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 буряків цукрових і конструкції коренезбиральної машини

Виконав: студент факультету за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Левенець Дмитро Анатолійович

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)_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

А Н О Т А Ц І Я

Левенець Д.А. Удосконалення технології збирання буряків цукрових і конструкції коренезбиральної машини/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 67с.

В роботі проведено аналіз сучасних технологій збирання цукрових буряків і машин для їх виконання вітчизняного і закордонного виробництва. На підставі цього визначено недоліки конструкції базової машини.

Розроблено удосконалення конструкції, проведено відповідні розрахунки і визначено технологічні показники роботи удосконаленої машини.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні цукрових буряків і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 63100 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: цукровий буряк, технологія, коренезбиральна машина, рама, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П. 6
1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИНИ. 8
2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН. 10
2.1 Способи збирання цукрових буряків. 10
2.2 Бурякозбиральні машини і їх характеристики. 11
3 ОПИС БАЗОВОЇ МАШИНИ ТА НЕДОЛІКИ ЇЇ КОНСТРУКЦІЇ. 24
3.1 Будова та принцип роботи бурякозбиральної машини КС-6Б. 24
3.2 Недоліки базової конструкції. 27
4 РОЗРАХУНКИ КОНСТРУКЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ. 29
4.1 Оцінка напружено-деформованого стану рами двигуна коренезбиральної машини КС-6Б. 29
4.2 Визначення внутрішніх силових факторів рами з використанням програмного пакету “Ліра”. 29
4.3 Визначення напруження у найбільш навантажених елементах рами двигуна. 33
5 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ. 41
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. 46
6.1 Організація робіт по техніці безпеки та охороні праці. 46
6.2 Загальні вимоги безпеки до тракторів і самохідних сільськогосподарських машин. 47
6.3 Системи вентиляції, розрахунок місцевої вентиляції. 50
7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ. 54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. 60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. 61
Д О Д А Т К И. 64

В С Т У П

Україна досить довгий час була великим виробником цукру у світі. Однак за роки незалежності виробництво скоротилося в декілька разів. Якщо до незалежності Україна виробляла понад 5 млн т цукру, то станом на передвоєнний 2021рік – 1 416,2 тис. т [1, 2]. Незважаючи на це, за даними Інституту аграрної економіки, Україна в ТОП-10 за обсягами вирощування цукрових буряків і виробництва цукру. Так, найбільші посівні площі цукрових буряків зосереджені в росії, Франції, Польщі, Німеччині, Італії, Румунії, Чехії, Словаччині, Англії, Бельгії та Україні. Причому близько 80% усіх посівних площ та валового збору цукрових буряків припадає саме на ЄС.

Цукровий буряк — високоінтенсивна та високорентабельна культура, дає чи не найвищий прибуток з гектара серед усіх традиційних для України культур. Інтерес до вирощування цукрових буряків в умовах воєнного часу обумовлено обмеженням експорту зернових та олійних культур. Дана культура приваблива для аграріїв, тому що є можливість переробки сировини в Україні та у світі значно зростає ціна на цукор [3].

Переваги вирощування цукрових буряків:

- чудовий попередник для більшості культур - сприяє підвищенню урожайності наступної культури;
- порівняно з зерновими і овочевими культурами у 2-4 рази ефективніше використовує вологу;
- дуже ефективно використовує азотні добрива;
- цукровий буряк засвоює вуглекислий газ та виділяє кисень у 4–5 разів більше, ніж 1 га змішаного лісу.

Ефективність використання парку бурякозбиральних машин у сільському господарстві завжди визначалась їхньою готовністю до виконання основних агротехнічних робіт – збирання цукрових буряків. Вони призначені

для збирання гички чи розкидання її по полю та збирання коренеплодів з одночасним навантаженням у транспортний засіб або для нагромадження їх у бункері з дальшим перевантаженням у транспортний засіб.

Оскільки ефективність бурякозбиральних машин зумовлюється сукупністю ряду показників агротехнічних, техніко-експлуатаційних і економічних, то для знаходження оптимальних параметрів машин по екстремальних значеннях цих показників необхідно здійснити синтез машин і їх комплексів, тобто виконати такі розрахунки, які дозволять врахувати об'єктивні взаємозв'язки між прийнятими механіко-технологічними принципами збору врожаю, технічними рішеннями, що застосовуються, факторами зовнішнього середовища і існуючими критеріями ефективності.

Однією із найважливіших проблем сучасного сільськогосподарського машинобудування є підвищення довговічності елементів машин, зниження їх металоємності та встановлення оптимального запасу міцності. Щодо рамних конструкцій, то це завдання трансформується у взаємозв’язок металоємності з ресурсом їх роботи. Успішне вирішення такої проблеми потребує використання в процесі конструювання і розрахунку найновіших досягнень науки про міцність.

Метою дипломної роботи є удосконалення технології збирання буряків цукрових з удосконаленням конструкції коренезбиральної машини.

1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИНИ

Сучасні виробничо-технологічні вимоги, що ставляться до бурякозбиральних машин, визначаються загальними тенденціями переведення процесів виробництва цієї культури на промислову основу, специфічними агробіологічними властивостями і еволюціонуючими особливостями механізованого вирощування цукрових буряків, що обумовлюються зміною сортів, широким впровадженням точного посіву, застосуванням хімічних засобів боротьби з бур'янами, а також заміною ручної праці, при формуванні посівів, машинною. Важливою вимогою є досягнення максимального кінцевого народногосподарського ефекту, що передбачає взаємно-компромісний зв'язок показників роботи комплексу машин для вирощування цукрових буряків, збирального, вантажно-транспортного і переробного комплексів по експлуатаційних, агротехнічних і економічних критеріях.

В зв'язку з об'єктивним погіршенням рівномірності розподілу коренеплодів в рядку, що викликане зменшенням норм висіву і механізованим формуванням посівів, доцільно пристосувати бурякозбиральні машини, особливо їх гичкозрізуючі та викопуючі робочі органи для збирання буряків з підвищеним варіюванням їх агрофізичних характеристик.

Разом з тим індустріальні методи збирання цукрових буряків ставлять до бурякозбиральних комбайнів вимоги по підвищенню продуктивності, якості і технологічної надійності машин і комплексів, які важко виконати, а також забезпеченні можливості варіювати процесами збирання в залежності ґрунтових і погодних умов, що склалися.

Враховуючи довгі терміни зберігання та переробки буряків, цукровою промисловістю повністю обґрунтовано висуваються вимоги до підвищення кондиційної якості коренеплодів, головним чином до їх обрізки, зниження забрудненості гичкою, землею і особливо зменшенню пошкоджень, зменшення яких дозволило б зменшити втрати цукру в два рази.

Виходячи із способів використання продуктів врожаю цукрових буряків як сировини для виробництва цукру і кормів для худоби, бурякозбиральні машини повинні забезпечувати:

1) збирання гички і коренеплодів одночасно чи роздільно в стиснуті календарні строки;

2) отримання якісної сировини і кормів без застосування ручної праці; при цьому відходи в зрізаних головках коренеплодів не повинні перевищувати 3%, а інші втрати – 2%, загальна забрудненість – 10%, в тому числі гичкою – 2,5%; пошкодження коренеплодів повинно бути не більше 10%, повнота збирання гички – не нижче 90%;

3) високу технологічну надійність (не нижче 0,95) і агротехнічну ефективність в природних умовах, що широко варіюються (при різній врожайності, параметрах посівів, фізичному стані ґрунту і гички, засміченості полів), в тому числі при екстремальних умовах (при вологості ґрунту 26–30% чи твердості 290–580 Н і врожайності 450–700 ц/га);

4) необхідну універсальність з точки зору можливості застосування різних варіантів механізованих процесів збирання буряків в залежності від природно-виробничих умов що складаються;

5) інтенсифікацію процесів збирання буряків за рахунок зниження жорстких технологічних обмежень робочих швидкостей і пропускної здатності гичко- і коренезбиральних машин;

6) зниження за рахунок спрощення конструкції питомої метало- та енергоємності, підвищення загальної надійності (коефіцієнт готовності не нижчий 0,95) виробничих процесів.

Відмічені вимоги передбачають перш за все встановлення раціонального типажу бурякозбиральних машин, з врахуванням особливостей зональних природно-виробничих умов, а також подальше вдосконалення конструкції робочих органів і загальнокомпоновочної схеми машини.

2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН

2.1 Способи збирання цукрових буряків

Технологічне удосконалення робочих процесів збирання цукрових буряків в Європі за останні 20 років було спрямовано як на підвищення якісних кондицій цукрової сировини, максимально повного відокремлення рослинних решток, ущільненого й вільного ґрунту від коренеплодів при їх обмеженому пошкодженні, котрі в свою чергу визначають втрати під час зберігання і перероблення, так і надійності машин – технічної і технологічної в цілому. Одночасно підвищувались екологічні вимоги щодо мінімізації транспортування ґрунту з рослинними рештками на заводи та зменшення витрат на зберігання й підготовку сировини до перероблення.

Проведений огляд свідчить, що радикальним напрямком удосконалення конструктивних особливостей бурякозбиральних машин слід вважати пошук технологічних принципів за яких відбувається максимальне звільнення коренеплодів від рослинних і ґрунтових домішок за мінімальних втрат і пошкодженнях шляхом інтенсифікації процесу розділення компонентів вороху, тобто коренеплодів і домішок.

Значного скорочення затрат праці і матеріальних коштів на збиранні цукрових буряків, а також підвищення якості бурякової сировини можна досягти, застосовуючи потоковий, перевалочний і потоково-перевалочний способи збирання без ручного доочищення коренеплодів з одночасним збиранням гички [7, 8, 9].

Потоковий спосіб збирання: коренеплоди і гичку збирають машинами і подають у транспортні засоби. Коренеплоди транспортують безпосередньо на приймальні пункти, а гичку—до місця силосування або згодовування.

Перевалочний спосіб: коренеплоди збиральними машинами подають у тракторні причепи і укладають в тимчасові кагати в кінці або посередині поля.

Після цього буряки вантажать буряконавантажувачем у транспортні засоби і відвозять на приймальний пункт в день збирання.

Потоково-перевалочний спосіб: частину коренеплодів вивозять безпосередньо від збиральних машин на приймальні пункти цукрових заводів, решту укладають у тимчасові польові кагати на перевалочних майданчиках. Цей спосіб доцільно застосовувати при нестачі у господарствах автомобілів.

Крім того, створений запас коренеплодів дає можливість раціональніше і продуктивніше використовувати автотранспорт протягом доби. При потоково-перевалочному способі також підвищується продуктивність збиральних агрегатів, оскільки вчасне вивезення коренеплодів автомобілями безпосередньо на бурякоприймальний пункт (потоковий спосіб), чи укладання коренеплодів у тимчасові польові кагати самоскидними причепами, у разі відсутності автомобілів (перевалочний спосіб), не стримує роботи збиральних агрегатів. Групове використання машин при цьому способі дозволяє оперативніше маневрувати технічними засобами при поломках, вимушених зупинках збиральних агрегатів, а також організувати централізоване обслуговування та ремонт техніки.

2.2 Бурякозбиральні машини і їх характеристики

Відомо, що найефективніші бурякозбиральні комбайни та машини виробляють закордонні фірми: Franz Kleine, Holmer, Stoll, ROPA (Німеччина), Matrot, Moreau (Франція), TIM (Данія), AGRIFAC, RIECAM, VREDO (Нідерланди), P.Barigelli&C, Italo svizzera (Італія) тощо. В Україні використовують такі бурякозбиральні комбайни: SF-10 фірми Franz Kleine (Німеччина), М-41МН фірми Matrot (Франція), GR-4000, LECTRA-4005 фірми Moreau (Франція), R26.45K і R26.50K фірми ROPA (Німеччина), KRBS фірми Holmer (Німеччина), SR-1800 і SR-2500 фірми TIM (Данія). Слід зазначити, що використання зарубіжних бурякозбиральних машин є доволі дорогим, їхнє застосування ефективне в господарствах з високою урожайністю (46–53 т/га)

та великою площею висіву (сезонний наробіток на комбайн має становити не менше 600–800 га).

Нині більшого поширення набули 2- та 3-рядні причіпні бурякозбиральні комбайни фірм Franz Kleine, Stoll (Німеччина) і TIM (Данія). Це 2-рядні KR2 (Franz Kleine), V202 (Stoll), RATIONAL (Becker), MIISA/TE120 (AIM) та 3-рядкові V300 (Stoll), ROTIONAL (Becker), MIIISA/TE120 (TIM).

Рисунок 2.1 - Комбайн бурякозбиральний самохідний бункерний HOLMER Terrados

Рисунок 2.2 - Комбайн бурякозбиральний самохідний бункерний KLEINE

Рисунок 2.3 - Комбайн бурякозбиральний самохідний бункерний VERVAET – 617

Самохідні бурякозбиральні комбайни, які використовують для однофазного збирання буряків, оснащено автоматизованими системами водіння рядками і регулювання глибини ходу викопувальних органів, системами автоматичного контролю технологічних і технічних параметрів, системами централізованого автоматичного змащування всіх вузлів, бортовими комп'ютерами, зручними постами керування, комфортабельними кабінами з кондиціонерами та опаленням, потужним електроосвітленням. Завдяки фронтальному розміщенню гичкозбирального й викопувального модулів, що автоматично спрямовуються рядками, і спеціальним технологічним люфтом активних лемішно-коливальних копачів (±20 – 30 мм), створюються умови для спрощення й поліпшення виконання технологічного процесу в цілому. Поширенню самохідних потужних 6-рядних бункерних комбайнів сприяє їхня висока технологічна й технічна готовність працювати навіть за несприятливих пізньоосінніх перезволожених умов, а також бажання вилучити з роботи дорогий технологічний транспорт і мати на збиранні

Рисунок 2.4 – Причіпний бурякозбиральний бункерний комбайн SC9-020 чеського виробництва

Рисунок 2.5 - Самохідний бурякозбиральний комбайн STOLL V 300

цукрових буряків лише одного машиніста. Вимоги до якості виконання технологічного процесу монтованими та причіпними бурякозбиральними комбайнами аналогічні до самохідних. Наприклад: однофазне збирання провадять прямим комбайнуванням однією самохідною машиною (бурякозбиральний комбайн КСБ-6 “Збруч”), яка за один прохід виконує всі технологічні операції збирання гички та коренеплодів.

Рисунок 2.6 – Самохідний бурякозбиральний комбайн GR фірми MOREAU

Рисунок 2.7 - Причіпний бункерний бурякозбиральний комбайн Фірми BLEINROTH

За двофазного збирання цукрових буряків використовують дві окремі машини: коренезбиральну та гичкозбиральну. У нашій країні серійно випускають для двофазного способу збирання: причіпні гичкозбиральні БМ-6Б, МБП-6 та її модифікації (МГУ-6, МБК-2,7), МГР-6 (роторна), МГШ-6

Рисунок 2.8 - Причіпний бурякозбиральний бункерний комбайн фірми ТІМ

(шнекова), універсальну — МГМ-6 (розробили ННЦ ІМЕСГ та ІЦБ УААН, виготовлення — ВАТ “Борекс”), також самохідні коренезбиральні — КС-6Б, КС-6В, КБ-6, РКМ-6 (01-06), МКК-6 (02-07); причіпні чотири- та шестирядні машини МКП-4, МКП-6, які розроблено та виготовлено на ВАТ “Тернопільський комбайновий завод”. Ці машини агрегатують з орнопросапними тракторами ХТЗ-120/121, ХТЗ-161/163 Харківського тракторного заводу. Але, на жаль, вони є недостатньо продуктивними, матеріаломісткими, енергоємними, складними за конструкцією та мають низький рівень надійності. Показники якості виконання технологічного процесу не повною мірою відповідають чинним вимогам НТД. Настала пора мати в машинно-тракторному парку України високопродуктивні, прості, маломатеріаломісткі та малоенергоємні гичкозбиральні й гичкозрізувальні машини, які б відповідали вимогам світових стандартів. Для таких машин коефіцієнт довговічності за виконання технологічного процесу має бути — 0,98, а коефіцієнт використання змінного часу — не менше 0,80. Такі машини мають бути ремонтопридатними й пристосованими для відновлення роботоздатності з мінімальними затратами ресурсів і часу.

Трифазне збирання провадять трьома окремими машинами: гичкозбиральною (однією із зазначених вище), копачем-валкоукладачем КВЦБ-1,2 (ВАТ “Борекс”) або АЗК-6-01 (ВАТ “Уманьферммаш”) і підбирачем-навантажувачем ПНБВ-1,6 “Борекс” або АЗК-6-03 “Уманьферммаш”.

На сьогодні в Україні випуск причіпних бурякозбиральних машин освоїли у Бородянці й Умані. Останнім часом в Україні використовують самохідні бурякозбиральні комбайни Holmer і Kleine, а також французьких фірм Matrot і Moreau, які також мають значний попит у нашій країні. Водночас попит на

Рисунок 2.9 - Комбайн бурякозбиральний самохідний бункерний фірми ROPA

німецьку техніку дедалі зростає, насамперед, завдяки високій її продуктивності. Наприклад: Holmer може викопати буряки на полі до 20 га за день, Kleine SF-10 – на 10–15 га. Значний інтерес для агрофірм мають комбайни німецької фірми Ropa, які придатні для великих господарств: їхня продуктивність за сезон сягає 2,5–3,5 тис. га. Ефективність застосування такої техніки, на жаль, значно більша, ніж вітчизняної, крім того, машина сама подрібнює і розкидає гичку і здійснює потрійне очищення буряків. Підрахунки свідчать, що купити один такий комбайн вигідніше, ніж два вітчизняні, вдвічі дешевші, хоч коштує німецька техніка чимало – 300–320 тис. євро без розмитнення.

Комбайн бурякозбиральний Kleine SF-10. Самохідний комбайн SF-10 працює за принципом перевантаження буряків в транспортні засоби, які йдуть поряд, з можливістю накопичення буряків в проміжному бункері місткістю 9 т. Комбайн має могутній двигун Volvo-Penta, що забезпечує високу швидкість прибирання навіть за важких грунтових умов. Передній міст виконано у вигляді портального моста з механічною трансмісією, оснащений управлінням з поворотним колом. Кут повороту керованих коліс — плюс-мінус 6°. Нерухомий задній міст з механічною трансмісією забезпечений підвіскою, що гойдається, і гідравлічними стабілізаторами. Кут повороту задніх коліс, керованих поворотними кулачками, становить плюс-мінус 45°. Гідростатичний привід ведучих коліс з 3-ступінчастим редуктором забезпечує безступінчасте регулювання швидкості руху для кожного рівня як уперед, так і назад. На машині є чотири типи стерньового управління: задні колеса, всі колеса, “собачий хід” і стерньова автоматика з дією на задні колеса. Це забезпечує високу маневровість. Кабіна з шумоізоляцією забезпечує добрі умови роботи. Великорозмірні шини дають помірний тиск на грунт. Паливний бак розрахований на тривалий робочий день. Агрегати зрізання гички та копання коренів розташовані перед передньою віссю. Гичкозрізувач оснащений подрібнювачем, шнековим транспортером гички, розкидачем, валом очищувача і полозковим докопіром-дообрізувачем. Віброкопачі мають привід від ексцентрикового вала з бічним гойданням плюс-мінус 30 мм. Усе агрегати гичкозрізувача і копача мають гідравлічний привід і автоматичне регулювання. Комбайн оснащений системою очищення коріння від землі, що складається з роторних очищувачів. Автоматика стерньового управління здійснюється сенсорами для обмацування рядів. Автоматика глибини ходу віброкопачів — дві групи копіювальних коліс перед віброкопачами. Гідравлічні приводи: подрібнювач, розкидач, копачі з транспортерним валом, транспортери, роторні очищувачі, елеватор для буряків, шнек завантаження бункера, вивантажувальний транспортер.

Moreau GR. Комбайн самохідний. Призначений для скошування бадилля цукрових буряків з одночасним прибиранням коріння. Модифікації комбайна: GR 2900 – з двома ведучими колесами й з прямим завантаженням коріння в транспортний засіб; GR 2905 – із двома ведучими колесами й з бункером-накопичувачем коріння; GR 4000 – з чотирма ведучими колесами й прямим завантаженням коріння в транспортний засіб, що йде поряд; GR 4005 – із чотирма ведучими колесами й з бункером-накопичувачем коріння.

Рисунок 2.10 - Навантажувач коренеплодів фірми ROPA

Matrot M 41. Комбайн самохідний 6-рядний. Гичковідділювач роторний з гідравлічним приводом. Очищення коріння – у барабанах із гідравлічним

приводом. Викопувачі двох видів: VAL-DISC і LIMA-SOC, що регулюються: 6 рядів по 45, 48, 50 і 50,8 см взаємозамінні. Передній міст із самоблокуючим диференціалом. Задній міст містить 2 колісних редуктори. Подавання буряків здійснюється в причіп або у буферний бункер місткістю 4,5 м3. Контроль висоти зрізу гичковідділювачем забезпечується за допомогою колісних щупів. Простора кабіна встановлена на еластичних амортизаторах, опукле вітрове скло, комфортабельне сидіння, рівень шуму не вище за 80 дБ, місток для огляду і доступу до кабіни, два рівні вентиляції, автоматичний облік прибраної площі, централізоване електроуправління основними робочими органами.

Комплекс бурякозбиральний “Полісся”. Бурякозбиральний комплекс “Полісся” включає комбайн бурякозбиральний навісний шестирядний КСН-6 і підбирач-навантажувач коренеплодів ППК-6. Комбайн агрегатується з універсальними енергетичними засобами УЭС-250 (привод на колеса ведучого моста), УЭС-2-250 (привод на всі колеса), а також з тракторами ЛТЗ-155, МТЗ-142 і ХТЗ-121 з реверсивним пультом управління. Комбайн призначений для обрізання гички на корені з подрібненням і рівномірним розсіюванням на прибраному масиві як органічного добрива або з завантаженням у транспортний засіб для згодовування худобі або закладання на зберігання; очищення та обрізання коренеплодів від бічних пагонів і черешків; викопування, очищення від землі та укладання коренеплодів у валок між колесами енергозасобу. Комбайн КСН-6 обладнаний ротаційним гичкорізом і очищувачем головок коренеплодів з еластичними елементами, копіювальним дообрізувачем головок коренеплодів, віброкопачами із самовстановленням по рядках. Наявність двох ведучих мостів в УЭС-2-250 дає змогу проводити прибирання на полях із підвищеною вологістю ґрунту за несприятливих погодних умов. Підбирач-навантажувач агрегатується з тракторами класу 1,4 (МТЗ-80/82 та ін.) та призначений для підбирання з валків, очищення і завантаження заздалегідь викопаних і укладених у валки коренеплодів. Машини КСН-6 в агрегаті з УЭС-2-250 і ППК-6 в агрегаті з МТЗ-80

забезпечують високу продуктивність на прибиранні цукрових буряків. Підбирач-навантажувач ППК-6 обладнаний очисними транспортерами та ротаційним очищувачем коріння.

Рисунок 2.11 - Самохідна коренезбиральна машина РКМ-6

Машина коренезбиральна універсальна самохідна РКМ-6. Високоефективна економна машина для прибирання коріння цукрових (фабричних і маточних) буряків і кормових коренеплодів в основній і поливній зонах бурякосіяння потоковим або перевалковим способами на посівах з міжряддям 45 см. Бадилля з коріння заздалегідь забирається гичкозбиральною машиною. Залежно від змінних робочих органів, має такі модифікації: РКМ-6 – із викопувачем вильчастого і дискового типів, РКМ-6-01 – вильчастого, РКМ-6-02 – дискового, РКМ-6-05 – із викопувачем для прибирання коренеплодів кормових буряків. Перші три модифікації можуть оснащуватися додатково викопувальним пристроєм для прибирання коріння кормових буряків. Обладнана автоматом керування по рядках. Система автоматичного контролю роботи основних робочих органів. Копачі ротаційно-вильчастого типу рекомендуються для прибирання маточних і фабричних цукрових буряків, дискові – фабричних в умовах перезволожених або твердих грунтів.

Таблиця 2.1 - Техніко-експлуатаційні характеристики самохідних 6-ти рядних бурякозбиральних машин

Показники	КС-6Б	РКМ-6-01	SF-10 “Кляйне”	М41МН “Мотро”	Лектра “Моро”	“Холмер” ФРН
Тип копача	дискові	вильчаті	Коливальні	дискові	Коливальні	Коливальні
Потужність двигуна, к.с.	160	160	285	325	312	420
Ємність бункеру, $м^3$	0,8	0,6	13,5	8,0	3,0	24,0
Маса, кг	9050	8740	15970	16070	17330	19285
Робоча швидкість, км/год	6,9	6,2	6,5	6,6	5,4	6,7
К-сть обслуговуючого персоналу, чол..	3	3	1	1	1	1
Продуктивність за год, га: основного часу експлуатаційного	1,86 1,22	1,67 1,13	1,75 1,32	1,78 1,24	1,47 1,02	1,80 1,36
Трудоємність (на весь процес), люд.год/га	240	1,74	0,74	0,79	0,91	1,71
Витрати пального (на весь процес), кг/га	34,4	30,7	31,2	48,0	42,5	35,7
Енергоємність (комплексу), кВт.год/га	165,0	124,2	119,7	159,3	132,6	171,6
Питома металоємність (комплексу), т/га/га	8,7	7,5	9,1	9,0	11,8	10,7

Машина коренезбиральна КС-6Б-02. Самохідна шестирядна машина з гідравлічним приводом на ходову частину призначена для збирання коріння цукрових буряків, бадилля з яких заздалегідь зрізане і прибране гичкозбиральною машиною. Комплектується роторно-вильчастими й дисковими

Таблиця 2.2 - Технічні дані бурякозбирального комбайна V 202 фірми “STOLL” (“Штоль”)

Найбільша ширина (транспортне положення)	3000 мм	Продуктивність за день	3-4 га
Найбільша висота	3880 мм	Ширина колії	2500-2700 мм
Найбільша довжина (транс. положення)	5900 мм	Покришки	500-26,5.12J1P
Вага порожньої машини	3960 кг	Допустима найбільша швидкість руху	25 км/год
Вантажопідйомність	6,2 т (10 м^3)	Рекомендована потужність	55кв (75к.с)
Висота перегрузки	1,65-3,75 м	Швидкість оборотів вала	540 об/хв
Ширина бункера	1,65 м	Профіль передав. вала	13/8,6

дисковими робочими органами. За сприятливих грунтово-кліматичних умов використовують роторно-вильчасті викопувачі, за несприятливих (приморозки, підвищена щільність і перезволоження грунту) – дискові.

Аналіз існуючих машин для збирання цукрових буряків показав, що ринок техніки насичений різними типами і конструктивними рішеннями для будь-яких умов вирощування і збирання. Подальші роботи слід направити на досягнення надійності виконання технологічного процесу і особливо у важких умовах збирання.

3 ОПИС БАЗОВОЇ МАШИНИ ТА НЕДОЛІКИ ЇЇ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Будова та принцип роботи бурякозбиральної машини КС-6Б

За допомогою автомата керування або вручну передні колеса машини направляються точно посередині міжрядь буряка. Завдяки цьому встановленні під кутом один до одного диски копачів витягують корені із ґрунту і за допомогою бітера перекидають їх на шнековий очисник. Під дією обертання з різною швидкістю шнеків корені очищуються від рослинних домішок і подаються на поздовжній транспортер. Схема технологічного процесу роботи машини КС-6Б показана на рис. 3.1.

Передавальний вал сприяє кращому заповненню міжскребкового простору транспортера і тим самим – підвищенню його продуктивності. Поздовжній транспортер подає корені в бункер , звідти вони горизонтальним стрічковим транспортером переміщується на поперечний транспортер бункера, який подає їх на вивантажувальний транспортер і вантажить в кузов транспорту, який іде поруч.

При сприятливих умовах, коли у воросі немає ґрунтових домішок , напрям руху стрічкового транспортера можна змінити на протилежний. При цьому корені будуть попадати відразу на розвантажувальний транспортер. Для зміни транспортних засобів на ходу передбачена можливість короткочасного (на 20 – 30 с) відключення стрічкового і вивантажувального транспортерів. При цьому корені збираються в бункер. Після зміни транспортних засобів всі механізми знову включаються в роботу.

Включення і виключення транспортера здійснюється натиском чи послабленням гальмівної стрічки планетарною редуктора за допомогою гідроциліндра, яким керують з кабіни.

Суттєві відмінності фізико-механічних властивостей ґрунтів, розмірно-масових характеристик коренеплодів, технологій їх збирання і переробки

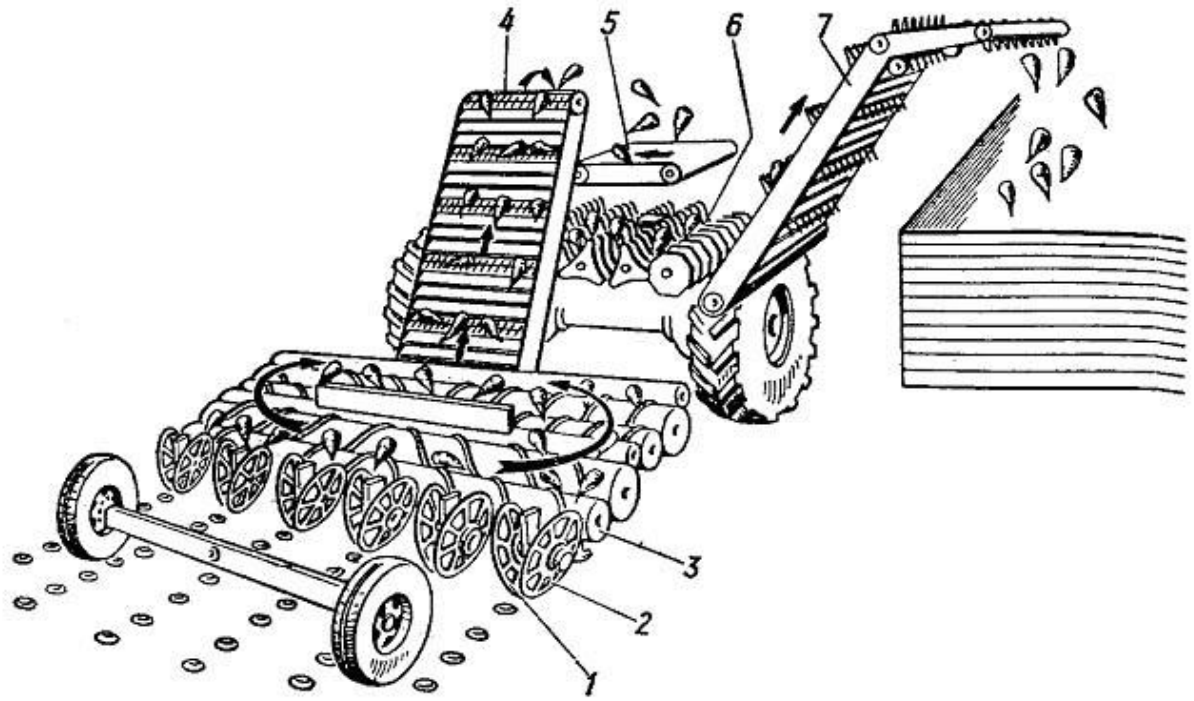

Рисунок 3.1 - Технологічна схема бурякозбиральної машини КС-6Б

призвели до застосування різнотипних конструкцій робочих органів бурякозбиральних машин. Механізовані комплекси для збирання цукрових буряків забезпечують ряд складних технологічних операцій: зрізання гички, доочищення головок коренеплодів від її залишків, викопування, сепарацію вороху, транспортування і завантаження коренів у транспортні засоби.

Застосування способу збирання і відповідних компонувальних схем машин в основному залежить від площ посівів, а також ґрунтово кліматичних умов. Найбільш широке застосування знайшли дві технології: пряме комбайнування (однофазний спосіб) і роздільний спосіб.

У розвинутих країнах Європи, де цукрові буряки культивуються у значному обсязі, для реалізації першої технології широко застосовуються шестирядні самохідні бункерні комбайни. За один прохід вони виконують усі технологічні операції від видалення гички до завантаження коренеплодів. У порівнянні з іншими способами збирання скорочується число проходів енерго-технологічних засобів, економиться 30-40% палива, зменшується ущільнення ґрунту ходовими системами і в 3-4 рази знижуються затрати праці на одиницю

виробленої продукції.

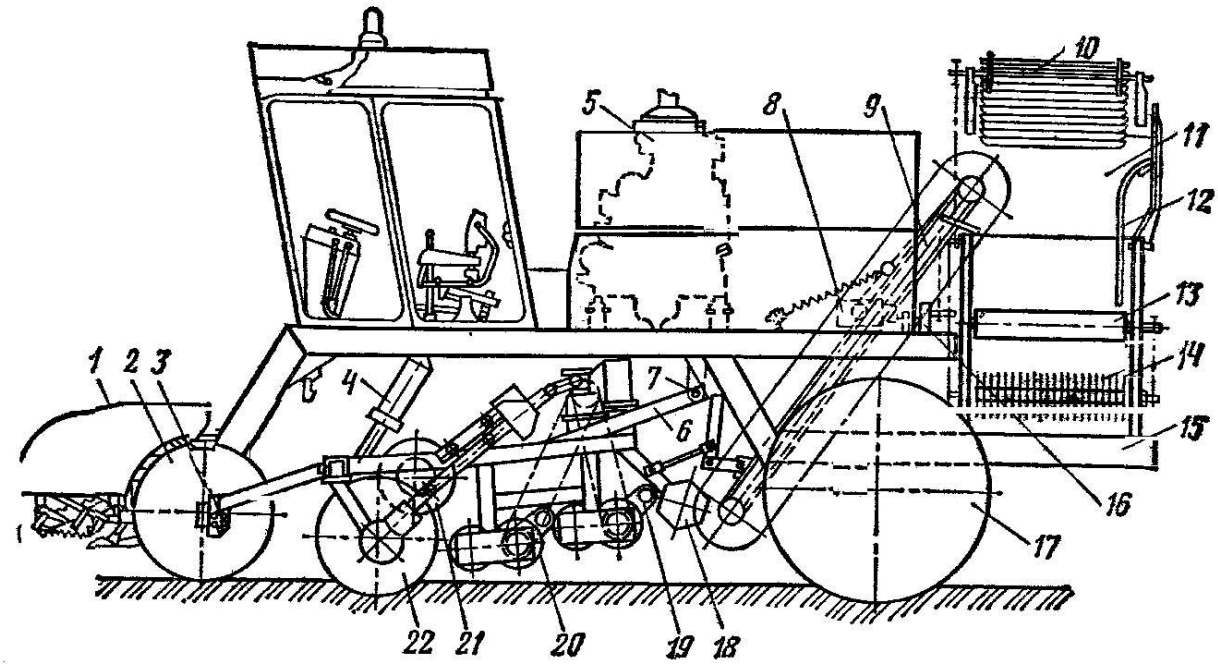

Рисунок 3.2 - Схема коренезбиральної машини КС-6Б:

1-автомат водіння; 2-передній міст коліс керування; 3-штирі регулювання глибини ходу копачів; 4-гідроциліндр підйому рами копачів; 5-силовий агрегат; 6-рама викопуючого пристрою; 7-шаровий шарнір; 8-редуктор приводу повздовжнього транспортера; 9-повздовжній транспортер; 10-вивантажувальний транспортер; 11-бункер; 12-планетарний редуктор; 13-стрічковий транспортер; 14-грудкоподрібнювач; 15-основна рама; 16-планетарний редуктор; 17-міст ведучих коліс; 18-передавальний бітер; 19-задній валець шнекового очисника; 20-шнековий очисник; 21-бітер; 22-копачі

Коренезбиральна самохідна машина (рис. 3.2.) КС-6Б складаються з шасі з об'ємним гідроприводом на ходову частину, підбирача коренів, автомата водіння, системи автоматичної сигналізації.

Шасі коренезбиральних машин складається з несучої рами 15, яка опирається на мости ведучих 17 і керованих коліс 2, силового агрегату 5 , площадки водія з кабіною, а також електричною і гідравлічною системами.

Підбирач коренів складається з викопуючого пристрою 22, поздовжнього транспортера 9 і бункера 11 з вивантажувальним транспортером 10. Вузли підбирача коренів змонтовано на основній рамі 15 – поздовжній транспортер 9, бункер 11, вантажній транспортер 10, стрічковий транспортер 13. Копачі 22, шнековий очисник 20 – на окремій рамі 6, яка приєднана до

несучої рами шасі 15 за допомогою одного шарового шарніру 7.

В робочому положенні викопуючого пристрою, коли копачі заглибленні в ґрунт, рама опирається своїми кронштейнами 3 на міст керованих коліс 2, а в транспортному – утримується гідроциліндром 4 і фіксується механічним фіксатором.

Машини обладнанні автоматичною системою, яка контролює роботу основних вузлів і сигналізує водію про наявність порушень в їх роботі, а також автоматом керування 1.

Капоти і щитки, які легко відкриваються, забезпечують безпеку в роботі з машиною і доступ до її агрегатів для обслуговування, огляду і ремонту. Машини обладнанні зовнішніми освітлювальними приладами, необхідними для роботи в нічний час і руху по дорогах.

3.2 Недоліки базової конструкції

Спостереженнями за роботою машин для збирання цукрових буряків, а також під час їх випробувань встановлено, що одними із основних причин виходу з ладу і тривалих простоїв, а також великих витрат на ремонт та їх відновлення є вкрай низька надійність (відмови становлять 40-60% від загальних відмов по машині) двигуна СМД-60-02 Харківського заводу тракторних двигунів (ХЗТД),а також руйнування утримуючих конструкцій цих машин.

Так, випробування в експлуатаційних умовах на витривалість бурякозбиральної машини КС-6 дали змогу виявити цілий ряд недоліків, які практично не можливо було передбачити під час її проектування і розробки, але суттєво впливають на надійність машини в цілому.

На основі аналізу недоліків можна виділити два основних типи поломок утримуючих конструкцій бурякозбиральних машин: експлуатаційні та конструктивні. Експлуатаційні поломки виникають внаслідок виконання машиною технологічних процесів у жорстких експлуатаційних умовах (вібрації, перевантаження, рельєфні та кліматичні умови). Причиною

конструктивних поломок є прорахунки при проектуванні: неправильна кінематична побудова рамних конструкцій (геометрія прикладання і напрямку дії сил), концентратори напружень і т.д.

Утримуючі конструкції бурякозбиральних машин є основою, на котру монтуються практично усі складові частини машини. При цьому дуже важко, особливо для систем з відкритого профілю, досягнути, щоб навантаження прикладалися у центрі згину даних профілів. Це є причиною того, що елементи утримуючих рам перебувають в умовах надзвичайно небезпечного типу навантаження – стисненого кручення. Крім того рамні конструкції бурякозбиральних машин працюють в умовах інтенсивних динамічних навантажень, що може бути причиною появи і розвитку у металоконструкціях тріщин.

З цієї причини, для забезпечення необхідної міцності і довговічності утримуючих конструкцій з одного боку, і з метою зменшення металомісткості рам при великих запасах міцності з другого, важливим є прогнозування розвитку тріщин від втоми в умовах циклічного навантаження.

4 РОЗРАХУНКИ КОНСТРУКЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

4.1 Оцінка напружено-деформованого стану рами двигуна коренезбиральної машини КС-6Б

Коренезбиральна машина КС-6Б призначена для збирання коренів цукрових буряків, гичка з яких попередньо зрізана гичкозбиральною машиною. Для ефективної роботи, в залежності від умов збирання він комплектується змінними викопуючими пристроями: дисковим, ротаційно-вильчатим, дисковим і ротаційно-вильчатим, вібраційним і дисково-лемішним.

Всі базові елементи машини кріпляться до основної рами. Двигун машини, марки СМД-60, встановлюється на раму двигуна, яка в свою чергу встановлена на чотирьох опорах на поперечні балки основної рами. Для гасіння коливань двигуна передбачено амортизатори, марки АКСС-300М.

Рама двигуна, є зварною стержневою системою, котра складається з елементів катаного швелерного профілю №12 (120×50×4) із Ст. 5пс2-св (повздовжні лонжерони, поперечна балка, розкоси), і опорної торцьової площини проставки гідронасоса у вигляді пластини із Ст. 3пс.

Необхідно виконати статичний розрахунок на міцність рами двигуна коренезбиральної машини КС-6Б з урахуванням динамічних навантажень, що виникають в реальних умовах експлуатації, визначити напруження в найбільш навантажених і небезпечних елементах конструкції рами і оцінити довговічність її роботи.

4.2 Визначення внутрішніх силових факторів рами з використанням програмного пакету “Ліра”

Маси основних складальних одиниць, що монтуються на раму, наведені в

таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Маси основних складальних одиниць

Найменування	Маса, *кг*
Двигун	930
Радіатори (водяний і масляний)	220
Гідронасос	19,1
Насос ГСТ-90	80
Маслобаки	21,5

Таблиця 4.2 - Розрахункові коефіцієнти динамічності в опорах основних складальних одиниць

Найменування вузла	Коефіцієнт динамічності
Двигун: Опори Ліва задня Права задня Ліва передня Права передня	 1,71 1,86 1,28 1,32
Привід гідронасосів	3,24
Насос ГСТ	1,88
Радіатори і маслобаки	1,73

Розрахункові коефіцієнти динамічності в місцях кріплення основних складальних одиниць на раму наведені в таблиці 4.2.

Розрахункова схема рами двигуна представлена на рис. 4.1. Рама є статично невизначеною стержневою системою (приймається умова розміщення стержнів по центру перетинів відповідних елементів рами) і в цілому є зварною конструкцією. Вважаємо, що повздовжні лонжерони з поперечними балками з’єднані жорстко. Це перешкоджає вільному переміщенню (закручуванню) поперечних перетинів гнутого швелера, в результаті чого ділянки повздовжніх лонжеронів є затиснутими ввареними у них поперечинами. Тобто перетини в цьому випадку депланують (скручуючись, розтягуються чи стискаються). Рама встановлена на опори, які перешкоджають закручуванню кінців стержнів і як наслідок усувають їх депланацію.

Розрахунок рами двигуна було проведено з використанням типового програмного забезпечення “Ліра”, “Mathcad 8”, на ПК у наступній послідовності:

– побудова розрахункової схеми;

– нумерація вузлів;

– визначення координат вузлів у вибраній системі координат;

– визначення геометричних характеристик стержнів;

– визначення внутрішніх силових факторів від діючих навантажень;

– вибір найбільш небезпечних перетинів;

– оцінка довговічності рами.

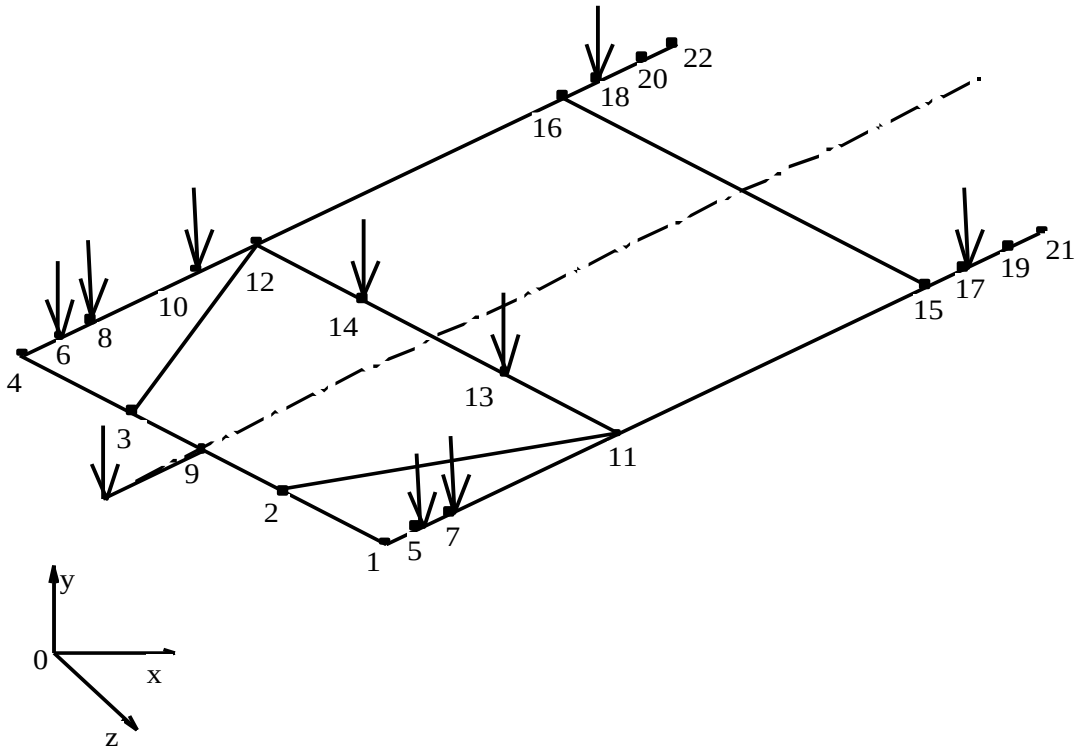

Рисунок 4.1 - Розрахункова схема рами двигуна машини КС-6Б

В результаті розрахунку на ПК, було отримано невідомі внутрішні силові фактори: згинальні моменти, крутні моменти, поперечні зусилля, повздовжні зусилля і встановлено найбільш навантажені елементи конструкції (рис.4.2 – 4.5, табл. 4.3).

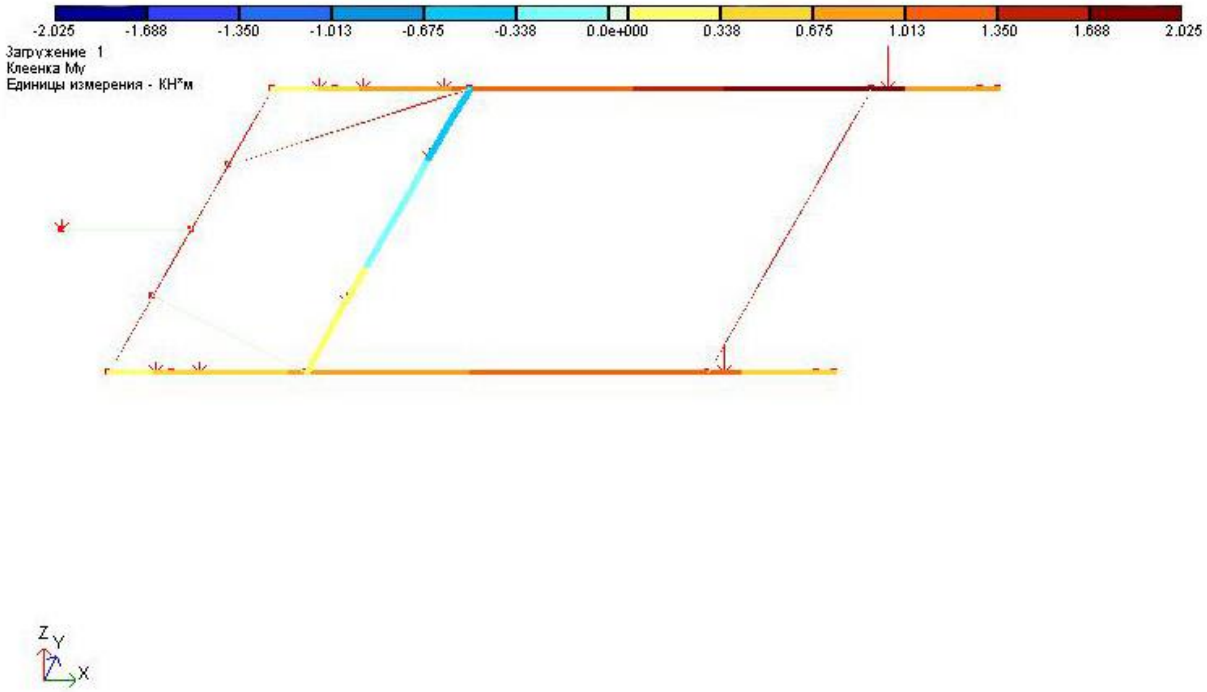

Рисунок 4.2 - Діаграма завантаженості рами крутними моментами

Таблиця 4.3 - Розрахункові значення крутних моментів рами

Вузли	6	8	10	18	17	7	13	14
$M_{кр}$, кН·м	0,338	0,680	1,0	2,025	1,2	0,4	0,3	-0,3

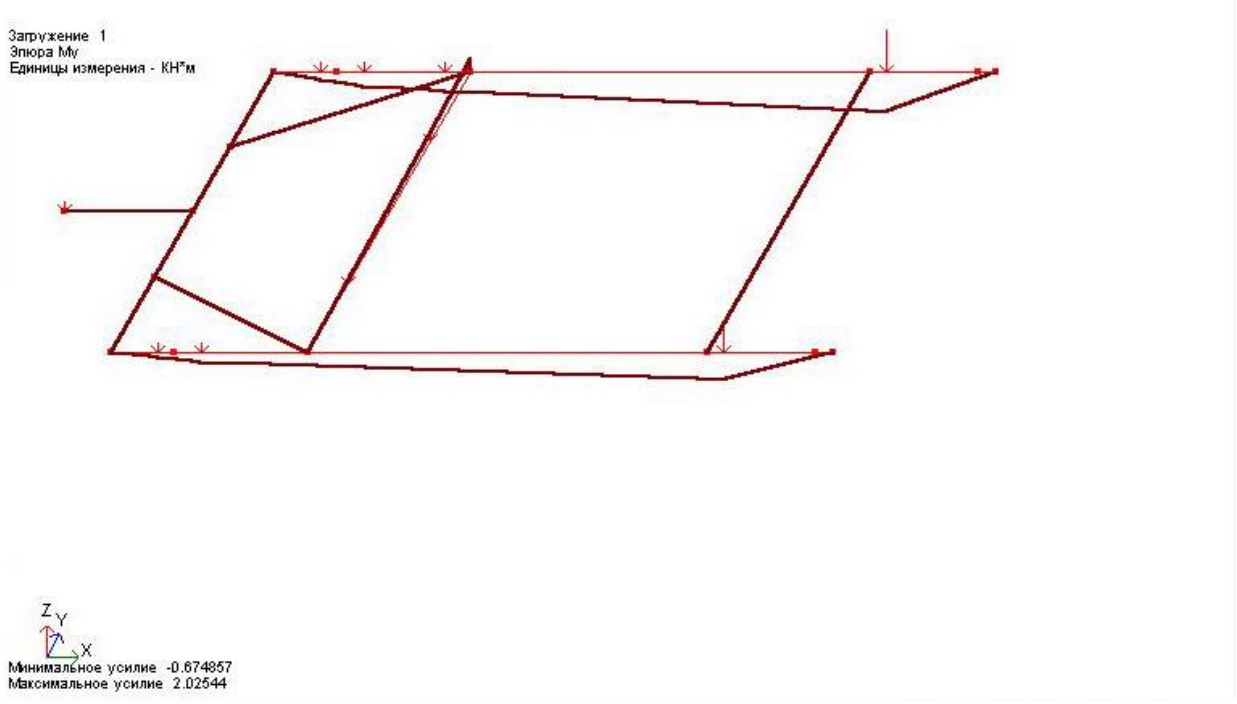

Рисунок 4.3 - Епюра завантаженості рами крутними моментами

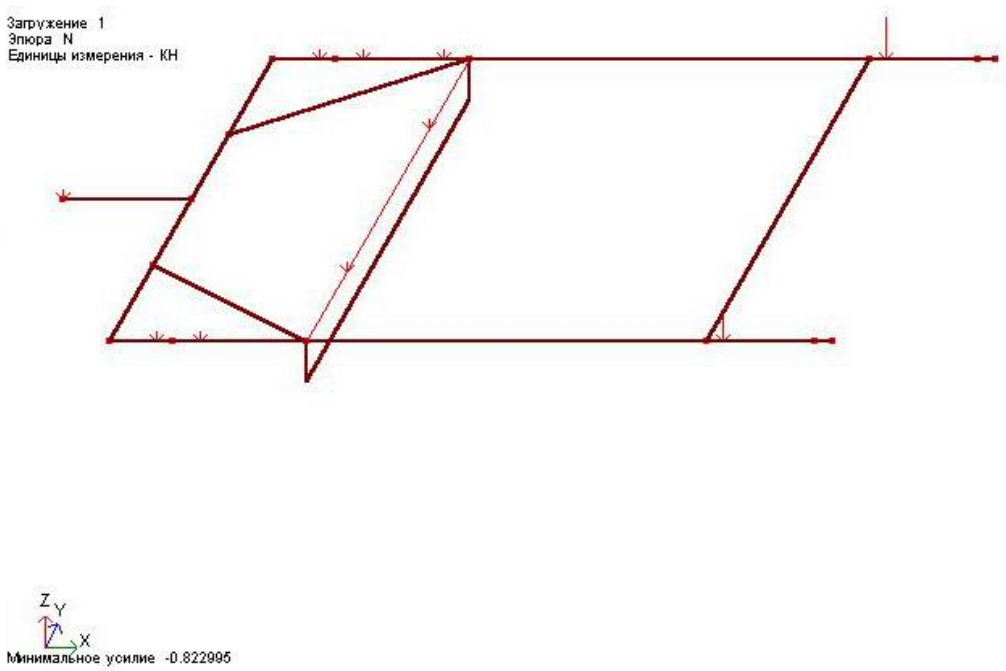

Рисунок 4.4 - Епюра нормальних зусиль

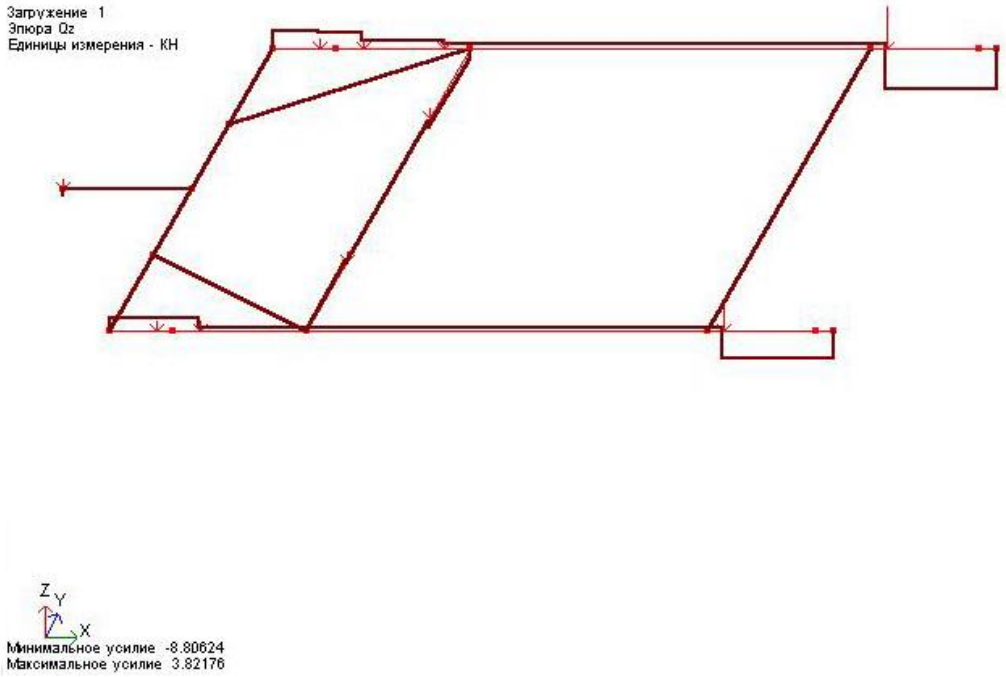

Рисунок 4.5 - Епюра поперечних сил

4.3 Визначення напруження у найбільш навантажених елементах рами двигуна

Оскільки елементи рами – незамкнуті тонкостінні стержні, знаходяться

в умовах стисненого кручення, тобто існують перешкоди вільній депланації поперечних перетинів, то в поперечних перетинах виникають нормальні і додаткові їх секторіальні дотичні напруження і дотичні напруження при чистому крученні.

Приймаємо, що по товщині перетину нормальні напруження розподіляються рівномірно, а по самому перетину – за законом секторіальних площ; дотичні напруження в будь-якій точці перетину тонкостінного стержня направлені паралельно дотичної до дуги контуру, а по товщині стержня змінюються за лінійним законом [12].

Нормальні напруження в крайніх точках перерізу можна визначити, скориставшись формулою [12]:

$$\sigma_{\omega} = \frac{B_{\omega}}{W_{\omega}}, \tag{4.1}$$

де W_{ω} - секторіальний момент опору, *м*^{4};

Згинно-крутний бімомент B_{ω} можна виразити через крутний момент для даних умов навантаження згідно формули [3]:

$$B_{\omega} = \frac{M}{2k} \cdot \frac{sh(kz)}{ch\left(\frac{kl}{2}\right)}, \tag{4.2}$$

де M – крутний момент, *Н·м*;

k – пружна згинно-крутна характеристика, *м*$^{-1}$.

Секторіальний момент опору W_{ω} для кутових точок 1 і 2 (край полички швелера і місце перетину полички із стінкою) знайдемо із формул [12]:

$$W_{1\omega} = \frac{b^2 \cdot h \cdot \delta(3b + 2h)}{6(3b + h)}$$

$$W_{2\omega} = \frac{b \cdot h \cdot \delta(3b + 2h)}{18}, \tag{4.3}$$

де h – висота стінки, *м*;

b – ширина полички, *м*;

δ - товщина профілю, *м*.

Як видно із формул (4.3) $W_{2\omega}$ завжди більший за $W_{1\omega}$ внаслідок того, що в швелері відстань центру згину від осі стінки завжди менша половини ширини полички. Тому максимальні значення нормальних напружень будуть на краю полички швелера.

Дотичні напруження від чистого кручення визначаються за формулою [12]:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр} \cdot \delta}{J_d}, \qquad (4.4)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент при чистому крученні, *Н·м*;

δ - товщина перерізу в тому місці, де визначається напруження, *м*;

J_d – полярний момент інерції перетину при чистому крученні, $м^4$.

Дотичними секторіальними напруженнями можна знехтувати, оскільки вони складають лише 2-5% від дотичних напружень, які відповідають чистому крученні [12].

Величини розрахункових напружень можна визначити згідно формул [4, 6]:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_\omega^2 + 3\tau^2}. \qquad (4.5)$$

Оскільки максимальні значення згинального моменту і поперечного зусилля найбільші у вузлі №18, проведемо обчислення напружень і перевірку міцності саме для цього вузла.

Обчислення згинно-крутного бімомента:

$$M := 2.025 \cdot 10^3 Н \cdot м \quad k := 0.021 \cdot 10^2 \cdot м^{-1} \quad z := 0.135 м \quad l := 1.135 м$$

$$B\omega := \frac{M \sinh(k \cdot z)}{2k \cdot \cosh\left(\frac{k \cdot l}{2}\right)} \qquad B\omega = 77.033 \frac{кг м^3}{с^2}$$

Обчислення секторіального моменту опору:

$h := 0.120\,м \qquad b := 0.052\,м \qquad \delta := 0.0048\,м$

$$W1\omega := b^2 \cdot h \cdot \delta \cdot \frac{(3 \cdot b + 2 \cdot h)}{6 \cdot (3 \cdot b + h)} \qquad W2\omega := \frac{b \cdot h \cdot \delta \cdot (3 \cdot b + 2 \cdot h)}{18}$$

$$W1\omega = 3.724 \times 10^{-7}\,м^4 \qquad W2\omega = 6.589 \times 10^{-7}\,м^4$$

Обчислення нормального напруження:

$$\sigma\omega := \frac{B\omega}{W2\omega} \qquad \sigma\omega = 1.169 \times 10^8 \frac{кг}{м\,с^2}$$

Обчислення дотичного напруження:

$$Q := 8.8 \cdot 10^3\,Н \qquad Jd := 5.1 \cdot 10^{-8}\,м^4 \qquad x := 1.48 \cdot 10^{-2}\,м$$

$$f := \frac{b}{2} + x \qquad Mкр := Q \cdot f$$

$$\tau кр := \frac{Mкр \cdot \delta}{Jd} \qquad \tau кр = 3.379 \times 10^7 \frac{кг}{м\,с^2}$$

Як показують результати розрахунку, домінуючими напруженнями при депланації перерізів є нормальні напруження, тому в подальших розрахунках дотичними напруженнями нехтуємо.

Обчислення розрахункового напруження:

$$\sigma := \sqrt{\sigma\omega^2 + 3 \cdot \tau кр^2}$$

$$\sigma = 1.307 \times 10^8 \frac{кг}{м\,с^2}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших вузлів.

В таблиці 4.4 наведено величини напружень в найбільш навантажених елементах рами. Також величини даних напружень показані на розрахунковій

схемі рис. 4.6.

Як видно із таблиці 4.4 найбільш навантаженим перетином є вузол № 18, де отримано напруження, величиною 130,7 *МПа* (при допустимих межах для матеріалу Ст. 3пс $\sigma_т$ = 250 *МПа* $\sigma_в$ = 420 *МПа*) [2, 6]. Тобто рама має надлишковий запас міцності.

Таблиця 4.4 - Значення напружень у максимально навантажених елементах рами двигуна машини КС-6Б при робочому режимі.

№ вузлів	Нормальні секторіальні напруження, *МПа*	Дотичні напруження, *МПа*	Результуючі напруження, *МПа*
6	2,68	0,63	2,90
8	27,5	6,48	29,71
10	8,947	2,11	9,66
18	116,9	33,79	130,7
17	96,46	22,75	104,20
7	27,5	6,48	29,71
13	15,78	3,72	17,05
14	20,64	4,86	22,29

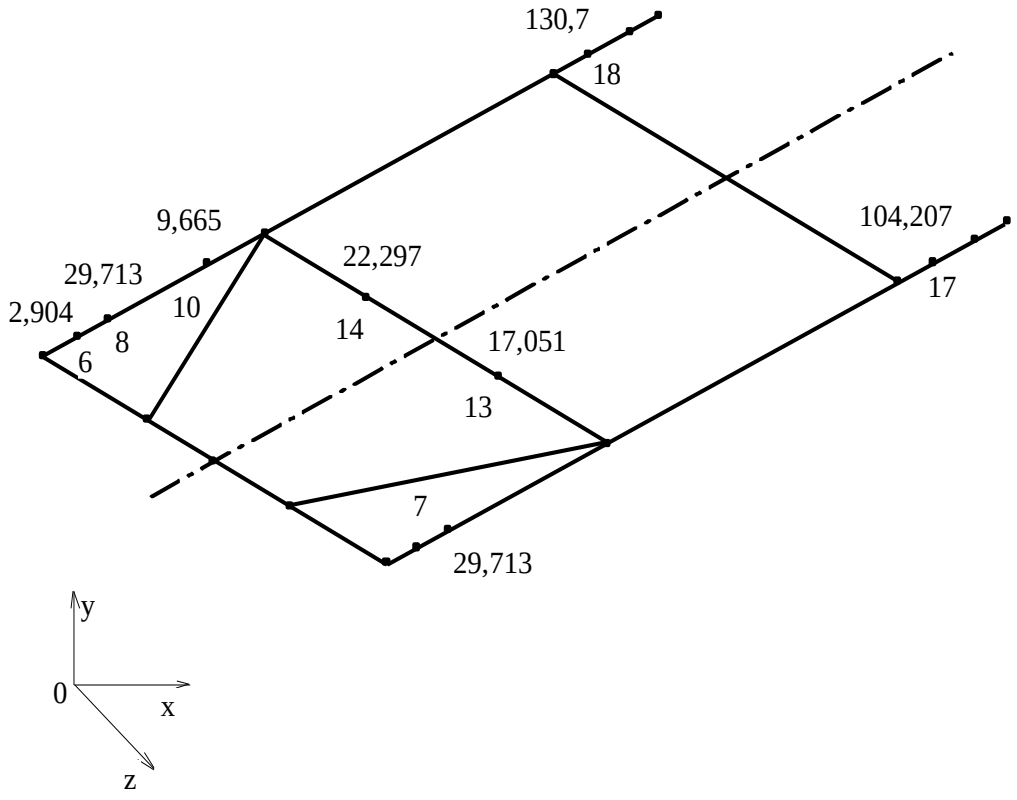

Рисунок 4.6 - Схема напружень у найбільш навантажених елементах рами двигуна

4.4 Обчислення залишкового ресурсу роботи рами двигуна КС-6Б

Розраховується залежність довговічності роботи рами двигуна від розміру початкового дефекту.

Залишковий ресурс знаходимо з формули [2]:

$$t = \frac{\int_{l_0}^{l_*} A \cdot \left[\left(\frac{K_{fc} - K_{th}}{B_\omega \cdot F(\varepsilon, \lambda) - K_{th}} \right)^m - 1 \right] dl}{\omega_e}, \qquad (4.6)$$

$m := 0.9$ $a := 16.6\,10^6$ $Kfs := 70$ $Kth := 11$ $\omega := 14.6$

$$FF(l) := a \cdot \left[\left(\frac{Kfs - Kth}{K(l) - Kth} \right)^m - 1 \right]$$

$l1 := 0.0016, 0.003 .. 0.0189$

$$N(l1) := \int_{l1}^{0.0189} FF(l)\, dl$$

$$t1(l1) := \frac{N(l1)}{\omega \cdot 3.6} \qquad t2(l1) := \frac{N(l1)}{12 \cdot 3.6} \qquad t3(l1) := \frac{N(l1)}{16 \cdot 3.6}$$

t1(l1) =	t2(l1) =	t3(l1) =
$1.3 \cdot 10^4$	$1.582 \cdot 10^4$	$1.186 \cdot 10^4$
$8.181 \cdot 10^3$	$9.954 \cdot 10^3$	$7.466 \cdot 10^3$
$5.969 \cdot 10^3$	$7.262 \cdot 10^3$	$5.447 \cdot 10^3$
$4.483 \cdot 10^3$	$5.455 \cdot 10^3$	$4.091 \cdot 10^3$
$3.377 \cdot 10^3$	$4.109 \cdot 10^3$	$3.081 \cdot 10^3$
$2.517 \cdot 10^3$	$3.063 \cdot 10^3$	$2.297 \cdot 10^3$
$1.837 \cdot 10^3$	$2.235 \cdot 10^3$	$1.676 \cdot 10^3$
$1.297 \cdot 10^3$	$1.578 \cdot 10^3$	$1.183 \cdot 10^3$
871.507	$1.06 \cdot 10^3$	795.25
542.88	660.503	495.378
298.097	362.685	272.014
127.268	154.842	116.132
22.595	27.49	20.617

де t – залишковий ресурс рами, *год*;

ω_e - середня частота навантажень в процесі експлуатації (визначається в ході експериментальних досліджень динаміки навантаженості рами двигуна), *Гц*;

l_0, l_* - відповідно довжина тріщини, яка відповідає пороговому та критичному значенням КІН.

K_{fs}, K_{th}, A, m – характеристики матеріалу.

Залежність (4.6) визначає проміжок часу, на протязі якого тріщина розвивається від порогового до критичного значення (руйнування конструкції).

На рис. 4.7 представлено графічну залежність залишкового ресурсу роботи рами двигуна від довжини тріщини у відповідності з частотою навантаження в реальних умовах експлуатації.

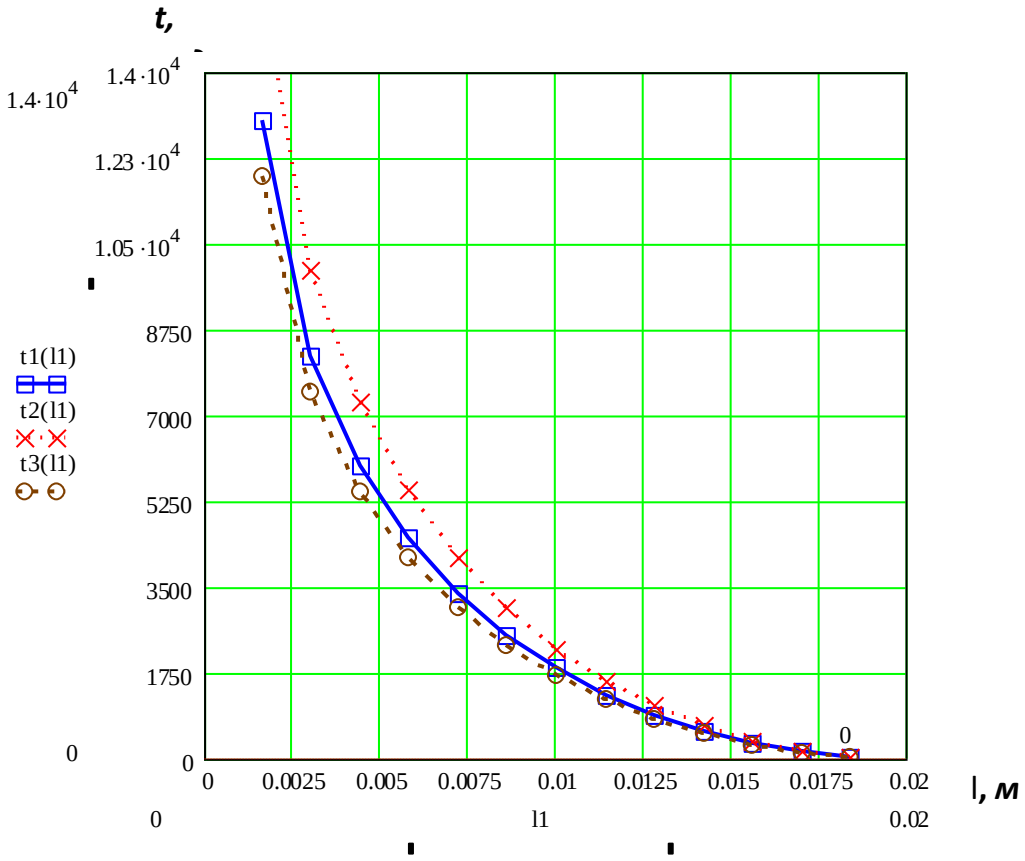

Рисунок 4.7 - Залежність залишкового ресурсу роботи рами двигуна коренезбиральної машини КС-6Б від розміру початкового дефекту

У найбільш навантаженому вузлі №18 середньо-максимальні напруження при експлуатації машини в робочому режимі складають 130,7 МПа при межі текучості матеріалу швелера 250 МПа. Очевидним є надлишковий запас міцності.

Залишковий ресурс рами двигуна при наявності у ній максимально-небезпечного дефекту-тріщини, складає 13000 год. При строкові служби машини КС-6Б 10 років (приблизно 3000 год.) такий запас є зайвим. Тому пропонується замінити прокат, що застосовується при виготовлені рами двигуна з катаного №12 (120х52х4,8) на гнутий №10 (100х50х4) Ст.5пс-2св. Це дозволить при забезпеченні необхідної міцності (максимальні напруження складатимуть 212,7 МПа, при допустимих) зменшити металомісткість рами на 11,4% (на 7,5 кг при масі рами 65,3 кг).

Проведені зміни в конструкції забезпечать гарантований ресурс роботи рами двигуна на протязі 6058 годин (розрахунки наведені в додатку Б).

5 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

При розрахунках за вихідні дані приймаємо:

- площа посівів цукрового буряку – F = 300 га;
- довжина гонів поля - L = 2000 м;
- урожайність коренеплодів – $Q_к$ = 350 ц/га;
- урожайність гички – $Q_г$ = 150 ц/га;
- середній кут нахилу поля - $\alpha = 2^0$;
- ширина міжрядь - a = 450 мм;
- відстань перевезення коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу – $l_{тр}$ = 3 км;
- цукровий буряк посіяний сівалкою ССТ-12Б з шириною захвату $B_с$ = 5,4 м.

За існуючою методикою [8] визначаємо, що радіус повороту агрегату становить R = 4,1 м. Ширину поворотної смуги визначаємо за рівнянням:

$$E = 3R + e, \quad (5.1)$$

де е – довжина виїзду агрегату з рядків – відстань, на яку необхідно вивести агрегат від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб запобігти пошкодженню і втратам коренеплодів.

$$E = 3 \cdot 4,1 + 4,0 = 16,3 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги збирального агрегату повинна бути узгоджена з шириною поворотної смуги посівного агрегату. Для посівного агрегату (Т-70С + ССТ-12Б) ширина поворотної смуги визначається аналогічно і перевіряється умовою:

$$E_п = п \cdot B_с, \quad (5.2)$$

де п – число проходів посівного агрегату при засіванні поворотної смуги.

$$E_п = 3 \cdot 5,4 = 16,4 \text{ м}$$

Приймаємо ширину поворотної смуги по більшому значенню – Е = 16,4 м і вона збирається при підготовці поля до збирання.

Робочу довжину поля визначаємо за рівнянням:

$$L_р = L - 2E \quad (5.3)$$

$$L_р = 2000 - 2 \cdot 16,4 = 1967,2 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу агрегату на повороті буде дорівнювати:

$$L_{х.х} = 6R + 2\,(0,5 \cdot e) \quad (5.4)$$

$$L_{х.х} = 6 \cdot 4,1 + 2 \cdot 0,5 \cdot 4,0 = 28,6 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів агрегату визначаємо за рівнянням:

$$\varphi = \frac{L_P}{L_P + L_{X.X}} \quad (5.5)$$

$$\varphi = \frac{1967.2}{1967,2 + 28,6} = 0,99.$$

При подальших розрахунках приймаємо, що швидкість руху агрегату на поворотній смузі дорівнює робочій швидкості, тобто:

$$V_{х.х} = V_р \quad (5.6)$$

Коефіцієнт тривалості поворотів дорівнює:

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (5.7)$$

$$\tau = \frac{1 - 0,99}{0,99} = 0,01.$$

При проведенні розрахунків приймаємо час зміни $T_{зм} = 7$ годин. Робочий час визначається з врахуванням наступних складових:

$$T_{роб} = \frac{T_{ЗМ} - (T_{ТЕХ} + T_{ТО} + T_{Ф} + T_{ОР})}{1 + \tau}, \quad (5.8)$$

де $T_{роб}$ – час чистої роботи, год;

$T_{тех}$ – час, що затрачується на технологічне обслуговування, год;

$T_{то}$ – час, необхідний для виконання технічного обслуговування агрегату, год;

$T_{ф}$ – час на фізіологічні потреби механізатора, год;

$T_{ор}$ – час на організаційні питання, год.

$$T_{роб} = \frac{7-(0{,}2+0{,}4+0{,}1+0{,}1)}{1+0{,}01} = 6{,}14 \text{ год.}$$

З врахуванням цих значень визначаємо коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{ЗМ} = \frac{T_{РОБ}}{T_{ЗМ}} \tag{5.9}$$

$$\tau_{ЗМ} = \frac{6{,}14}{7} = 0{,}88.$$

Тоді продуктивність за зміну удосконаленої коренезбиральної машини КС-6 буде дорівнювати:

$$W_{зм} = 0{,}1 \cdot B_р \cdot T_{зм} \cdot V_р \cdot \tau_{зм} \tag{5.10}$$

де $B_р$ – робоча ширина захвату коренезбиральної машини, м;

$V_р$ – робоча швидкість руху машини, $V_р = 4{,}3$ км/год.

$$W_{зм} = 0{,}1 \cdot 2{,}7 \cdot 4{,}3 \cdot 0{,}88 \cdot 7 = 7{,}15 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину визначається рівнянням:

$$W_{год} = 0{,}1 B_р \cdot V_р \cdot \tau_{зм} \tag{5.11}$$

$$W_{год} = 0{,}1 \cdot 2{,}7 \cdot 4{,}3 \cdot 0{,}88 = 1{,}02 \text{ га/год.}$$

Визначаємо питомі витрати палива при збиранні коренеплодів цукрових буряків удосконаленою коренезбиральною машиною КС-6:

$$q = \frac{G_P T_P + G_{X.X} T_{X.X} + G_0 T_0}{W_{ЗМ}} \tag{5.12}$$

де $G_р$, $G_{х.х}$, $G_о$ – витрати палива відповідно на робочому, холостому ході і на зупинках;

$T_р$, $T_{х.х}$, $T_о$ – час роботи, холостих ходів і зупинок на протязі зміни.

При збиранні коренеплодів цукрових буряків згідно норм витрат [9] палива і режиму роботи агрегату приймаємо: $G_р = 12$ кг, $G_{х.х} = 5{,}1$ кг, $G_о = 2$ кг, $T_р = 6{,}14$ год, $T_{х.х} = 0{,}6$ год, $T_о = 0{,}3$ год. Тоді питомі витрати палива будуть дорівнювати:

$$q = \frac{12 \cdot 6{,}14 + 5{,}1 \cdot 0{,}6 + 2 \cdot 0{,}3}{7{,}15} = 10{,}81 \text{ кг/га.}$$

Час циклу роботи визначається за рівнянням:

$$t_Ц = \frac{2 \cdot L_Р \cdot 60}{1000 \cdot V_Р} + \frac{2 \cdot L_{Х.Х} \cdot 60}{1000 \cdot V_{Х.Х}} + t_{Т.О} \qquad (5.13)$$

де $t_{то}$ – час на технічне обслуговування машини за один цикл (час на технічне обслуговування за нормативами приймаємо $t_{то}$ = 6 хв).

$$t_Ц = \frac{2 \cdot 1967{,}2 \cdot 60}{1000 \cdot 4{,}3} + \frac{2 \cdot 28{,}6 \cdot 60}{1000 \cdot 4{,}3} + 6 = 61{,}7 \text{ хв.}$$

Кількість циклів за зміну визначається рівнянням:

$$n_Ц = \frac{T_{зм} - t_1}{t_Ц} \qquad (5.14)$$

де t_1 = 35 хв – час технічного обслуговування кожної зміни;

$T_{зм}$ – чистий час зміни ($T_{зм}$ = 420 хв.)

$$n_Ц = \frac{420 - 35}{61{,}7} = 6{,}2$$

Продуктивність агрегату за цикл буде дорівнювати:

$$W_Ц = \frac{B_Р \cdot 2L_Р}{10000} \qquad (5.15)$$

$$W_Ц = \frac{2{,}7 \cdot 2 \cdot 1967{,}2}{10000} = 1{,}06 \text{ га/цикл.}$$

Витрати палива за цикл визначаються за рівнянням:

$$q_Ц = q \cdot W_Ц \qquad (5.16)$$

$$q_ц = 12{,}47 \cdot 1{,}06 = \text{кг/цикл.}$$

При середній урожайності коренеплодів цукрових буряків $Q_к$ = 350 ц/га за годину змінного часу збирається:

$$Q_{год} = Q_к \cdot W_{год} \qquad (5.17)$$

$$Q_{год} = 35{,}0 \cdot 1{,}02 = 35{,}7 \text{ т/год.}$$

Для транспортування коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу, який знаходиться на відстані 3 км від господарства при поточній

технології збирання приймаємо автомобілі КаМАЗ вантажопідйомністю 8 т. Час завантаження такого автомобіля збиральною машиною буде дорівнювати:

$$t_з = \frac{Q_a}{Q_{ГОД}} \quad (5.18)$$

де Q_a – вантажопідйомність автомобіля.

$$t_з = \frac{8}{35} = 0{,}23 \text{ год.}$$

Час транспортування коренеплодів до місця призначення і в зворотному напрямку буде дорівнювати:

$$t_{ТР} = \frac{l_{ТР}}{V_{ТР}} + \frac{l_{ТР}}{V_X} \quad (5.19)$$

де $V_{тр}$, $V_х$ – швидкість руху автомобіля при завантаженому кузові і на холостому ходу в зворотному напрямку, км/год [9].

$$t_{ТР} = \frac{3}{30} + \frac{3}{40} = 0{,}175 \text{ год.}$$

Час розвантаження автомобіля за нормативними даними становить $t_{роз}$ = 0,08 год. Всього затрати часу на цикл транспортування дорівнюють:

$$t'_{ТР} = t_з + t_{ТР} + t_{РОЗ} \quad (5.20)$$

$$t'_{ТР} = 0{,}23 + 0{,}175 + 0{,}08 = 0{,}485 \text{ год.}$$

Необхідна кількість транспорту для безперервного транспортування коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу дорівнює:

$$n_{ТР} = \frac{t'_{ТР}}{t_з} \quad (5.21)$$

$$n_{ТР} = \frac{0{,}485}{0{,}23} = 2{,}4.$$

Приймаємо 3 автомобілів КаМАЗ для транспортування коренеплодів за потоковою технологією збирання.

За результатами розрахунків складаємо операційно-технологічну карту на збирання цукрових коренеплодів удосконаленою машиною КС-6.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Організація робіт по техніці безпеки та охороні праці

Керівництво і відповідальність за організацію роботи з охорони праці в області технічного обслуговування машинно-тракторного парку покладається в господарствах на головного інженера, на пунктах технічного обслуговування, і ділянках на безпосередніх керівників цими підрозділами.

Особи, відповідальні за техніку безпеки в області організації технічного обслуговування (інженери по експлуатації, механік, бригадири, майстри й інші керівники), зобов'язані:

- не допускати перевірку тракторів, комбайнів і самохідних машин, що знаходяться в русі;
- не допускати до роботи на пересувних засобах технічного обслуговування, металообробних верстатах, до електрогазозварочних, ковальських і інших робіт осіб, що не мають відповідних чи посвідчень інших документів;
- стежити за справним станом пересувних засобів технічного обслуговування й устаткування, що знаходиться на стаціонарному пункті технічного обслуговування, а також за наявністю і справністю всіх передбачених правилами техніки безпеки запобіжних пристроїв, огороджень і індивідуальних засобів захисту, що забезпечують безпечні умови праці на відповідному ділянці роботи;
- визначати маршрути проходження пересувних засобів технічного обслуговування до місця роботи;
- вимагати дотримання робітниками і особами, що працюють за трудовим договором чи угоді, правил і інструкцій з техніки

безпеки, строго стежити за застосуванням безпечних методів праці і використанням усіх наявних запобіжних і захисних засобів;

Усі робітники, що надходять на роботу, повинні пройти вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці, а потім через кожні шістьох місяців роботи періодичний інструктаж. Робітники, зайняті на особливо небезпечних і шкідливих роботах (електрогазозварочні, ковальські, зарядка акумуляторів і ін.), періодичний інструктаж проходять через три місяці.

Велику роль у зниженні виробничого травматизму грає пропаганда безпечних методів ведення робіт. У зв'язку з цим керівництво пункту технічного обслуговування зобов'язано організувати куточок по техніці безпеки.

Куточок по техніці безпеки організується в спеціальному чи приміщенні безпосередньо в основному відділенні майстерні пункту технічного обслуговування. Ділянка куточка доцільно відокремити декоративною стінкою зі склоблоків висотою приблизно 2,6 м. Куточок повинний відповідати вимогам естетики. Його необхідно постачити аптечкою для надання першої медичної допомоги, столом і стільцями. Тут же повинні бути виставлені зразки захисних окулярів, світлофільтрів, респіраторів і інших індивідуальних засобів захисту. Варто також представити для порівняння справний і несправний інструмент. Тематика ілюстрацій і експозиції стендів повинні відбивати безпечні прийоми праці при технічному обслуговуванні і ремонті сільськогосподарської техніки, а також спеціальні види робіт, виконувані на пункті технічного обслуговування.

6.2 Загальні вимоги безпеки до тракторів і самохідних сільськогосподарських машин

Загальні вимоги безпеки до тракторів і самохідних сільськогосподарських машин установлені ДСТУ12.2.019–96 і однаковими вимогами до конструкції тракторів і сільськогосподарських машин по безпеці і гігієні праці.

Машини повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.003-94 і бути обладнані: дзеркалами заднього виду, гальмовими сигналами, габаритними вогнями, передніми і задніми ліхтарями, покажчиками поворотів, двохсвітловими фарами і перемиканням на ближнє і далеке світло, підніжками, поручнями, ручками, якщо робоче місце розташоване на висоті більш 550 мм; постачені футляром для аптечки першої допомоги, термосом для питної води; обладнані кріпленнями засобів пожежегасіння

Кути поперечної статичної стійкості повинні складати не менш 35° для тракторів і 30° для самохідних сільськогосподарських машин. Параметри шуму і вібрації не повинні перевищувати величин, установлених нормами. Рівень звуку в кабінах машин і зовнішнього шуму на відстані 7,5 м не повинний перевищувати 85 дБ. Машини повинні бути обладнані кабінами.

При технічному обслуговуванні й огляді перевіряють стан і надійність кріплень стійок підшипників головного карданного вала, гичкопідйомників, що підкопують лап, вибиральних апаратів, вирівнювачів, що ріжуть апаратів, кришок і корпусів підшипників. Переконуються у відсутності течі олії з коробок вирівнювачів і апаратів, що ріжуть, редукторів і гідравлічної системи.

При необхідності регулюють вузли комбайна і заточують диски ріжучого апарата.

Оглядають, регулюють вузли і механізми в строгій відповідності з правилами технічного обслуговування за бурякозбиральними комбайнами. Особливо звертають увагу на регулювання запобіжних муфт.

При підйомі комбайна за допомогою домкрата треба підкласти під його підставу міцну підставку, до підйому під колеса встановлюють упори.

Робочі органи від бадилля, рослинних залишків і землі очищають тільки чистиком-різаком.

Щоб полегшити умови праці при установці пружин вибиральних апаратів, надяганні вибирального ланцюга і виправленню пальців вирівнювачів, застосовують спеціальне пристосування.

Диски ножів, що затупилися, що ріже апарата заточують спеціальним пристосуванням, що додається до бурякокомбайна. Заточують при 545 об/хв карданний вал.

Під час чи заточення виправлення дискових ножів забороняється підтримувати пристосування чи руками сторонніми предметами, а також знаходитися на основній рамі бурякокомбайна. При заточенні, а також заправленню бруска заточувального пристосування треба користатися захисними окулярами щоб уникнути влучення абразиву в очі.

Пускати в експлуатацію комбайн, якщо немає огороджувального пристрою карданної передачі і надійної сигналізації, не дозволяється. Тому при огляді потрібно переконатися в їхній наявності і надійності.

Під час перевірки механізмів бурякокомбайна на неодруженому ходу не можна стояти біля відкритих передач, а також напроти головного карданного вала. Забороняється знаходитися між трактором і комбайном під час руху.

Відповідальним за техніку безпеки при обслуговуванні буряконавантажувача є тракторист-машиніст.

Перед пуском двигуна трактора треба, щоб важелі розподільного пристрою знаходилися в нейтральному положенні і був виключений центральний редуктор.

Механізм рухливої рамки перевіряють шляхом підйому й опускання її без ривків і ударів у землю.

До обслуговування стендів для обкатування вузлів, агрегатів і машин допускаються обличчя, яким виповнилося 18 років, що пройшли медогляд, навчання, інструктаж з техніки безпеки і які мають кваліфікаційне посвідчення.

Іспити й обкатування машин і вузлів, що створюють шуми і шкідливі речовини, що виділяють, необхідно проводити в ізольованих від інших цехів приміщеннях, у яких мається дистанційне керування випробовуваними машинами.

Стенди для обкатування двигунів повинні мати автоматичні пристрої, що виключають можливість перевищення припустимих частот обертання вала двигуна.

Безпека іспиту двигунів, коробка передач, задніх мостів і інших вузлів полягає в міцному кріпленні їх на стендах, надійному з'єднанні обертових і частин, що рухаються; у наявності захисних кожухів на сполучних муфтах, огороджень на приводних органах.

6.3 Системи вентиляції, розрахунок місцевої вентиляції

Вентиляція виробничих приміщень і робочих місць — один з головних засобів оздоровлення умов праці, підвищення продуктивності і ліквідації небезпеки професійних захворювань.

Вентиляцію й опалення згідно СН 245—71 улаштовують у всіх виробничо-побутових і допоміжних приміщеннях.

Будівництво і реконструкція опалення, вентиляція і кондиціонування повітря здійснюються у відповідності зі СНиП 11-33-75.

Вентиляцією називаємося організований і регульований повітрообмін, що забезпечує видалення з приміщення забрудненого повітря і подачу замість вилученого свіжого повітря.

По способі переміщення повітря вентиляція буває природної і штучний (механічної), а при їхньому сполученні — змішаної. У залежності від призначення вентиляції (припливу повітря в чи приміщення видалення його з приміщення) вентиляція називається приточною, витяжний чи приточно-вытяжною.

По характері дії вентиляція буває загальобмінною (у всьому обсязі приміщення) і місцевою, витяжною і приточною.

Дія загальобмінної вентиляції засновано на розведенні свіжим повітрям шкідливих речовин, що виділяються, до гранично припустимих чи концентрацій температур.

Найбільш ефективна й економічна приточно-витяжна вентиляція, при якій свіже повітря подається організовано в місця максимального перебування працівника, а забруднений відсмоктується через місцеві відсоси.

Застосування місцевих відсосів зменшує витрата енергії на одиницю повітрообміну обсягу приміщення.

Системи витяжної вентиляції відділень іспиту двигунів, насосів, фарбувального, ковальського й акумуляторного не повинні поєднуватися між собою і з вентиляторами інших приміщень. Загальний обсяг припливу повітря в кожне з приміщень повинний відповідати обсягу витяжки повітря. Різниця не повинна перевищувати 10...15%. Система вентиляції не повинна створювати шуму і протягів на робочих місцях, перегрівати і переохолоджувати працюючих.

Система вентиляції повинна бути пожежо- і вибухобезпечна, проста і надійна в експлуатації і відповідати ДСТУ12.4.021-95 «Системи вентиляційні.

До пристроїв місцевої приточної вентиляції відносяться: повітряно-теплові завіси, встановлювані в зовнішніх воріт майстерень і ПТО; повітроохолоджувачі, встановлювані в кабінах тракторів; повітряні душі, встановлювані в робочих місць гарячих цехів.

Місцева вентиляція призначена для уловлювання і видалення шкідливих речовин безпосередньо в джерел їхнього утворення. До цих пристроїв відносяться захисно-знепилюючі кожухи, витяжні шафи, парасолі, панелі, лійки, бортові відсоси.

Розрахунок повітрообміну місцевої вентиляції (витяжних парасолів, шаф, камер) роблять по обсязі витяжки повітря, м3/год,

$$Lз = 3600 \cdot v_з \cdot S$$

де $v_з$ – середня швидкість повітря в прийомної частини парасолів (приймається: для чотирибічних $v_з$ =1,05 – 1,25; для тристоронніх $v_з$ = 0,9 - 1,05; для двосторонніх $v_з$ = 0,75 – 0,9 м/с);

S — площа прийомної частини парасоля (шафи), м^2.

У залежності від способів фарбування, застосовуваних у господарствах, швидкість повітря приймають: при ручному фарбуванні — 0,5 - 1,0; при пульверизації — 1,0 - 1,7; при фарбуванні в електрополі — 0,5 м/с. Якщо відома норма повітревідсосу чи обсяг виділюваних шкідливих газів, то доцільно визначати необхідну швидкість відсосу.

Наприклад, при спалюванні 1 кг електродів марки ЦМ-8 і УОНИ-13/45 норми подачі повітря відповідно складають 5000 і 6000 м3. При спалюванні в 1 ч 0,6 кг електродів марки УОНИ-13/45 шкідливих газів виділяється $Lз = 0{,}6 \cdot 6000 = 3600 м^3 / год$

Швидкість відсоса повітря в широкій частині панелей

$$v = \frac{Lз}{a \cdot b \cdot 3600} = \frac{3600}{0{,}8 \cdot 1{,}2 \cdot 3600} = 0{,}96 м / с$$

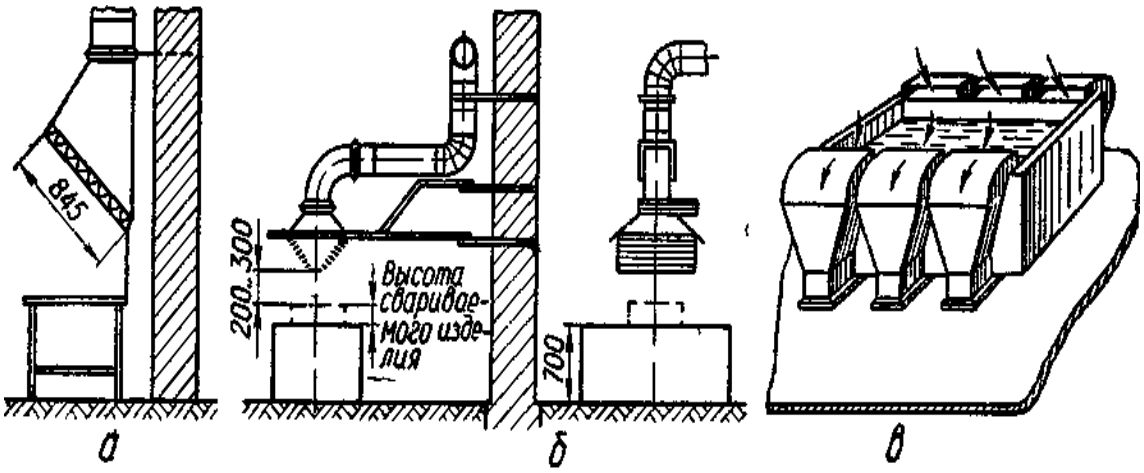

Рисунок 6.1 - Схема витяжних панелей і відсосів:

а — панель; *б* — поворотна панель*; в* — бортовий відсос

Об'ємна витрата повітря L (у м3/ч), що відсмоктується від автоматів і напівавтоматів для зварки під флюсом,

$$L = k\sqrt[3]{I}$$

де *k* — досвідчений коефіцієнт, рівний для щілинного відсосу 12, для подвійного відсосу (від зварювального трактора) 15 - 16;

I — зварювальний струм, А.

Об'ємна витрата повітря, що відсмоктується, (у $м^3$/год) звичайно складає: при ручному зварюванні і наплавленні – 600 - 800, при відсосі з підрешітки столу - 1200, при зварюванні в середовищі захисних газів - 500, при кисневo-ацетиленовому різанні – 4800 - 6000; машиною АСШ-2 при кисневому різанні нержавіючих сталей і кольорових металів - 25 000, при контактному зварюванні - 250, при електрометалізації - 3600.

Об'ємна витрата повітря (у $м^3$/ч) для видалення пилу від абразивних заточувальних верстатів

$$L = ad$$

де a — коефіцієнт, прийнятий для кіл діаметром до 250 мм - 2; для кіл діаметром 250 - 600 мм - 1,8; для кіл діаметром 600 - 1,6;

d — діаметр кола, мм.

Об'ємна витрата загазованого повітря (у м8/ч), якому необхідно відсмоктувати від ванни бортовими відсосами,

$$L_{б.о} = S \text{ с},$$

де S — площа випару рідини;

с — досвідчений коефіцієнт, що показує, скільки загазованого повітря необхідно відсмоктувати з 1 $м^2$ поверхні рідини за 1 год.

Значення коефіцієнта з (у м/год) для ванн із гарячою водою - 1500; для ванн хімічного знежирення - 2000; нікелювання і міднення при нагріванні - 2500; електролітичного знежирення - 3000; травлення - 4000; хромування - 6000.

Середня швидкість повітря в щілині бортового відсоса звичайно приймається 5 - 15 м/с.

7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ

Вихідні дані для визначення економічних показників проекту представлені в таблиці 7.1.

Затрати праці на збиранні цукрових коренеплодів визначаються за формулою:

$$Н = \frac{m}{W_{год}}, \qquad (7.1)$$

де: m – кількість обслуговуючого персоналу;

$W_{год}$ - продуктивність машини за годину, га/год.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для розрахунку економічних показників

Назва показників	Базова машина КС-6Б	Модернізована
1. Продуктивність, га/год	1,0	1,24
2. Питомі витрати палива, кг/га	10,75	8,65
3. Вартість машини, грн..	970000	975000
4. Ширина захвату, м	2,7	2,7
5. Кількість збираємих рядків, шт.	6	6
6. Кількість обслуговуючого персоналу	1	1

При збиранні цукрових буряків базовою машиною затрати праці становлять:

$$Н_б = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ люд.год/га}$$

При збиранні коренеплодів модернізованою машиною затрати праці будуть становити:

$$Н_м = \frac{1}{1{,}24} = 0{,}81 \text{ люд.год/га}$$

Зниження затрат праці при використанні модернізованої машини будуть становити:

$$Н_з = Н_б – Н_м = 1{,}25 – 0{,}81 = 0{,}44 \text{ люд.год/га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при збиранні врожаю цукрових буряків розраховуються за формулою:

$$С = С_о + С_а + С_р + С_{пмм}, \quad (7.2)$$

де $С_о$ – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

$С_а$ – амортизаційні відрахування, грн./га;

$С_р$ – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$С_{пмм}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на збиральному агрегаті, нараховується за тарифною сіткою за норму виконаної роботи. З врахуванням мінімальної заробітної плати (6700 грн.) по шостому розряду вона становить 291 грн. за зміну [20]. За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

$$C_O^1 = \frac{C_T}{W_{\#M}}, \quad (7.3)$$

де $С_т$ – оплата праці за тарифною сіткою, грн./зм.;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

Для механізатора, який працює на базовій машині, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{OБ}^1 = \frac{291}{5{,}6} = 51{,}96 \text{ грн/га.}$$

Крім того в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт, що становить 25,98 грн/га; 12 % - за інтенсивність робіт, що становить 6,24 грн/га. І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$С^н_{об} = 51{,}96 + 25{,}98 + 25{,}98 + 6{,}24 = 110{,}16 \text{ грн/га}$$

На цю суму нараховується 20 % за класність механізатора (становить 22,03 грн/га) і 51 % соціального страхування і інших відрахувань (становить 56,18 грн/га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатору при роботі базової машини будуть становити:

$$С_{об} = 110,16 + 22,03 + 56,18 = 188,37 \text{ грн/га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з розробленою вдосконаленою коренезбиральною машиною, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{ОМ}^{1} = \frac{291}{8,68} = 33,53 \text{ грн/га.}$$

Аналогічно крім цього проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт (становить 16,77 грн/га), 12 % за інтенсивність робіт (становить 4,02 грн/га). І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$С^{н}_{ом} = 33,53 + 16,77 + 16,77 + 4,02 = 71,08 \text{ грн/га.}$$

На цю суму проводиться нарахування 20 % за класність механізатора (складає 14,22 грн/га) і 51 % на соціальне страхування і інше (становить 36,25 грн/га). І тоді оплата праці механізатора, який працює на вдосконаленій машині, буде становити:

$$С_{ом} = 71,08 + 14,22 + 36,25 = 121,55 \text{ грн/га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$С_{а} = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{зм}}, \qquad (7.4)$$

де $Ц$ – ціна машини, грн.;

$Д$ – кількість днів роботи в рік;

$К$ – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для коренезбиральної машини становить 15 % [16]. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$С_{аб} = \frac{970000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 5{,}6} = 481{,}15 \text{ грн/га.}$$

Амортизаційні відрахування на вдосконалену коренезбиральну машину будуть становити:

$$С_{ам} = \frac{975000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 8{,}68} = 312{,}02 \text{ грн/га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини. Розрахунки проводяться за формулою:

$$С_р = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{зм}}, \quad (7.5)$$

де β - норма річних відрахувань на ремонт і технічне обслуговування, %.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$С_{р.б} = \frac{970000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 5{,}6} = 481{,}15 \text{ грн./га.}$$

Для вдосконаленої коренезбиральної машини затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть становити:

$$С_{р.м} = \frac{975000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 8{,}68} = 312{,}02 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$С_{пмм} = Ц_п \cdot G_{га} \quad (7.6)$$

де $Ц_п$ – комплексна ціна 1 кг палива;

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки двигуна і машини, а також зони застосування. Приймаємо слідуючи норми витрат мастильних матеріалів і пускового бензину в % до основного палива [15]:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;

- індустріальне масло – 0,64 %;
- консервацій ні мастила – 0,47 %;

На сьогодні вартість на паливо і мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, величини оптових закупок, постачальника і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива в розмірі 54,1 грн/кг. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базової машини становлять:

$$С^{б}_{пмм} = 54,1 \cdot 13,44 = 727,1 \text{ грн./га.}$$

При роботі агрегату з удосконаленою коренезбиральною машиною затрати на ПММ будуть становити:

$$С^{м}_{пмм} = 54,1 \cdot 8,65 = 467,97 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$С_{б} = 188,37 + 481,15 + 481,15 + 727,1 = 1877,77 \text{ грн./га.}$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

П о к а з н и к и	Базова машина КС-6Б	Модернізована
1. Продуктивність, га/год	0,8	1,24
2. Питомі витрати палива, кг/га	13,44	8,65
3. Затрати праці, люд.год/га	1,25	0,81
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	1877,70	1213,56
в т.ч. – оплата праці з нарахуваннями	188,37	121,55
- амортизаційні відрахування	481,15	312,02
- затрати на ремонт і ТО	481,15	312,02
- затрати на ПММ	727,1	467,97
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	664,21
6. Річний економічний ефект, грн.	-	63100
7. Строк окупності затрат, років	-	0,08

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з удосконаленою машиною будуть становити:

$$С_м = 121,55 + 312,02 + 312,02 + 467,97 = 1213,56 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні розробленої машини в виробництво в порівнянні з базовим об'єктом буде становити:

$$Е = С_б – С_м = 1877,77 – 1213,156 = 664,21 \text{ грн./га} \qquad (7.7)$$

У відсотках економічний ефект буде становити:

$$Е_в = \frac{664,21 \cdot 100}{1877,77} = 35,4 \text{ %.}$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 95 га буде становити:

$$Е_р = 664,21 \cdot 95 = 63100 \text{ грн.}$$

Окупність затрат на удосконалення збиральної машини визначаються за формулою:

$$Е_о = \frac{Ц_М}{Е_Р} \qquad (7.8)$$

$$Е_о = \frac{5000}{63100} = 0,08 \text{ років.}$$

Основні техніко-економічні показники, розраховані в проекті, приведені в таблиці 7.2.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз технологій і машин для збирання цукрових буряків дав можливість визначити основні їх недоліки. Визначено напрямки подальшого покращення роботи машини і внесено конкретні пропозиції. Оскільки відмови двигуна СМД-60-02 складають 40-60% всіх відмов, то його доцільно замінити на двигун ЯМЗ-236ДК6. Крім того запропоновано замінити привід гідронасоса на зубчастій муфті на привід на карданній передачі. Це спрощує складання рамної конструкції, дозволить уникнути післяскладальної механічної обробки.

2. Були проведені розрахунки під час яких визначено потрібну потужність двигуна та максимальну силу тяги і встановлено, що двигун ЯМЗ-236ДК6 задовольняє поставлені вимоги і може застосовуватися в якості силового агрегату для бурякозбиральної машини КС-6Б.

3. Внаслідок заміни двигуна заміни потребувала і підмоторна рама. Проведені розрахунки на міцність показали, що підмоторна рама базової конструкції виготовлена з катаного швелера №12 має надлишковий запас міцності і великий надлишковий ресурс роботи. Тому було вирішено катаний швелер №12 замінити на гнутий профіль №10. Це призвело до зменшення металоємності, надлишкового ресурсу роботи, зменшення ваги рами на 11,4% (на 7,5 кг при масі рами 65,3 кг) зменшення собівартості виготовлення, за рахунок вибору дешевшого профілю, та збереження потрібної міцності металоконструкції.

4. Після проведених розрахунків і обґрунтувань можна зробити висновок, що запропоновані зміни можуть позитивно вплинути на загальну роботу бурякозбиральної машини КС-6Б, зменшать час простоїв техніки та збільшать продуктивність бурякозбиральних комплексів.

5. Економічний ефект від впровадження розробок у виробництво становитиме 63100 грн. і затрати окупаються протягом року експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В умовах воєнного стану в Україні триває збирання цукрового буряку//Голос України, 20 вересня 2022/http://www.golos.com.ua/article/364463

2. Челпако Н. Цукровий буряк 2022. Посівні площі. Переробні потужності. Залишки й експорт https://latifundist.com/spetsproekt/964-tsukrovij-buryak-2022-posivni-ploshchi-pererobni-potuzhnosti-zalishki-j-eksport.

3. Тарасенко Т. Як отримати максимум урожайності з гектара цукрового буряку?// https://aggeek.net/ru-blog/yak-otrimati-maksimum-urozhajnosti-z-gektara-tsukrovogo-buryaku.

4. Карабиньош С., Новицький А., Сиволапов А. Бурякозбиральні машини та їх характеристики// Пропозиція. – 07.11.2008./ https: //propozitsiya.com/ua/buryakozbiralni-mashini-ta-yih-harakteristiki.

5. 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.

6. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Войтюк Д.Г. Царенко О.М. Яцун С.С. Довжик М.Я. Швайко В.М., Саржанов О.А. –К.: Вища школа, 2000. – 93 с.

7. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін..; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

8. 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.

9. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. - 384с.

10. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

11. Войтюк Я.Ю., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 448 с.

12. Довідник з опору матеріалів / Пісаренко 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. 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.

14. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

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

16. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, В.П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. –К.: Урожай, 1993. 224 с.

17. 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.

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

19. Отченаш В.А. Ефективність вирощування цукрових буряків та цукру в Україні// Ефективна економіка. - №11, 2012.

20. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обгрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.