальна ширина, м | Ширина міжрядь, см |
|--------------------------------|-------------------------------|----------|-----------------------|--------------------|
| Рама секційна без подрібнювача | | | | |
| Maxima 6 | 6 | 1930 | 4,3 – 4,8 | 70 – 75 – 80 |
| | Рама секційна з подрібнювачем | | | |
| | 6 | 2030 | 4,3 – 4,8 | 70 – 75 – 80 |
| Рама секційна без подрібнювача | | | | |
| Maxima 8 | 8 | 2590 | 5,8 – 6,5 | 70 – 75 – 80 |
| | Рама секційна з подрібнювачем | | | |
| | 8 | 2720 | 5,8 – 6,5 | 70 – 75 – 80 |

В практиці широко використовуються і стаціонарні машини для очистки качанів від обгорток.

Конструкція очисника качанів кукурудзи ОП-15 розроблена в СКБ Херсонського комбайнового заводу. Машина призначена для очистки качанів стиглої кукурудзи на току від обгорток і листостеблових домішок. Розроблено

дві моделі машини: стаціонарний очисник ОП-15С з приводом від електродвигуна і пересувний очисник ОП-15П, напівначіпний для трактора класу 1,4, обладнаного ходозменшувачем. Напівначіпна модель обладнана вильчастим піддиральником качанів з буртів.

Стаціонарна модель складається з очисного апарату з притискним пристроєм для розсікання обгорток, транспортера обгорток, ексгаустера обгорток з пневматичною швиряльною трубою, розподільника і транспортера качанів, змонтованих на одній рамі, і електроприводу, змонтованого на окремій рамі.

Розподільник качанів служить для приймання і розподілу качанів кукурудзи по ширині перед подачею на батарею очисних вальців.

Очисний апарат – вальцьовий, з одностадійним очищенням, має вісім пар очисних вальців, розміщених в двохканальних ложах з однотипними верхніми вальцями.

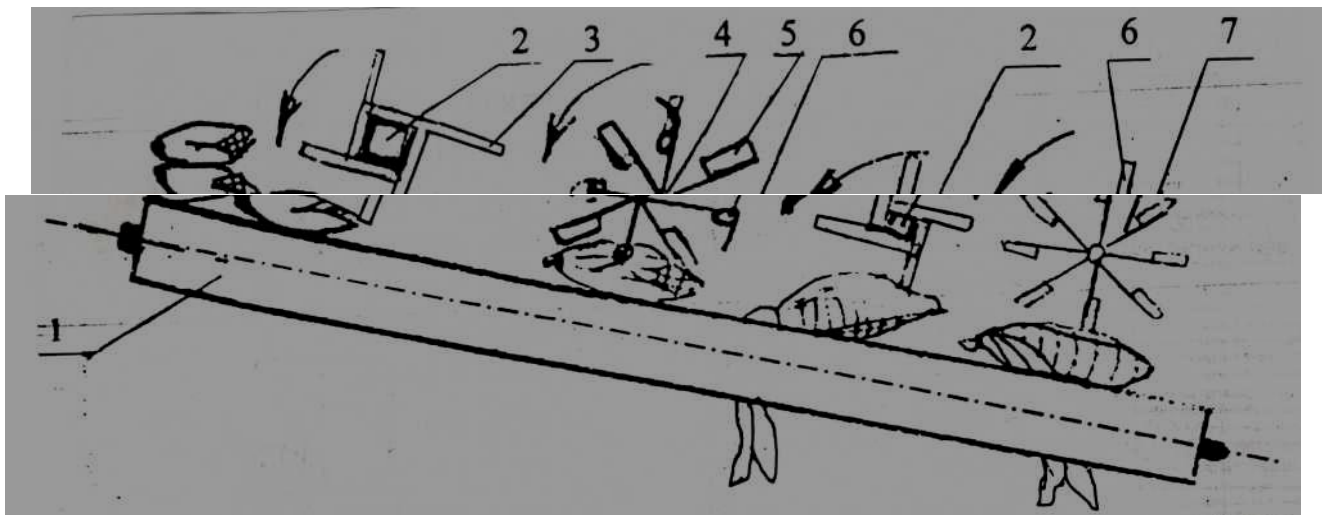


Рисунок 3.7 - Схема обгорткорозсікаючого притискного пристрою очисника початків кукурудзи ОП-15: 1- очисні вальці; 2- еластичні бітери; 3- еластичні лопаті; 4- притискний барабан; 5- притискні обгорткорозсікачі; 6- еластичні лопаті; 7- притискний барабан

Обгорткорозсікаючий притискний пристрій (рис. 3.7) складається з двох бітерних барабанів, секції яких змонтовані на ведучих валах, які обертаються

в підшипниках боковин апарату, обгорткорозсікаючого і притискного барабанів.

Транспортер обгортки двохланцюговий, скребковий, розташований під батареєю очисних вальців. На скребках транспортера приклепані накладки з прогумованої тканини.

Експаустер призначений для викидання обгортки в борт або транспортні засоби. Він представляє собою чотирьохлопатеву крильчатку, поміщену в корпусі з поворотною пневмошвириальною трубою.

Пересувна модель ОП-15П (рис. 3.8) напівнавісна і націпляється на трактори класу 1,4 з ходозменшувачем. Привід робочих органів від ВВП трактора. Основні робочі органи максимально уніфіковані із стаціонарною моделлю.

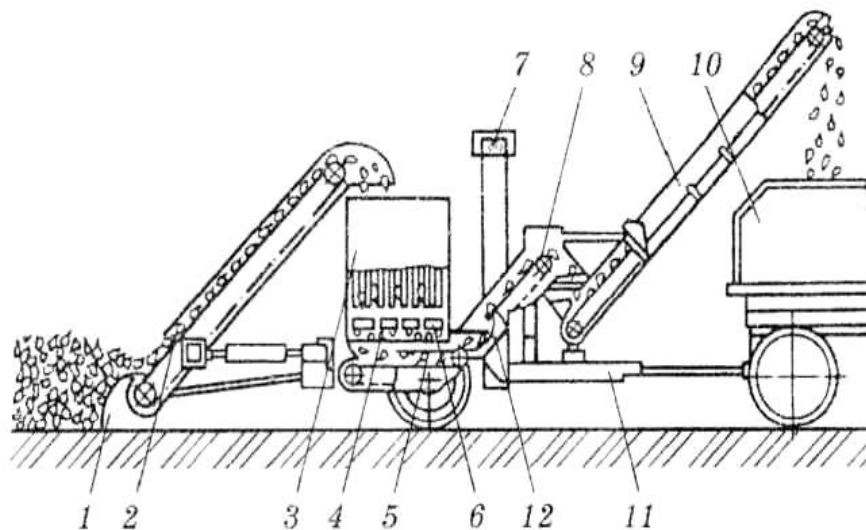


Рисунок 3.8 - Функціональна схема очисника ОП-15П: 1 – підбирач; 2 – завантажувальний конвеєр; 3 – нагромаджувач качанів; 4 – ка чаноочисний апарат; 5 – конвеєр обгортки; 6 – притискний пристрій; 7 – трубопровід; 8 – конвеєр; 9 – вивантажувальний конвеєр; 10 – причіп; 11 – рама; 12 - експаустер

Підбиральник качанів вильчастий, приєднаний до нижньої частини корпусу транспортера завантажувача 4 (рис. 3.9). Підбір качанів виконується граблиною вил 12. До поперечин граблин приварено 20 вил, дві крайніх з яких (з обох сторін) мають задні упори 5.

Коливання граблин виконується ведучим валом 6 з кривошипом 7. Під час руху очисника качанів кукурудзи на бурт під'ємні пальці 1 підіймають качани над землею.

Механізована лінія очищення і сортування качанів кукурудзи (розроблена ЦКТБ Держагропрому Казахстану) [11] (рис. 3.10), призначена для приймання та очищення від обгорток качанів кукурудзи, їх сортування і вибракування, збирання кондиційних качанів у бункер-нагромаджувач з механізованим вивантаженням у транспортні засоби для транспортування на хлібоприймальні пункти.

Вона складається із приймального бункера місткістю 200 т, живильників, похилих стрічкових транспортерів ТБ-65, горизонтальних стрічкових рухомих транспортерів КЛП-500, площадки для встановлення качаноочисників від кукурудзозбирального комбайна „Херсонць-200”, бункера-нагромаджувача, ежекторного пневмотранспортера ТПЕ-10А, подрібнювача кормів ДИС-1М-1, скребкового транспортера ТС-40М, списаного зернозбирального комбайна, качанорозподільників, транспортних візків, електричних шафа керування, електромеханічних приводів.

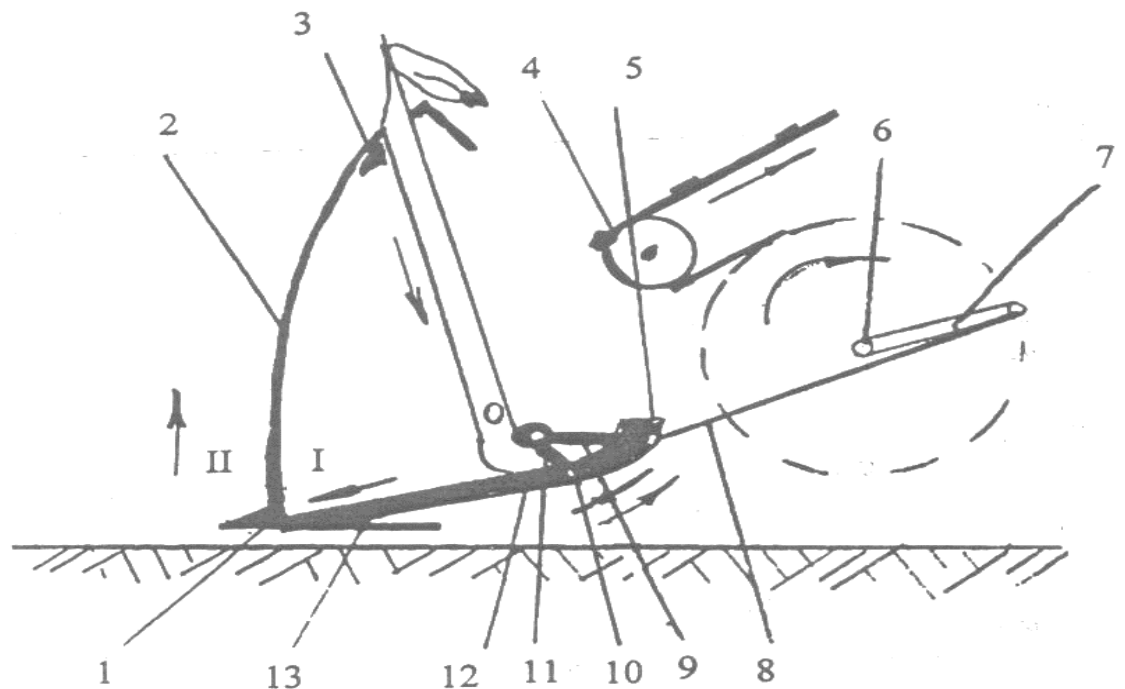


Рисунок 3.9 - Схема вильчастого підборщика

Працює лінія так: зібрані в полі кукурудзозбиральним комбайном качани в обгортках доставляють на механізований тік і вивантажують у приймальний бункер. Із нього живильниками качани подають на похилі стрічкові транспортери ТБ-65, які перевантажують їх у три розподільних бункери. У кожному бункері кукурудза рівномірно розділяється на чотири потоки, які потрапляють на чотири пари послідовно розміщених качаноочисників. Очищені качани скочуються на два крайніх стрічкових транспортери КЛП-500, а потім через систему транспортерів – на два сортувальних столи. Кожен стіл скомплектований із трьох транспортерів КЛП-500. Вздовж сортувальних столів розміщено по чотири робочих місця із зручними сидіннями. Одну механізовану лінію обслуговує 16 сортувальників, обладнання – черговий.

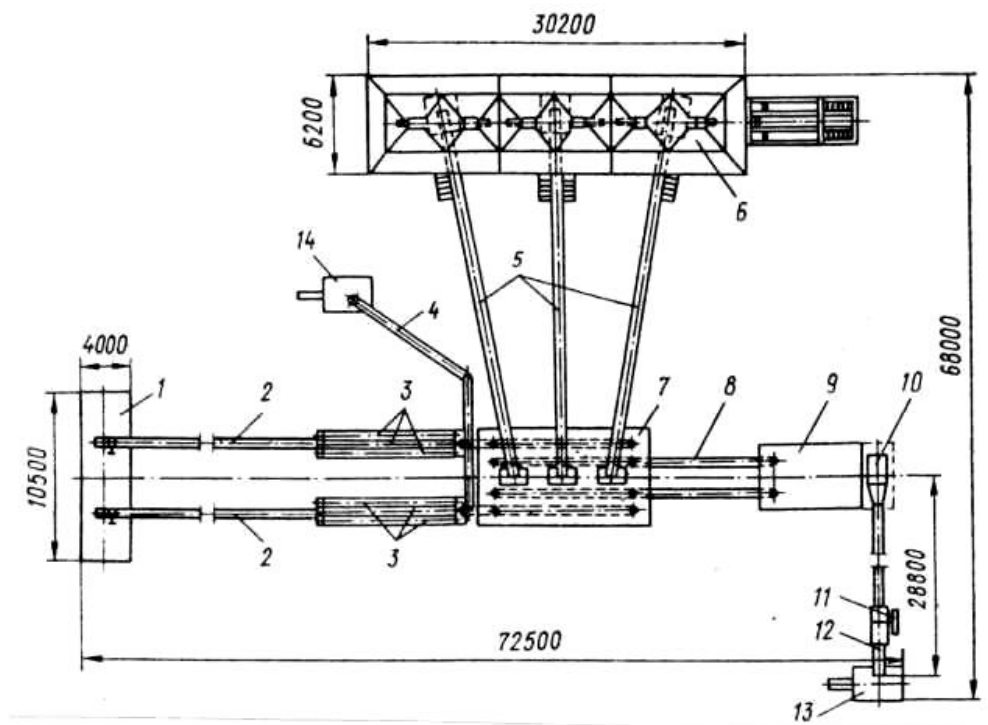


Рисунок 3.10 - Механізована лінія очищення і сортування качанів кукурудзи: 1– бункер-нагромаджувач; 2– транспортер; 3- сортувальні столи; 4 - транспортер для некондиційних качанів; 5 - стрічкові транспортери; 6 - приймальний бункер; 7- площадка для очисників качанів; 8 – транспортер вороху; 9 - зерноочисник; 10 - пневматичний ежекторний транспортер; 11 - дробарка-подрібнювач; 12 – скребковий транспортер; 13 - двовісний самоскидний причіп

Некондиційні качани, які рухаються рівномірним шаром на стрічках двох крайніх транспортерів сортувального стола, сортувальники відбирають і скидають на середній транспортер, який вивантажує їх у транспортний візок. Кондиційні качани транспортерами сортувального стола перевантажуються на два похилих стрічкових транспортери ТБ-85 і подаються в бункер-нагромаджувач. Потім їх вивантажують у транспортні засоби і вивозять на хлібоприймальні пункти.

Обгортки і обрушене зерно кукурудзи після качаноочисників потрапляє на два центральних горизонтальних транспортери, які транспортують масу в зерноочисник. Останній відокремлює зерно від обгорток і збирає його в транспортний візок. Обгортки ежекторним пневмотранспортером ТПЕ-10А вивантажують у подрібнювач ДИС-1М-1, звідки скребковим транспортером ТС-40 подають у транспортні засоби і вивозять для силосування.

Продуктивність такої лінії становить 60 т/год.

Стаціонарні машини для очистки качанів від обгорток потребують подальшого вдосконалення конструкції для підвищення якості робіт і продуктивності.

4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ І ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПУНКТУ ОЧИСТКИ

4.1 Обґрунтування схеми

Збирання кукурудзи в качанах починають при вологості зерна не більше 40%. В ТОВ „Дубрава” Магдалинівського району Дніпропетровської області збирання кукурудзи виконують за традиційною технологією переобладнаними самохідними зернозбиральними комбайнами або причіпними комбайнами (ККП-3). Але після роботи комбайна залишається багато втрат. Очисники качанів очищають лише 60% качанів. А остання кукурудза в обгортках подається в причіп. На току, куди завозять кукурудзу в бурти, робітники очищають вручну качани від обгорток. Але так як кукурудза очищена і неочищена лежить вкупі, то необхідно перебирати і перекидати всю кукурудзу. На це затрачається багато часу, затягуються строки збирання і сортування кукурудзи, вона починає зігріватися і псуватися.

Запропонований в проекті спосіб збирання і очищення кукурудзи здійснюється за допомогою комбайнів без очистки качанів (з якого зняті очисники). Кукурудза в неочищених качанах подається в причіп, який транспортується на очисний пункт. На очисному пункті проводиться очистка. Запропонована технологія дозволяє повністю механізувати всі виробничі процеси, зменшити затрати ручної праці на очищенні качанів кукурудзи, так як немає необхідності в застосуванні необхідної кількості робітників для доочистки качанів на току. На стаціонарному очисному пункті зайнято 5 робітників: 1 оператор і 4 допоміжні робочі.

4.2 Схема і принцип роботи очисного пункту

Для збирання кукурудзи в неочищених качанах пропонується переобладнання зернозбирального комбайна. Суть переобладнання комбайна заключається в тому, що з нього знімаємо вузол очистки качанів, а на його

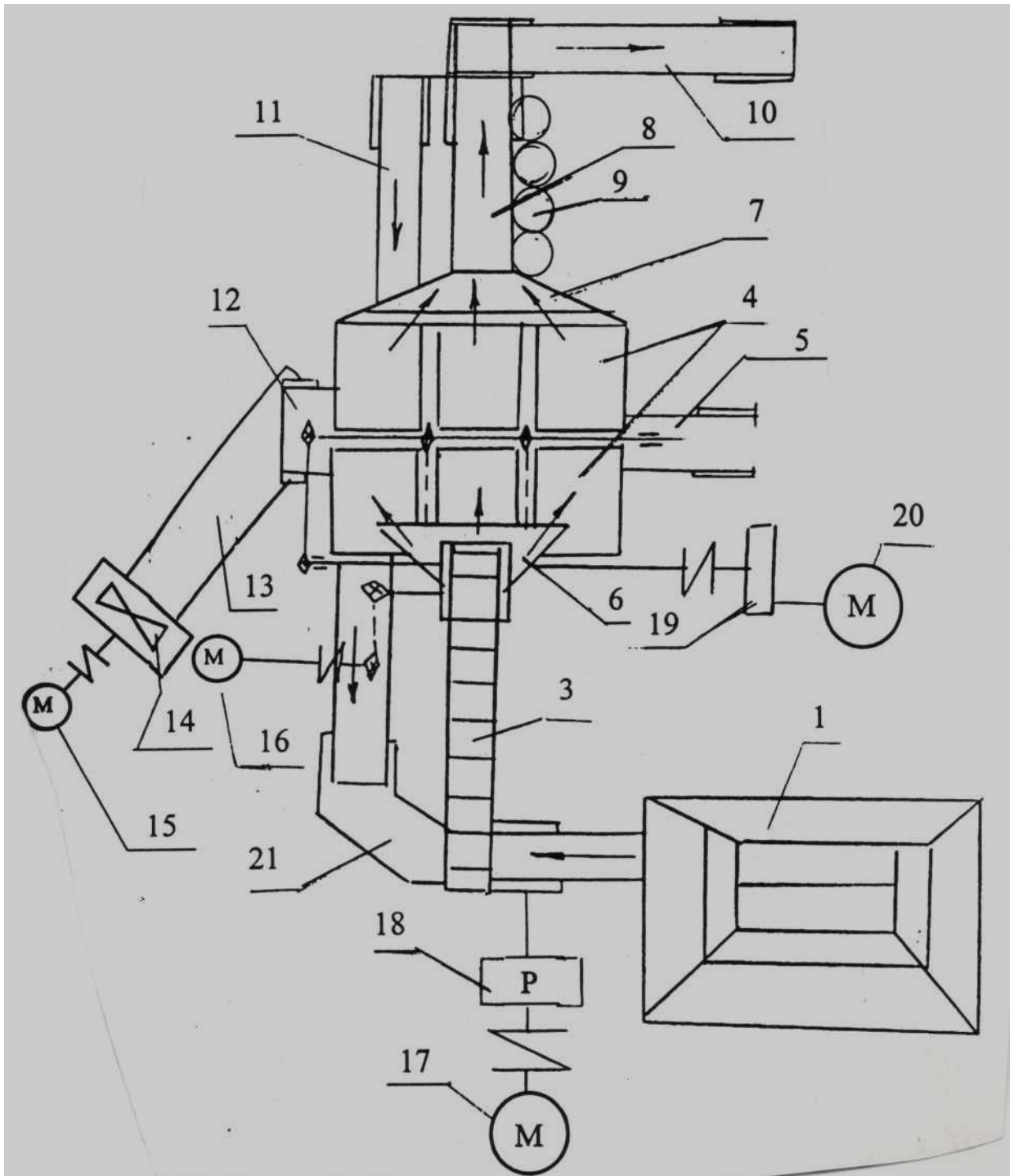


Рисунок 4.1- Схема пункту очистки качанів кукурудзи качанів

місце встановлюємо лотки, які закріплюються. По лотку кукурудза проходить на вивантажувальний транспортер, а з транспортера вона подається в причіпний візок.

Таким чином, демонтуючи очисний апарат, отримуємо можливість

використання звільненої потужності на збільшення швидкості і продуктивності комбайна. Збільшення цих показників значно скоротить строки збирання урожаю і зменшить втрати кукурудзи в зерні.

Схема пункту очистки качанів кукурудзи показана на рис. 4.1. Технологічний процес очисного пункту проходить наступним чином. Трактор з причепом 2ПТС-4 привозить кукурудзу від комбайна і висипає її в завантажувальний бункер 1. З бункера кукурудза по стрічковому транспортеру 2 подається на скребковий транспортер 3, проходить через дільники 6 і попадає на очисники 4. На очисниках качани очищаються від обгорток і поступають в звужувач 7. Очищена кукурудза від звужувача подається на стрічковий транспортер-конвеєр. Біля конвеєру стоять чотири робітники, які відкидають качани, не очищені від обгорток, на конвеєр 11. Конвеєр 11 несе качани до скатної дошки 21 і не доочищені качани проходять повторний цикл очистки. Обгортки крізь очисники падають вниз на конвеєр 12, потім на конвеєр 13, а потім поступають до вентилятора 14. Вентилятор 14 приводиться в дію електродвигуном 15. Вентилятор вивантажує обгортку в причіп.

4.3 Розрахунок стрічкового конвеєра

Схема спроектованого стрічкового конвеєра показана на рис. 4.2. Його основні характеристики і вихідні дані для розрахунків: продуктивність – $W = 20$ т/год.; об'ємна маса кукурудзи в качанах - $\gamma = 0,7$ т/м³; довжина конвеєра – $l = 6$ м; кут нахилу похилої ділянки - $\alpha = 10^0$; строк служби – 20000 годин; швидкість руху – $V = 1,5$ м/с.

Згідно [12] знаходимо $U_g = 25^0$ – кут природного укусу матеріалу під час руху.

$$f = (0,7 \dots 0,9)f_0 = 0,8 \cdot f_0 = 0,8 \cdot 0,57 = 0,46$$

$f_0 = 0,57$ – коефіцієнт тертя в стані спокою по гумі.

З формули

$$f = \operatorname{tg} \rho \quad (4.1)$$

$\rho = \arctg 0,46 = 25^0$ – кут тертя вантажу по стрічці під час руху.

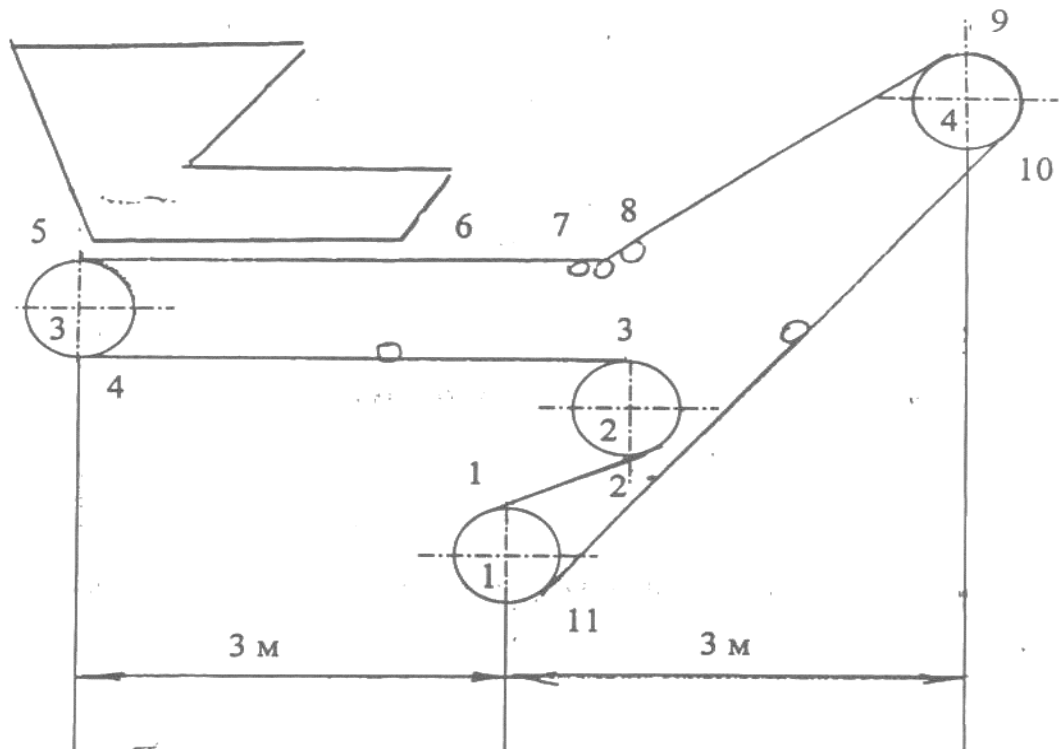


Рисунок 4.2 - Схема стрічкового конвеєра

Визначаємо допустимий кут нахилу конвеєра до горизонту. З вихідних даних $\alpha = 10^0$.

$$\beta = \rho - (8 \dots 10^0) = 25^0 - 10^0 = 15^0.$$

Допустимий кут більший необхідного.

Визначаємо висоту підйому вантажу:

$$H = \operatorname{tg} \alpha \cdot l = \operatorname{tg} 10^0 \cdot 3 = 0,53 \text{ м} \quad (4.2)$$

Допустима висота підйому $H = 3 \text{ м}$.

Приймаємо для навантаженої вітки дерев'яний настил, а для холостої вітки приймаємо опору.

Визначаємо ширину стрічки:

$$B = 1,1 \left[\sqrt{\frac{\Pi_p}{V \cdot K_{\Pi} \cdot \gamma} + 0,05} \right], \quad (4.3)$$

$$B = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{25}{1,5 \cdot 240 \cdot 0,7}} + 0,05 \right) = 0,4 \text{ м}$$

Де $\Pi_p = K_n \cdot W = 1,25 \cdot 20 = 25$ т/год.; $K_n = 1,25$ – коефіцієнт нерівномірності завантаження; $V = 1,5$ м/с; $\gamma = 0,7$ т/м³ [12]; $K_B = 1$ – коефіцієнт залежності від кута нахилу стрічки; $K_{\Pi} = 240$ – коефіцієнт площі поперечного перетину.

Уточнюємо значення швидкості стрічки, якщо $B = 0,4$ м:

$$V = \frac{W}{K_{\Pi} \cdot (0,9B - 0,05)^2 \cdot \gamma} = \frac{25}{240 \cdot (0,9 \cdot 0,4 - 0,05)^2 \cdot 0,7} = 1,5 \text{ м/с}$$

Вибираємо опори по [12]: $L = 660$; $A = 620$; $l = 500$; $H_p = 102$; $F = 48$; $H_j = 155$; $H = 104$; $D = 60$; $P = 100$; $S = 6$; діаметр болта $d = 12$ мм; маса - 9,2 кг.

Відстань між опорами в холостій вітці по [12] визначаємо і вона дорівнює 3 м. Діаметр ролика $d = 83$ мм [12]. Маса ролика $G = 49$ Н [12]. Для вигнутої частини відстань між роликками відповідає 0,75 м.

Визначаємо погонну вагу вантажу:

$$g_{гр} = \frac{W}{0,36 \cdot V} = \frac{25}{0,36 \cdot 1,5} = 46,3 \text{ Н/м} \quad (4.4)$$

Погонна вага стрічки визначається за формулою:

$$g_{\Pi} = (250 - 300) \cdot B = 300 \cdot 0,4 = 120 \text{ Н/м}$$

Погонна вага частин роликкових опор, які обертаються на холостій вітці, визначаються за формулою:

$$g_{рх} = \frac{G_p}{l_x} = \frac{49}{3} = 16,3 \text{ Н/м} \quad (4.5)$$

Сумарні коефіцієнти опору руху стрічки по дерев'яному настилу $\omega_p = 0,7$, роликкових опорах - $\omega = 0,03$ [12]. Коефіцієнти опору руху стрічки при огинанні барабанів [12]: $\omega_{61} = 1,06$; $\omega_{62} = 1,05$; $\omega_{63} = 1,04$; $\omega_{64} = 1,03$. Сумарний коефіцієнт опору руху стрічки при огинанні батареї роликів: $\omega_{65} = 1,03$.

Виконуємо тяговий розрахунок конвеєра по контуру. Розбиваємо контур на ділянки і нумеруємо їх. Визначаємо натяг в точках методом обходу по контуру. Починаємо з точки S_1 і натяг в усіх наступних точках виражаємо через S_1 :

$$S_2 = S_1; \quad S_3 = S_1 \cdot \omega_{62} = 1,05 \cdot S_2 = 1,05 \cdot S_1;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = S_3 + (g_n + g_{px}) \cdot \omega \cdot l_1 = 1,05 \cdot S_1 + (120 + 16,3) \cdot 0,03 \cdot 3 = \\ = 1,05S_1 + 12,3;$$

$$S_5 = S_4 \cdot \omega_{62} = (1,05S_1 + 12,3) \cdot 1,04 = 1,09S_1 + 12,8;$$

$$S_6 = S_5 + W_{342} = S_5 + \frac{\varphi \cdot W \cdot \theta}{0,36 \cdot g},$$

де $\varphi = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує тертя вантажу по напрямних бортах і стінки живильника;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2 \text{ – прискорення вільного падіння.}$$

Тоді:

$$S_6 = 1,09 S_1 + 1,28 + \frac{1,5 \cdot 25 \cdot 1,5}{0,36 \cdot 9,81} = 1,09 S_1 + 28,7;$$

$$S_7 = S_6 + W_{67} = S_6 + (g_n + g_{rp}) \cdot \omega_p \cdot l_1 = 1,09 S_1 + 378;$$

$$S_8 = S_7 \cdot \omega_{65} = (1,09 S_1 + 378) \cdot 1,03 = 1,12 S_1 + 390;$$

$$S_9 = S_8 + W_{8-9} = S_8 + (g_n + g_{rp}) \cdot \omega_p \cdot l_2 + (g_n + g_{rp}) \cdot H = 1,12 S_1 + 827,4$$

$$S_{10} = S_9 \cdot \omega_{64} = (1,12S_1 + 827,4) \cdot 1,03 = 1,15S_1 + 852,2;$$

$$S_{11} = S_{10} + W_{10-11} = S_{10} + g_n \cdot \omega \cdot l_2 - g_n \cdot H = 1,15 S_1 + 799,4;$$

$$S_{11} = 1,15S_1 + 799,4;$$

$$S_{11} = e^{fa} \cdot S_1$$

$e^{fa} = 2,85$ [12], тоді

$$S_{11} = 1,15S_1 + 799,4;$$

$$S_{11} = 2,85 S_1.$$

$$2,85 S_1 - 1,15 S_1 = 799,4;$$

$$S_1 = 470,2 \text{ Н};$$

$$S_{11} = 1340,2 \text{ Н.}$$

Числові значення натягу стрічки в інших точках конвеєра, Н:

$$S_2 = S_1 = 470,2;$$

$$S_3 = 1,05 S_2 = 1,05 S_1 = 493,2;$$

$$S_4 = 1,05 S_1 + 12,3 = 506,01;$$

$$S_5 = 1,09 S_1 + 12,8 = 525,3;$$

$$S_6 = 1,09 S_1 + 28,7 = 541,2;$$

$$S_7 = 1,09 S_1 + 378 = 840,5;$$

$$S_8 = 1,12 S_1 + 390 = 916,6;$$

$$S_9 = 1,05 S_1 + 827,4 = 1354,03;$$

$$S_{10} = 1,15 S_1 + 852,2 = 1392,9.$$

Визначаємо потужність електродвигуна за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{F_t \cdot \theta}{\eta}. \quad (4.6)$$

$$F_t = S_{11} - S_1 = 1340,2 - 470,2 = 870 \text{ Н} = 0,87 \text{ кН};$$

$\eta = 0,8 \dots 0,85$ – ККД приводу конвеєра.

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,87 \cdot 1,5}{0,85} = 1,54 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун асинхронний 4А80В₄У₃. Потужність двигуна $N_{\text{дв}} = 1,5$ кВт, ККД – 77 %, вага двигуна $G_{\text{д}} = 20,4$ кг, діаметр вихідного вала двигуна – $d_{\text{в}} = 22$ мм.

Визначаємо число прокладок стрічки за формулою:

$$i = \frac{S_{\text{max}} \cdot N_0}{[K_p] \cdot B}. \quad (4.7)$$

$$S_{\text{max}} = S_{10} = 1392,9 \text{ Н};$$

N_0 – запас міцності похилих конвеєрів;

$$[K_p] = 55 \text{ Н/мм}.$$

$$i = \frac{1392,9 \cdot 11}{55 \cdot 400} = 0,696.$$

Приймаємо число прокладок $i = 3$ відповідно ДСТУ 20 – 77 [13].

Визначаємо діаметр привідного барабана:

$$D_{\text{пб}} = a \cdot i = (0,125 - 0,15) \cdot 3 = 0,375 - 0,45,$$

де $a = 0,125 \dots 0,15$ – коефіцієнт [12];

$i = 3$ – число прокладок стрічки.

Згідно ДСТУ 44644-97 приймаємо діаметр привідного барабана $D_{\text{пб}} = 400$ мм. Довжина барабана на 100 мм більше ширини стрічки:

$$l_6 = 400 + 100 = 500 \text{ мм.}$$

Діаметр кінцевого і натяжного барабанів дорівнює:

$$D_{\text{нб}} = D_{\text{пб}} \cdot 0,8 = 400 \cdot 0,8 = 320 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_{\text{нб}} = 315$ мм. А довжину всіх барабанів приймаємо 500 мм.

Визначаємо зусилля і хід натяжного пристрою:

$$P_{\text{м}} = S_{\text{пт}}^{\text{H}} + S_{\text{об}}^{\text{H}} = S_2 + S_3 = 470,2 + 493,71 = 963,91 \text{ Н}$$

Хід натяжного пристрою в конвеєрах, які мають нахилені ділянки, приймається 1,5% від загальної довжини горизонтальних проєкцій конвеєра:

$$H = \frac{1,5 \cdot (3 + 3)}{100} = 0,09 \text{ м.}$$

Визначаємо частоту обертання барабана:

$$n_{\text{пб}} = \frac{60 \cdot \theta}{\pi \cdot D_6} = \frac{60 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 0,4} = 71,7 \text{ хв}^{-1}.$$

Загальне передаточне число приводу:

$$U = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{пб}}} = \frac{1415}{71,7} = 19,7.$$

Згідно [12] вибираємо редуктор типу РУД-250: $N_p = 4,1$ кВт; частота обертання швидкохідного вала $n_1 = 1500$ хв⁻¹. Схема привідної станції представлена на рис. 5.3.

Для розрахунку привідного вала і підшипників побудуємо схему (рис. 4.4).

Згідно [14] визначаємо відстань між А і В: $|AB| = 0,73$ м. Відстань між центрами маточин барабана (0,33 м) приймаємо конструктивно.

Реакція в опорах:

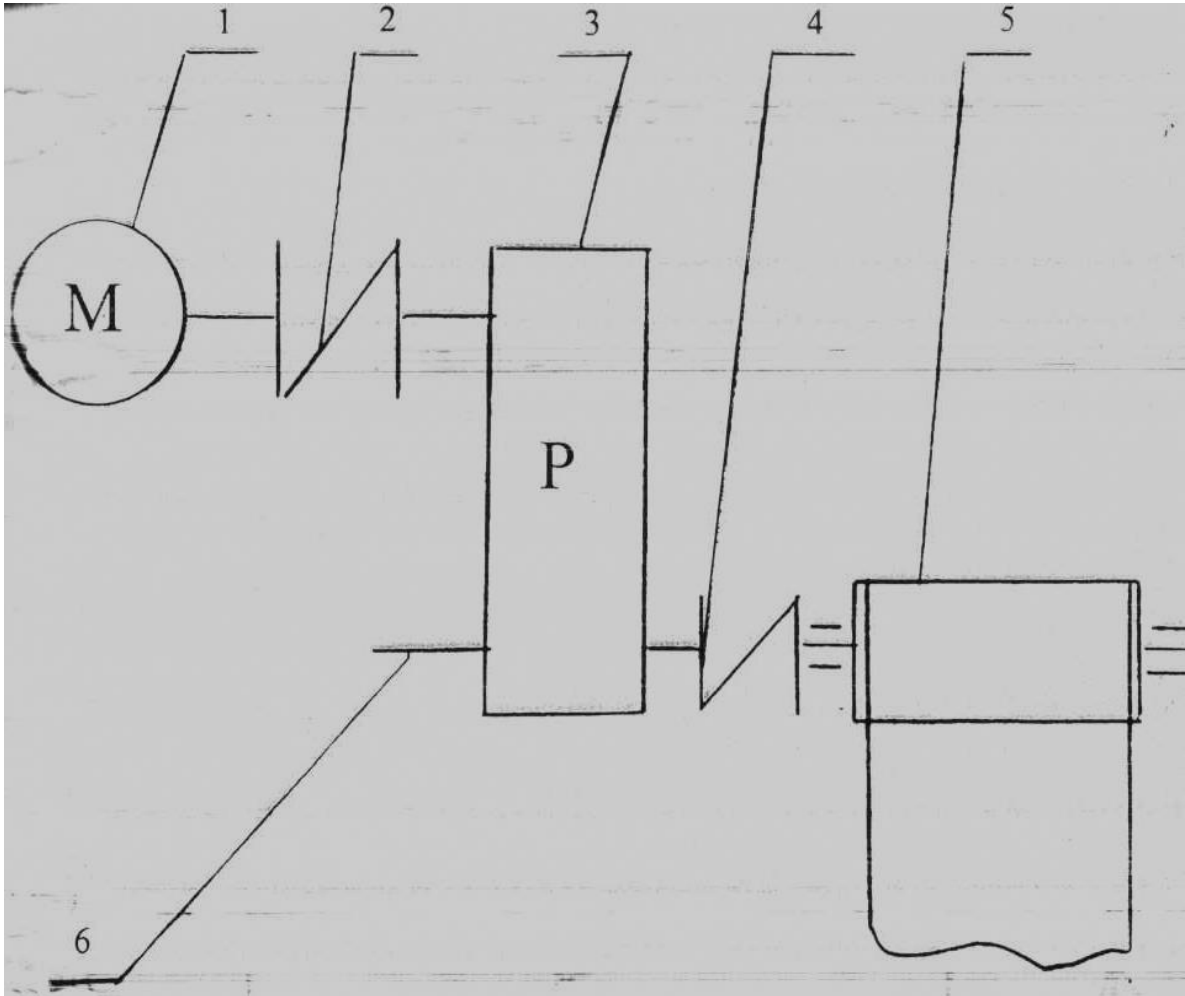


Рисунок 4.3 - Схема приводу стрічкового конвеєра: 1 – електродвигун; 2, 4 – муфти; 3 – редуктор; 5 – привідний барабан з опорами; 6 – вихід вала редуктора на привід

$$R_B = R_A = \frac{F_1}{2} = \frac{870}{2} = 435 \text{ Н.}$$

Будуємо епюр $M_{зг}$:

$$M_{зг} = R_A \cdot 0,2 = 435 \cdot 0,2 = 87 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на валу:

$$T_{кр} = 9550 \cdot \frac{N_D \cdot \eta}{n_{нб}} = \frac{1,5 \cdot 0,85}{71,7} = 169,8 \text{ Нм} \quad (4.8)$$

Приведений момент згідно третьої теорії міцності:

$$T_{пр} = \sqrt{(M_{зг})^2 + (T_{кр})^2} = \sqrt{87^2 + 169,8^2} = 190,8 \text{ Нм}$$

Приймаємо матеріал вала сталь 10, у якої $[\Gamma_{п}]_{III} = 750 \text{ кгс/см}^2 = 75 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$.

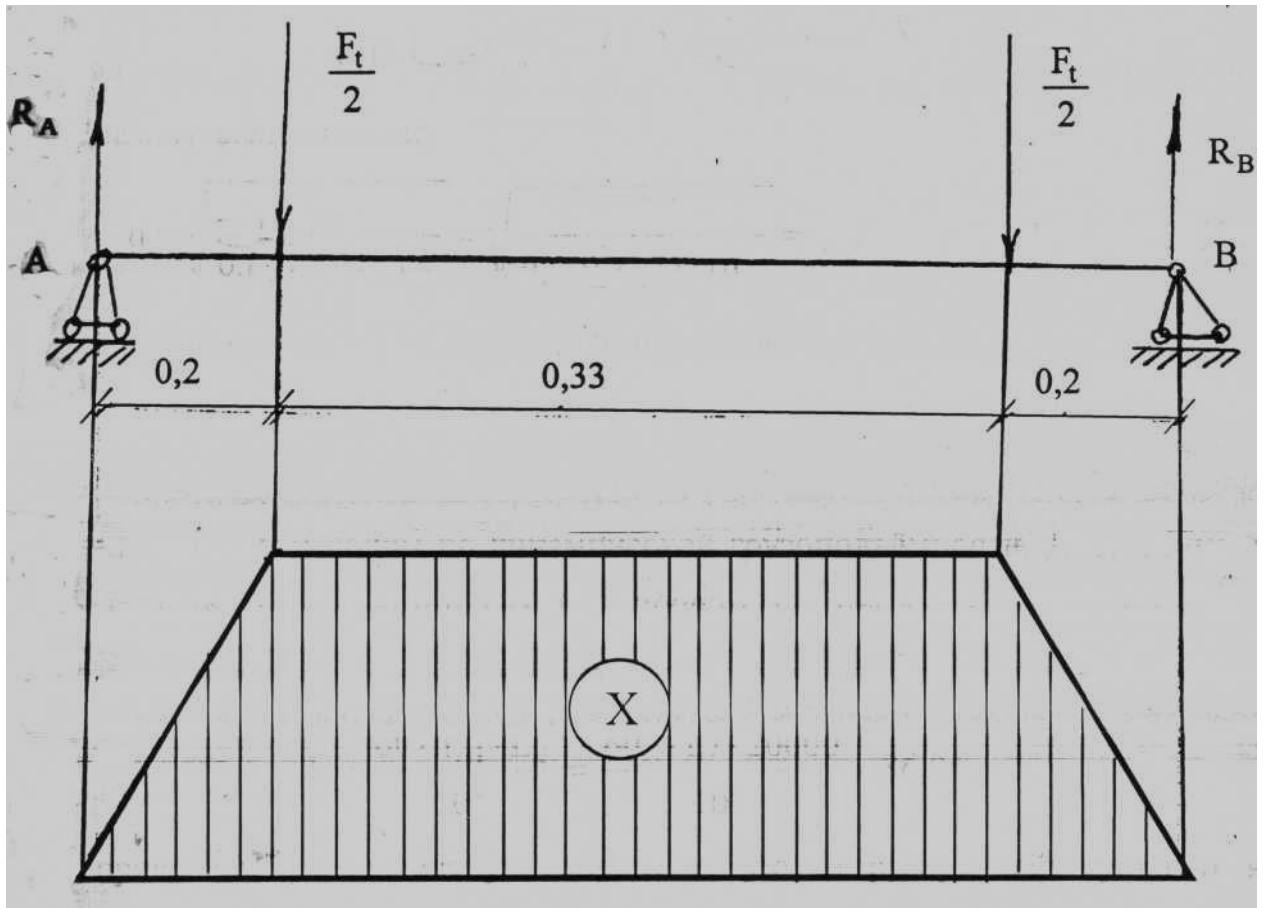


Рисунок 4.4 - Схема вала і еюра згинаючих моментів

Діаметр вала в небезпечному перетині:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_{кр}}{0,1 \cdot 0,7 \cdot [\Gamma_{II}]_{III}}} = \sqrt[3]{\frac{190,8}{0,1 \cdot 0,7 \cdot 75 \cdot 10^6}} = 0,033 \text{ м.} \quad (4.9)$$

Коефіцієнт 0,7 враховує наявність шпоночної канавки. Приймаємо $d = 0,035 \text{ м} = 35 \text{ мм}$.

Так як частота обертання вала барабана більша 1 хв^{-1} , то вибір підшипників проводимо по динамічній вантажопідйомності. Довговічність підшипників в годинах приймаємо $L_k = 20000$ годин, що задано за умовами.

Визначаємо ресурс підшипників:

$$L = \frac{60 \cdot n_{пб} \cdot L_k}{10^6} = \frac{60 \cdot 71,7 \cdot 20000}{10^6} = 86,04.$$

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження, яка діє на підшипник:

$$P = (XV F_r + V F_a) \cdot K_b \cdot K_T, \quad (4.10)$$

де $X = 1$ [14, стор. 83];

$$V = 1 \text{ [14, стор. 83];}$$

$$F_r = 0 \text{ – осьове навантаження;}$$

$$K_6 = 1,3 \text{ [14];}$$

$$K_T = 1 \text{ [14].}$$

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 435 \cdot 1 \cdot 1,3 = 464,5 \text{ кг.}$$

Динамічна вантажопідйомність підшипників

$$C = P + \sqrt[3]{L} = 564,5 + \sqrt[3]{86,04} = 611,4 \text{ кг.}$$

Вибираємо підшипники для діаметра посадочного місця $d = 30$ мм: середньої серії 1306 з розмірами $d = 30$ мм; $D = 72$ мм; $B = 18$ мм. Їх динамічна вантажопідйомність $G_0 = 790$ кг.

Вибір проводимо по [14]. Так як $C < G_0$, то вибрані підшипники будуть мати ймовірність безвідмовної роботи більше 90 %.

Визначаємо гальмівний момент на приводному валу конвеєра за формулою:

$$M_T = \eta \cdot [g_{ГР} \cdot H - C_T \cdot (F_T - g_{ГР} \cdot H)] \cdot \frac{D_{пб}}{2},$$

де $\eta = 0,85$;

$$g_{ГР} = 46,3 \text{ Н/м} = 4,63 \text{ кгс/м;}$$

$$H = 0,53 \text{ м;}$$

$$C_T = 0,55 \text{ [14];}$$

$$F_T = 870 \text{ Н} = 87 \text{ кг;}$$

$$D_{пб} = 0,4 \text{ м.}$$

$$M_T = 0,85 \cdot [4,63 \cdot 0,53 - 0,55 \cdot (87 - 4,63 \cdot 0,53)] \cdot \frac{0,4}{2} = - 7,49 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

Значення M_T отримали від'ємним, значить встановлювати гальма не потрібно.

Конструкцію середньої частини конвеєра виконуємо з прокатного профілю кутника. Номер кутника вибираємо в залежності від діаметра болта для кріплення роликової опори – $d = 12$ мм (визначено раніш). По [12, стор.

391] вибираємо кутник № 5 з розмірами $b = 50$ мм; $d = 4$ мм; $R = 5,5$ мм. Маса 1 м профілю – 3,05 кг.

З цього кутника виконуємо поздовжню балку, до якої кріпимо періодично розставлені двометрові стояки, виконані з цього ж профілю.

Згідно [14, стор. 102] вибираємо муфти втулично-пальцьові. Для з'єднання двигуна з редуктором – муфта пружна втулично-пальцева 250-36-51-43 ДСТУ 21424-95.

Для з'єднання редуктора з барабаном – муфта пружна втулично-пальцева 250-36-51-43 ДСТУ 21424-95.

4.4 Розрахунок скребкового транспортера

Вихідні дані для розрахунків:

Вантаж, який транспортується – кукурудза в качанах.

Продуктивність – $Q = 20$ т/год.

Швидкість транспортування - $V = 0,6$ м/с.

Коефіцієнт наповнення вантажу – $k_H = 1,2$.

Визначаємо ширину жолобу і скребків. Приймаємо прямокутну форму жолобу і скребків. Для навантаженої вітки приймаємо плоский дерев'яний настил і визначаємо основні розміри робочих елементів.

Висоту жолоба визначаємо за формулою:

$$h = \sqrt{\frac{Q_p}{3600 \cdot V \cdot \gamma \cdot \varphi_{nc} \cdot k_0}}, \quad (4.11)$$

$$Q_p = Q \cdot k_H, \quad k_H = 1,2, \quad Q_p = 20 \cdot 1,2 = 24 \text{ т};$$

$\varphi_{nc} = 0,7$ – для погано сипучих вантажів;

$k_0 = 0,75$ [12];

$\gamma = 0,7$ – об'ємна маса вантажу;

$V = 0,6$ м/с – за вихідними умовами.

$$h = \sqrt{\frac{24}{3600 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,75}} = 0,112 \text{ м.}$$

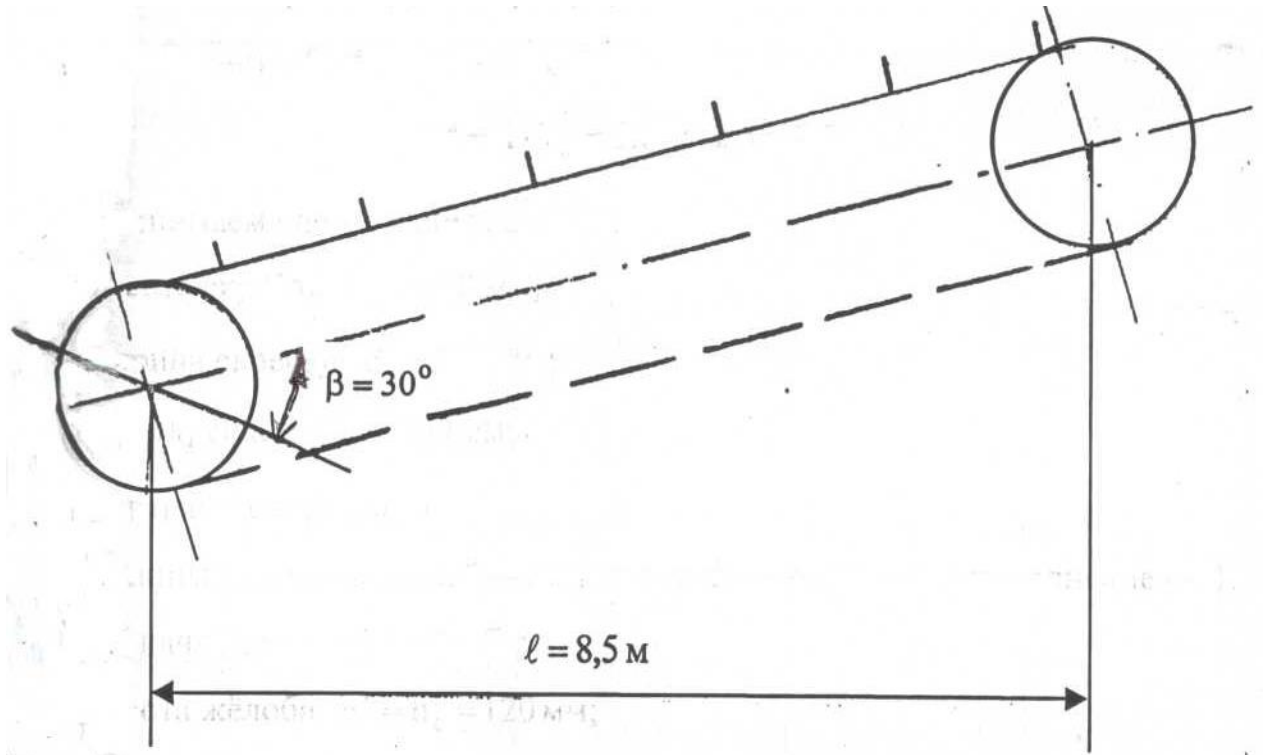


Рисунок 4.5 - Схема скребкового конвеєра

Визначаємо розрахункову ширину жолоба.

$k_c = 2 - 2,5$, приймаємо $k_c = 2,5$.

$$B^* = h \cdot k_c = 0,112 \cdot 2,5 = 0,28 \text{ м.}$$

Приймаємо наступні значення:

- висота скребка $h_c = 120 \text{ мм}$;
- ширина скребка $B_c = 300 \text{ мм}$;
- шаг скребків $Q_c = 300 \text{ мм}$;
- шаг ланцюга $t = 40 \text{ мм}$.

Приймаємо: число ланцюгів – 2; тип ланцюгів – роликівий, виконання –

1.

Приймаємо розміри жолоба:

- висота жолоба $h^* = h_c = 120 \text{ мм}$;
- ширина жолоба $B^* = B_c + 25 = 300 + 25 = 325 \text{ мм}$.

Уточнюємо швидкість переміщення вантажу при заданій продуктивності і вибраних параметрах робочих елементів. Визначаємо фактичне значення k_c

$$k_c = \frac{B^*}{h} = \frac{325}{120} = 2,7$$

$$V = \frac{Q_p}{3600 \cdot \gamma \cdot \varphi_{nc} \cdot h^2 \cdot k_c \cdot k_o} = \frac{24}{3600 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,12^2 \cdot 2,7 \cdot 0,7} = 0,57 \text{ м/с}^2.$$

Визначаємо погонні навантаження. Погонне навантаження від вантажу:

$$g_p = \frac{Q_p}{0,36 \cdot V} = \frac{24}{0,36 \cdot 0,57} = 146 \text{ Н/м.}$$

Погонне навантаження від ланцюгів з вантажем:

$$g_o = (0,6 - 0,9)g_p = 0,6 \cdot 146 = 110 \text{ Н/м.}$$

Визначаємо коефіцієнти тертя. Для вантажу $f = 0,30$; $f = 1,1 \cdot 0,3 = 0,33$ – з врахуванням тертя по стінках жолобів. Для ланцюгів приймаємо $C' = 0,12$.

Визначаємо мінімальний натяг ланцюгів:

$$[S]_{\min} \geq 19,1 \cdot W_c \cdot \frac{h}{t} \quad (4.12)$$

Розраховуємо опір переміщенню вантажу перед скребком:

$$W_c = g_T \cdot g_c \cdot (f \cdot \cos \beta + \sin \beta) = 146 \cdot 0,3 \cdot (0,33 \cdot \cos 30^0 + \sin 30^0) = 34,3 \text{ Н}$$

Висота прикладення сили вантажу на скребку

$$h = 0,8 \cdot h_c = 0,8 \cdot 120 = 96 \text{ мм;}$$

$$[S]_{\min} = 19,1 \cdot 34,3 \cdot \frac{0,096}{0,04} = 1573 \text{ Н.}$$

Для надійності приймаємо розрахункове значення

$$[S_{гр}]_{\min} = 1,6 \text{ кН.}$$

Визначаємо натяг в граничних точках і складаємо рівняння. Розрахунок починаємо з точки, для якої визначали величину $[S_{гр}]_{\min}$, тобто з т. 3 (рис. 4.6):

$$S_3 = 1600 \text{ Н.}$$

Для точки 4:

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = S_3 + (g_{гр} \cdot f + g_0 \cdot C') \cdot l + (g_{гр} + g_0) H, \quad (4.13)$$

де

$$H = l \cdot \operatorname{tg} \beta = 8,5 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 4,94 \text{ м},$$

тоді

$$S_4 = 1600 + (146 \cdot 0,33 + 100 \cdot 0,12)8,5 + (146+100)4,94 = 3384 \text{ Н}$$

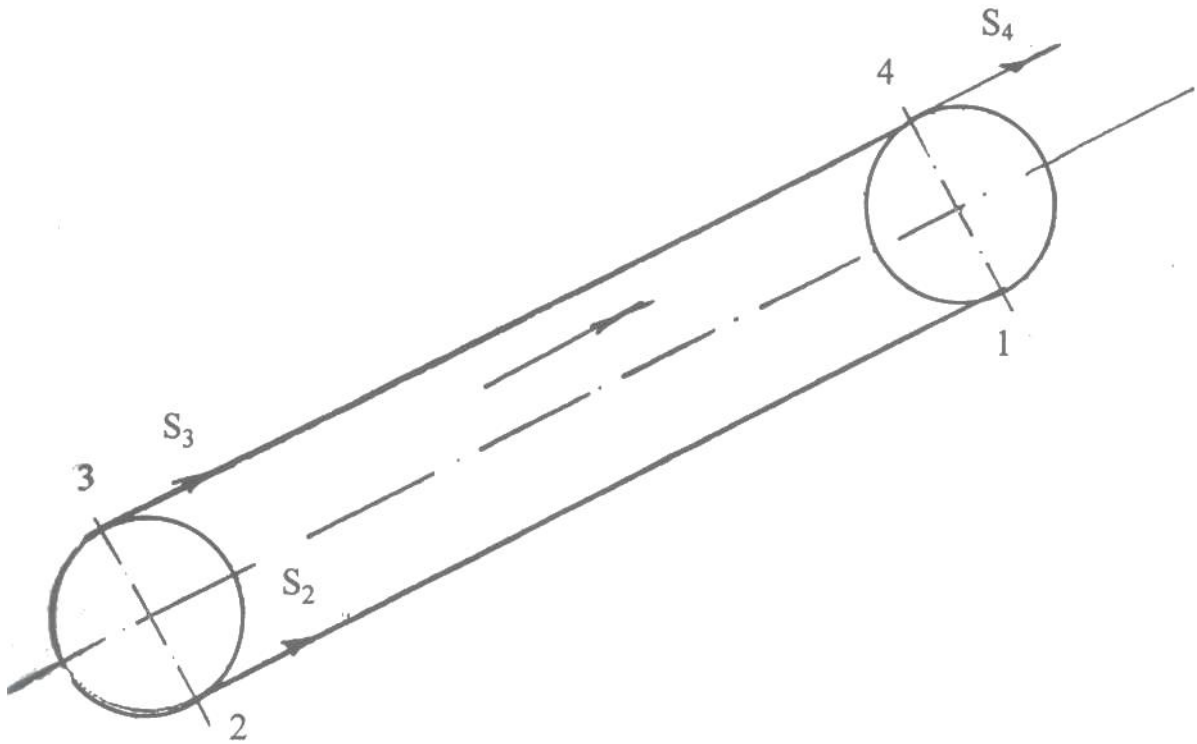


Рисунок 4.6 - Розрахункова схема скребкового транспортера

Для точки 2:

$$S_2 = \frac{S_3}{k}, \quad (4.14)$$

де $k = 1,06$ – коефіцієнт, який враховує тертя в опорах осі і шарнірах ланцюга,
тоді:

$$S_2 = \frac{1600}{1,06} = 1481 \text{ Н.}$$

Для точки 1:

$$\begin{aligned} S_1 &= S_2 - W_{1-2} = S_2 - (g_0 \cdot b_1 \cdot C' - g_0 \cdot H) = 1481 - (110 \cdot 65 \cdot 0,12 - 110 \cdot 4,94) = \\ &= 1914 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Підбираємо ланцюги по міцності. Визначаємо розрахункове навантаження на ланцюг за формулою:

$$S_{\text{НАТ}} = S_{\text{max}} + 3 \cdot \frac{(k_2 \cdot g_P + k_1 \cdot g_0) \cdot 1}{g_0} \cdot 2\pi^2 + \frac{V^2}{z_{\text{зв}} \cdot t_{\text{зв}}} \quad (5.15)$$

де $S_{\text{max}} = S_4 = 3384 \text{ Н}$; $k_2 = 0,4$; $k_1 = 1,5$.

Для вибору $z_{\text{зв}}$ і $t_{\text{зв}}$ визначаємо приблизно величину руйнівного навантаження:

$$S_p = S_{\text{нр}} \cdot n = \frac{S_{\text{MAX}}}{2} \cdot n, \quad (4.16)$$

де $n = 6 - 10$, тоді:

$$S_p = \frac{3384}{2} \cdot 10 = 16920 \text{ Н.}$$

Таким чином, можемо приблизно орієнтуватися на ланцюг М-20 [14, таблиця II], для якої $d_3 = 12,5 \text{ мм}$.

Геометрична характеристика зачеплення ланцюга:

$$h = \frac{t}{d_3} = \frac{40}{12,5} = 3,2.$$

При $h > 2,2$ проектуємо одноходову зірочку [14, таблиця III]. Вибираємо одноходову зірочку $m = f$; $z_3 = 9$. Для такої зірочки дільний діаметр $d_t = 2,92 \text{ зв.}$ [14]. Дільний діаметр в міліметрах:

$$d_d = d_t \cdot t = 2,92 \cdot 98,4 = 116,95 \text{ мм.}$$

Шаг зубів зірочки:

$$t_3 = d_d \cdot \sin \frac{f_{\text{ВТ}}}{z_3} = 116,95 \cdot \sin \frac{160^\circ}{9} = 40 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{НАТ}} = 3384 + 3 \cdot \frac{(0,4 \cdot 146 + 1,5 \cdot 110) \cdot 8,5}{9,81} \cdot 2\pi^2 + \frac{20,57^2}{9^2 + 0,04} = 4293 \text{ Н.}$$

Розрахункове навантаження на ланцюг:

$$S_{\text{роз}} = 1,15 \cdot \frac{S_{\text{НАТ}}}{2} = 1,15 \cdot \frac{4,293}{2} = 2,4 \text{ кН.}$$

Руйнуюче навантаження ланцюга:

$$S_p = S_{\text{роз}} \cdot n = 2,4 \cdot 8 = 19,2 \text{ кН.}$$

Вибираємо остаточно тягові пластинчасті роликові ланцюги по ДСТУ 588-61 – М20-240-1.

Вибираємо двигун для транспортера. Для цього визначаємо тягове зусилля:

$$W_0 = S_{\text{max}} - S_{\text{об}} + W_{\text{пр.з}} = 3384 - 1912 + 0,03 (3364 + 19) = 1647 \text{ Н.}$$

Розраховуємо потужність:

$$N = \frac{W_0 \cdot V}{1000 \cdot h_0} = \frac{1647 \cdot 0,57}{1000 \cdot 0,6} = 1,17 \text{ кВт}; \quad (4.17)$$

Визначаємо частоту обертання зірочок:

$$n_3 = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot d_D} = \frac{60 \cdot 0,57}{3,14 \cdot 0,116} = 94 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо передаточне число приводу:

$$U = \frac{n_4}{n_3} = \frac{140}{94} = 1,45.$$

По [14] приймаємо стандартний мотор-редуктор МЦ-63 ДСТУ 19523-94, для якого застосовуємо електродвигун типу 4А 100LBP3: $n_1 = 224 \text{ хв}^{-1}$; передаточне число редуктора $U = 3,125$. Схема приводної станції конвеєра показана на рис. 4.7.

Визначаємо передаточне число ланцюгової передачі:

$$U_1 = \frac{n_p}{n_3} = \frac{224}{94} = 2,38.$$

Визначаємо шаг однорядного ланцюга за формулою:

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot k_1}{z_1 \cdot [p]}}. \quad (4.18)$$

Кількість зубів ведучої зірочки z_1 визначаємо в залежності від передаточного числа передачі:

$$z_1 = 31 - 2 \cdot U_1 = 31 - 2 \cdot 2,38 = 26,1$$

Приймаємо із стандартного ряду найближче значення $z_1 = 25$.

Число зубів веденої зірочки:

$$z_2 = U_1 \cdot z_1 = 2,38 \cdot 25 = 59,5.$$

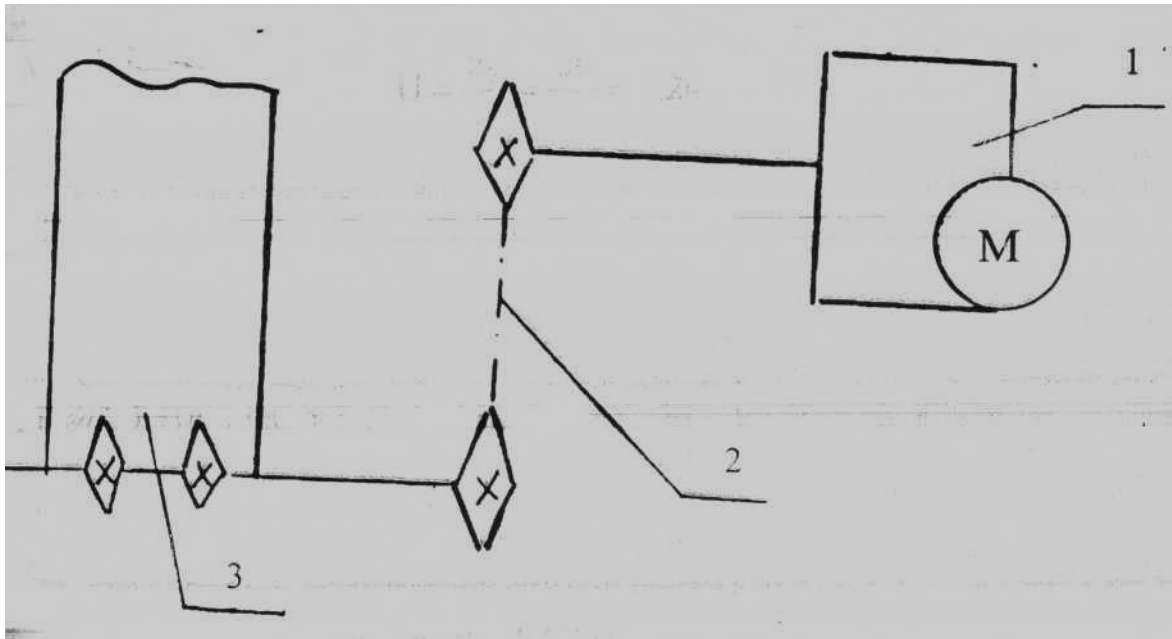


Рисунок 4.7 - Схема привоу: 1 – мотор-редуктор; 2 – ланцюгова передача; 3 – привідний вал з опорами

Приймаємо $z_2 = 56$ і уточнюємо передаточне число передачі:

$$U = \frac{z_2}{z_1} = \frac{56}{25} = 2,24.$$

$$K_{ел} = k \cdot k_a \cdot k_c \cdot k_4 \cdot k_{рег} \cdot k_p; \quad (4.19)$$

$k = 1$ – при спокійному навантаженні;

$k_a = 1$ – при $\alpha < 60^\circ$;

$k_{рег} = 1,25$ – при роботі в одну зміну;

$[P] = 29$ МПа при $t = 17,1$ [14].

Крутний момент на валу

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{1,5 \cdot 0,9}{224} = 57,5 \text{ Н.}$$

$\eta = 0,9$ – ККД мотор-редуктора.

$$t = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{57,5 \cdot 1,875 \cdot 10}{25 \cdot 29 \cdot 10^6}} = 14,56 \text{ мм.}$$

По [14] приймаємо найближче стандартне значення шагу ланцюга - $t = 15,175$ мм.

По [14] визначаємо $[P] = 27$ МПа і, перемноживши на коефіцієнт

$$k_z = 110 \cdot 0,1 (z_1 - 17) = 110 \cdot 0,1 (25 - 17) = 1,08,$$

отримаємо допустимий середній тиск для передачі, яка проектується

$$[P] = 29,1 \text{ МПа},$$

що мало відрізняється від раніше прийнятого значення.

Визначаємо швидкість ланцюга:

$$V = \frac{z \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{25 \cdot 15,175 \cdot 224}{60 \cdot 1000} = 1,48 \text{ м/с}.$$

Визначаємо окружну силу F_t , яка діє на зірочки:

$$F_t = \frac{P}{V} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{1,48} = 1013 \text{ Н}. \quad (4.20)$$

Перевіряємо ланцюг на зносостійкість:

$$P = \frac{F_t \cdot K_{\text{ел}}}{S_{\text{опт}}} = \frac{1013 \cdot 1,81}{67} = 28 \text{ МПа},$$

що менше допустимого $[P] = 29,1$ МПа.

$S_{\text{опт}} = 67 \text{ мм}^2$ – проекція опорної поверхні шарніра ланцюга.

Для ведучої зірочки: - ділительний діаметр:

$$d_d = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}} = \frac{15,175}{\sin \frac{180^\circ}{25}} = 127,32 \text{ мм};$$

Для веденої зірочки:

- ділительний діаметр:

$$d_d = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} = \frac{15,175}{\sin \frac{180^\circ}{50}} = 290,5 \text{ мм};$$

- діаметр кола впадин:

$$D_{1,2} = 283,5 - 2 \cdot 5,13 = 273,2 \text{ мм}.$$

Визначаємо міжосьову відстань:

$$Q_{\text{min}} = 0,6(D_{11} + D_{12}), \quad (4.21)$$

$$Q_{\min} = 0,6 (117,1 + 273,2) = 254,3 \text{ мм};$$

$$Q_{\max} = 80t = 80 \cdot 15,175 = 1270 \text{ мм.}$$

Виходячи з конструкції конвеєра, приймаємо початково $Q = 600 \text{ мм}$.

Визначаємо довжину ланцюга (кількість ланок):

$$L_t = \frac{2Q}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{Q}, \quad (4.22)$$

$$L_t = \frac{2 \cdot 600}{15,175} + \frac{25 + 56}{2} + \left(\frac{56 - 25}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \cdot \frac{15,175}{600} = 116,7$$

Приймаємо $L_t = 116$.

Уточнюємо розрахункову міжосьову відстань:

$$Q_p = \frac{t}{4} \cdot \left[L_t - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(L_t \cdot t - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{z_1 - z_2}{2\pi} \right)^2} \right], \quad (5.23)$$

$$Q_p = \frac{15,175}{4} \cdot \left[116 \cdot 15,175 - \frac{56 + 25}{2} + \sqrt{\left(116 - \frac{56 + 25}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{56 - 25}{2 \cdot 3,14} \right)^2} \right] =$$

$$= 594,1 \text{ мм.}$$

Монтажна між осьова відстань:

$$Q_M = (0,99 \dots 0,998) Q_p = 593 \text{ мм.}$$

4.5 Розрахунок очисника качанів кукурудзи

Кінематична схема очисника качанів кукурудзи показана на рис. 4.8.

Вихідні дані для розрахунків:

- $F_{\text{кач}} = 4 \text{ Н};$
- $N_B = 218 \text{ хв}^{-1};$
- $D_B = 70 \text{ мм.}$

Визначаємо окружну швидкість обертання вальців:

$$V = \frac{\pi \cdot D_B \cdot n_B}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,07 \cdot 218}{60} = 7,9 \text{ м/с.}$$

Визначаємо потужність, яка затрачується на вальцях очисника (на одному):

$$P_1 = F \cdot V = 4 \cdot 7,9 = 31,9 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потужність з врахуванням ККД передач:

$$\eta_{\text{ц}} = 0,93; \quad \eta_{\text{к}} = 0,92; \quad \eta_{\text{п}} = 0,995.$$

$$P_0 = \frac{P_1}{\eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{рп}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{п}}} = \frac{2,1}{0,92 \cdot 0,97 \cdot 0,95 \cdot 0,985 \cdot 0,995} = 2,58 \text{ кВт.}$$

Частота обертання:

$$n_{\text{ел}} = n_{\text{вих}} \cdot U_{\text{ц}} \cdot U_{\text{р}} \cdot U_{\text{к}} = 218 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 2,2 = 2877,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Вибираємо електродвигун 90L2\2 880 з $P_{\text{ел}} = 3 \text{ кВт}$, $n_{\text{ел}} = 2880 \text{ хв}^{-1}$.

Пасова передача:

$$U_{\text{зА}} = \frac{2880}{480} = 6; \quad U_{\text{ред}} = 4;$$

$$n_{\text{пас}} = \frac{U_{\text{зА}}}{U_{\text{ред}}} = \frac{6}{4} = 1,5; \quad n_{\text{пас}} = n_{\text{ел}} = 2880 \text{ хв}^{-1};$$

$$\omega_{\text{пас}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{пас}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 2880}{30} = 301,4 \text{ с}^{-1};$$

$$n_{\text{гр}} = \frac{n_{\text{пас}}}{1,5} = \frac{2880}{1,5} = 1920 \text{ хв}^{-1};$$

$$\omega_{\text{гр}} = \omega_1 = \frac{\omega_{\text{пас}}}{1,5} = \frac{301,4}{1,5} = 201 \text{ с}^{-1}.$$

Діаметр ведучого шківа – $d_1 = 100 \text{ мм}$. Визначаємо діаметр веденого шківа:

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot \omega_1}{\omega_{\text{гр}}} = \frac{100 \cdot 301,4}{201} = 150 \text{ мм.}$$

Визначаємо кутову швидкість веденого вала, приймаючи відносне ковзання $\varepsilon = 0,015$:

$$\omega_2 = \frac{d_1 \cdot \omega_1}{d_2} \cdot (1 - \varepsilon) = \frac{100 \cdot 301,4}{150} \cdot (1 - 0,015) = 198 \text{ с}^{-1}.$$

Передаточне відношення з врахуванням проковзування пасів:

$$i_{\text{пас}} = \frac{\omega_{\text{пас}}}{\omega_2} = \frac{301,4}{198} = 1,5.$$

Визначаємо швидкість паса:

$$V = \frac{d_1 \cdot \omega_1}{2 \cdot 1000} = \frac{100 \cdot 301,4}{2000} = 15,1 \text{ м/с.}$$

Визначаємо значення між осьової відстані:

$$Q_{\text{min}} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + h = 0,55 \cdot (100 + 150) + 5,06 = 142,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо довжину паса:

$$L = 2Q_{\text{min}} + \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot \pi + \frac{(d_1 + d_2)^2}{4Q_{\text{min}}} = 2 \cdot 142,5 + \frac{150 + 100}{2} \cdot 3,14 + \frac{(150 - 100)^2}{4 \cdot 142,5} = 677,7 \text{ мм.}$$

$$P_o = 112 \text{ кВт}; \quad [P] = P_o \cdot C_\alpha \cdot C_p = 11,2 \cdot 0,91 \cdot 0,9 = 9,2.$$

Визначаємо необхідну кількість ребер паса:

$$z = \frac{10 \cdot P}{[P]} = \frac{10 \cdot 3,65}{9,2} = 4.$$

Ширина шківів:

$$B_1 = B_2 = t \cdot (z - 1) + 2t_1 = 4,8 \cdot (4 - 1) + 2 \cdot 5,5 = 25,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо $B = 26 \text{ мм}$.

Вибираємо редуктор типу РЦТ-150А. Передаточне число $n = 4,5$. Потужність редуктора на швидкохідному валу $N = 3,8 \text{ кВт}$. Розрахунковий ККД $\eta = 0,97$.

Ланцюгова передача:

$$n_1 = 480 \text{ хв}^{-1}; \quad n_2 = \frac{n_1}{n_{\text{лан}}} = \frac{480}{2} = 240 \text{ хв}^{-1}.$$

Розрахункове значення шага t однорядного ланцюга визначаємо за формулою:

$$t \leq \frac{4760}{\sqrt[3]{n_2^2 \cdot z_1}}, \quad (4.23)$$

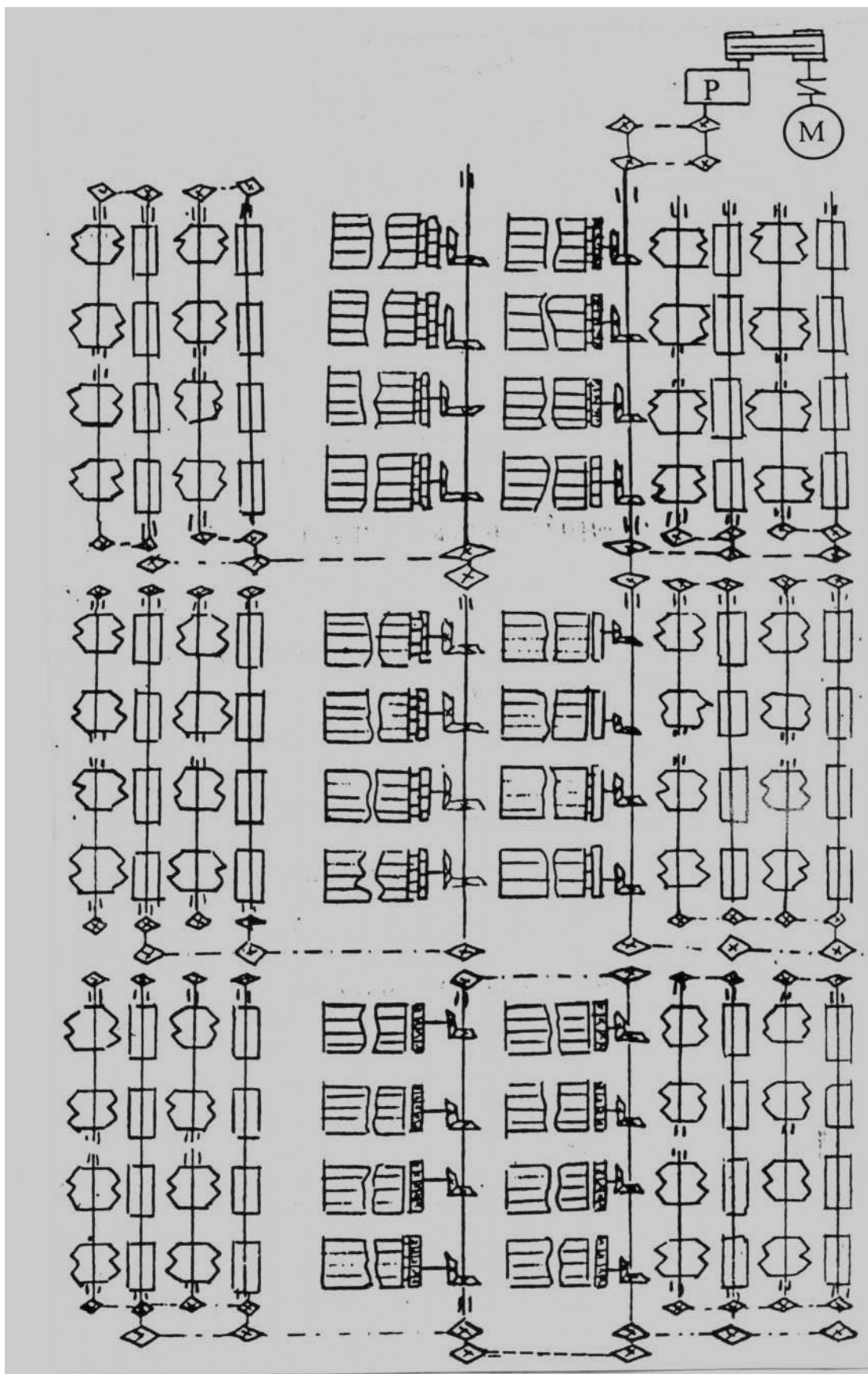


Рисунок 4.8 - Кінематична схема очисника качанів

де $z_1 = 18$. Тоді:

$$t \leq \frac{4760}{\sqrt[3]{480^2 \cdot 18}} = 29,6 \text{ мм.}$$

$$z_2 = z_1 \cdot n = 18 \cdot 2 = 36; \quad t = 25,4 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт експлуатації:

$$K_{ек} = K \cdot K_a \cdot K_c \cdot K_{ел} \cdot K_p \cdot K_{рег}. \quad (4.24)$$

$$K = 1,2; \quad K_a = 1; \quad K_c = 1,5; \quad K_{ел} = 1; \quad K_p = 1; \quad K_{рег} = 1,15,$$

$$K_{ек} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 2,07.$$

Визначаємо швидкість ланцюга:

$$V = \frac{z \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 1000}, \quad (4.25)$$

$$V = \frac{18 \cdot 25,4 \cdot 480}{60000} = 3,6 \text{ м/с.}$$

При відкритих ланцюгах обмежуємо швидкість ланцюга $V \leq 7$ м/с. Ця умова задовольняє значення, яке отримано за розрахунками.

Визначаємо попереднє значення міжосьової відстані:

$$Q_o = (30 - 50) t; \quad (4.26)$$

$$Q_o = (30 - 50) \cdot 25,4 = 762 - 1270 \text{ мм.}$$

Визначаємо окружну силу F на зірочці, яка дорівнює тяговій силі на ведучій вітці:

$$F = \frac{P}{V} = \frac{3}{3,6} = 0,83 \text{ кН.}$$

Визначаємо приблизне навантаження на валу опори:

$$Q = 1,15 \cdot F = 1,15 \cdot 0,83 = 0,96 \text{ кН.}$$

Для ведучої зірочки дільний діаметр:

$$d_d = t \cdot \sin \frac{180^\circ}{z} = 25,4 \cdot \sin \frac{180^\circ}{18} = 146,3 \text{ мм.}$$

Діаметр кола виступів:

$$D_e = t \cdot \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} \right) = 25,4 \cdot \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{18} \right) = 156,7 \text{ мм.}$$

Діаметр кола впадин:

$$D_i = d_3 - d_m = 146,3 - 16 = 130,3 \text{ мм.}$$

Радіус впадин:

$$r = 0,5025 \cdot d_1 + 0,05 = 0,5025 \cdot 15,88 + 0,05 = 8 \text{ мм.}$$

Діаметр ободу найбільший:

$$D_e = 25,4 \cdot \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{36} - 1,3 \cdot 14,6 = 271,3 \text{ мм.}$$

Ширина зуба зірочки:

$$b = 0,93 \cdot 15,88 - 0,15 = 14,6 \text{ мм.}$$

Розрахунок кінцевих зубчастих коліс:

$$n_1 = 240 \text{ хв}^{-1}; \quad n_2 = 218 \text{ хв}^{-1}; \quad U = \frac{n_1}{n_2} = 1,1; \quad \omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 2,18}{30} = 22,8 \text{ с}^{-1}$$

$$H_2 = \frac{N}{\omega_2} = \frac{3000}{22,8} = 132 \text{ Н/м.}$$

Визначаємо значення зовнішнього ділильного діаметра коліс:

$$d_{c_2} = 1800 \cdot \sqrt[3]{\frac{k_{\text{HB}} \cdot H_2 \cdot U}{[\sigma_H]^2 \cdot \gamma}}, \quad (4.27)$$

$k_{\text{HB}} = 1$; $\gamma = 1$, тоді:

$$d_{c_2} = 1800 \cdot \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 132 \cdot 1,1}{[273]^2 \cdot 1}} = 90 \text{ мм.}$$

Кількість зубів колеса:

$$z_2 = C \cdot \sqrt[5]{U^2} \cdot \sqrt[6]{d_{c_2}} = 14 \cdot \sqrt[5]{1,1^2} \cdot \sqrt[6]{90} = 31,4.$$

Приймаємо $z_2 = 31$.

Число зубів шестерні:

$$z_1 = \frac{z_2}{U} = \frac{31}{1,1} = 28,2.$$

Приймаємо $z_1 = 28$.

Кінцеве передаточне число:

$$U = \frac{z_2}{z_1} = \frac{31}{28} = 1,1.$$

4.6 Розрахунок стрічкового конвеєра для транспортування очищених качанів

Схема конвеєра представлена на рис. 4.9. Вихідні дані для розрахунків:

- продуктивність – 20 т/год.;
- матеріал для транспортування – кукурудза в качанах;
- довжина горизонтальної частини – 10 м.

Згідно [12] знаходимо кут природного укосу матеріалу в русі - $\varphi_p = 25^\circ$, коефіцієнт тертя по гумі в стані спокою – $f_0 = 0,57$, в стані відносного руху вантажу:

$$f = (0,7 - 0,9) \cdot f_0 = 0,8 \cdot 0,57 = 0,46.$$

Згідно [12]: $f = \operatorname{tg} \rho$; $\operatorname{tg} \rho = 0,46 \Rightarrow \rho = 25^\circ$ (кут тертя вантажу по стрічці під час руху).

Визначаємо ширину стрічки. Приймаємо з [12] $V = 1,5$ м/с. Маючи для навантаженої вітки плоский дерев'яний настил, по [12] знаходимо – k_n – коефіцієнт площі поперечного перетину: $k_n = 325$; γ - об'ємна маса (щільність) вантажу і для нашого випадку приймаємо $\gamma = 0,75$ т/м³.

Вибираємо конвеєрну стрічку загального призначення згідно ДСТУ 22644-97 шириною $B = 500$ мм з трьома прокладками і гумовою обкладинкою на робочому боці стрічки.

Уточняємо значення швидкості стрічки:

$$V = \frac{\Pi}{k_n \cdot (0,9 \cdot b - 0,05)^2 \cdot \gamma} = \frac{20}{325(0,9 \cdot 0,5 - 0,05)^2 \cdot 0,75} = 0,5 \text{ м/с}$$

Вибираємо по [12] для холостої вітки одно роликові опори. Масу частин роликів опор, що обертаються, вибираємо по [12, табл. 13] для прямої роликів опори – $b_{po} = 75$ Н.

Відстань між опорами холостої вітки $l_2 = 3,0$ м, для випуклих ділянок холостої вітки відстань між роликівими опорами приймаємо 1,5 м.

Визначаємо погонну вагу вантажу:

$$g_b = \frac{\Pi}{0,36 \cdot V} = \frac{20}{0,36 \cdot 0,51} = 108,93 \text{ Н/м.}$$

Визначаємо погонну вагу частин роликівих опор, що обертаються, на холостій вітці по [12]

$$g_{px} = \frac{G_{px}}{l_x} = \frac{75}{3} = 25 \text{ Н/м.}$$

Сумарні коефіцієнти опору руху стрічки по роликівих опорах для холостої вітки $\omega = 0,03$, коефіцієнти опору руху стрічки при огинанні барабана згідно

[12] $\omega_5 = 1,05$. Приблизно коефіцієнт опору руху стрічки $\omega_{5p} = 1,03$.

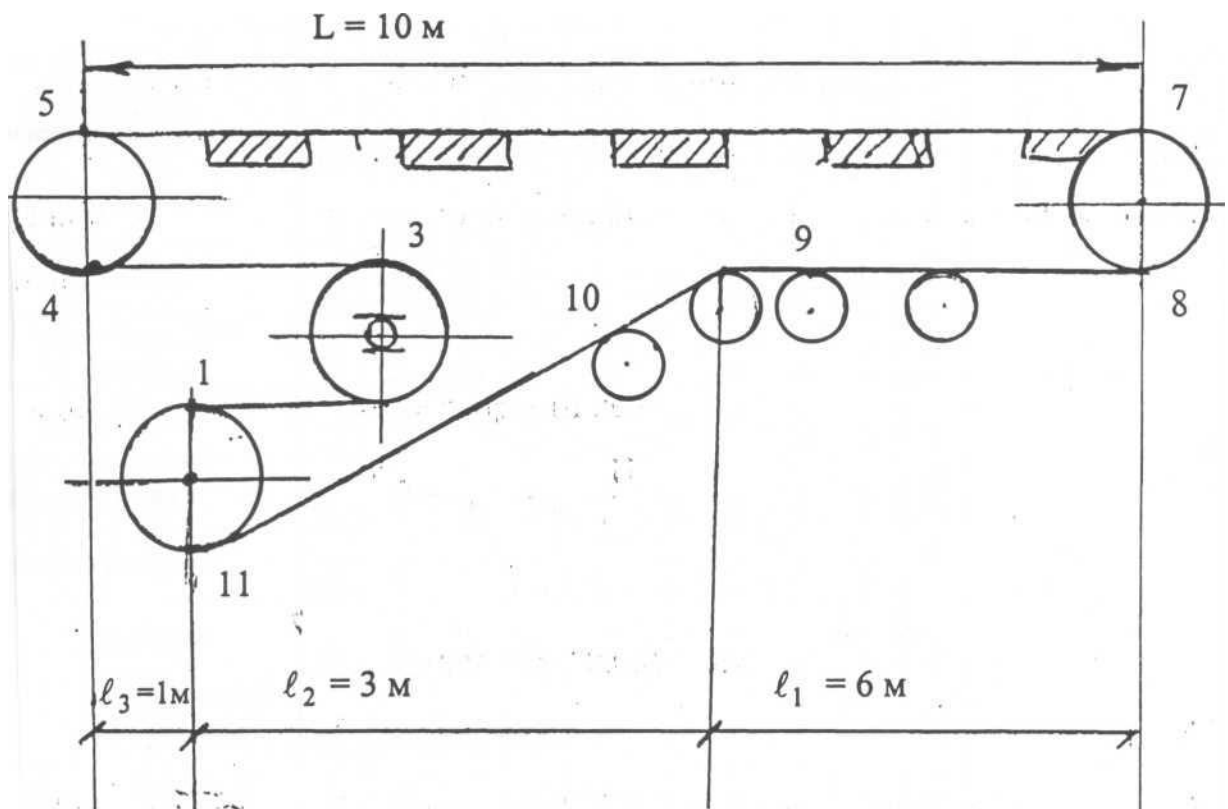


Рисунок 4.9 - Схема стрічкового конвеєра

Виконуємо тяговий розрахунок конвеєра. Визначаємо натяг стрічки в окремих точках методом обходу по контуру. Починаємо обхід з точки 1. Натяг в цій точці позначимо S_1 і натяг в усіх наступних точках виразимо через S_1 .

Натяг на натяжному барабані:

$$S_2 = S_1; \quad S_3 = S_2 \cdot \omega_5; \quad S_3 = 1,05 \cdot S_1.$$

Натяг на кінцевому барабані:

$$S_4 = S_3 = 1,05 S_1; \quad S_5 = S_4 \cdot \omega_6 = 1,05 S_1 \cdot 1,05 = 1,1 S_1.$$

Натяг, з врахуванням опорів, в пункті завантаження:

$$S_6 = S_5 + W_{\text{зав}}; \quad S_6 = 1,1 S_1 + \frac{\varphi \cdot \Pi \cdot V}{0,36 \cdot g} = 1,1S_1 + \frac{1,5 \cdot 20 \cdot 0,51}{0,36 \cdot 9,81} = 1,1S_1 + 4,3.$$

Натяг стрічки в кінці робочої вітки, з врахуванням тертя стрічки по дерев'яному настилу:

$$S_7 = S_6 + W_{6-7}; \quad S_7 = 1,1S_1 + 4,3 + (g_{\text{п}} + g_{\text{в}}) \cdot L \cdot k_{\text{н}}.$$

L – довжина конвєсра;

$k_{\text{н}} = 0,4 \dots 0,7$, згідно [12], $k_{\text{н}} = 0,5$ – коефіцієнт, який враховує тертя стрічки по дерев'яному настилу, тоді:

$$S_7 = 1,1S_1 + 4,3 + (108,9 + 150) \cdot 10 \cdot 0,5 = 1,1S_1 + 1298,8.$$

Натяг в точці 8:

$$S_8 = S_7 \cdot \omega_5 = (1,1S_1 + 1298,8) \cdot 1,05 = 1,1S_1 + 1363,7.$$

Натяг в точці 9 холостої вітки:

$$\begin{aligned} S_9 = S_8 + W_{8-9} = S_8 + (g_{\text{п}} + g_{\text{гр}}) \cdot \omega_{\text{х}} \cdot l_1 &= 1,15S_1 + 1363,7 + (150 + 25) \cdot 0,03 \cdot 6 = \\ &= 1,15S_1 + 1395,2; \end{aligned}$$

Натяг в точці 10 з врахуванням батареї роликів:

$$S_{10} = S_9 \cdot \omega_{\text{бр}} = (1,15S_1 + 1395,2) \cdot 1,03 = 1,18S_1 + 1437,05.$$

Натяг в точці 11:

$$S_{11} = S_{10} + W_{10-11} = S_{10} + (g_{\text{п}} + g_{\text{пл}}) \cdot \omega_{\text{х}} \cdot l_2 = 1,18S_1 + 1452,8.$$

Натяг в точці S_1 і S_{11} зв'язані також залежністю Ейлера:

$$S_{11} = e^{x_a} \cdot S_1; \quad e^{x_a} = 2,85 \Rightarrow S_{11} = 2,85 \cdot S_1.$$

Запишемо систему рівнянь:

$$S_{11} = 1,18 S_1 + 1452,8;$$

$$S_{11} = 2,85 \cdot S_1;$$

$$2,85S_1 - 1,18 S_1 = 1452,8; \quad 1,67 S_1 = 1452,8; \quad S_1 = 869,9 \text{ Н}; \quad S_{11} = 2479,3 \text{ Н}.$$

Визначаємо числові значення натягу стрічки в інших точках конвеєра:

$$S_2 = S_1 = 869,9 \text{ Н}; \quad S_3 = S_4 = 1,05S_1 = 913,4 \text{ Н}; \quad S_5 = 1,1S_1 = 959,07 \text{ Н};$$

$$S_6 = 1,1S_1 + 4,3 = 963,4 \text{ Н}; \quad S_7 = 1,1S_1 + 1298,8 = 2255,7 \text{ Н};$$

$$S_8 = 1,15S_1 + 1368,7 = 2364,1 \text{ Н}; \quad S_9 = 1,15S_1 + 1395,2 = 2395,6 \text{ Н};$$

$$S_{10} = 1,18S_1 + 1437,05 = 2463,6 \text{ Н}.$$

Визначаємо потужність електродвигуна згідно [12]:

$$N_{\text{дв}} = \frac{F_1 \cdot V}{\eta}. \quad (4.28)$$

$F_1 = S_{11} - S_1$, [12] – окружна сила (кН);

$V = 0,51 \text{ м/с}$ – швидкість стрічки;

$\eta = 0,8 - 0,95$ – ККД приводу конвеєра.

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,51 \cdot 1,6}{0,85} = 1,026 \text{ кВт}.$$

Вибираємо серійний асинхронний двигун серії 4А, згідно [14], марки 4А80В843 з номінальною потужністю на виході $N_e = 1,1 \text{ кВт}$ і частотою обертання $n_e = 930 \text{ хв}^{-1}$, ККД - $\eta = 73 \%$, вагою двигуна $G_d = 20,4 \text{ кг}$, діаметром вихідного вала двигуна $d_b = 22 \text{ мм}$.

Вибираємо число прокладок стрічки за формулою (4.7):

$$i = \frac{2479,3 \cdot 10}{55 \cdot 100} = 0,9.$$

Приймаємо число прокладок $i = 3$ згідно ДСТУ 20-77.

Визначаємо діаметр привідного барабана:

$$D_{\text{пб}} = a \cdot i = (0,125 - 0,15) \cdot 3 = 0,375 - 0,45 \text{ м},$$

де $a = 0,125 - 0,15$ – коефіцієнт; $i = 3$ – число прокладок стрічки.

Згідно ДСТУ 44644-97 приймаємо діаметр привідного барабана рівним $D_{\text{пб}} = 400 \text{ мм}$.

Довжина барабана приймається на 100 мм більша ширини стрічки. Згідно рекомендацій:

$$l_6 = B + 100 = 500 + 100 = 600 \text{ мм}.$$

Діаметр кінцевого і натяжного барабанів:

$$D_{\text{нб}} = D_{\text{пб}} \cdot 0,8 = 400 \cdot 0,8 = 320 \text{ мм.}$$

По ДСТУ 44644-97 приймаємо $D_{\text{нб}} = 315$ мм. Довжину всіх барабанів приймаємо рівною 600 мм.

Визначаємо зусилля і хід натяжного пристрою. Згідно [12]:

$$P_{\text{м}} = S_{\text{пт}}^{\text{н}} + S_{\text{об}}^{\text{н}} = S_2 + S_3 = 869,9 + 913,4 = 1783,3 \text{ Н.}$$

Хід натяжного пристрою:

$$H = \frac{10 \cdot 1\%}{100\%} = 0,1 \text{ м.}$$

Проводимо кінематичний розрахунок приводу (рис. 4.10). Визначаємо частоту обертання барабана згідно [12]:

$$n_{\text{пб}} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{пб}}} = \frac{60 \cdot 0,51}{3,14 \cdot 0,4} = 24,3 \text{ хв}^{-1}.$$

Загальне передаточне число приводу знаходимо згідно [14]:

$$U = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{пб}}} = \frac{930}{24,3} = 38,3.$$

Згідно [14] вибираємо редуктор типу РУД-250: $N_p = 1,5$ кВт; передаточне число $U = 40$; частота обертання швидкохідного вала $n_1 = 1000 \text{ хв}^{-1}$ – РУД 750 – 40 – 14.

Проводимо розрахунок привідного вала конвеєра і підбір підшипників. Розрахункова схема приведена на рис. 5.11. Відстань між опорами А і В ($AB = 0,85$ м) прийнято згідно [15]. Відстань між центрами ступиць барабана (0,45 м) вибрано конструктивно.

Реакції в опорах:

$$R_{\text{в}} = R_{\text{а}} = \frac{F_{\text{т}}}{2} = \frac{1609,4}{2} = 804,7 \text{ Н.}$$

Згинаючий момент в небезпечному перетині:

$$M_3 = R_{\text{а}} \cdot 0,2 = 804,7 \cdot 0,2 = 161 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на валу:

$$T_{\text{кр}} = 9550 \cdot \frac{N_{\text{д}} \cdot \eta}{n_{\text{пб}}}. \quad (4.29)$$

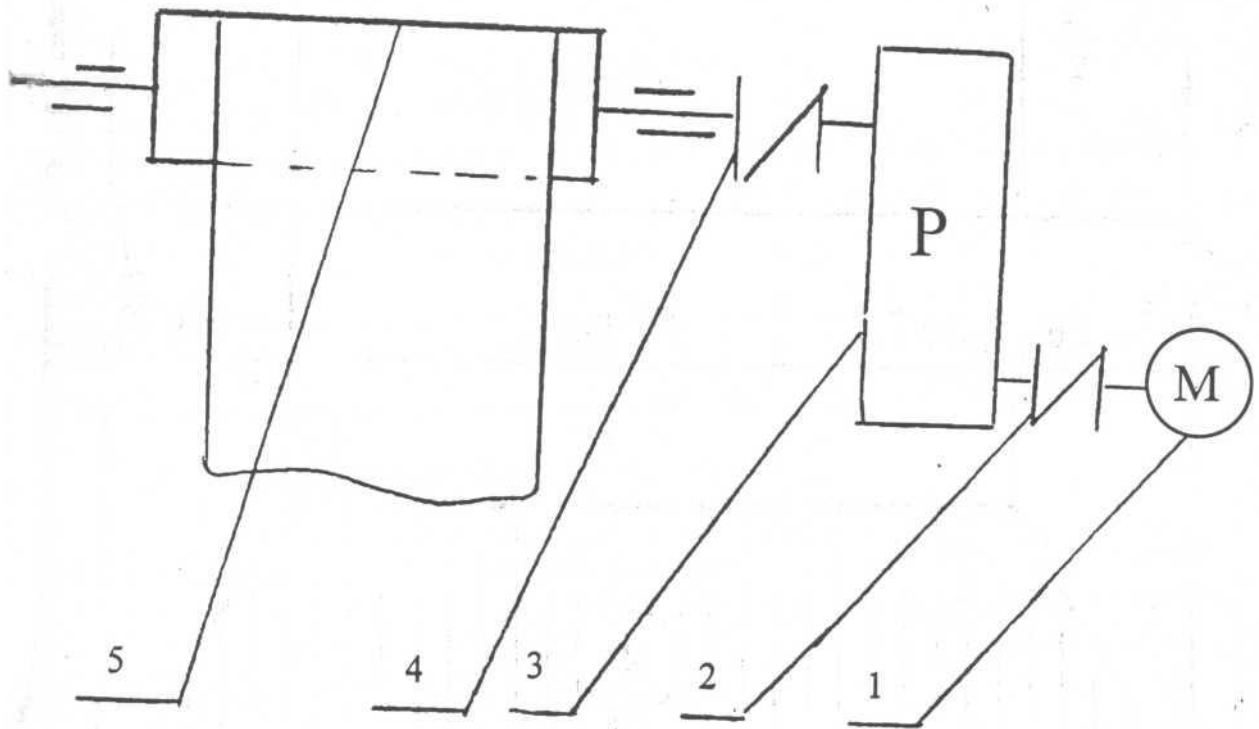


Рисунок 4.10 - Схема приводу стрічкового конвеєра: 1- електродвигун;
2, 4 – муфти; 3 – редуктор; 5 – привідний барабан з опорами

$$T_{кр} = 9550 \cdot \frac{1,1 \cdot 0,99}{24,3} = 42,8 \text{ Нм.}$$

Приведений момент згідно третьої теорії міцності:

$$T_{пр} = \sqrt{(M_3)^2 + (T_{кр})^2} = \sqrt{161^2 + 42,8^2} = 457,3 \text{ Нм.}$$

Приймаємо матеріал вала сталь 10 [12], у якої:

$$[\Gamma_n]_{ш} = 750 \text{ кгс/см}^2 = 75 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Діаметр вала в небезпечному перетині:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_{кр}}{0,1 \cdot 0,7 \cdot [\Gamma_n]_{ш}}} = \sqrt[3]{\frac{457,3}{0,1 \cdot 0,7 \cdot 75 \cdot 10^6}} = 0,0443 \text{ м.}$$

Коефіцієнт 0,7 враховує наявність шпоночної канавки. Приймаємо $d = 0,045 \text{ м} = 45 \text{ мм}$.

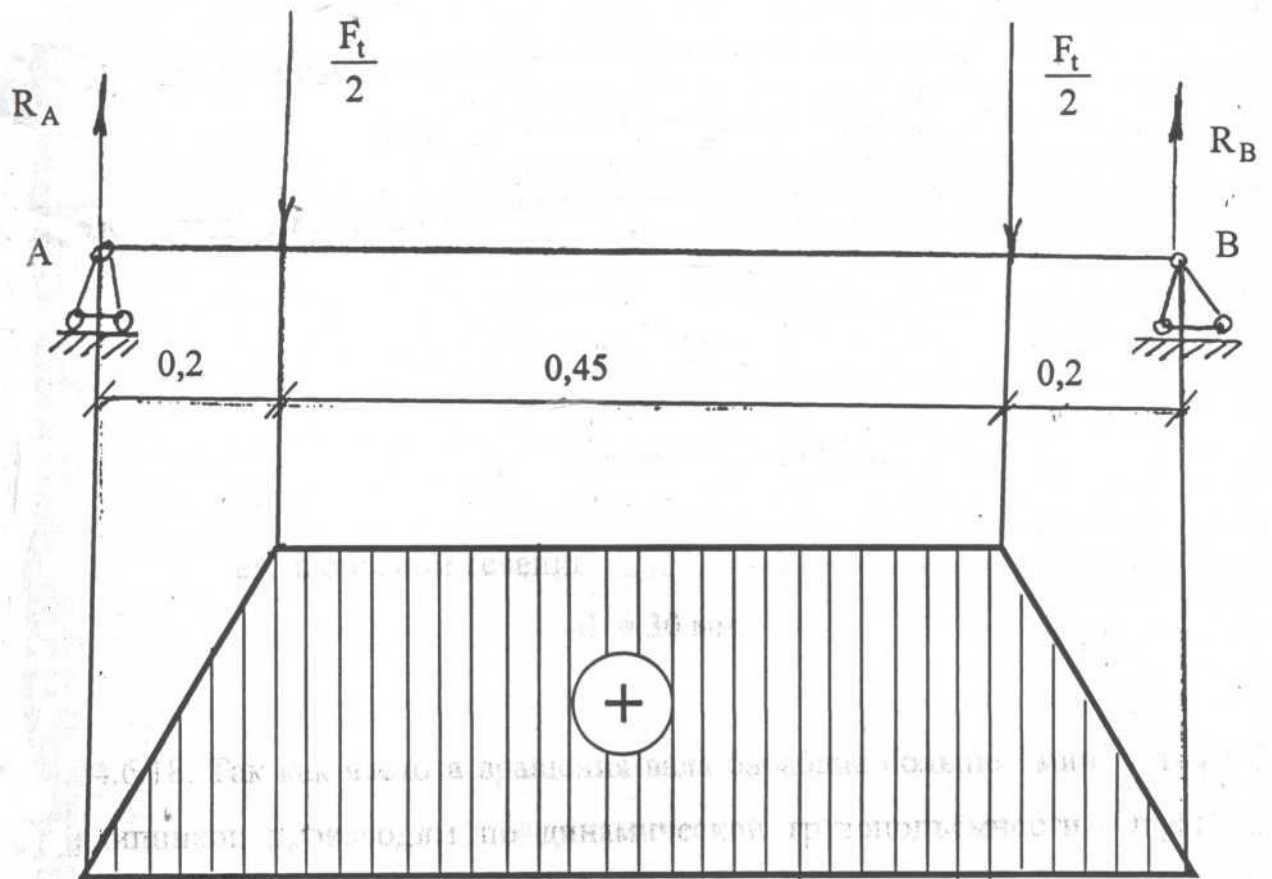


Рисунок 4.11 - Розрахункова схема вала і епюр згинаючих моментів

Так як частота обертання вала барабана більше 1 хв^{-1} , то вибір підшипників проводимо по динамічній вантажопідйомності. Довговічність підшипників в годинах приймаємо $L_k = 30000$ годин.

Визначаємо ресурс підшипників:

$$L = \frac{60 \cdot n_{\text{об}} \cdot L_k}{10^6} = \frac{60 \cdot 24,3 \cdot 30000}{10^6} = 43,74 \text{ хв}^{-1}.$$

Еквівалентне динамічне навантаження, діюче на підшипник [14]:

$$P = (XV F_r + V F_a) \cdot K_b \cdot K_T,$$

де $X = 1$ [14];

$V = 1$ – обертається кільце;

$F_r = R_A = 804,7 \text{ Н}$ – радіальне навантаження;

$F_a = 0$ – осьове навантаження;

$K_b = 1,0$; $K_T = 1,3$.

$$P = 1 \cdot 804,7 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1 = 104,61 \text{ кг.}$$

Динамічна вантажопідйомність підшипників, згідно [14]:

$$C = D \cdot \sqrt[3]{L} = 104,61 \cdot \sqrt[3]{43,74} = 368,58 \text{ кг.}$$

Вибираємо підшипники для діаметра посадочного місця $d = 40$: легкої серії 1708 з розмірами $d = 40$ мм; $D = 80$ мм; $B = 18$ мм. Їх динамічна вантажопідйомність $G_0 = 872$ кг. Так як $C < G_0$, то вибрані підшипники будуть мати імовірність безвідмовної роботи більше 90 %.

Проводимо розрахунок натяжної осі конвеєра і вибір підшипників. Розрахункова схема представлена на рис. 4.12.

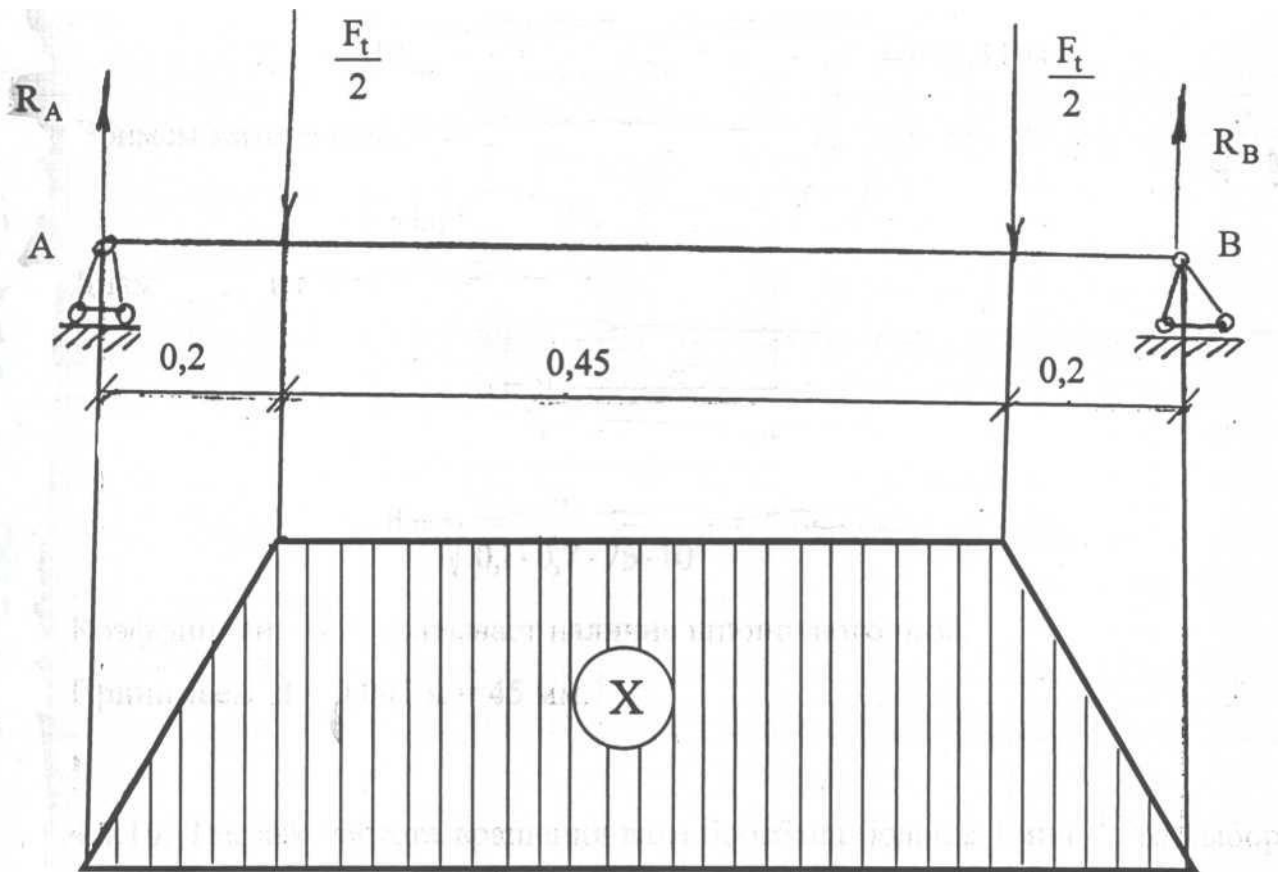


Рисунок 4.12 - Розрахункова схема і епюр згинаючого моменту

Відстань між опорами А і В (0,85 м) прийнято у відповідності з рекомендаціями [15]. Відстань між центрами маточин барабана (0,45 м) вибрано конструктивно.

Знайдемо частоту обертання натяжного барабана [12]:

$$n_{\text{НБ}} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{НБ}}} = \frac{60 \cdot 0,51}{3,14 \cdot 0,32} = 30,45 \text{ хв}^{-1}.$$

Реакція в опорах А і В:

$$R_{\text{В}} = R_{\text{А}} = \frac{F_t}{2};$$

$$R_{\text{В}} = R_{\text{А}} = \frac{1609,4}{2} = 804,7 \text{ Н.}$$

Згинаючий момент в небезпечному перетині:

$$M_{\text{зг}} = R_{\text{А}} \cdot 0,2 = 804,7 \cdot 0,2 = 160,9 = 161 \text{ Н.}$$

Приймаємо матеріал осі – сталь 10, згідно [14], у якої $[\Gamma_{\text{п}}]_{\text{ш}} = 750 \text{ кгс/см}^2 = 75 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$.

Визначаємо діаметр осі в небезпечному перетині:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{зг}}}{\text{Н} \cdot [\Gamma_{\text{п}}]_{\text{ш}}}} = \sqrt[3]{\frac{161}{0,1 \cdot 75 \cdot 10^6}} = 0,0217 \text{ м.}$$

Приймаємо в небезпечному перетині $d = 30 \text{ мм}$.

Так як частота обертання вала барабана більше 1 хв^{-1} , то вибір підшипників проводимо по динамічній вантажопідйомності. Визначаємо ресурс підшипників згідно [14]:

$$L = \frac{60 \cdot \Pi \cdot L_{\text{п}}}{10^6} = \frac{60 \cdot 30,45 \cdot 30000}{10^6} = 55 \text{ хв}^{-1}.$$

Еквівалентне навантаження, яке діє на підшипник, згідно [14]:

$$D = (XVF_t + VF_a) K_{\text{с}} K_{\text{т}},$$

де $X = 1$;

$V = 1$;

$F_t = R_{\text{А}} = 804,7 \text{ Н}$;

$F_a = 0$ – осьове навантаження;

$K_{\text{с}} = 1,0$;

$K_{\text{т}} = 1,3$.

$$D = X \cdot V \cdot F_t \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{т}};$$

$$D = 1 \cdot 804,7 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 = 104,61 \text{ кг.}$$

Динамічна вантажопідйомність підшипників, згідно [14, формула 16]:

$$C = D \cdot \sqrt[3]{L} = 104,61 \cdot \sqrt[3]{55} = 398 \text{ кг.}$$

Вибираємо згідно [14] підшипники серії 1205 з розмірами $d = 25$ мм; $D = 52$ мм; $B = 15$ мм. Їх динамічна вантажопідйомність $G_0 = 410$ кг.

Так як $C < G_0$, то вибрані підшипники будуть мати ймовірність безвідмовної роботи більше 90 %.

Вибираємо муфти для з'єднання і передачі крутного моменту від електродвигуна до швидкохідного вала редуктора і від тихохідного вала редуктора до вала привідного барабана конвеєра. Для з'єднання вала електродвигуна і швидкохідного вала редуктора вибираємо, згідно [14], пружну муфту з торовидною оболонкою. Ці муфти прості за конструкцією, випускаються двох поколінь, з цільним пружним елементом в вигляді валів: радіальне биття – 2...6 мм, кутове – 2...6°, осьове – 3...6 мм. Все це дозволяє застосовувати муфти в конструкціях, де важко забезпечити соосність валів, при перемінних навантаженнях, а також при значних короткочасних навантаженнях.

Визначаємо для вибору муфти крутний момент на валу:

$$T_{\text{бр}} = 9550 \cdot \frac{N_E}{P_E} = 9550 \cdot \frac{1,1}{930} = 11,3 \text{ Нм.}$$

Вибираємо муфту пружну з торовидною оболонкою 12,5-22-1,1-30 ДСТУ 10884-95.

Вибираємо муфту, яка з'єднує тихохідний вал редуктора і вал привідного барабана. Згідно [14], вибираємо муфту пружну втулично-пальцеву. Хоч ці муфти і отримали широке розповсюдження дякуючи відносній простоті конструкції і зручності заміни пружних елементів, але вони мають невелику компенсуючу здатність при з'єднанні несоосних валів.

Визначаємо крутний момент на валу:

$$T_{кр} = 9550 \cdot \frac{N_D \cdot \eta_M \cdot \eta_n}{n_T} = 9550 \cdot \frac{1,1 \cdot 0,99 \cdot 0,94}{24,3} = 403 \text{ Нм.}$$

Згідно [14], знаходимо, що для діаметра вала 45 мм існує муфта з зовнішнім діаметром $D = 190$ мм і допустимим розрахунковим моментом $[T] = 510$ Нм – МУВП -510-45-1,2 ДСТУ 21424-95. Її параметри: $n_{max} = 3000$ хв⁻¹; $D = 190$ мм – зовнішній діаметр муфти; $l = 82$ мм – довжина пальців муфти; $D_0 = 140$ мм – діаметр окружності пальців; $d_n = 18$ мм – діаметр пальців; $z = 8$ – кількість пальців; $d_B = 35$ мм – діаметр втулки; $l_B = 36$ мм – довжина втулки.

Перевірку пальців на згин проводимо згідно [15]:

$$G_M = \frac{10 \cdot M_P \cdot l_P}{D_0 \cdot z \cdot d_n^3} = \frac{10 \cdot 604500 \cdot 85}{140 \cdot 8 \cdot 18^3} = 78,6 \text{ Н/мм}^2,$$

що менше $[G_{BT}] = 1,8 - 2,6$ Н/мм², [15].

Допустиме радіальне відхилення 0,4 мм, перекіс – 1°.

Проводимо обґрунтування рами. В даному конвеєрі знаходиться дві рами – рама приводу і самого конвеєра.

Обидві рами виготовляються шляхом зварювання із сортового прокату. Для виготовлення рами приводу використовуємо швелери сталі гнуті рівнополицеві і сталі рівнополицеві кутники.

Дерев'яний настил, що є на конвеєрі, в місці розташування брусків кріпиться до рами за допомогою болтів. В інших місцях дерев'яні частини кріпляться одна до одної за допомогою цвяхів.

Проведені розрахунки дали можливість визначити основні параметри і режим роботи вузлів очисного пункту качанів кукурудзи. Ці параметри прийняти при розробці конструкції вузлів і комплектації пункту відповідним обладнанням.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори при виробництві кукурудзи на зерно

Згідно ДСТУ 12.0.003-95 шкідливі виробничі фактори класифікуються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До *фізичних* відносяться: рухомі машини, механізми, частини виробничого обладнання (гострі краї, шершавість поверхні, інструментів), руйнування конструкцій, робота на висоті, підвищена напруга електроструму та всі параметри виробничої санітарії, гігієни праці, що не відповідають вимогам стандартів, норм і правил (підвищені або понижені параметри мікроклімату, температури матеріалів., поверхні, шуму, вібрації, випромінювання, загазованості, запиленості, освітленості).

До *хімічних* відносяться речовини, які за характером дії підрозділяються на:

- токсичні (визначаються по середній смертельній дозі);

сенсibiliзуючі викликають алергію, астматичні явища, захворювання крові (пил зерна, борошна, бавовни, а також пилок полину, лободи, амброзії, цвітіння тополя та ін.);

- подразнюючі викликають запалення шкіри, слизових оболонок (розчинники, лаки, фарби, аміак, сірководень, хлор, фтор, сірка, азотні сполучення);

- бластогенні і канцерогенні (викликають пухлини);

- мутагенні змінюють спадкові властивості та які впливають на репродуктивну функцію.

До *біологічних* відносяться мікроорганізми (бактерії, віруси, грибки), а також макроорганізми (рослини, тварини).

Психофізіологічні підрозділяються на фізичні перевантаження та нервово-психічні (розумове перевантаження, перевантаження аналізаторів, емоційні перевантаження, перевтомлення пов'язане з монотонністю праці).

Як бачимо всі ці чотири групи шкідливих факторів можуть виникнути при вирощуванні і збиранні кукурудзи на зерно [18].

5.2 Аналіз можливих небезпек і травм при виконанні технологічних процесів на вирощуванні кукурудзи

При вирощуванні кукурудзи існують небезпечні фактори, які приводять до професійних захворювань або травмування людини. При луценні стерні:

- несправний трактор (гальма, рульове управління, тягово-зчіпний пристрій);
- гідросистемою піднятий луцильник, який ремонтується;
- перевищення швидкості;
- рух агрегату вздовж і впоперек схилів, перевищуючих допустимі значення;
- очищення робочих органів при працюючому двигуні і на ходу трактора.

Шкідливим фактором є запиленість повітря і високотемпературний режим в кабіні трактора.

Для усунення цих шкідливих факторів необхідно ізолювати доступ пилу в кабіну трактора і встановити кондиціонер.

При подрібненні, змішуванні і внесенні мінеральних добрив:

- несправний трактор (гальма, рульове управління, тягово-зчіпний пристрій);
- робота машини без захисних пристроїв в небезпечних зонах;
- ремонт і регулювання на ходу агрегату;
- знаходження людей під піднятим вантажем;

- відсутні відсмоктувальні пристрої при подрібненні мінеральних добрив;
- робота обслуговуючого персоналу без засобів індивідуального захисту;
- недотримання правил безпеки.

При оранці зябу:

- оранка на схилах, які перевищують допустимі значення;
- усунення неполадок і регулювання на ходу трактора;
- неполадки тягово-зчіпного пристрою;
- заміна лемішів без запобіжних підставок;
- очищення робочих органів на ходу;
- несправність рульового управління і гальм.

При посіві:

- сівалки не обладнані підніжними дошками і поручнями;
- очищення робочих органів на ходу;
- відсутня двостороння сигналізація;
- заправка сівалки на ходу.

При внесенні гербіцидів:

- робота без засобів індивідуального захисту і спеціального одягу;
- заправка агрегату в незапланованих місцях;
- робота агрегату при температурі вище 25° С;
- робота агрегату при сильному вітрі;
- знаходження людей близько агрегату;
- недотримання правил безпеки;
- заміна розпилювачів при працюючому насосі;
- зберігання гербіцидів в спеціально непризначених місцях;
- приготування робочої суміші з порушенням інструкції;
- транспортування гербіцидів на транспорті, не призначеному для цієї мети;
- знищення гербіцидів не у відповідності з інструкцією.

При збиранні кукурудзи:

- недотримання інтервалу між працюючими машинами;
- робота кукурудзозбиральних комбайнів в тумані;
- робота комбайнів без захисних кожухів;
- очищення робочих органів на ходу;
- відсутня сигналізація і не працює сигнальний пристрій;
- заміна робочих органів при працюючому двигуні.

При транспортуванні качанів і листо-стеблової маси:

- робота транспортних засобів на підвищених швидкостях;
- неполадки рульового управління і гальма;
- неполадки тягово-зчіпного пристрою;
- рух агрегатів на великих підйомах і спусках без гальмування причепа;
- перевезення людей в причепах;
- рух на великій швидкості на поворотах;
- рух агрегату на схилах з вимкненою передачею.

Аналіз можливих і існуючих небезпек і шкідливих факторів показує, що травмування працюючих буває головним чином із-за незадовільного технічного стану трактора і агрегатуючи з ним машин, очистці робочих органів при працюючому двигуні чи на ходу трактора, неузгодженої чи неуважної дії працюючих на агрегаті, відсутність чи несправність індивідуальних засобів захисту, невідповідності одягу для роботи на машинах.

Заходи при оздоровленні умов праці при вирощуванні кукурудзи наступні:

- виготовлення захисних кожухів на карданні і шестеренчасті передачі;
- виготовлення підставок для проведення техоглядів і ремонтів;
- обладнання пересувних вагончиків і душових на час збирання врожаю;
- придбання плакатів з техніки безпеки;
- обладнання кімнат для прийому їжі на тракторних бригадах;
- благоустрій території тракторних бригад.
- встановлення наглядної агітації по техніці безпеки і охороні праці.

5.3 Охорона праці на стаціонарному пункті очистки кукурудзи

Всі механізми приводу конвеєрів і інших робочих органів повинні мати огорожувальні пристрої, захисні кожухи і експлуатація очисники без їх наявності суворо забороняється.

Всі регульовальні роботи і технічне обслуговування очисника повинне проводитися при зупинці агрегату і виключенні всіх електродвигунів приводу механізмів. Роботи по обслуговуванню і регулюванню агрегату повинні проводитися тільки справним інструментом.

Особи, які обслуговують електроустановки, повинні знати правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок.

На очисному стаціонарному пункті встановлено електродвигуни, які приводять в рух всі конвеєри, редуктори. Всі електродвигуни повинні мати відповідний захист від коротких замикань і перевантаження. На електродвигунах і механізмах, які приводяться в рух від них, наносяться стрілки, які вказують напрямок обертання механізму і електродвигуна. У всіх вимикачів (рубильників, магнітних пускачів і т. ін.) і у запобіжників, змонтованих на групових щитах, повинні бути надписи, які вказують агрегати, до яких вони відносяться.

Захисні коробки електродвигунів повинні бути закриті. Експлуатація електродвигунів без захисних коробок заборонена.

Механічні частини електроустановок, які можуть опинитися під напругою, мають бути заземлені. Заземленню підлягають корпуси електрифікованих машин, електродвигунів, переносних електроприладів, металічні каркаси розподільних щитків, силових шаф, корпуси пускових апаратів, металева освітлювальна апаратура.

Для приєднання пересувних і переносних струмоприймальників (зварювальні апарати, електродрелі) при ремонті обладнання, які підлягають заземленню, можуть застосовуватись гнучкі проводи тільки з додатковою жилою для їх заземлення, яка міститься в загальній зовнішній оболонці (гумовій, пластиковій і т. ін.).

6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

За базовий варіант при розрахунках приймаємо ручну доочистку качанів кукурудзи від обгорток. За існуючими нормативами для доочистки 1 т качанів кукурудзи необхідно 20 робітників [19]. При впровадженні розробленого очисника для його експлуатації необхідно 5 робітників.

Затрати праці на виконання операції по очищенню качанів кукурудзи вручну залежать від числа працівників і прийнятих норм виробітку:

$$t_{\text{ТР}} = \frac{P \cdot t_{\text{СМ}}}{Q}, \quad (6.1)$$

де $t_{\text{ТР}}$ – затрати праці на одиницю продукції, люд./т;

P – кількість робочих, зайнятих на виконанні робіт;

Q – кількість матеріалу, який обробляється, т.

$$Q = S_{\text{п}} \cdot y, \quad (6.2)$$

$S_{\text{п}}$ – площа під культурою, га;

y – урожайність культури, т/га.

$$Q = 100 \cdot 4,0 = 400,0 \text{ т.}$$

Затрати праці при очищенні кукурудзи вручну будуть становити:

$$t_{\text{ТР}}^1 = \frac{20 \cdot 7}{400} = 0,35 \text{ люд./т.}$$

При впровадженні розробленого очисника затрати праці будуть становити:

$$t_{\text{ТР}}^2 = \frac{5 \cdot 7}{400} = 0,09 \text{ люд./т.}$$

Визначення прямих експлуатаційних затрат проводимо за формулою:

$$Z_{\text{е}} = Z_{\text{оп}} + Z_{\text{а}} + Z_{\text{р}} + Z_{\text{ПММ}} + Z_{\text{і}}, \quad (6.3)$$

де $Z_{\text{оп}}$ – затрати на оплату праці, грн.;

$Z_{\text{а}}$ – амортизаційні відрахування, грн.;

$Z_{\text{р}}$ – затрати на ремонт і технічне обслуговування, грн.;

$Z_{\text{ПММ}}$ – вартість паливо-мастильних матеріалів, грн.;

Z_i – інші затрати, грн.

Прямі експлуатаційні затрати при базовій технології становлять:

$$Z_{\text{еб}} = 300000 + 50000 + 20000 + 100000 + 50000 = 520000 \text{ грн.}$$

Прямі затрати при застосуванні розробленого очисника становлять:

$$Z_{\text{ен}} = 75000 + 50000 + 20000 + 100000 + 50000 = 295000 \text{ грн.}$$

Додаткові капітальні вкладення становлять: $D_k = 570000$ грн.

Приведені затрати представляють собою суму собівартості і нормативного прибутку:

$$Z_{\text{пр}} = C + E_{11} \cdot D_k, \quad (6.4)$$

де C – собівартість продукції;

$E_{11} = 0,15$ нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

D_k – капітальні вкладення в виробничі фонди.

Для базового варіанта: $Z_{\text{пр.б}} = 520000$ грн.

Для нового варіанта:

$$Z_{\text{пр.н}} = 295000 + 570000 \cdot 0,15 = 380500 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від даної розробки:

$$E = (Z_{\text{пр.б}} - Z_{\text{пр.н}}) \cdot Q \quad (6.5)$$

$$E = (520000 - 380500) \cdot 400 = 558000 \text{ грн.}$$

Розраховані економічні показники представлені в таблиці 6.1.

Строк окупності капітальних вкладень (років) розраховуємо за відомою формулою:

$$C_{\text{ок}} = \frac{D_k}{E}, \quad (6.6)$$

$$C_{\text{ок}} = \frac{570000}{558000} = 1,02 \text{ років.}$$

Крім того, при впровадженні технології збирання кукурудзи з очисткою качанів на розробленому стаціонарному пункті зменшуються строки збирання врожаю (збільшується продуктивність праці), підвищується якість очистки качанів кукурудзи.

Таблиця 6.1- Техніко-економічні показники проекту

| Показники | Варіанти | |
|--|---------------|--------------|
| | базовий | проектний |
| 1. Продуктивність комбайна, т/год. | 20 | 25 |
| 2. Продуктивність очисника, т/год. | -- | 20 |
| 3. Кількість робочих, які зайняті на очищенні качанів кукурудзи, чел.. | 20 | 5 |
| 4. Затрати праці, люд.год.: - всього - на 1 тону | 140,0 0,35 | 36,0 0,09 |
| 5. Додаткові капвкладення, грн. | -- | 570000 |
| 6. Експлуатаційні затрати, грн. | 520000 | 295000 |
| 7. Економічний ефект, грн. | -- | 558000 |
| 8. Строк окупності затрат, років | -- | 1,02 |

Економічна ефективність від запровадження даної розробки в господарстві становить 558000 грн., а зниження затрат праці на збиранні врожаю становить 104 люд.год.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз господарської діяльності ТОВ „Дубрава” показує, що сьогодні вкрай необхідне оновлення парку сільськогосподарських машин та обладнання, запровадження нових енергозберігаючих технологій вирощування культур і, зокрема, кукурудзи.

2. На підставі аналізу сучасних технологій та машин для вирощування і збирання кукурудзи на зерно розроблена і запропонована для впровадження технологія вирощування і збирання кукурудзи для умов господарства. Обґрунтовано склад машин та обладнання, а також складено графіки завантаження тракторів і сільськогосподарських машин для впровадження технології в господарстві.

3. Запропонований новий спосіб збирання кукурудзи і очищення качанів дозволяє повністю механізувати всі виробничі процеси і зменшити затрати ручної праці.

4. Проведені інженерні розрахунки дозволили визначити основні параметри трьох стрічкових і одного скребкового транспортерів. Проведені розрахунки на міцність основних деталей і визначені основні параметри і режим роботи пристрою.

5. Аналіз стану охорони праці в господарстві показав, що ситуація в галузі задовільна. Але це питання необхідно удосконалювати, для чого необхідні відповідні додаткові кошти.

6. Економічний ефект від запровадження розробленої технології і очисника качанів кукурудзи становить 558000 грн. в рік і затрати окупаються за перший рік експлуатації розробленого очисника. Затрати праці знижуються на 0,26 люд.год/т. Все це говорить про доцільність запровадження розробок у виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кукурудза – королева полів/ Навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
2. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи/ Агробізнес сьогодні.- №8(279) квітень 2014.–с.37-42.
3. Тимошенко Т. Кукурудза: як вирощувати успішно? // Агробізнес сьогодні. - №18 (241), вересень, 2012. – с. 37-39.
4. Савченко Н. Битва за врожай: як українським аграріям адаптуватися до умов війни// <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/04/13/699108/>.
5. Кукурудза 2022: Сушити, залишити в полі чи спалити в теплогенераторі? 5 жовтня 2022//<https://latifundist.com/spetsproekt/984-kukurudza-2022-sushiti-zalishiti-v-poli-chi-spaliti-v-teplogeneratori>.
6. Несмачна М. Круте піке кукурудзи 2023: ставки на олійні та обсяги виробництва. - 5 травня 2023//<https://superagronom.com/articles/649-krute-pike-kukurudzi-2023-stavki-na-oliyni-ta-obsyagi-virobnitstva>.
7. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
8. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
9. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін..; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
10. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф. Головчука. – К.: Грамота,

2007. - 360 с.

11. Мізін І.А., Омеляненко І.С. Кінематичний розрахунок приводу. Методичні вказівки по курсу деталей машин. - Полтава. 2000.

12. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

13. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.

14. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

15. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровськ. держ. агр. ун-т. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

16. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, А.П. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

17. Практикум з використання машин у рослинництві/ В.Ю.Ільченко та ін.; Дніпропетр. держ. агр. ун-т.- 2002.

18. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

19. Лешахін С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1990. - 165 с.

20. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.