

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістра

(освітній рівень)

на тему:

**Обґрунтування параметрів бункера
комбайна бурякозбирального КБС-6 «Збруч»**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МСм-61

напряму підготовки (спеціальності) 133

Галузеве машинобудування

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Герасимович П.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Хомик Н.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Дзюра В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Гевко Р.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

Освітній рівень магістр

Напрямок підготовки

(шифр і назва)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Гевко Р.Б.

« _____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Герасимовичу Павлу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування параметрів бункера
комбайна бурякозбирального КБС-6 «Збруч»

Керівник проекту (роботи) Сташків Микола Ярославович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від « 11 » вересня 2019 року № 4/7-799

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 22 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення рами бункера бурякозбирального
комбайна КБС-6 «Збруч»; ширина захвату – 2,7 м; продуктивність – 2 га/год; швидкість – 2 м/с;
дані про напрацювання машини; перелік експлуатаційних пошкоджень; базовий технологічний
процес механічної обробки деталі; робоче креслення деталі; річна програма випуску деталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналіз особливостей об'єкту проектування; Обґрунтування основних параметрів об'єкту
розробки; Дослідження параметрів об'єкту розробки; САПР сільськогосподарських машин;
Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі; Обґрунтування економічної
ефективності; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Екологія; Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Комбайн КБС-6. Загальний вигляд (А1); 2. Рама бункера (2А1); 3. Несучі конструкції (1А1);

4. Аналіз НДС стінки бункера (1А1); 5. Деталювання (1А1); 6. Дослідження довговічності рами
бункера (2А1); 7. Головка свердлильна шестишпindelна для свердління отворів в деталі
кришка (1А1). 8. Кондуктор для свердління шести отворів (1А1); 9. Наладка на операції (1А1).

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	7
1.1. Тенденції розвитку бурякозбиральної техніки.....	7
1.3. Методи оцінки напружено-деформівного стану (НДС) несучих конструкцій мобільних машин.....	16
1.2. Технологічні та компонувальні схеми самохідної бурякозбиральної техніки.....	12
1.4. Методи проектування бункерів.....	19
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	22
2. РОЗРАХУНОК БУНКЕРА БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА КБС-6 «ЗБРУЧ».....	24
2.1. Технологічний розрахунок бункера.....	24
2.2. Попередня оцінка НДС бункера комбайна КБС-6 «Збруч».....	29
2.3. Розрахунок на міцність розкосу.....	32
2.4. Розрахунок міцності бункера комбайна КБС-6 «Збруч».....	35
2.5. Аналіз НДС відкидної стінки бункера.....	40
2.6. Розрахунок стійкості коренезбирального комбайна.....	44
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	50
3.1. Дослідження навантаженості опор бункера.....	50
3.2. Теоретичні дослідження довговічності опор бункера.....	53
СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	57
4.1. Методи та системи комп'ютерного моделювання.....	57
4.2. Розробка моделі об'єкту проектування.....	59
4.2. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання.....	61

5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОМБАЙНУ КБС-6 «ЗБРУЧ».....	63
5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі.....	63
5.2. Проектування технологічного процесу механічної обробки.....	68
5.3. Розробка спеціальних верстатних та контрольних пристроїв.....	92
6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПОР БУНКЕРА МАШИНИ КБС-6 «ЗБРУЧ».....	95
6.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень. Оцінка технічного рівня виробу.....	95
6.2. Визначення техніко-економічних показників.....	99
6.3. Заходи з покращення організації виробництва.....	103
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	105
7.1. Відповідальність за порушення законодавства з охорони праці.....	105
7.2. Вимоги техніки безпеки при експлуатації комбайна КБС-6 «Збруч»...	107
7.3. Проведення рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях на підприємствах агропромислового комплексу.....	110
8. ЕКОЛОГІЯ.....	114
8.1. Вплив сільськогосподарської діяльності людини на стан навколишнього середовища.....	114
8.2. Забруднення довкілля, що виникають на підприємстві при виробництві комбайна КБС-6 «Збруч».....	115
8.3. Заходи із зменшення забруднення довкілля.....	117
ВИСНОВКИ.....	121
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	122
ДОДАТКИ.....	125

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи „Обґрунтування параметрів бункера комбайна бурякозбирального КБС-6 «Збруч»”.

Дипломна робота містить наступні розділи.

Вступ. Зазначено, що при сучасній тенденції розвитку бурякозбиральної техніки, пов'язаній зі створенням високопродуктивних бункерних комбайнів для збирання коренеплодів цукрових буряків за один технологічний цикл, суттєво загострилась проблема надійності роботи основних несучих систем бурякозбиральних машин.

Аналіз конструкцій бурякозбиральної техніки. Проведено аналіз тенденцій розвитку бурякозбиральної техніки, розглянуто методи оцінки напружено-деформованого стану несучих конструкцій машин; розглянуто технологічні та компоновальні схеми самохідної бурякозбиральної техніки; проведено аналіз конструкцій бункерів бурякозбиральних машин; описано конструкцію бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч» та причини виходу його з ладу. Обґрунтовано тему роботи.

Розрахунок бункера бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч». Проведено технологічний розрахунок бункера; здійснено попередню оцінку напружено-деформованого стану бункера комбайна; розраховано наміцність підкіс; проведено розрахунок на міцність бункера комбайна та аналіз напружено-деформованого стану відкидної стінки бункера; розраховано стійкість руху комбайна.

Дослідження параметрів об'єкту розробки. Проведено дослідження навантаженості опор бункера; розрахунковим шляхом встановлено теоретичну довговічність опор бункера.

САПР сільськогосподарських машин. Описано методи та системи комп'ютерного моделювання, розроблено модель осі шарніра кріплення відкидної стінки бункера, проведено аналіз НДС осі шарніра кріплення відкидної стінки бункера.

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі. Проведено аналіз конструктивних особливостей і технологічності деталі, розроблено технологічний процес виготовлення деталі, розроблено спеціальні верстатні пристрої.

Обґрунтування економічної ефективності. Проведено оцінку технічного рівня виробу, технічне обґрунтування інженерних рішень. Визначено техніко-економічні показники. Розглянуто заходи з покращення організації виробництва.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Розглянуто питання відповідальності за порушення законодавства з охорони праці, вимоги техніки безпеки при експлуатації бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч».

Екологія. Розглянуто питання впливу сільськогосподарської діяльності людини на стан навколишнього середовища; проведено аналіз забруднення довкілля, що виникають на підприємстві при виробництві комбайна КБС-6 «Збруч»; запропоновано заходи із зменшення забруднення довкілля.

У висновках підсумовано результати досліджень, проведених у дипломній роботі: досліджено НДС відкидної стінки бункера комбайна; підвищено міцність консолей, на яких встановлюється бункер; досліджено розподіл навантаження в опорах бункера при його заповненні коренеплодами; досліджено стійкість ходу бурякозбирального комбайна.

Впровадження запропонованих заходів щодо підвищення надійності опор бункера коренезбирального комбайна КБС-6 «Збруч» забезпечить річний економічний ефект більше 20000 грн.

Об'єм дипломної роботи: графічна частина складається із 11 листів креслення формату А1; розрахунково-пояснювальна записка містить 125 с. машинописного тексту, 33 рисунки, 13 таблиць, 32 позиції у переліку посилань.

ВСТУП

Вирощування цукрових буряків є провідною галузевою стратегією сільського господарства України, що має велике загальнодержавне значення.

Важливим фактором підвищення об'ємів і рентабельності виробництва цукру є забезпечення високого рівня механізації виробництва сировини, особливо технологічного процесу збирання коренеплодів цукрового буряка.

У світовій практиці досягнуто значних успіхів у створенні, виробництві та застосуванні високотехнологічної і продуктивної бурякозбиральної техніки. Однак є низка ще невирішених проблем і великі резерви для подальшого удосконалення конструкцій бурякозбиральних комбайнів. Для вітчизняного виробництва сільськогосподарської техніки особливо гострою є проблема підвищення якісних показників технічної надійності мобільних машин.

При сучасній тенденції розвитку бурякозбиральної техніки, пов'язаній зі створенням високопродуктивних бункерних комбайнів для збирання коренеплодів цукрових буряків за один технологічний цикл, суттєво загострилась проблема надійності роботи основних несучих систем бурякозбиральних машин [24].

Загальна тенденція розвитку складної мобільної сільськогосподарської техніки в напрямку інтенсифікації виконання технологічних процесів, яка приводить до неперервного збільшення енергосилових, кінематичних, габаритних та інших параметрів машин, вимагає нових підходів при створенні перспективних та модернізації існуючих машин. Це стосується, в першу чергу, потужних бурякозбиральних комбайнів з об'ємом бункера до 40 м³.

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

1.1. Тенденції розвитку бурякозбиральної техніки

Аналіз розвитку сучасної складної сільськогосподарської техніки в розвинутих країнах світу свідчить про значне підвищення її економічної ефективності. За останні 10-15 років потужність нових моделей тракторів і самохідних сільськогосподарських машин зросла майже у два рази, що сприяло підвищенню їх продуктивності, зниженню втрат урожаю. Суттєво підвищилась якість виконання робіт та експлуатаційна надійність техніки. Сучасними тенденціями розвитку сільськогосподарських машин є впровадження ґрунтозберігаючих технологій, обладнання техніки електронними системами керування робочими і технологічними процесами. Удосконалення агротехнологій, збільшення ширини захвату, пропускної та очисної здатності машин приводять до ускладнення конструктивно-компонувальних схем машин, збільшення їх маси та габаритів.

У роботах [13, 24] проведено узагальнення тенденцій розвитку бурякозбиральної техніки провідних світових фірм. Відомо, що за способом виконання технологічного процесу застосовують комплекси машин для двофазового збирання (гичку і коренеплоди збирають роздільним способом), трифазового збирання (накопичування коренеплодів у кагатах з подальшим перевантажуванням їх у транспортні засоби). У наш час існує більш прогресивна технологія однофазового збирання коренеплодів, при якій комбайн виконує комплекс операцій за один технологічний цикл.

Аналіз показує, що в Європі спостерігається стійка тенденція до збільшення виробництва самохідних бункерних комбайнів для однофазової технології збирання цукрових буряків (рис. 1.1) за рахунок скорочення кількості машин для дво- чи трифазової технології збирання.



а)



б)



в)



г)



д)



е)



е)



ж)

а - KLEINE SF-10; б - KLEINE SF-20; в - HOLMER Terra Dos;
 г - HOLMER Terra Dos T3; д – GRIMME Maxtron;
 е - VERVAET 17-T; е - ROPA Euro-Tiger; ж - AGRIFAC WKM Hexa 12.

Рисунок 1.1 – Зарубіжні бункерні бурякозбиральні комбайни

На ринку України найбільшою популярністю користуються імпортні комбайни KLEINE SF-10, HOLMER Terra Dos, ROPA Euro-Tiger та інші.

Бункерні бурякозбиральні комбайни європейських фірм (рис. 1.1) відрізняються, в основному, потужністю двигуна (225-415 кВт), конструкцією ходової системи, об'ємом бункера (13-40 м³), типом копачів і системами очисників, розташуванням завантажувальних і розвантажувальних транспортерів, компонованням систем “двигун-кабіна-бункер”. Незважаючи на певні відмінності, загальним для всіх типів комбайнів є розташування гичко- і коренезбиральних модулів у фронтальній частині комбайнів (рис. 1.1), що виключає негативний вплив проходів коліс на якість збирання, забезпечує добрий огляд гичкозбирального модуля і вивільняє простір для оптимального розташування потужних очисників, бункерів і двигуна у міжколісній базі [24]. Передня начіпка дозволяє також застосовувати широкі агрофільні передні шини, що мають високу несучу здатність, для сприйняття великих навантажень від гичко- і коренезбиральних модулів та завантаженої у бункер сировини.

Бункери невеликої місткості (4-10 м³), як правило, розташовуються у задній консольній частині комбайнів, бункери середньої (12-25 м³) та великої (40 м³) місткості – між переднім і заднім мостом ходової частини комбайна.

Для вивільнення з технологічного процесу збирання цукрового буряка транспортних засобів на ВАТ “ТеКЗ” було сконструйовано бункерну машину КБ-6 для двофазового збирання коренеплодів з об'ємом бункера 8 м³ (1998 рік). КБ-6 призначена для виконання технологічного процесу збирання цукрового буряка в комплексі з машинами БМ-6Б та ОГД-6А (рисунок 1.2, рисунок 1.3).

У зв'язку із тенденціями переходу на однофазову технологію збирання цукрових буряків ВАТ “Тернопільський комбайновий завод” випускав різні модифікації бурякозбиральних комбайнів (рисунок 1.2, рисунок 1.3).

КВП “Дніпропетровський комбайновий завод”



а)



б)



в)

ВАТ “Тернопільський комбайновий завод”



г)



д)



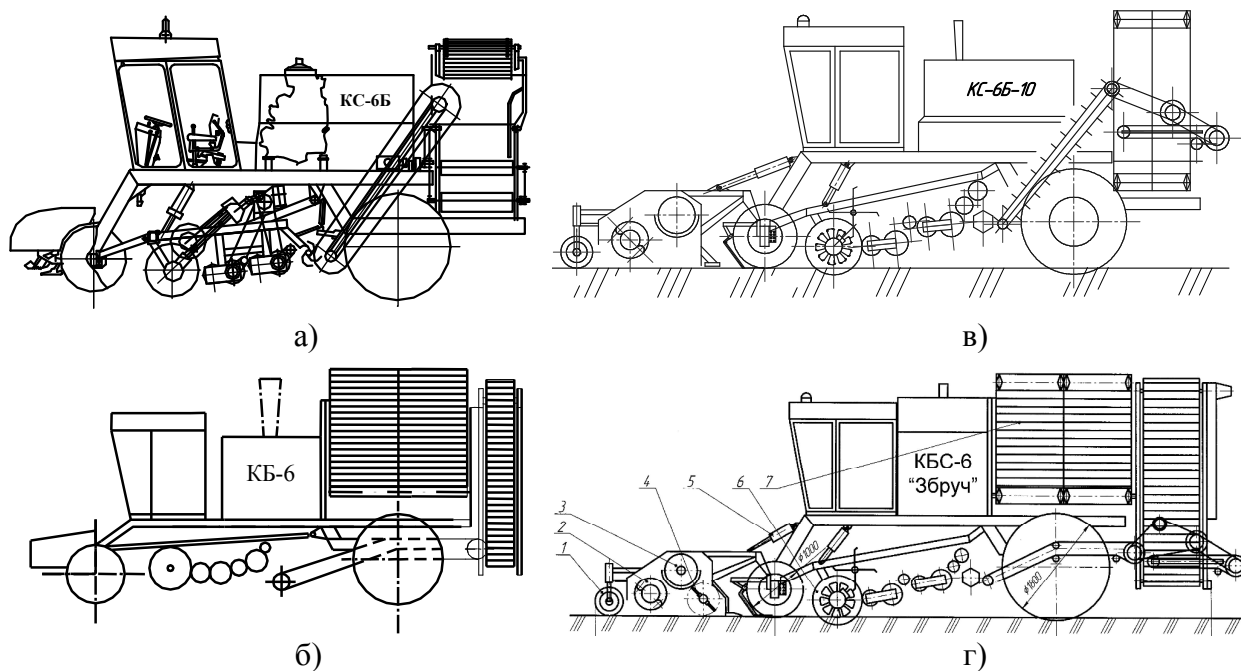
е)



є)

а - МКК-6-02; б - РКМ-6-05; в - РКМ-6-07 “Кристал”; г - КС-6Б;
д - КС-6Б-10 “Тернопіль”; е - КБ-6; є - КБС-6 “Збруч”; а-г, е – універсальні самохідні
коренезбиральні машини; д, є – коренезбиральні комбайни.

Рисунок 1.2 – Бурякозбиральна самохідна техніка вітчизняного виробництва



а – КС-6Б; б – КБ-6; в – КС-6Б-10; г – КБС-6 «Збруч»

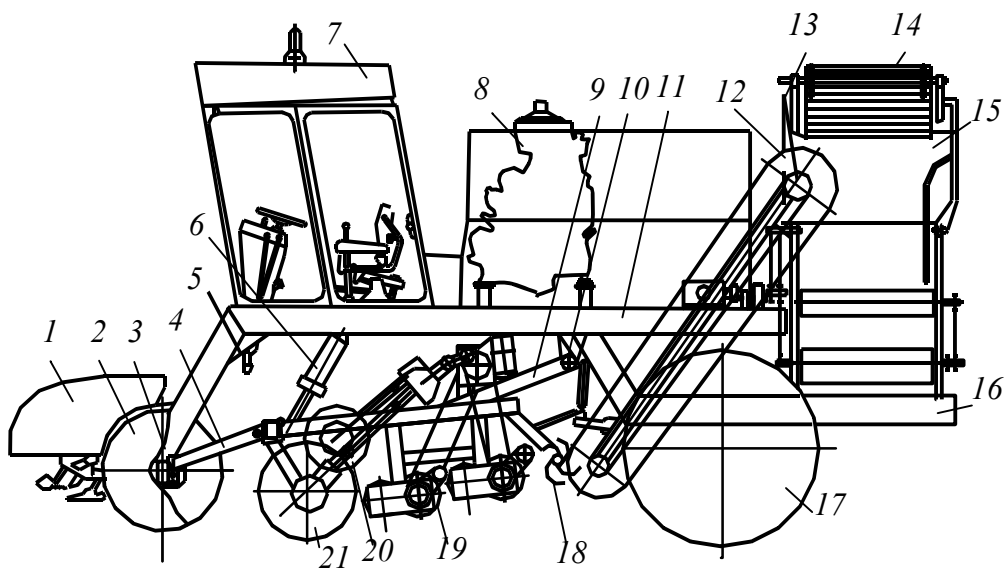
Рисунок 1.3 – Конструкції бурякозбиральної техніки ВАТ «ТеКЗ»

Розроблений ВАТ «ТеКЗ» бункерний комбайн КБС-6 «Збруч» (рисунок 1.2, рисунок 1.3) з бункером об'ємом 10 м^3 , побудований на базі самохідної коренезбиральної машини КС-6Б. Стандартний гичкозбиральний модуль МГР-6-03 з роторним зрізуючим шнековим транспортером і дообрізувачем головок коренеплодів розташований перед передніми керованими колесами, а викопуючий пристрій, – в міжколісній базі. Комбайн КБС-6 «Збруч» виконує за один прохід полем повний цикл збирання цукрового буряка [26].

Проведений аналіз тенденцій розвитку вітчизняного і зарубіжного комбайнобудування показує, що компоувальні рішення, розроблені для бурякозбиральних комбайнів КС-6Б-10, КБС-6 «Збруч», РКМ-6-07 «Кристал» (з гичкозбиральним модулем), відповідають передовим технологіям і перспективним напрямкам збирання коренеплодів.

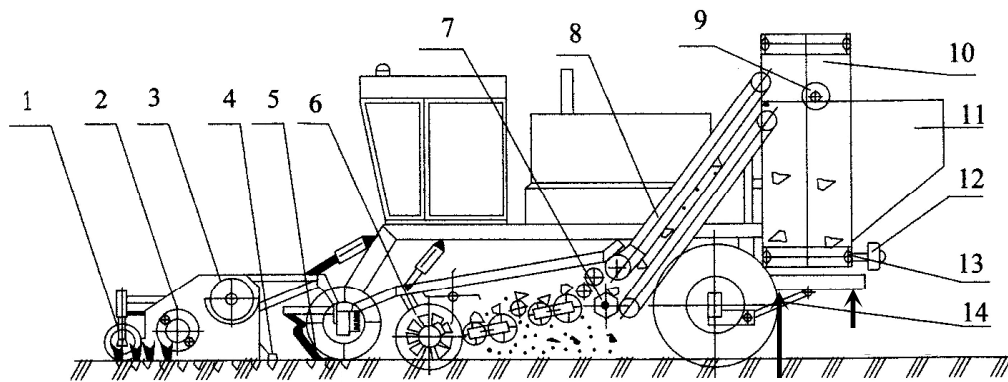
1.2. Технологічні та компоувальні схеми самохідної бурякозбиральної техніки

У зв'язку з тенденціями переходу на однофазову технологію збирання цукрових буряків ВАТ «Тернопільський комбайновий завод» (ВАТ «ТеКЗ») освоїв випуск модифікованих бурякозбиральних комбайнів КС-6Б-10 «Тернопіль» з об'ємом бункера 5м³ та КБС-6 «Збруч» з об'ємом бункера 10м³. При проектуванні цих комбайнів за базову модель була взята бурякозбиральна машина КС-6Б, що серійно випускалась у 80-90 роках минулого сторіччя і призначалась для збирання коренеплодів за роздільною технологією. Побудова машин «КС-6Б-10 „Тернопіль” → КБС-6 „Збруч”» зумовила використання подібних до базової моделі компоувальних схем. На рис. 1.5 приведена компоувальна схема 6-рядкової самохідної бурякозбиральної машини КС-6Б, на рис. 1.6 і рис. 1.7 – 6-рядкових самохідних бурякозбиральних комбайнів КС-6Б-10 «Тернопіль» і КБС-6 «Збруч» відповідно.



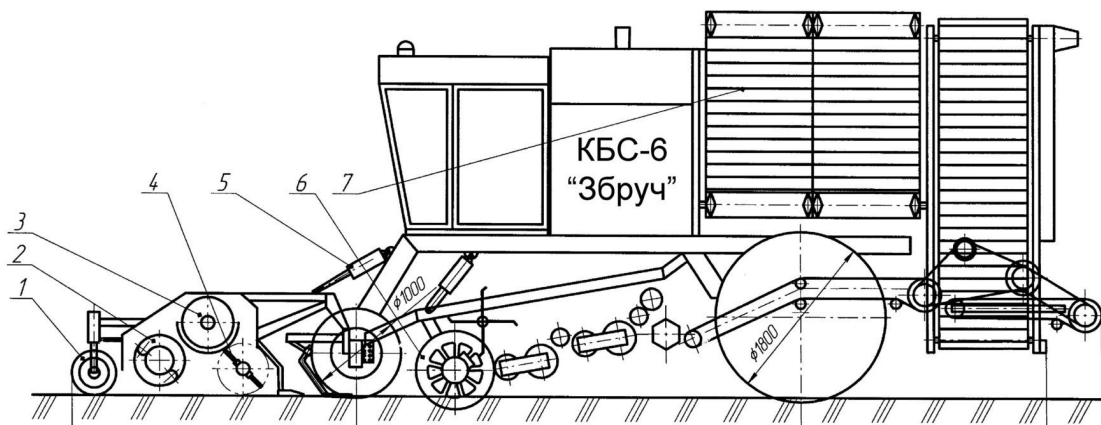
1-автомат водіння; 2-передній міст керованих коліс; 3-стрижні регулювання глибини ходу рами копача; 4-кронштейн; 5-фіксатор; 6-гідроциліндр піднімання копачів; 7-кабіна водія; 8-силовий агрегат; 9-рама викопуючого пристрою; 10-кульковий шарнір; 11-поздовжні лонжерони основної несучої системи; 12-поздовжній транспортер; 13-ведучий вал; 14-вивантажувальний елеватор; 15-бункер; 16-основна рама; 17-міст ведучих коліс; 18-передаточний бітер; 19-шнековий очищувач; 20-бітер; 21-дискові копачі

Рисунок 1.4 – Компоувальна схема коренезбиральної машини КС-6Б з дисковим викопуючим пристроєм



1-колеса опорні; 2-ротор гичкозрізуючий; 3-шнек; 4-механізм дообрізки головок коренеплодів; 5-автомат водіння; 6-пристрій викопуючий; 7-вал передаточний; 8-транспортер подвійний поздовжній; 9-шнек-розрівнювач; 10 транспортер вивантажувальний; 11-бункер 5 м³; 12-привід дна бункера; 13-очисник; 14-підсилення

Рисунок 1.5 – Компонувальна схема самохідного бурякозбирального комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль»



1-колесо опорне; 2-ротор гичкозрізувальний; 3-шнек; 4- дообрізувач головок коренеплодів; 5-механізм підйому гичкозрізувального агрегата ; 6-викопуючий пристрій; 7-бункер

Рисунок 1.6 – Компонувальна схема самохідного бункерного бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч»

Бурякозбиральна машина КС-6Б входить в комплекс машин для збирання коренеплодів роздільним способом. Технологічна схема для цього випадку наступна: збирання гички із завантаженням її на транспортні засоби (гичкозбиральна машина БМ-6А); доочищення головок коренеплодів від залишків гички (агрегат ОГД-6А); збирання коренеплодів і завантаження їх у транспортні засоби (коренезбиральна машина КС-6Б).

КС-6Б може працювати також в комплексі із гичкозбиральною шестирядною роторною машиною МГР-6-04, яка є аналогом МГР-6-03, що

агрегатується з бурякозбиральними комбайнами. В процесі роботи МГР-6-04, як і МГР-6-03, зрізує гичку з коренеплодів і розкидає по полю.

Коренезбиральна самохідна машина КС-6Б складається із шасі з об'ємним гідроприводом на ходову частину, коренекопача, автомата водіння.

Шасі коренезбиральної машини КС-6Б (рис. 1.5) складається з несучої рами 16, яка опирається на мости ведучих коліс 17 та керованих коліс 2, силового агрегата 8, кабіни водія 7, електричної та гідравлічної систем.

Коренекопач складається з викопуючого пристрою, поздовжнього транспортера та технологічного бункера 15 об'ємом $0,5 \text{ м}^3$ з вивантажувальним елеватором. Частину вузлів коренекопача змонтовано безпосередньо на основній рамі 16 (завантажувальний елеватор 14, бункер 15 та поздовжній елеватор 12), а решту (передаточний бітер 18, шнековий очисник 19, бітер 20, копачі 21) – на окремій рамі 9, яка приєднана до несучої рами 16 за допомогою шарніра 10 (рис. 1.5). Для піднімання рами викопуючого пристрою у транспортне положення та опускання в робоче служить гідроциліндр 6.

Принциповою особливістю роботи бурякозбиральних комбайнів КС-6Б-10 «Тернопіль» та КБС-6 «Збруч» є виконання повного технологічного циклу збирання цукрового буряка за один прохід полем: зрізування гички, дообрізування головок коренеплодів, викопування цукрового буряка із завантаженням його в бункер та наступним перевантаженням у транспортні засоби.

У зв'язку з цим у компоновальній схемі комбайнів, у порівнянні з базовою моделлю КС-6Б, є відмінності. По-перше, обидві моделі комбайнів обладнані гичкозрізувальним модулем МГР-6-03; по-друге, на них встановлені бункери більшого об'єму – 5 м^3 на КС-6Б-10 «Тернопіль» (монтуються на консольній частині рами) та 10 м^3 на КБС-6 «Збруч» (монтуються над заднім мостом).

Використання бункерів різного об'єму на КС-6Б-10 «Тернопіль» та КБС-6 «Збруч» визначає відмінність технології збирання цукрового буряка. Бункер комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль» призначений для накопичення коренеплодів на відносно короткій довжині гону, що забезпечує неперервність

процесу збирання коренеплодів, зокрема, при технологічній зміні транспорту, який рухається разом із комбайном. У той же час, комбайн КБС-6 «Збруч» з бункером об'ємом 10 м³ працює незалежно від технологічного транспорту і вивантажує буряк в кінці гону.

Викопування коренеплодів самохідним бурякозбиральним комбайном КС-6Б-10 «Тернопіль» здійснюється за наступною технологічною схемою. Гичкозбиральний модуль МГР-6-03 (розташований перед передніми керованими колесами), що складається з гичкозрізуючого ротора 2, шнека 3 і механізму дообрізування головок коренеплодів 4, зрізує і дообрізує гичку з головок буряків. При цьому гичка подрібнюється і виводиться шнеком 3 набік.

Коренекопач викопує буряки, які далі потрапляють на подвійний поздовжній транспортер 8, де здійснюється їх доочищення за рахунок різниці швидкості верхнього і нижнього полотен транспортера. Подвійний транспортер 8 подає коренеплоди в бункер 11. В процесі його заповнення шнек-вирівнювач 9 рівномірно завантажує об'єм відкидної секції бункера та його додатковий об'єм у задній частині. Бункер може додатково оснащуватися вальцево-дисковим доочищувачем 13. З бункера 11 коренеплоди вивантажувальним транспортом 10 подаються в транспортний засіб, що рухається поруч. Наявність технологічного бункера об'ємом 5 м³ дозволяє виконувати технологічний процес неперервно, оскільки вивантажувальний транспортер здійснює вивантаження коренеплодів швидше, ніж відбувається завантаження бункера.

За аналогічною технологічною схемою збирання працює бурякозбиральний комбайн КБС-6 «Збруч», за винятком особливостей, відзначених вище.

При переході на однофазову технологію збирання цукрового буряка ускладнилися компоновальні схеми комбайнів, збільшилися їх габарити і маса.

1.3. Методи оцінки напружено-деформівного стану (НДС) несучих конструкцій мобільних машин

Для розрахунку несучих систем мобільних машин розроблено велику кількість різних за складністю і точністю отриманих результатів методів, що враховують специфічні особливості конструкцій. Характерними для них є нерегулярна просторова структура, застосування елементів різних типів, складний і неоднозначний характер навантаження.

Основні положення розрахунку і конструювання несучих систем мобільних машин висвітлені у [3, 21].

Зокрема, для оцінки НДС рамних конструкцій застосовуються аналітичні методи, які базуються на теорії тонкостінних стержнів, що розроблена В.З. Власовим, який встановив загальний закон розподілу нормальних напружень у поперечному перетині тонкостінного стержня при сумісній дії згину і кручення. На основі цієї теорії розроблені методи розрахунку рам із тонкостінних стержнів відкритого (Власов В.З.) і замкнутого поперечного перетину.

Найбільше розповсюдження отримали методи розрахунку рам з деформівним і недеформівним контурами.

Але високий ступінь статичної невизначуваності розрахункових схем суттєво ускладнює процес розрахунку рамних конструкцій. При розробці теоретичних засад усунення «зайвих» в'язей основних несучих конструктивних структур, особливо мобільних сільськогосподарських машин досить ефективним виявився метод, оснований на принципі мінімуму потенціальної енергії деформації. Особливий ефект отримано при модифікації цього методу з врахуванням лише енергії деформації від депланації:

$$U_{\omega} = \sum \int \frac{B\omega^2 ds}{2EI_{\omega}} \text{ при системі рівнянь } \frac{\partial U_{\omega}}{\partial B_{\omega}} = 0, \quad (1.1)$$

де B_{ω} - згинально-крутний бімомент, Н·м²;

I_{ω} - секторіальний момент інерції, м⁶,

і розробка на даній основі комбінованого методу, що поєднує в собі варіаційний принцип Лагранжа, узагальнений принцип додаткової енергії Холінгена-Рейснера, метод скінчених елементів (МСЕ).

У сучасній інженерній практиці у зв'язку з розвитком комп'ютерної техніки та розробкою універсальних прикладних програм, основаних, головним чином, на методі скінчених елементів, розрахунки з визначення НДС складних конструктивних структур суттєво прискорюються. Переваги МСЕ у порівнянні із традиційними числовими методами полягають у простоті алгоритмізації, можливості повної автоматизації складання рівнянь і отримання рішень для будь-яких складних комбінованих систем [8]. Все це робить метод скінчених елементів найбільш універсальним методом, що відповідає, в значній мірі, вимогам до розрахунку рам.

В МСЕ реалізується проста і очевидна ідея дослідження об'єкта на основі розгляду окремих його частин - скінчених елементів (СЕ). Таким чином здійснюється апроксимація суцільного середовища з нескінченним числом ступенів свободи деякою множиною простих елементів, що мають граничне число ступенів вільності і взаємопов'язаних між собою у вузлових точках.

Отже, континуальні системи розбиваються на окремі елементи, робота яких приблизно або точно вивчена, а потім напружено-деформівні стани цих елементів суміщаються між собою так, щоб забезпечувались умови сумісності деформації і умови рівноваги. МСЕ дозволяє представити рішення набором неперервних функцій у кожному СЕ.

Алгоритм розв'язку відповідної системи рівняння відносно значення функції у вузлах найпростіше знаходиться заміщенням згаданої системи диференціальних рівнянь відповідними варіаційними диференціалами. Зокрема, для задач пружного деформування тіл при дії різноманітних сил застосовується функціонал Лагранжа:

$$\Pi_L(\bar{U}) = \int_V \left\{ \frac{1}{2} \varepsilon^T \cdot \sigma - \bar{U}_T \cdot \bar{F} \right\} dV - \int_S \bar{U}^T \bar{P} \cdot dS. \quad (1.2)$$

Відзначимо, що величина Π_L є потенціальною енергією тіла, перший доданок визначає енергію деформації, а інші - роботу зовнішніх сил на переміщеннях. Далі інтеграл (1.2) представляється у вигляді суми інтегралів по об'ємах множин СЕ. Після підстановки апроксимацій деформацій ε , напружень σ , і зусиль \bar{P} і \bar{F} функціонал (1.2) перетворюється у функцію вузлових переміщень:

$$\Pi_L\{v\} = \frac{1}{2}\{v\}^T \cdot K\{v\} - \{v\}^T \cdot \{Q\}, \quad (1.3)$$

де K і $\{Q\}$ – відповідно матриця жорсткості та вектор навантаження СЕ в локальній системі координат.

Наведений вище алгоритм є математичною основою пакетів універсальних прикладних програм Simulation SolidWorks [1], «Ліра» [17] та ін., зокрема для розрахунку НДС та міцності конструкцій.

Метод скінчених елементів (МСЕ), який реалізований в багаточисельних програмах, при сучасному рівні розвитку засобів обчислювальної техніки дозволяє проводити дослідження НДС достатньо складних об'єктів при різноманітних видах навантаження, зокрема таких, як несучі структури мобільних машин. У той же час, як відзначається в роботі [7], напруження у рамі вантажного автомобіля, отримані МСЕ і експериментальним (тензометричним) методом можуть суттєво відрізнятись (на 30-40 %).

Подібні порівняльні дані отримані в [8] при дослідженні НДС методом СЕ та експериментально несучої конструкції кормозбиральної машини УЭС - 250 «Полесьє». Розрахунки рами проведено для випадку статичного навантаження з експериментально визначеними коефіцієнтами динамічності $k_\delta = 2 \dots 2,5$. Результати досліджень показали, що напруження в перетинах найбільш навантажених елементів, отримані МСЕ, в 1,07...1,53 рази вищі за результати експериментальних досліджень.

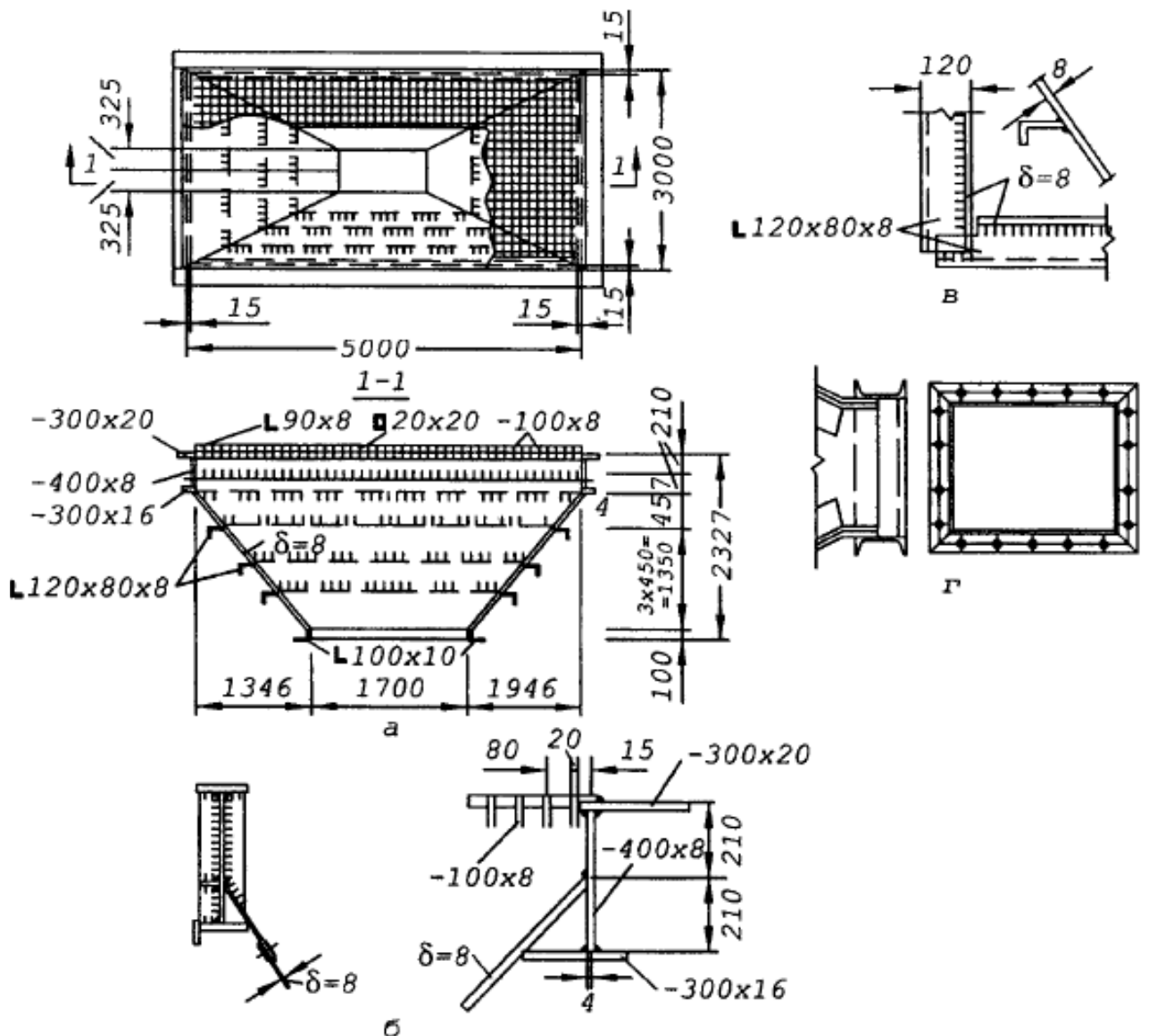
Отже, вірогідність результатів можна забезпечити лише при коректному моделюванні геометрії і фізичних властивостей конструкції.

1.4. Методи проектування бункерів

Бункерами називаються місткості для зберігання та перевантаження сипких матеріалів.

Розрізняють бункери пірамідальні (з плоскими стінками), гнучкі і круглі. Для зберігання великої кількості сипких матеріалів застосовуються підвісні бункери з гнучкими стінками параболічного обрису [18].

На рис. 1.7 зображена конструктивна схема прямокутного бункера.



а – конструктивна схема; б – кріплення бункера до поздовжньої і поперечної балок;

в – з'єднання ребер; г – вихідний отвір

Рисунок 1.7 – Схема прямокутного бункера

Конструкція бункера складається із вертикальних балок і кутникових ребер, на які спираються ребра жорсткості із кутників і стіни. Стінки бункера роблять з листів товщиною не менше 8 мм. Стінка від тиску сипкого тіла працює на згин у прольоті між ребрами жорсткості.

Бункери з плоскими стінками розраховують на дію навантаження: від маси конструкцій 1...1,2 кН/м², снігового, вітрового навантаження, тимчасового навантаження на перекриття до 4 кН/м², а також від тиску сипкого матеріалу.

Розрахункове значення вертикального q_x і горизонтального q_y тисків, що діють на лист стінки на глибині x від поверхні сипкого тіла:

$$q_x = \gamma_c \gamma x; \quad (1.4)$$

$$q_y = \gamma_c \gamma x \operatorname{tg}^2(45 - \varphi/2), \quad (1.5)$$

де $\gamma_c = 1,3$ – коефіцієнт надійності щодо перевантаження;

γ – густина сипкого матеріалу;

φ – кут природного відкосу сипкого матеріалу.

Обшивку воронки розраховують на згин з розтягом, як пластину, під дією нормального до її поверхні тиску сипкого матеріалу:

$$q = q_x \cos^2 \alpha + q_y \sin^2 \alpha, \quad (1.6)$$

де α – кут нахилу площини воронки до горизонту.

Горизонтальні ребра жорсткості з кутників розраховують як балки, на які припадає частина тиску сипкого тіла.

Гнучкі бункери призначені для зберігання великих обсягів сипких матеріалів. Вони мають вигляд підвішеної параболічної оболонки, яка працює головним чином на розтяг.

На рис. 1.8 показана розрахункова схема гнучкого бункера.

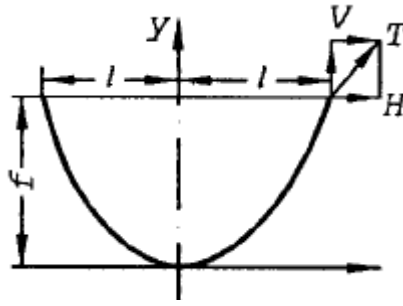


Рисунок 1.8 – Розрахункова схема гнучкого бункера

Щоб оболонка бункера працювала на розтяг, її обрис приймають за рівнянням

$$y = \frac{2}{3} f \left(\frac{x}{l} \right)^2 \left(1 - \frac{x}{3l} \right). \quad (1.7)$$

Площу поперечного перерізу бункера визначають за формулою

$$A = \frac{5}{4} f l. \quad (1.8)$$

Найбільша ордината кривої навантаження буде на середині прольоту

$$F_{\max} = \frac{5}{4} \gamma_c \gamma f, \quad (1.9)$$

де $\gamma_c = 1,2$ – коефіцієнт надійності щодо навантаження.

Складові реакції у точці підвісу бункера мають вигляд:

$$F_h = \frac{F_{\max} l^2}{3f}, \quad (1.10)$$

$$F_v = \frac{F_{\max} l}{2}. \quad (1.11)$$

Повне зусилля розтягу N (T), яке припадає на одиницю довжини бункера в місці його прикріплення до балки,

$$N = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} . \quad (1.12)$$

Товщину стінки бункера визначають з умови міцності зварних стикових швів при з'єднанні листів оболонки:

$$t_w = \frac{N}{\beta_{wf} \gamma_c \gamma_f R_{wy}} . \quad (1.13)$$

У поздовжньому напрямку оболонка бункера підвішується до балок, які опираються на колони. При значній довжині бункера ставляться проміжкові поперечні жорсткі діафрагми у вигляді горизонтальних балок або ферм, що сприймають горизонтальну складову реакції F_h (H).

1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи

У світовій практиці спостерігаються наступні тенденції створення сучасної високоефективної сільськогосподарської техніки :

- розробка багатофункціональних машин, які ефективно виконують максимум операцій за цикл;
- зменшення втрат і пошкоджень сировини, стійка робота в різних кліматичних і агротехнічних умовах;
- впровадження ресурсозбереження;
- підвищення робочих і транспортних швидкостей техніки;
- збільшення ширини захвату машин;

- збільшення місткості бункерів;
- зниження негативного впливу машин на ґрунт;
- ускладнення конструктивно-компонувальних схем машин, збільшення їх маси і габаритів.

Аналіз розвитку бурякозбиральної техніки показує, що у країнах ЄС спостерігається стабільна тенденція до збільшення виробництва самохідних широкозахватних (6-, а за останній час 9- і 12-рядкових) комбайнів з об'ємом бункера від 12 м³ до 40 м³, максимальною продуктивністю 80 – 120 т/год. для однофазової технології збирання цукрового буряка. В той же час зменшується кількість машин для дво- і трифазової технології збирання. Загальна нетто-маса сучасних бурякозбиральних комбайнів досягає 25 – 30 т, при заповненому бункері – 50 – 60 т, що приводить до ускладнення їх конструкції в цілому та несучих систем зокрема.

Функціональне ускладнення роботи вітчизняних бурякозбиральних (КС-6Б-10 „Тернопіль”, КБС-6„Збруч”), зернозбиральних (КЗС-9-1 „Славутич”) комбайнів, інших машин нового покоління ставить підвищенні вимоги до рівня їх надійності та якості (зокрема до несучих систем мобільних сільськогосподарських машин).

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

1. дослідити рівень експлуатаційного навантаження несучих систем бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч».

2. Побудувати розрахункові схеми несучих конструкцій бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч» та провести оцінку їх напружено-деформівного стану з врахуванням реального навантаження.

3. На основі проведених досліджень отримати залежності перерозподілу навантаження в опорах бункера при виконанні технологічного процесу збирання буряка комбайном КБС-6 «Збруч».

2. РОЗРАХУНОК БУНКЕРА БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА КБС-6 «ЗБРУЧ»

2.1. Технологічний розрахунок бункера

Не зважаючи на те, що бункери почали встановлювати на бурякозбиральні машини фактично одночасно з появою більш-менш складних комбайнів, конструктивні їх особливості до теперішнього часу відрізняються великою різноманітністю і динамікою розвитку. Це свідчить як про складність проблем, пов'язаних із створенням комбайнів з бункерами достатньої місткості, так і про різноманітність умов роботи бурякозбиральних машин і вимог, що пред'являються до них.

Невеликі бункери почали встановлювати вперше, в 30-ті роки, на коренекопалках, потім на 1-2-х рядних комбайнах для укладання коренеплодів в поперечні ряди. Такі бункери забезпечували клапаном, який відкривався вручну або автоматично, коли коренекопалка або комбайн під'їжджав до поперечного валу буряка. Потім місткість збільшили до розмірів, необхідних для збору коренеплодів зі всього ряду і розвантаження в польові бурти на краю поля, або перевантаження в транспортні засоби. Бункер забезпечували розвантажувальним елеватором або гідросистемою для його підйому і перекидання. Пізніше бункери з великою місткістю стали встановлювати на 3-6 рядні причіпні і самохідні комбайни, а також на причіпні і самохідні підбирачі валів. Бункери сучасних самохідних бурякокомбайнів мають досить складну конструкцію, що включає, власне, саму місткість у вигляді каркаса з сітчастими стінками, завантажувальний транспортер, розрівнюючий шнек і рухоме дно (транспортер) для розвантаження коренеплодів з подачею їх на систему вивантажних транспортерів комбайна. До бункерів можна віднести і кузови універсальних транспортно-технологічних засобів, оскільки вони також забезпечені системою донних і вивантажних транспортерів і їх ефективність залежить від місткості, врожайності буряка і розмірів полів (довжини гонів).

Бункери, як і всі елементи бурякозбиральних машин, знаходяться у стадії активного розвитку. Різні варіанти відрізняються не тільки формою самої місткості для коренеплодів, але і системами її завантаження і розвантаження. На відміну від варіанту з донним і вивантажним транспортерами застосовують також системи, в яких розвантаження проводиться тільки донним транспортером. Для цього задня частина бункера підводиться для збільшення висоти розвантаження у великі польові бурти або у великовантажні транспортні засоби. Відомі також варіанти бункерів, в яких передбачена можливість розвантаження і тим і іншим способом. Таким бункером, наприклад, є спеціальний кузов великовантажного підбирача валів. На малюнку показано розвантаження донним транспортером, але можливе і розвантаження розташованим в передній частині бункера бічним транспортером, до якого коренеплоди подаються донним транспортером при зворотному напрямі руху його полотна. Для зниження маси бункера стінки його часто роблять ґратчастими.

В створенні бункерів для бурякозбиральних машин ще багато проблем, для яких поки немає оптимального рішення. Однією з таких проблем є швидке зростання конструктивної маси бункера із збільшенням його місткості, що ставить задачу вибору мінімально необхідної місткості бункера Q з урахуванням фактичних значень врожайності U і розмірів плантацій (точніше довжини гонів L_2).

Як вже наголошувалося вище, бункерні комбайни можуть працювати перевалочним способом з вивантаженням коренеплодів на одному або на обох кінцях загонки. При цьому якщо місткість бункера не достатня, то необхідно мати технологічний транспорт для проміжних перевантажень в межах загонки. Можливе також перевантаження безпосередньо в транспорт для відвезення коренеплодів на цукровий завод, але таке перевантаження бажано робити на краю поля, не допускаючи великовантажний транспорт з шинами високого тиску на полі.

Місткість бункера буде достатньою для розвантажень на обох кінцях загонки, якщо виконується умова

$$Q \geq BL_e Y, \quad (2.1)$$

а для вивантаження тільки на одному краю загонки

$$Q \geq 2BL_e Y, \quad (2.2)$$

де B - ширина захвату бурякозбиральної машини.

Оскільки L_e і Y випадкові величини, то частки площ плантацій, для яких прийнятний перший або другий варіанти збирання, можна визначити як вірогідність виконання вказаних вище умов.

Для першого варіанту вірогідність того, що дотримуватиметься умова (2.1) рівна

$$P_1 = \int_{L_{e1}}^{L_{e2}} dL_e \int_{Y_1}^{Y_{21}} f(Y, L_e) dY, \quad (2.3)$$

де L_{e1} і L_{e2} - найменша і найбільша довжини гонів;

Y_1 - мінімальна врожайність;

(Y, L_e) - двохмірна густина розподілу випадкових величин Y і L_e . Величина врожайності, обмежена умовою. Оскільки Y , і L_e по своїй природі не залежні один від одного, то

$$f(Y, L_e) = \varphi_1(Y)\varphi_2(L_e)$$

де – $\varphi_1(Y), \varphi_2(L_e)$ - одномірні розподіли величин Y і L_e відповідно. Розподіл врожайності досить добре описується нормальним законом

$$\varphi_1(Y) = \left[1/(\sqrt{2\pi}\sigma_y)\right] \exp\left[-(Y - \bar{Y})^2 / (2\sigma_y^2)\right], \quad (2.4)$$

а довжин гонів логарифмічно нормальним

$$\varphi_2(L_e) = \left[1/(\sqrt{2\pi}\sigma_{L_e})\right] \exp\left[-(\ln L_e - \overline{\ln L_e})^2 / (2\sigma^2)\right], \quad (2.5)$$

де

$$\overline{\ln L_z} = \left(\frac{1}{2}\right) \ln \left\{ \frac{\overline{L_z^2}}{\left[1 + \left(\frac{\sigma_L}{\overline{L_z}}\right)^2\right]} \right\} \sigma = \left\{ \ln \left[1 + \left(\frac{\sigma_L}{\overline{L_z}}\right)^2 \right] \right\}^{1/2}, \quad (2.6)$$

де Y і L_z - математичні очікування, середньоквадратичні відхилення відповідно врожайності і довжин гонів.

Враховуючи характер законів розподілу величини Y і L_z для розрахунків можна прийняти

$$Y_1 = \overline{Y} - 3\sigma_Y, \quad L_{z1} = \exp(\ln L_z - 3\sigma) \quad \text{і} \quad L_{z2} = \exp(\ln L_z + 3\sigma). \quad (2.7)$$

Для другого варіанту вірогідність P_2 визначається по тій же залежності, за винятком верхньої межі в інтегралі (3.122), який для цього випадку рівний

$$Y_{22} = Q/(2L_z B).$$

Для основної зони бурякосіяння України можна прийняти $\overline{Y} = 2,8 \text{ кг/м}^2$, $\overline{L_z} = 894,9 \text{ м}$ і відповідно $\sigma_Y = 0,48 \text{ кг/м}^2$; $\sigma_L = 517,2 \text{ м}$.

Як видно з графіків (рис. 2.1), побудованих на основі обчислення інтегралу (2.3) з використанням приведених статистичних даних, необхідна для роботи за першим способом (з розвантаженням на обох кінцях гону) місткість бункера швидко росте приблизно до 9 тонн, а по другому - перевищує 15 тонн.

Так, наприклад, при місткості бункера $Q=10 \text{ т.}$, комбайн може працювати по першому варіанту приблизно на 86% площах посівів України, а по другому - тільки на 40%. Збільшення місткості бункера Q до 12 т. вже мало збільшує підходящі площі посівів, для роботи за першим способом. Для більш точної оптимізації Q необхідно враховувати техніко-експлуатаційні і економічні показники, оскільки із зростанням місткості бункера сильно зростає маса комбайна, а, отже, і його ціна.

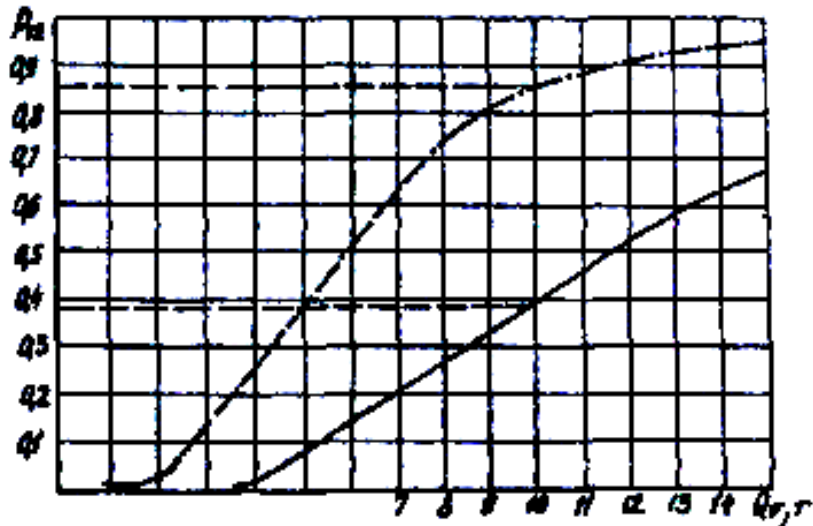


Рисунок 2.1 – Залежність вірогідності розвантаження на одному краю поля (P_1) чи на обох краях поля (P_2) від місткості бункера Q_6

Цікаий напрям вирішення проблеми місткості бункера, вибраний німецькою фірмою «Кляйне». Ця фірма створила 3 модифікації комбайнів: SF-10, SF-30, SF-40 з відповідними місткостями бункерів від 15 м^3 до 40 (9...24 т). Фермерам самим надається можливість вибирати модифікацію, що відповідає розмірам їх плантацій і стійким урожаю.

Від місткості бункера залежать експлуатаційні показники роботи бурякозбиральних машин. Із збільшенням місткості бункера Q істотно росте коефіцієнт використання робочого часу зміни $K_{зм}$ (а отже і експлуатаційна продуктивність).

З підвищенням врожайності ця залежність посилюється. Із зменшенням врожайності коефіцієнт використання часу зміни $K_{зм}$ росте, оскільки розвантаження бункера при цьому проводиться рідше.

Аналіз залежності продуктивності бурякозбиральних комплексів від місткості бункера показує, що можливості подальшого підвищення цього основного експлуатаційного показника для бункерних комбайнів вичерпуються вже при $Q=35-40 \text{ м}^3$ в цей же час перехід на 2-фазне прибирання з використанням причіпних ($Q=10-12\text{т}$) і особливо самохідних ($Q=18-24\text{т}$) підбиральників коренеплодів з валів створює передумови для різкого підвищення продуктивності.

2.2. Попередня оцінка НДС бункера комбайна КБС-6 «Збруч»

Постановка на виробництво нових комбайнів без оцінки напружено-деформованого стану (НДС) несучих конструкцій стала причиною недостатньої міцності і зниження рівня надійності як самих конструкцій, так і машин в цілому.

При переході на однофазову технологію збирання цукрового буряка самохідними бурякозбиральними комбайнами, що створювалися на ВАТ «ТеКЗ», суттєво зросла вага споряджених машин з врахуванням корисного навантаження. Таке значне (у кілька разів) збільшення ваги техніки, інтенсифікація технологічних процесів привели до суттєвого (на порядок) зменшення ресурсу несучих конструкцій. Це пов'язано із збільшенням напружень у поперечних перетинах елементів несучих конструкцій в цілому.

Одним з практичних способів оцінки раціональності конструкції є її ваговий коефіцієнт [30], який характеризує відношення ваги G_H несучої конструкції до загальної ваги G_C спорядженої машини з врахуванням корисного навантаження:

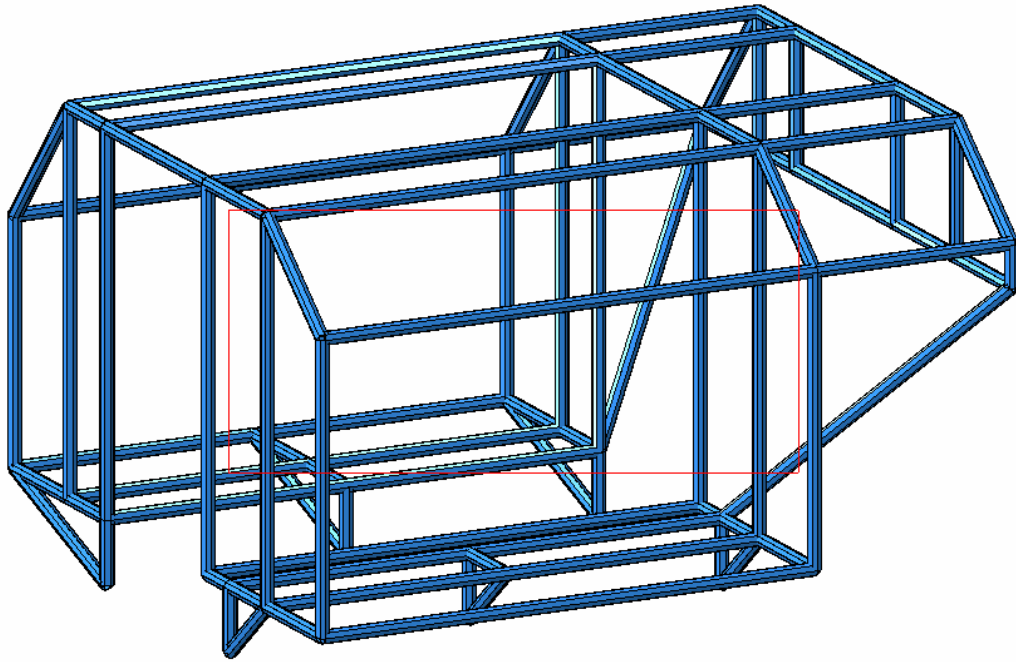
$$\rho = \frac{G_H}{G_C} \cdot 100\% . \quad (2.1)$$

Для колісних машин вітчизняного виробництва ваговий коефіцієнт несучих систем $\rho = 4,2...11,0\%$.

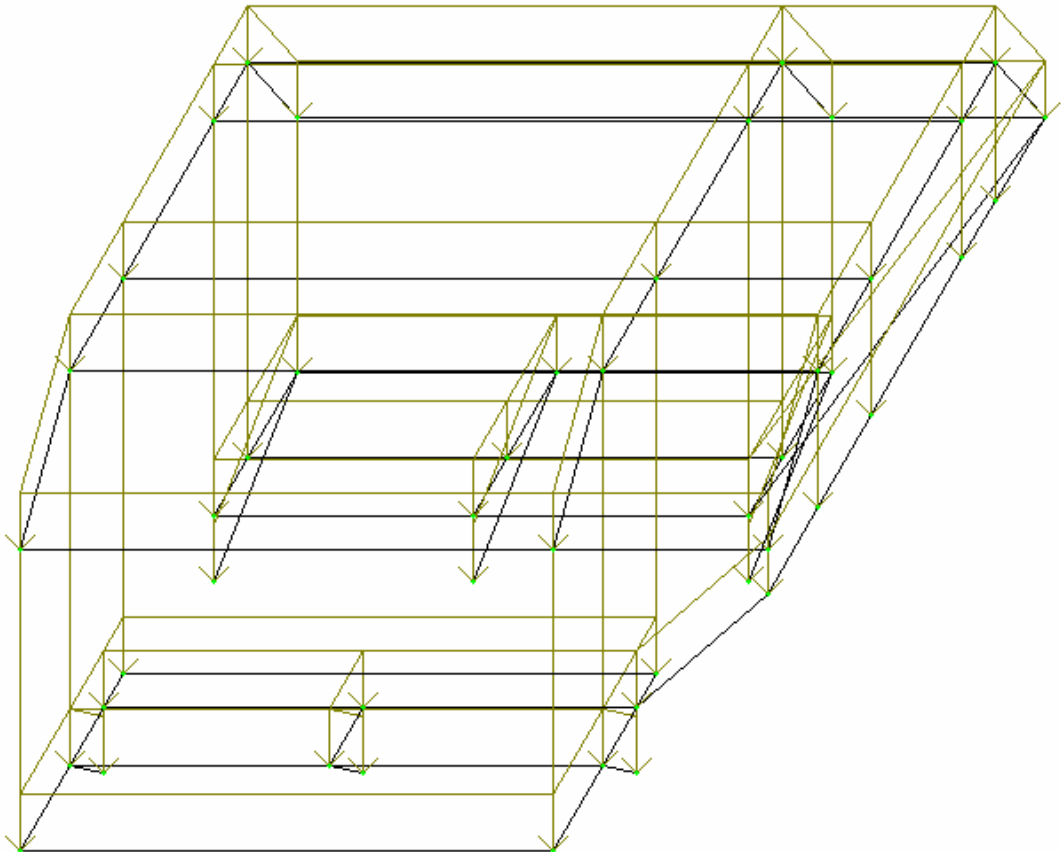
Розрахунок багаторазово статично невизначуваної системи елементів конструкції бункера проводимо за допомогою спеціального пакету прикладних програм «Liga-9.0». Для цього створюємо елементно – вузлову модель бункера.

Результати розрахунку бункера комбайна КБС-6 «Збруч» подано у графічному вигляді:

- епюри силових факторів (рис. 2.2) та переміщення і напруження (рис. 2.3) у вузлових точках рами з незавантаженим бункером;
- епюри силових факторів (рис. 2.2) та переміщення і напруження (рис. 2.3) у вузлових точках рами із завантаженим буряком бункером.



а)



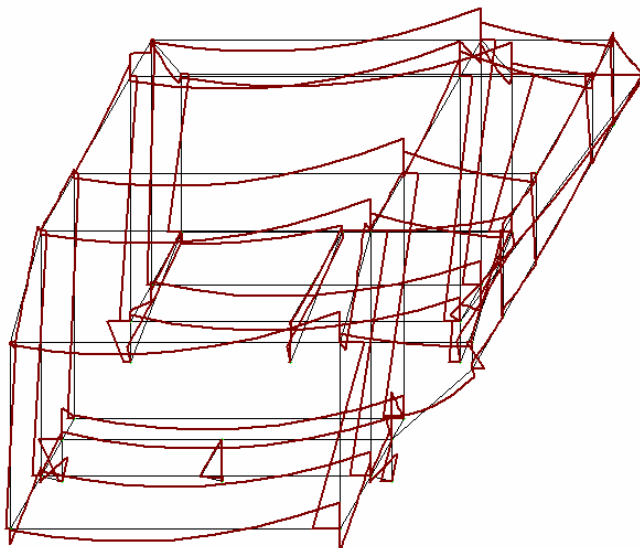
б)

а – просторова візуалізація моделі бункера;

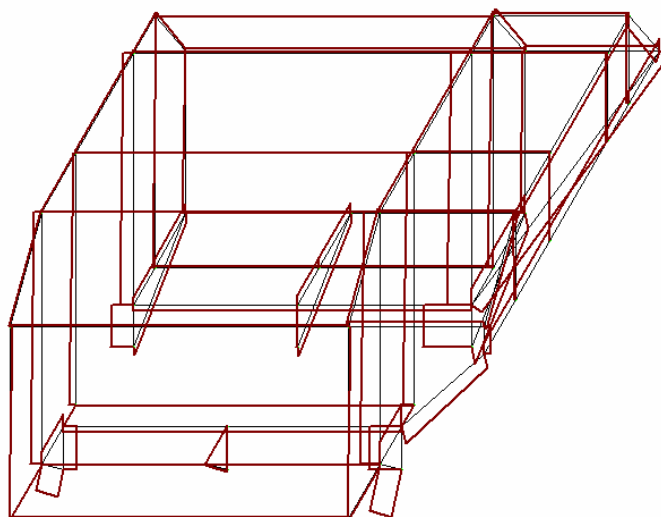
б – розрахункова схема навантаження бункера;

Рисунок 2.2 – Елементно – вузлова модель бункера комбайна КБС-6 «Збруч»

Розподіл згинальних моментів



Розподіл крутних моментів



Розподіл поперечних сил

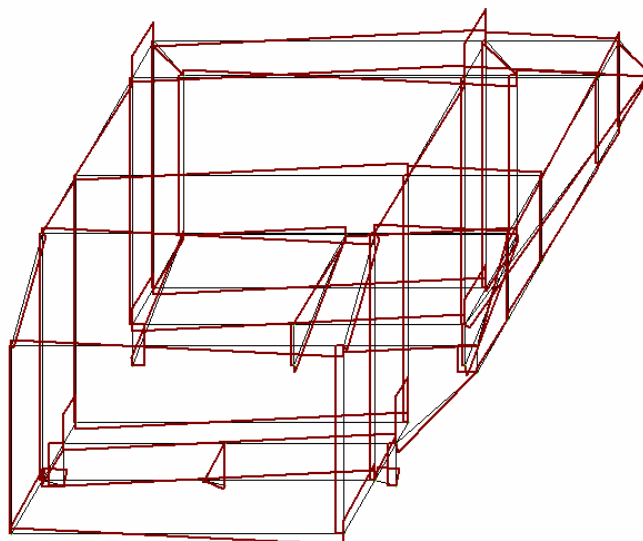


Рисунок 2.3 – Епюри силових факторів у елементах бункера

Результати попереднього дослідження НДС бункера комбайна показали, що в опорах бункера реалізується повторно змінні навантаження, викликані завантаженням – розвантаженням бункера коренеплодами.

Повторно-змінні навантаження характеризуються коефіцієнтами асиметрії циклу напружень R_σ [8]:

$$R_\sigma = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}. \quad (2.2)$$

Розрахунки показали, що у вузлових точках бункера комбайна КБС-6 «Збруч» реалізується навантаження з коефіцієнтами асиметрії $R_\sigma=0.47\dots0.59$.

За результатами попереднього розрахунку бункеру встановлено, що найбільші напруження виникатимуть у поперечних елементах дна бункера в місці їх приєднання до вертикальних стійок опор бункера.

Зниження рівня напружень можна досягти за рахунок збільшення поперечних перетинів профілів, з яких конструюються рамні системи, а також проектних змін самої конструкції.

Додаткового зниження напружень можна досягти, задаючи регульоване попереднє напруження розтягу в зонах кріплень розкосу шляхом регулювання різьбових елементів. Метод попереднього напруження елементів конструкцій широко застосовується в будівельній механіці для розвантаження рамних конструкцій, створення прогинів конструкцій оберненого знаку, для підвищення стійкості висотних конструкцій та ін.

2.3. Розрахунок на міцність розкосу

Консольну частину рами комбайна КС-6Б-10, де встановлено бункер підвищеної міцності, підсилено двома розкосами із товстостінної труби (рис. 2.4). Одним боком розкіс кріпиться до заднього моста комбайна, а іншим - до кронштейна на кінці консольної частини рами бункера.

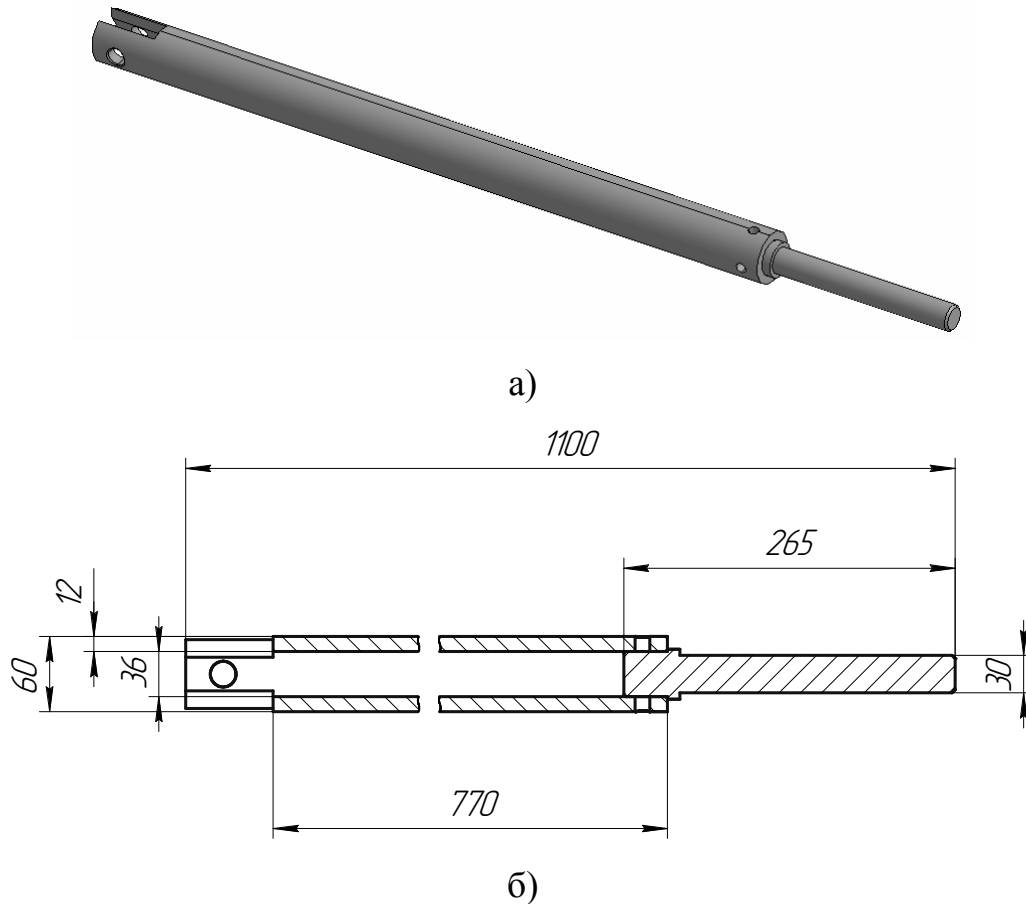


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд (а) та геометричні параметри (б) розкошу

З одного боку розкошу встановлено циліндричний кронштейн з різьбою, що дозволяє створювати в розкоші попередні напруження розтягу.

Збільшення об'єму бункера приводить до збільшення навантаження на 150 кН (маса вороху коренеплодів та матеріалу бункера).

Мінімальний діаметр кронштейна визначаємо із умова міцності на розтяг/стиск

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \leq [\sigma], \quad (2.3)$$

де F – зусилля, яке діє на кронштейн, Н. За результатами розрахунку (рис. 2.12) сила стискання кронштейна становить $F \approx 150$ кН;

A – площа поперечного перетину кронштейна, м^2 . Для круглого поперечного перетину $A = \pi \cdot d^2 / 4$;

$[\sigma]$ – допустимі напруження для матеріалу кронштейна, МПа. $[\sigma] = 120$ МПа.

Тоді формулу (2.4) запишемо:

$$\sigma_p = \frac{F/2}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2F}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma], \quad (2.4)$$

звідки мінімально необхідний діаметр розкошу

$$d = \sqrt{\frac{2F}{\pi \cdot [\sigma_p]}}. \quad (2.5)$$

Необхідний діаметр кронштейна визначаємо за формулою (2.6)

$$d_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 150000}{3.14 \cdot 120}} = 28.21 \text{ мм.}$$

Приймаємо циліндричну частину кронштейна діаметром $d = 30$ мм.

Внутрішній діаметр пустотілої частини розкошу приймаємо $d = d_1 = 30$ мм.

Зовнішній діаметр D пустотілої частини кронштейна визначаємо із формули (2.6) при площі поперечного перетину $\pi \cdot (D^2 - d^2)/4$

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot F + d^2 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot \sigma}}{\sqrt{\pi \cdot \alpha \cdot \sigma}}, \quad (2.6)$$

де $\alpha = 0.4$ – коефіцієнт, що враховує перерозподіл напружень у місцях кріплень.

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot 150000 + 30^2 \cdot \pi \cdot 0.4 \cdot 120}}{\sqrt{\pi \cdot 0.4 \cdot 120}} = 60.54 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Приймаємо для виготовлення кронштейна трубу із зовнішнім діаметром $D = 60$ мм та товщиною стінки $t = 12$ мм (внутрішній діаметр труби $d = 36$ мм).

2.4. Розрахунок міцності бункера комбайна КБС-6 «Збруч»

Для оптимізації параметрів бункера необхідно враховувати техніко-експлуатаційні та економічні показники, оскільки з ростом місткості бункера суттєво збільшується маса комбайна.

Поряд із питанням оптимізації об'єму бункера, постає завдання забезпечення надійності його несучої конструкції, а також рами комбайна, оскільки при цьому суттєво збільшується маса бурякозбиральної техніки.

Удосконалений бункер машини має об'єм 10 м^3 і складається з плоских призматичних стінок, укріплених горизонтальними та вертикальними ребрами жорсткості і є несиметричним відносно осей (рис. 2.5).

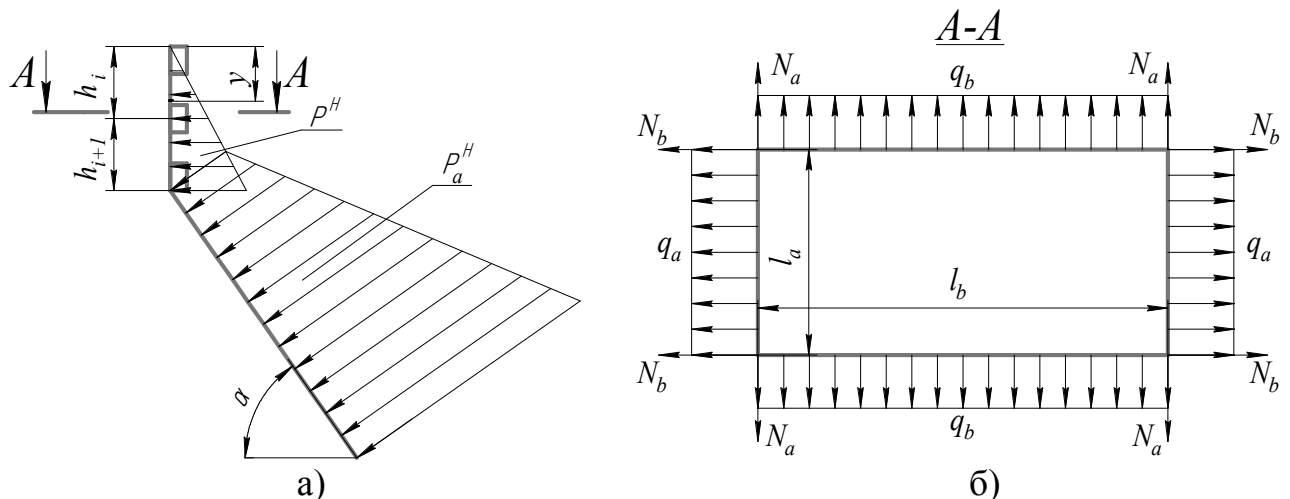


Рисунок 2.5 – Розрахункові схеми бункера комбайна КБС-6 «Збруч»:

а – нахилених стінок;

б – горизонтальних ребер.

Бункери з плоскими стінками розраховують на дію навантаження: від ваги конструкції, а також від тиску сипучого кускового матеріалу. При розрахунку приймають коефіцієнти перевантажень: від ваги конструкції $n_1=1,1$; від тиску сипучого матеріалу $n_2=1,3$.

Плоскі стінки бункерів розраховують як пластинки, що знаходяться у стані циліндричного згину під дією рівномірно розподіленого навантаження від тиску сипучого матеріалу. Навантаження визначається для середини

кожного відсіку i вважається постійним для кожного відсіку. Розрахункові зусилля в пластинках визначаються, виходячи з умови шарнірного їх закріплення на нерухомих опорах (ребрах). Згинаючий момент на 1 см ширини обшивки посередині прольоту пластинки рівний:

$$M = M_{\sigma} - 4n_2 P_{\alpha}^H l^2 N / \pi^3 (N + N_E), \quad (2.8)$$

де M_{σ} – згинаючий момент для простої балки посередині прольоту;

N – поздовжнє розтягуюче (ланцюгове) зусилля в обшивці:

$$N = 3 \sqrt{\frac{Et}{1-\nu^2} \cdot \frac{(n_2 P_{\alpha}^H)^2 l^3}{24}}, \quad (2.9)$$

$$N_E = \pi^2 Et^4 / 12(1-\nu^2) l^2, \quad (2.10)$$

l – відстань між ребрами жорсткості ;

t – товщина обшивки.

Напруження в стінці бункера визначається як сума напружень від згину і поздовжнього розтягу. Міцність обшивки перевіряють за формулою:

$$\sigma = \frac{N}{t} \pm \frac{M_{MAX}}{W} = \frac{N}{t} \pm \frac{6M_{MAX}}{t^2} \leq \gamma[\sigma], \quad (2.11)$$

де $W = t^2/6$ - момент опору смужки в обшивці, приведений до одиниці ширини;

$\gamma=0,8$ – коефіцієнт умов роботи;

$[\sigma]=160$ МПа – максимально допустимі нормальні напруження в обшивці.

Тиск сипучого матеріалу залежить від висоти стовпа, його фізико-механічних властивостей і кута нахилу до горизонту розглядуваної площини. Вертикальний q^H і горизонтальний p^H нормативний тиск сипучого матеріалу в бункерах визначається за формулами:

$$q^H = \gamma \cdot y; \quad p^H = k \cdot \gamma \cdot y, \quad (2.12)$$

де γ – питома вага сипучого матеріалу;

y – відстань від верху сипучого матеріалу до розглядуваного перерізу;

$k = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$ - відношення горизонтального тиску до вертикального;

φ – кут природнього відкосу сипучого матеріалу.

При розрахунку нахилених стінок замість p^H підставляють значення нормативного тиску сипучого матеріалу, направлено перпендикулярно нахиленій поверхні стінки (рис. 2.25, а):

$$P_\alpha^H = (\cos^2 \alpha + k \sin^2 \alpha) \cdot q^H. \quad (2.13)$$

Розподілене по довжині ребра навантаження:

$$\text{для вертикальної стінки:} \quad q = n_2 p^H (h_i + h_{i+1})/2; \quad (2.14)$$

$$\text{для нахиленої стінки:} \quad q_\alpha = n_2 P_\alpha^H (h_i + h_{i+1})/2 \sin \alpha. \quad (2.15)$$

Розподіл навантаження на ребра бункера показано на рис. 2.26.

Горизонтальні ребра розраховують на сумісну дію поздовжніх розтягуючих сил і рівномірно розподіленого поперечного навантаження, що виникає від тиску сипучого матеріалу на прилягаючу до ребер частину обшивки. Розрахункова схема показана на рис. 2.26, б і представляє собою замкнуту раму з жорсткими вузлами.

При жорсткому з'єднанні ребер суміжних граней і симетричній розрахунковій схемі моменти у вузлах рами:

$$M_{on} = \frac{q_a l_a^3 + q_b l_b^3}{12(l_a + l_b)}. \quad (2.16)$$

Міцність ребра перевіряють як для стиснуто-зігнутого стержня:

$$\sigma = \frac{N}{A_p} \pm \frac{M_{MAX}}{W_p} \leq \gamma R, \quad (2.17)$$

де A_p, W_p – відповідно площа і момент опору ребра з прилеглою до нього частиною обшивки, шириною рівною $30 t$, коефіцієнт умов роботи $\gamma = 1,0$.

Визначимо напружений стан удосконаленого бункера (напруження, які виникають в стінці та опорах бункера).

За формулою (2.17) визначаємо вертикальний нормативний тиск сипучого матеріалу в бункері на висоті 1м, беручи до уваги, що питома вага буряка на одиницю площі стінки бункера складає 150 кг/м^2 :

$$q^H = 150 \cdot 1 = 150 \frac{\text{кг}}{\text{м}} = 1,471 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

За формулою (2.18) визначаємо значення нормативного тиску сипучого матеріалу, направлено перпендикулярно нахиленій поверхні стінки, беручи до уваги, що кут природнього відкосу буряка складає 30° , а кут нахилу стінки бункера – 45° :

$$P_\alpha^H = (\cos^2 45 + \text{tg}^2(45^\circ - 30/2) \sin^2 45) \cdot 1.47 = 980.7 \text{ Н/м}.$$

За формулами (2.14) та (2.15) визначаємо зусилля в обшивці бункера при товщині обшивки 4 мм та відстані між ребрами жорсткості 50 мм:

$$N = \sqrt[3]{\frac{2.1 \cdot 10^{11} \cdot 0.004 \cdot (1.3 \cdot 980.7)^2 \cdot 0.05^3}{1 - 0.3^2} \cdot \frac{1}{24}} = 1.98 \text{ кН},$$

$$N_E = \pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^{11} \cdot 0.004^4 / 12(1 - 0.3^2) \cdot 0.05^2 = 19.4 \text{ кН}.$$

Максимальний згинаючий момент в обшивці бункера визначаємо за формулою (2.13), беручи до уваги, що згинаючий момент посередині прольоту поперечини бункера становить 200 Нм (рис. 2.3):

$$M_{\max} = 200 - \frac{4 \cdot 1.3 \cdot 980.7 \cdot 0.05^2 \cdot 1.98}{\pi^3 (1.98 + 19.44)} = 199.96 \text{ Нм.}$$

За формулою (2.16) визначаємо напруження в обшивці бункера:

$$\sigma = \frac{1980}{0.004 \cdot 1} \pm \frac{6 \cdot 199.96}{0.004^2 \cdot 1} = 75.48 \text{ МПа,}$$

що не перевищує допустимі напруження з врахуванням умов роботи

$$75.48 \text{ МПа} < 160 \cdot 0.8 = 128 \text{ МПа} .$$

Визначаємо розподілене по довжині ребра навантаження для нахиленої стінки:

$$q_{\alpha} = 1.3 \cdot 980.7 (0.5 + 0.5) / 2 \sin 45 = 901.46 \text{ Н/м.}$$

Визначаємо за формулою (2.17) горизонтальний нормативний тиск сипучого матеріалу в бункері на висоті 1,8м:

$$q^H = 0.333 \cdot 150 \cdot 1.8 = 90 \frac{\text{кГ}}{\text{м}} = 882.6 \frac{\text{кН}}{\text{м}} .$$

Визначаємо за формулою (2.21) момент у опорах при $l_a = 400$ мм та $l_b = 700$ мм (див. рис. 2.26).

$$M_{on} = \frac{901.46 \cdot 0.4^3 + 882.6 \cdot 0.7^3}{12(0.4 + 0.7)} = 27.3 \text{ Нм.}$$

Визначаємо за формулою (2.22) напруження в ребрах опори

$$\sigma = \frac{N}{A_p} \pm \frac{M_{on}}{W_p} = \frac{N}{30t \cdot t} \pm \frac{6M_{on}}{30t \cdot t^2} = \frac{1984}{30t \cdot t} + \frac{6 \cdot 27.3}{30t \cdot t^2} = 89.5 \text{ МПа,}$$

що менше максимально допустимого значення $89.5 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа} .$

2.5. Аналіз НДС відкидної стінки бункера

Для підвищення рівномірності навантаження несучих конструкцій комбайна КБС-6 «Збруч», його бункер обладнано відкидною стінкою, яка розташована з правого боку комбайна, напроти вивантажувального транспортера. Таке рішення дозволяє забезпечити рівномірний розподіл навантаження по опорах бункера при розгортанні вивантажувального транспортера для вивантаження коренеплодів. Відкидна стінка виконана у вигляді трапеції і дозволяє збільшити об'єм бункера на 1 м^3 .

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану відкидної стінки удосконаленого бункера.

За допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks створюємо твердотільну модель відкидної стінки бункера комбайна (рис. 2.6).

Проводимо підготовку моделі стінки бункера (рис. 2.7) до розрахунку.

Для цього створюємо кінцевоелементну сітку (рис. 2.7, а).

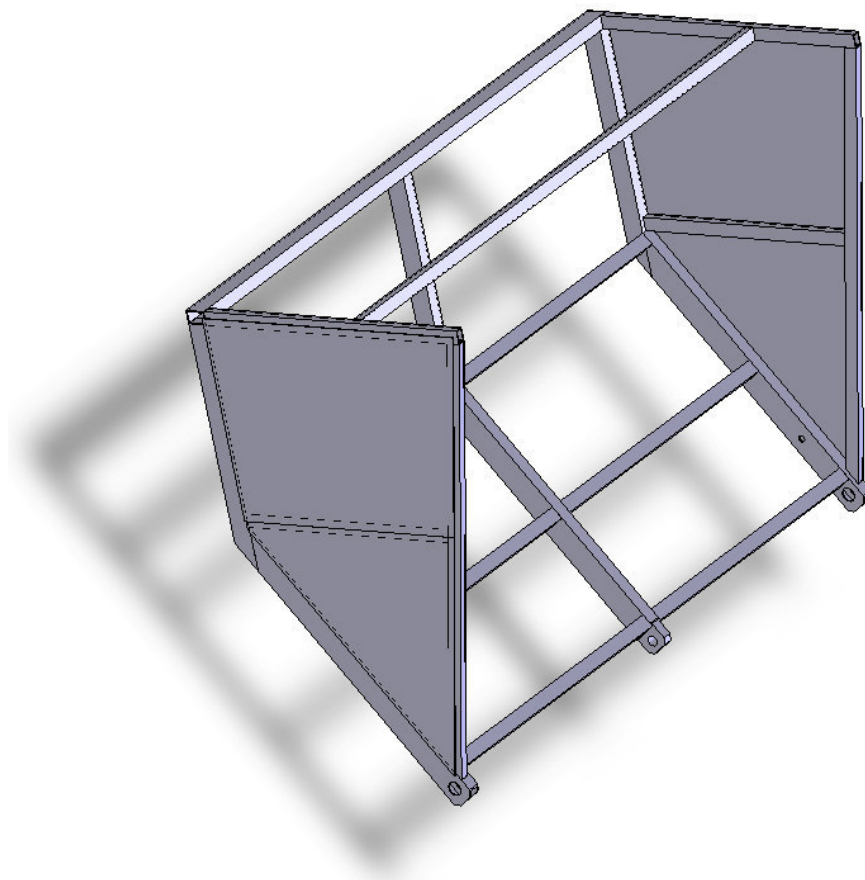
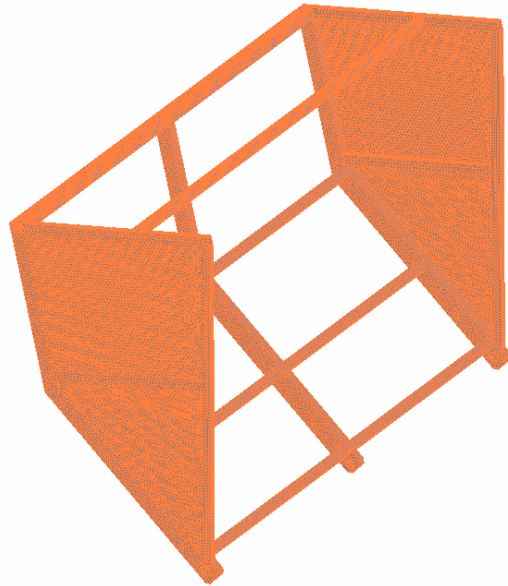
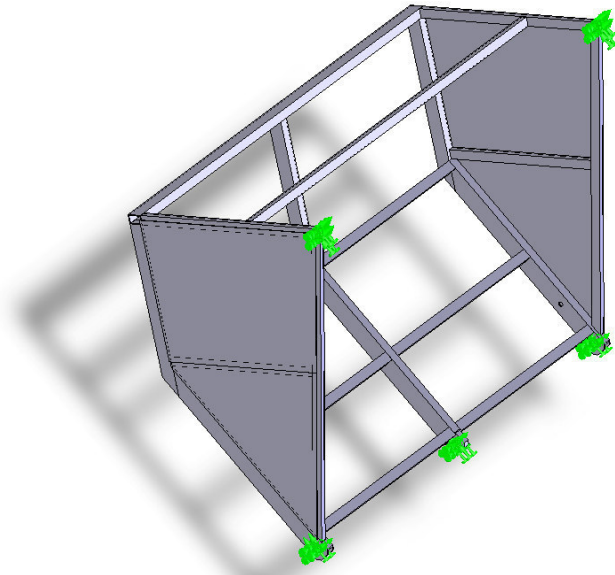


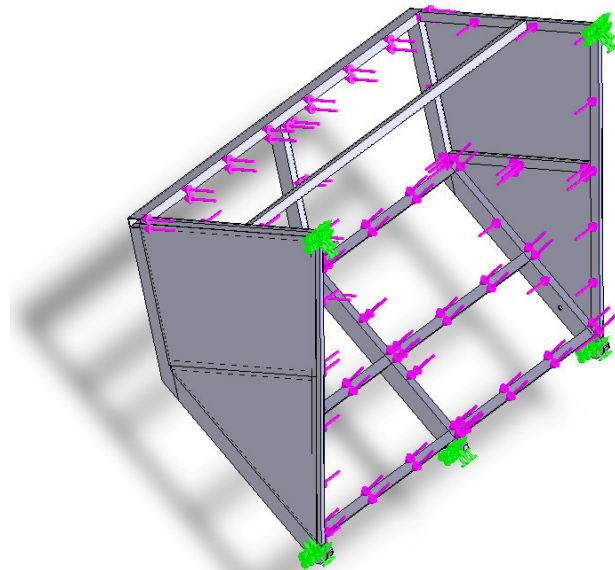
Рисунок 2.6 – Твердотільна модель стінки бункера



a)



б)



в)

Рисунок 2.7 – Підготовка моделі стінки до розрахунку

Задаємо умови закріплення стінки – шарнірне з’єднання в нижніх точках кріплення стінки до основи бункера та у верхніх точках кріплення відкидних гідроциліндрів (рис. 2.7, б) та задаємо навантаження на елементи стінки від дії буряка ≈ 100 Н/м (рис. 2.7, в).

За допомогою модуля Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо розрахунок НДС стінки бункера.

Встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності елементів стінки бункера – не нижче 5 (рис. 2.8); максимальні напруження виникають у опорі стінки і складають близько 57 МПа (рис. 2.9, а); максимальні переміщення у обшивці бокових ребер стінки бункера – 0,3 мм (рис. 2.9, б).

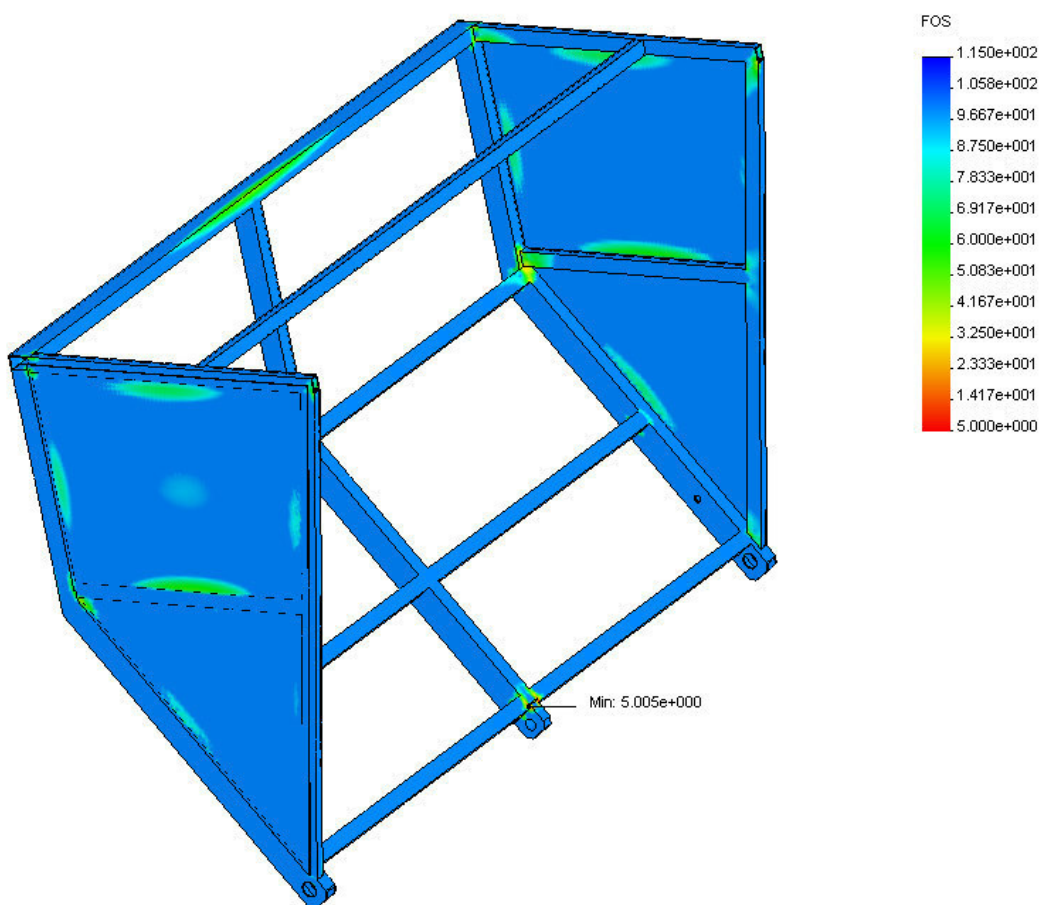
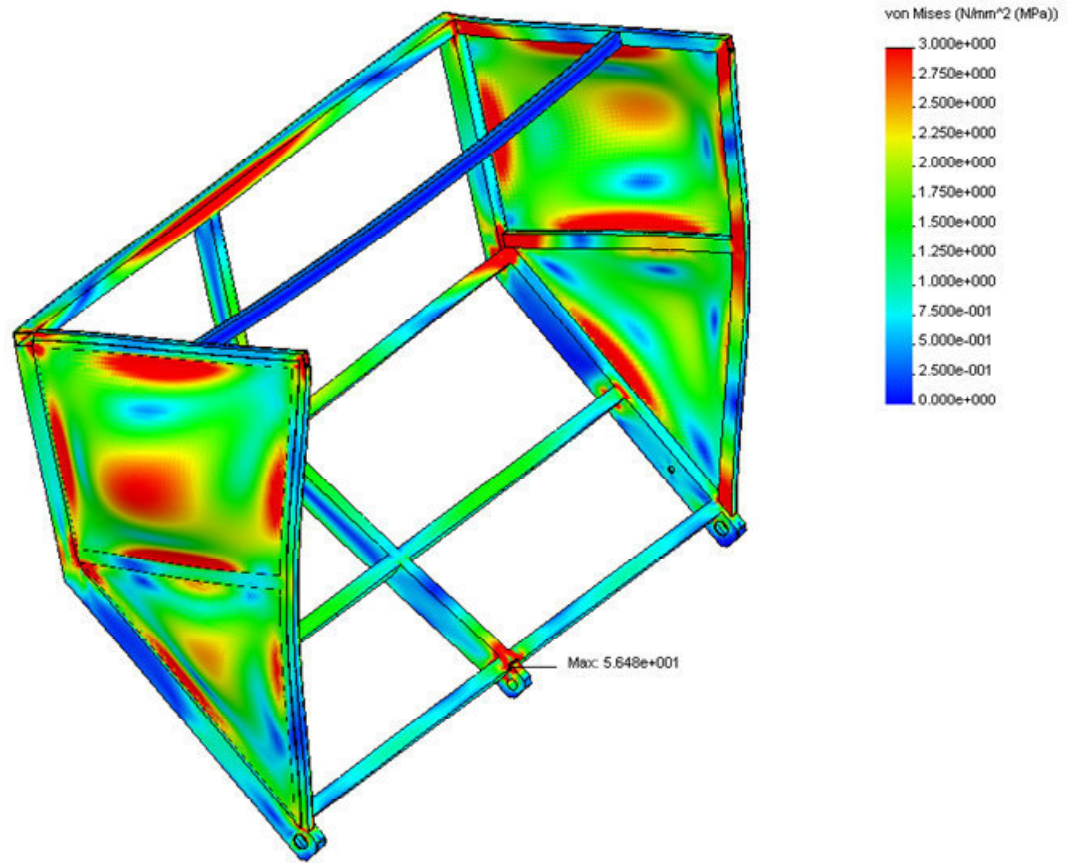
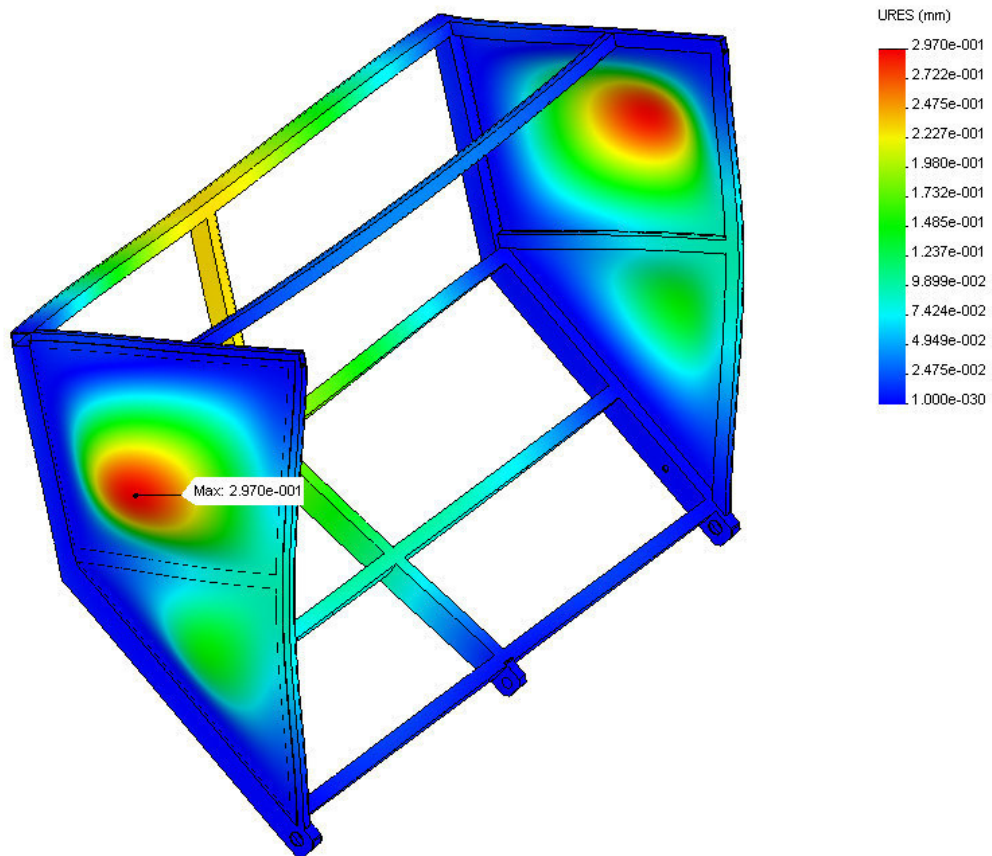


Рисунок 2.8 – Розподіл коефіцієнтів запасу міцності



a)



б)

Рисунок 2.9 – Аналіз напружено – деформованого стану стінки бункера

2.6. Розрахунок стійкості коренезбирального комбайна

Для оцінки стійкості бурякозбирального комбайна необхідно записати диференціальні рівняння коливань корпусу машини у поперечному до руху копіра напрямку та сумісного впливу переміщення машини, її коливань та зміщення копіра під час тертя об ґрунт.

З метою спрощення аналізу стійкості системи, без втрати якісної картини згаданого процесу, зробимо наступні припущення:

- коливання вважаються незначними, тому можливо замінити тригонометричні функції значенням першого члена їх розкладу у нескінченний ряд;
- коефіцієнти жорсткості та демпфування вважаються сталими;
- рух машини здійснюється по прямій при постійних коефіцієнтах опору ґрунту;
- затримкою у системі керування нехтуємо.

Рівняння поперечних коливань корпусу машини, із урахуванням вищенаведених припущень та результатів досліджень, можна записати у вигляді:

$$M \ddot{u} + \beta_{\Pi} \dot{u} + c_{\Pi} u = -\frac{Mv^2 \varphi}{L_1}, \quad (2.18)$$

де M - маса машини, кг;

u - координата зміщення корпусу машини від положення рівноваги у поперечному напрямку, м;

β_{Π} - коефіцієнт демпфування поперечних коливань; $\beta_{\Pi} = \sum_{i=1}^4 \beta_i$;

c_{Π} - жорсткість підвіски машини з урахуванням податливості коліс та ґрунту:

$$c_{\Pi} = \sum_{i=1}^4 c_i .$$

У правій частині записана сила інерції, яка виникає за рахунок доцентрового прискорення під час руху по дузі змінного радіуса (кута φ), яка по суті є тим зовнішнім збуренням, яке викликає автоколивання машини.

Рівняння сумісності переміщень копіра, корпусу машини від її зміщення, поперечних коливань та їх впливу на поворот коліс машини, можна подати у диференціальній формі суми їх приростів:

$$\frac{1}{Ka} \ddot{\phi} = \dot{\gamma} - \frac{v\dot{\phi}}{L_1} - \frac{1}{a} \dot{u}. \quad (2.19)$$

Другий доданок у правій частині рівняння (2.19) враховує зміщення корпусу машини під час повороту по дузі кола, а третій – зміну кута повороту коліс за рахунок відносного зміщення корпусу машини при його поперечних коливаннях (від положення рівноваги), яке, відповідно, зміщує точку приєднання копіра до рами.

Підставимо у рівняння (2.19) ϕ і $\dot{\phi}$, а також $\dot{\gamma}$ та отримаємо лінійне диференціальне рівняння третього порядку із сталими коефіцієнтами:

$$\begin{aligned} \ddot{u} \frac{L_1}{Kav^2} + \dot{u} \left(\frac{L_1 \beta_{\Pi}}{KaMv^2} + \frac{1}{v} \right) + u \left(\frac{c_{\Pi} L_1}{KaMv^2} + \frac{\beta_{\Pi}}{Mv} - \frac{1}{a} \right) + u \left(\frac{c_{\Pi}}{Mv} \right) = \\ = -[(A_1 v + B_1 r) \cos vt + (A_1 r - B_1 v) \sin vt] e^{rt}. \end{aligned} \quad (2.20)$$

Для розв'язку рівняння (2.20) необхідно записати його характеристичне рівняння та визначити його корені λ :

$$\lambda^3 \frac{L_1}{Kav^2} + \lambda^2 \left(\frac{L_1 \beta_{\Pi}}{KaMv^2} + \frac{1}{v} \right) + \lambda \left(\frac{c_{\Pi} L_1}{KaMv^2} + \frac{\beta_{\Pi}}{Mv} - \frac{1}{a} \right) + \left(\frac{c_{\Pi}}{Mv} \right) = 0. \quad (2.21)$$

Розв'язок рівняння (2.21) проводимо за допомогою формули Кардано.

У реальних умовах роботи машини та значеннях її конструктивних параметрів, як правило, розв'язок цього рівняння має один дійсний від'ємний корінь та два комплексно спряжені з від'ємною або додатною дійсною частиною. Для забезпечення заданого функціонування системи керування необхідно, щоб дійсна частина мала від'ємне значення. Для цього повинен справджуватися критерій стійкості Рауса–Гурвіца.

Перевіримо стійкість системи. Для зручності аналізу запишемо рівняння (2.21) у вигляді:

$$\lambda^3 p_3 + \lambda^2 p_2 + \lambda p_1 + p_0 = 0.$$

Всі коефіцієнти p_i повинні бути додатними. Тому перша умова стійкості досліджуваної системи матиме вигляд:

$$\left(\frac{c_{\Pi} L_1}{KaMv^2} + \frac{\beta_{\Pi}}{Mv} - \frac{1}{a} \right) > 0, \quad (2.22)$$

або, після перетворень:

$$c_{\Pi} L_1 + Kav\beta_{\Pi} > KMv^2.$$

Всі визначники рівняння (2.22) повинні бути додатними:

$$\begin{vmatrix} p_2 & p_0 \\ p_3 & p_1 \end{vmatrix} > 0, \quad \begin{vmatrix} p_2 & p_0 & 0 \\ p_3 & p_1 & 0 \\ 0 & p_2 & p_0 \end{vmatrix} > 0.$$

Звідси випливає друга умова стійкості системи керування:

$$\beta_{\Pi}^2 \frac{L_1}{KaM^2 v^3} + \beta_{\Pi} \left(\frac{c_{\Pi} L_1^2}{(KaMv^2)^2} - \frac{L_1}{Ka^2 Mv^2} + \frac{1}{Mv^2} \right) - \frac{1}{av} > 0. \quad (2.23)$$

Із рівняння (2.23) знаходимо додатне значення β_1 , як корінь квадратного рівняння. Дійсне значення коефіцієнта демпфування повинно бути дещо більшим, що дає запас стійкості та зменшує коефіцієнт коливальності системи. Отримане значення підставляємо у (2.18) для перевірки умови. Якщо умови справджуються, то система керування є стійкою.

Основні масогабаритні показники машини визначаються її призначенням і не можуть бути вибрані довільно. Для забезпечення стійкості руху можна в певних межах змінювати коефіцієнт чутливості автомата водіння K , жорсткість підвіски коліс c_{Π} та урахувати коефіцієнт демпфування β_{Π} .

Для оцінки діапазону значень необхідної жорсткості, коефіцієнтів демпфування та чутливості проведено числові дослідження, результати яких представлені на рис. 2.10 та рис. 2.11.

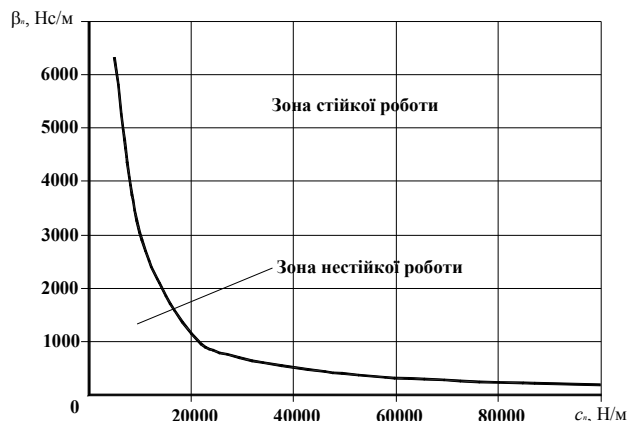


Рисунок 2.10 – Залежність значення коефіцієнта демпфування β_n від жорсткості підвіски c_n при $K = 2$ рад/м

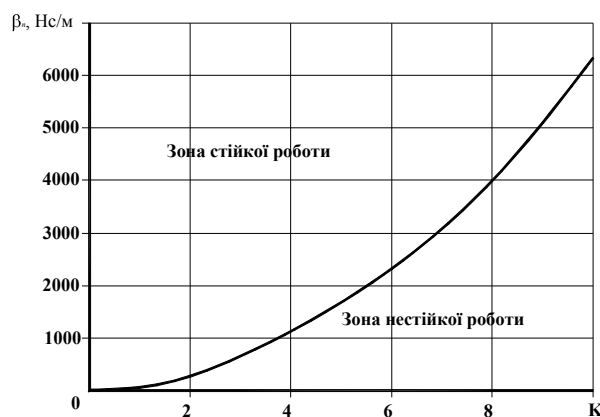


Рисунок 2.11 – Залежність значення коефіцієнта демпфування β_n від коефіцієнта чутливості K при $c_n = 50000$ Н/м

Графічні залежності побудовано при $K = 2$ рад/м, що відповідає максимально допустимому його значенню. При $K < 2$ рад/м зона стійкої роботи буде розширюватися.

Аналіз отриманих результатів показує, що необхідно вибирати параметри жорсткості максимально можливими, а коефіцієнт чутливості мінімально можливим, але достатнім для процесу копіювання. У нашому випадку $c_1 > 50000$ Н/м, а $0,5 < K < 2$ (рад/м), при цьому мінімальний розрахунковий коефіцієнт демпфування повинен мати значення, більші 200 Нс/м, що забезпечується за рахунок демпфуючих властивостей коліс та ґрунту.

Аналогічним чином, визначаємо кутові коливання корпусу машини під час руху, описані координатою ξ . Зовнішнім збуренням, яке викликає кутові коливання, є кутове прискорення при повороті корпусу машини на кут ψ , яке дорівнює $\psi = \frac{v\phi}{L_1}$. Кутові коливання опишуться системою:

$$J_M \ddot{\xi} + \beta_K \dot{\xi} + c_K \xi = -\frac{Jv\phi}{L_1}, \quad (2.24)$$

$$\frac{1}{Ka} \phi = \gamma - \frac{v\phi}{L_1} - \frac{L}{a} \dot{\xi}, \quad (2.25)$$

де c_K - зведена крутильна жорсткість;

β_K - зведений коефіцієнт демпфування кутових коливань;

L - відстань від центра мас машини до точки приєднання копіра до рами.

Підставивши (2.24) у (2.25), отримаємо диференціальне рівняння, яке описує роботу системи керування, враховуючи кутові коливання корпусу ξ :

$$\ddot{\xi} \frac{L_1}{Kav} + \dot{\xi} \left(1 + \frac{\beta_K L_1}{KavJ} - \frac{L}{a} \right) + \xi \left(\frac{c_K L_1}{KavJ} + \frac{\beta_K}{J} \right) + \xi \frac{c_K}{J} = -\gamma. \quad (2.26)$$

Подібно до вищезгаданої методики оцінки стійкості системи керування, проведемо дослідження рівняння (2.26).

Умови стійкості системи впливають із критерія Рауса-Гурвіца:

$$\beta_K > KvJ \frac{L-a}{L}, \quad (2.27)$$

$$\beta_K^2 \frac{L_1}{KavJ^2} + \beta_K \left(\frac{c_K L_1^2}{(KavJ)^2} + \frac{1}{J} - \frac{L}{aJ} \right) + \frac{c_K L_1}{KavJ} \left(1 - \frac{L}{a} \right) > 0,$$

або, після знаходження додатнього кореня:

$$\beta_K > KvJ \frac{L-a}{L_1}. \quad (2.28)$$

Для забезпечення стійкості системи повинні виконуватись обидві умови (2.22, 2.28). Конструктивно, як правило, $L_1 > L$, тому умова (2.28) є більш жорсткою і визначає стійкість системи під час кутових коливань. Аналіз формули (2.28) показує, що для забезпечення стійкості необхідно обирати малий коефіцієнт чутливості K та збільшувати величину a . Від параметрів жорсткості стійкість системи не залежить.

Внаслідок лінійності системи та прийнятих припущень вважаємо, що коли система керування буде стійкою для обох випадків (поперечного та кутового коливань корпусу), то вона буде стійкою і при їх сумісній дії.

Аналіз результатів свідчить про достатню стійкість руху машини під час збирання коренеплодів за умови наявності високої жорсткості підвіски та достатньо великого коефіцієнта демпфування. У коренезбиральних машинах жорсткість підвіски визначається зведеною жорсткістю коліс та ґрунту в місці контакту з колесом. Під час руху машини по м'якому ґрунту або на колесах з недостатнім внутрішнім тиском повітря зведена жорсткість зменшується, що призводить до можливої втрати стійкості і, як результат, машина може мати поперечні коливання значної амплітуди. Тому коефіцієнт чутливості системи керування K необхідно вибирати з умови слідкування за траєкторією висаджування коренеплодів (в межах 0,5... 2 рад/м), що забезпечить достатній запас стійкості в різноманітних умовах роботи та мінімальний коефіцієнт коливання перехідного процесу.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Дослідження навантаженості опор бункера

Експериментально-розрахункове прогнозування надійності конструкцій мобільних машин вимагає проведення цільових експериментів. При цьому вирішуються дві основні задачі: створення моделі НДС конструкції, адекватної життєвому циклу машини; прогнозування надійності конструкції за її НДС [28]. Ефективність розв'язку цих задач залежить від об'єму та вірогідності отриманих експериментальних даних при експлуатації машин.

Умови експлуатації машини характеризуються типовими режимами виконання технологічного процесу та умовами транспортування. Для самохідних бункерних бурякозбиральних машин типові режими поділяються на робочі (процес викопування цукрового буряка із завантаженням його у бункер; вивантаження цукрового буряка з бункера) і транспортні – ближній (заїзд в загінку з порожнім бункером; виїзд в зону вивантаження із заповненим бункером), середній (в межах господарства) і дальній переїзд.

У випадку самохідних бурякозбиральних комбайнів, технологічний цикл експлуатації машин впливає на несучу систему при завантаженні-розвантаженні бункера. Такі цикли навантаження при усталеному процесі машини є практично періодичними. Зовнішні впливи на машину, що визначаються швидкістю її руху залежать від умов руху, стану ґрунту, рельєфу.

Інерційні сили, що впливають на несучу конструкцію від динамічної незрівноваженості ротаційних чи зворотно-поступальних механізмів мало залежать від конкретних умов виконання машиною технологічного процесу [28] і можуть визначатись на ранніх стадіях експерименту.

Дослідження напружено-деформованого стану стійок опор бункера бурякозбирального комбайна КБС-6 “Збруч” проводилось у транспортному режимі (рис.3.1) та польових умовах (рис. 3.2).

Для замірів НДС в елементах несучих конструкцій бурякозбирального комбайна КБС-6 застосовувались тензорезистори, датчики віброприскорень та реєструюча апаратура.



Рисунок 3.1 – Транспортний режим випробування самохідного бурякозбирального комбайна КБС-6 “Збруч”



а)

а – тензорезистор на опорі бункера;



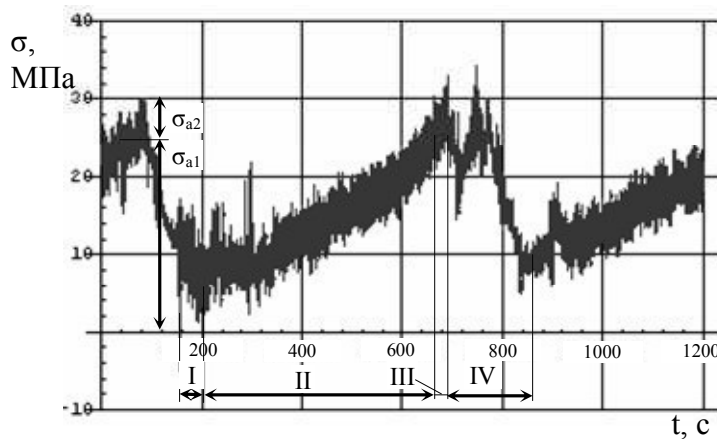
б)

б – універсальна реєструюча система в кабіні комбайна.

Рисунок 3.2 – Польові дослідження навантаженості стійок опор бункера комбайна КБС-6 “Збруч”

Результати експериментальних досліджень НДС в стійках опор бункера при імітаційному завантаженні/розвантаженні бункера комбайна КБС-6 «Збруч» показали, що розрахункові і експериментальні дані при статичному навантаженні відрізняються на 11-19% (розрахункові дані дають занижену оцінку НДС).

На рис.3.3 представлено результати експериментальних випробувань несучої системи бункерного бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч». Схематизація виконання технологічного процесу комбайном показана на рис.3.3 включає: транспортний режим (заїзд і виїзд із загінки), робочий режим (викопування цукрового буряка із завантаженням його в бункер), процес розвантаження коренеплодів з бункера.



Технологічний процес:

- I – заїзд на поле;
- II – викопування цукрового буряка і завантаження його у бункер;
- III – виїзд з поля;
- IV – розвантажування бункера.

Рисунок 3.3 – Дослідження НДС стійок опор бункера комбайна КБС-6 «Збруч»

За результатами досліджень встановлено, що значення максимальних напружень при статичному навантаженні складають 35,6 МПа, середньоарифметичне значення напружень – 17,653 МПа при середньоквадратичному відхиленні 7,905 МПа.

3.2. Теоретичні дослідження довговічності опор бункера

Як показує досвід експлуатації машин та результати досліджень, незважаючи на те, наскільки довершеними є технології і якість виготовлення, практично всі конструкційні матеріали і вироби з них мають дефекти (початкові або набуті в процесі експлуатації). Також відомо, що при сучасному рівні техніки практично неможливо уникнути тріщин в елементах машин та зафіксувати їх наявність [5].

Поява втомних тріщин в силових елементах конструкцій через втомні пошкодження при експлуатації, а також можливість існування початкових дефектів ставлять додаткові задачі при створенні конструкцій з гарантованих ресурсом роботи на стадії розвитку тріщини. При рішенні таких задач необхідне прийняття спеціальних конструктивно – технологічних заходів зі створення живучих конструкцій мінімальної ваги. Найважливішими з них є:

- розробка критеріїв проектування на живучість, до яких відносять регламентовані пошкодження, необхідну тривалість росту втомних тріщин від початкових до регламентованих розмірів, початкові розміри виробничих дефектів (умовні тріщини). При цьому повинні бути відомими зони конструкцій, в яких можуть руйнуватись елементи;
- покращення характеристик тріщиностійкості конструкційних матеріалів (вибір матеріалів, застосування прогресивних технологій зварювання);
- розробка методів розрахунку швидкості росту тріщини на основі лінійної механіки руйнування з врахуванням спектрів експлуатаційного навантаження конструкцій, НДС у вершинах тріщин та ін.

Ресурс роботи конструкції, у загальному випадку, визначається залежністю:

$$\tau = \frac{N_p}{\omega}, \quad (3.1)$$

де N_p – кількість циклів навантаження при рості тріщини;

ω – середня частота навантаження при експлуатації, с^{-1} .

Кількість циклів навантаження при розвитку тріщини можна визначити з рівняння Періса, що описує швидкість росту тріщини:

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta K)^n, \quad (3.2)$$

звідки

$$N = \int \frac{1}{C(\Delta K)^n} dl,$$

де L – довжина тріщини, м;

C, n – константи тріщиностійкості матеріалу;

K – коефіцієнт інтенсивності напружень у вершині тріщини, МПа м^{1/2}.

Оскільки стійка опори бункера виготовляється з прямокутної труби 100×60×4 мм, то КІН $K_{1,скр}$ для наскрізної тріщини, що розвивається з кута прямокутного гнutoзварного профілю визначатимемо за формулою:

$$K_{1,скр} = M \frac{H}{2} \frac{1}{I_Y} k_{zn} \sqrt{\pi \cdot L} \cdot F(\varepsilon) = \sigma_n k_{zn} \sqrt{\pi \cdot L} \cdot F(\varepsilon). \quad (3.3)$$

де σ_n - номінальне напруження у бездефектному профілі, МПа;

k_{zn} - коефіцієнт, що оцінює зниження номінальних напружень при розвитку тріщини у результаті перерозподілу зусиль між елементами конструкції

$$k_{zn} = 1 - 0.213\varepsilon + 0.280\varepsilon^2 - 1.067\varepsilon^3; \quad (3.4)$$

$$\varepsilon = \frac{L}{(b - 2t) + (H - 2t)},$$

H, b, t – геометричні параметри гнuto зварного профілю, м;

$F(\varepsilon)$ - поправочна функція, що враховує геометричні параметри профілю:

$$\begin{aligned} F(\varepsilon) = F_{1,2}^{(\sigma)} = & 1.002 + 1.380\varepsilon - 17.921\varepsilon^2 - 187.025\varepsilon^3 + 8204.706\varepsilon^4 - 93081.806\varepsilon^5 + \\ & + 557304.206\varepsilon^6 - 2.032 \cdot 10^6 \varepsilon^7 + 4.737 \cdot 10^6 \varepsilon^8 - 7.108 \cdot 10^6 \varepsilon^9 + \\ & + 6.647 \cdot 10^6 \varepsilon^{10} - 3.527 \cdot 10^6 \varepsilon^{11} + 811488.558\varepsilon^{12}. \end{aligned}$$

При $0 < \varepsilon \leq 0.4$:

$$F(\varepsilon) = F^{(\sigma)} = 1 + 0.817\varepsilon - 3.395\varepsilon^2 + 13.047\varepsilon^3. \quad (3.5)$$

Для врахування нестационарності процесу експлуатаційного навантаження застосовано методику, що враховує особливості роботи бурякозбиральних комбайнів – транспортні режими (середній і дальній), які складають в середньому 8-12% від загального часу роботи комбайна та процесів, пов'язаних з виконанням технологічного циклу збирання коренеплодів – заїзд в загінку, викопування коренеплодів із завантаженням у бункер, виїзд із загінки та вивантаження цукрового буряка в транспортні засоби.

Оскільки ресурс роботи бурякозбиральних комбайнів визначається живучістю конструкцій – розвитком тріщини від початкового до критичного значення, то для уникнення явищ, пов'язаних з сповільненням росту тріщин при перевантаженнях, нестационарний процес експлуатаційного навантаження замінимо блочним (рис. 3.4).

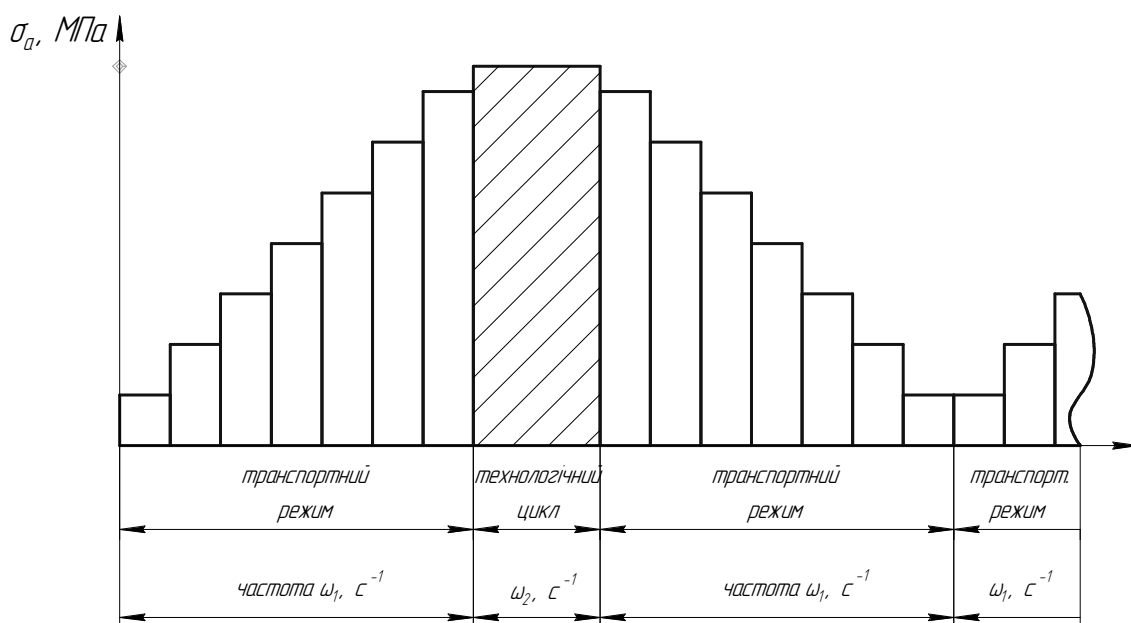
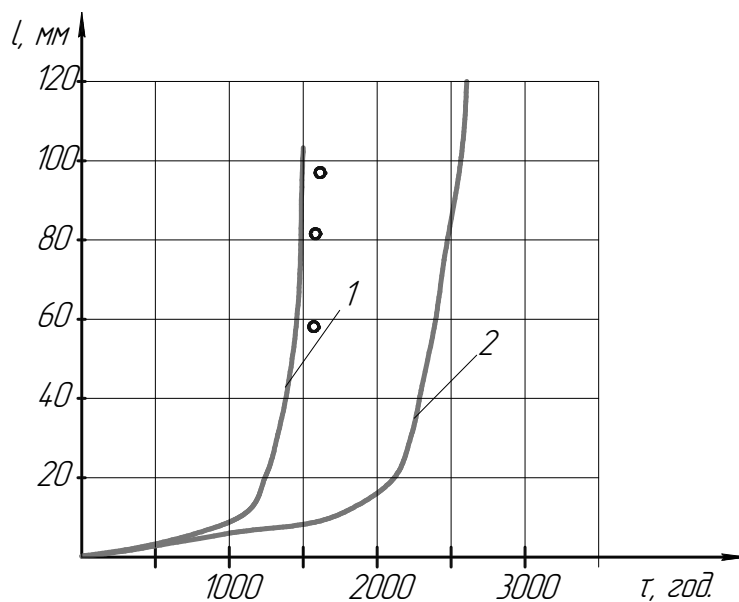


Рисунок 3.4 – Схематизація фактичного експлуатаційного навантаження бурякозбиральних комбайнів

Побудова схеми експлуатаційного навантаження бурякозбиральних комбайнів виконується на основі експериментальних даних. При цьому повторно-змінні навантаження, що виникають в елементі конструкції в

транспортному режимі з частотою ω_1 розбивають на два симетричних під блоки. Підблок навантажень технологічного циклу з частотою процесу ω_2 , як такий, що характеризується максимальними напруженнями, розташовують у центральній частині схематизованого процесу. Підблок навантажень технологічного циклу будемо з врахуванням пошкоджуючої дії \aleph двочастотного процесу (накладання вібраційної складової на основний цикл завантаження/розвантаження коренеплодів у бункер).

Результати оцінки довговічності стійок опор бункера комбайна КБС-6 «Збруч» приведено на рис. 3.5.



1 – стійка опори базової конструкції;

2 – стійка модернізованої опори;

○ – експериментальні дані.

Рисунок 3.5 – Прогнозований ресурс стійки базової та модернізованої опори бункера бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч»

Як бачимо за результатами теоретичного розрахунку довговічності стійок опор бункера, запропоновані технічні рішення дозволяють підвищити ресурс опор бункера у $\approx 1,6$ рази.

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4. САПР СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

4.1. Методи та системи комп'ютерного моделювання

Комп'ютерна графіка дозволяє здійснювати конструкторські розробки в двох напрямках.

Перший напрям базується на двомірній геометричній моделі і використанні комп'ютера як засобу, що дозволяє значно прискорювати процес конструювання і покращувати якість оформлення конструкторських документів. Центральне місце в цьому підході до конструювання займає креслення, яке містить всю необхідну графічну інформацію для виготовлення якого-небудь виробу.

В основі другого напрямку лежить просторова геометрична модель виробу, яка є наочнішим способом представлення оригіналу і могутнішим і зручнішим інструментом вирішення геометричних завдань. Креслення в цих умовах грає допоміжну роль, а способи його створення засновані на методах комп'ютерної графіки.

При використанні першого напрямку (традиційний процес конструювання) обмін інформацією здійснюється на основі конструкторської, нормативно-довідкової і технологічної документації; при використанні другого – на основі комп'ютерного представлення геометричного об'єкту загальної бази даних, що сприяє ефективному функціонуванню програмного забезпечення САПР.

Під геометричним моделюванням розуміють створення моделей геометричного об'єкту (ГО), що містять інформацію про геометрію об'єкту.

Моделлю ГО називається сукупність відомостей, що однозначно визначають його форму і розміри. Наприклад, відрізок може бути представлений двома (двомірна модель) або трьома (тривимірна модель) координатами двох крайніх точок; коло – координатами центру і радіусом і т.д.

Двомірні геометричні моделі (ГМ) дозволяють створювати креслення.

Просторові (тривимірні) геометричні моделі (ПГМ) служать для представлення виробу в трьох вимірах. Тривимірні моделі можуть задаватися різними способами:

- каркасні, задаються вершинами і ребрами. Ця модель проста, але з її допомогою можна представити в просторі тільки обмежений клас деталей;

- полігональні (поверхневі) – поверхнями (площинами, поверхнями обертання і ін.);

- об'ємні (твердотільні) – формуються з елементарних об'єктів (базисних тіл) з використанням логічних операцій об'єднання, віднімання, перетину. По таких моделях можна побудувати не тільки графічні зображення (види, розрізи, перетини), але і розрахувати його масоінерційні характеристики, такі як маса, об'єм, момент інерції й ін., якщо ввести поняття про матеріал і його фізичні властивості.

Об'ємні тіла і ГМ, утворені з простіших об'єктів з використанням логічних операцій об'єднання, перетину, віднімання, називаються складеними ГО.

Система КОМПАС-3D має в своєму розпорядженні вельми широкі можливості створення тривимірних моделей найскладніших конструкцій, як окремих деталей, так і складальних одиниць. Причому процес моделювання аналогічний технологічному процесу виготовлення виробу. Здійснюючи віртуальну збірку декількох деталей в складальну одиницю, користувач може тимчасово відключити зображення якої-небудь деталі або виконати будь-який складний розріз. У КОМПАС-3D об'ємні моделі і плоскі креслення асоційовані між собою, будь-яке редагування моделі спричинить зміну в кресленні, створеному по даній моделі. КОМПАС-3D має в своєму розпорядженні широкі можливості параметризації, які можуть бути застосовані і до об'ємного моделювання. Припустимо, майбутню деталь виготовлятимуть штампуванням, тоді необхідно сконструювати прес-форму. Використовуючи для виготовлення верстати з ЧПУ, можна створити модель як самій деталі, так пуансона і матриці. В процесі розробки конструктор може накласти асоціативні зв'язки і

якщо потрібно буде внести зміни в конструкцію деталі, то відповідно зміняться моделі пуансона і матриці, а також відбудеться відповідна зміна в кресленнях цих виробів.

У КОМПАС-3D можна працювати з різними типами документів, які прийнято називати середовищем. Окрім графічних, текстових документів і фрагментів в системі можна працювати в середовищі тривимірного моделювання і збірки тривимірних моделей.

4.2. Розробка моделі об'єкту проектування

Оскільки додаткове навантаження від відкидної стінки бункера збільшеного об'єму передається на раму бункера через шарнірне з'єднання, то проведемо аналіз напружено деформованого стану осі шарніра.

Моделювання поворотної цапфи проводимо за допомогою система тривимірного моделювання Solid Works у наступній послідовності.

Створюємо твердотільну модель осі шарніра (рис. 4.1, а). Задаємо характеристики матеріалу деталі. Вісь шарніра виготовлена з сталі 40Х, яка призначена для виготовлення деталей підвищеної міцності.

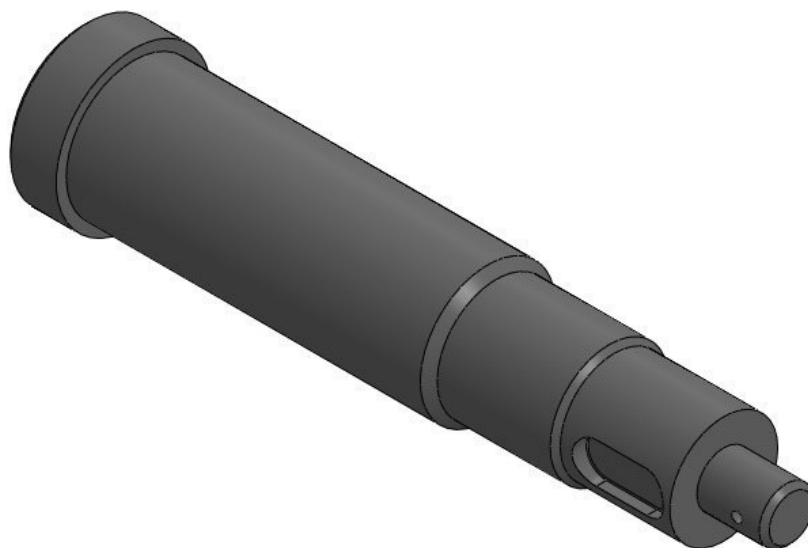
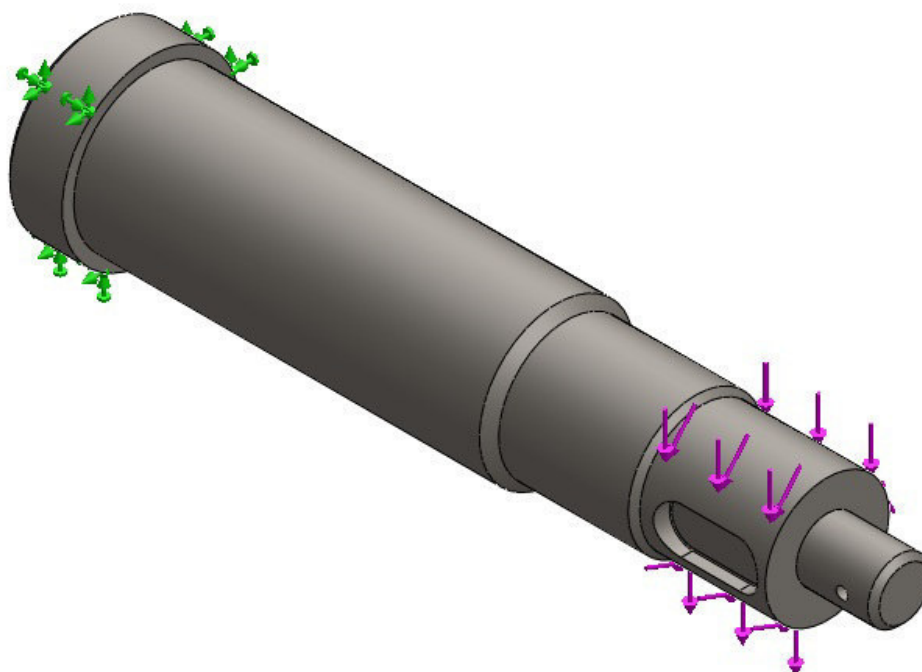


Рисунок 4.1 – Твердотільна модель осі шарнірного з'єднання

Створюємо сітку скінченних елементів (рис. 4.2, а). Задаємо умови закріплення та зовнішні силові фактори, що діють на вісь (зосереджена сила $P=5600\text{ Н}$) (рис. 4.2, б).



а)



б)

а – твердотільна модель з сіткою скінченних елементів;

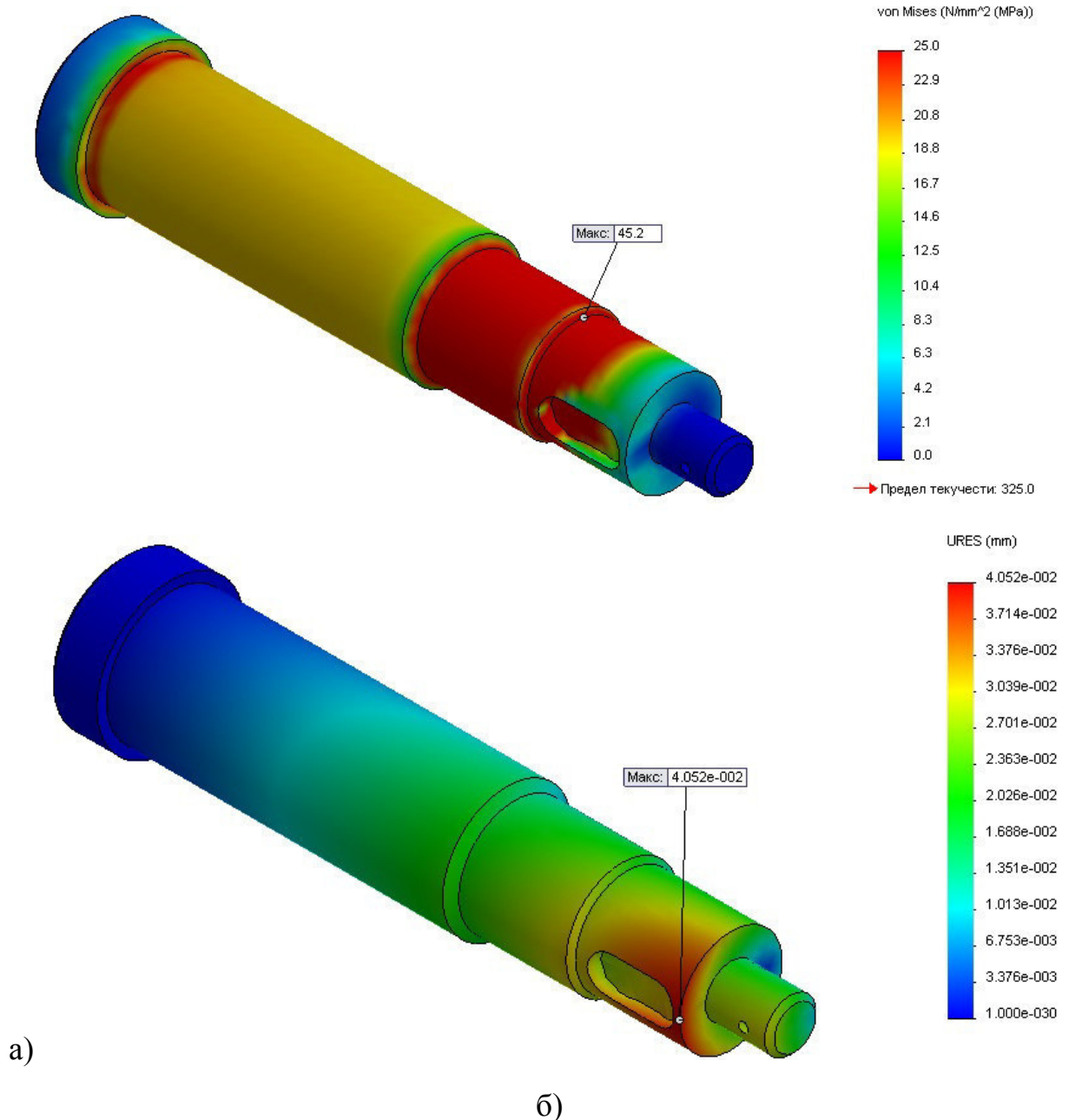
б – умови закріплення та навантаження осі шарніра

Рисунок 4.1 – Послідовність підготовки твердотільної моделі осі шарніра до розрахунку

4.2. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання

Найбільш доступною та ефективною програмою для інженерного аналізу напружено-деформованого стану є модуль кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання Solid Works.

Проводимо розрахунок напружено-деформованого стану осі шарніра. Результати розрахунку подано на рис. 4.2.



а)

б)

а - максимальні напруження за теорією Мізеса;

б - ізограма переміщень;

Рисунок 4.2 – Результати розрахунку моделі осі шарніра

Як бачимо із розрахунків, максимальні напруження $\sigma_{MAX} = 45$ МПа виникатимуть на виточці в місці переходу між ступенями осі (рис. 4.2, а).

Максимальне переміщення спостерігається на кінцевикі осі і складає $\approx 0,04$ мм (рис. 4.2, б).

На рис. 4.3 показано розподіл запасу міцності по осі шарніра. Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності становить ≈ 7 .

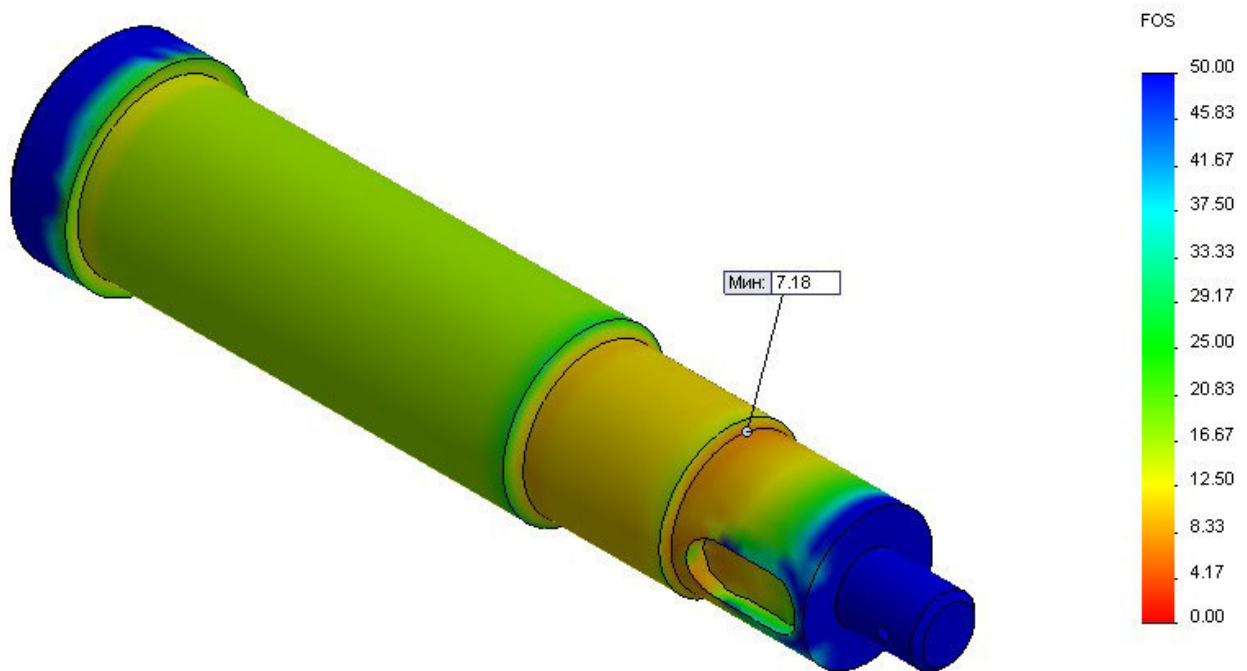


Рисунок 4.3 – Ізограма запасу міцності осі за III теорією міцності

Визначаємо теоретичний статичний запас міцності при

$$\sigma_{\max} = 45 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 325 \text{ МПа}.$$

Статичний запас міцності

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} = \frac{325}{45} = 7.2.$$

5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

5.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі

Опис призначення та конструкції деталі. Аналіз технічних умов

Деталь КБС-07.103 (рис. 5.1) є кришкою вузла бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч».

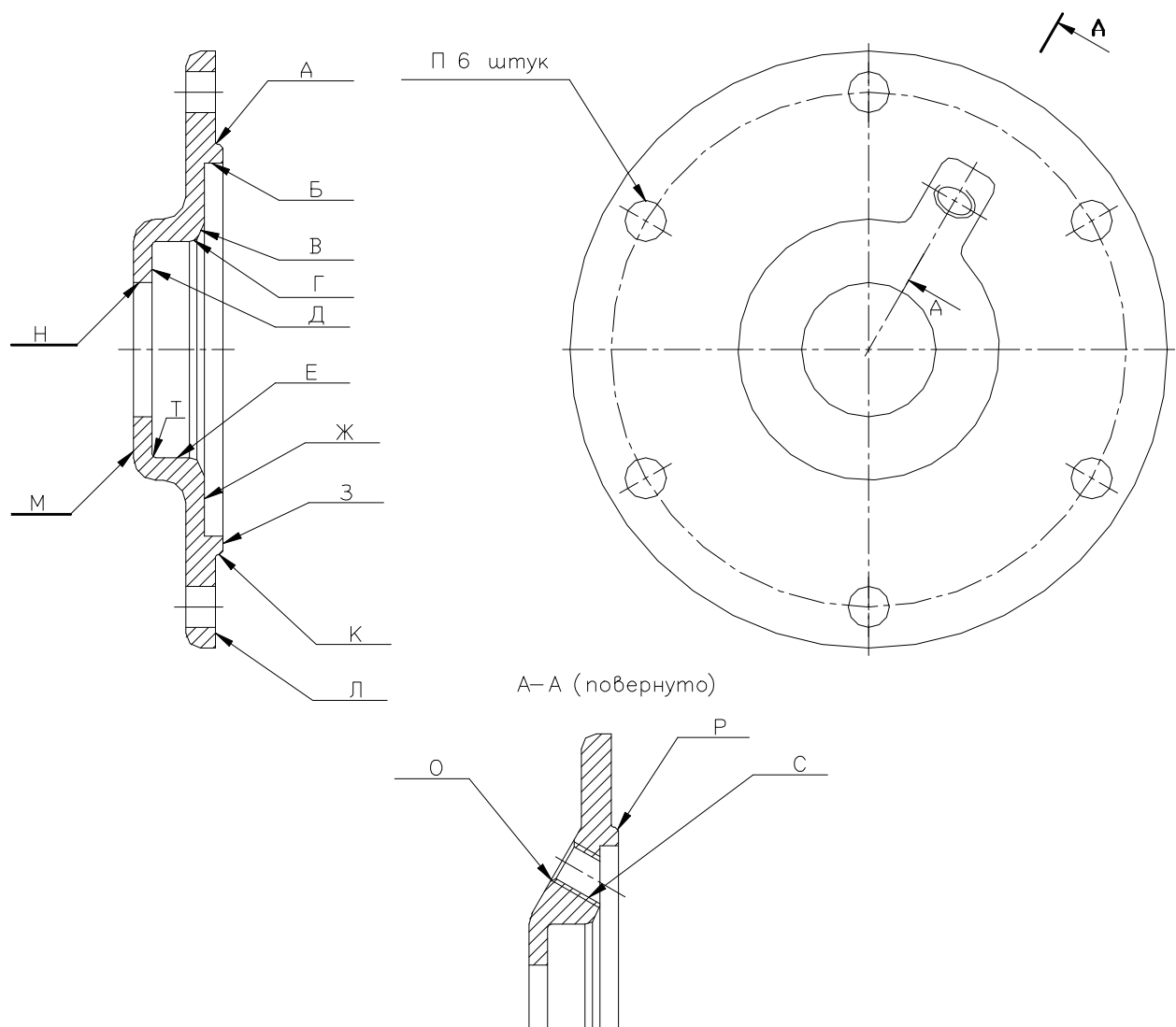


Рисунок 5.1 – Основні поверхні деталі КБС -07.103

Дана деталь призначена для забезпечення герметичності корпусу реверса від витікання мастила, кріплення на ній елементу за допомогою якого проводиться змащування підшипникового вузла, а також фіксації зовнішнього кільця підшипника.

Отвори (П) (шість штук) призначені для кріплення наскрізної кришки до корпусу реверсу при допомозі болтів (шість штук). Між поверхнею (Л) кришки і корпусом реверсу встановлюють гумову прокладку для забезпечення між ними герметичності. Для забезпечення герметичності між валом і наскрізною кришкою встановлюється сальникове ущільнення в кришці по поверхням (Д і Е).

Поверхня (З) призначена для фіксації зовнішнього кільця підшипника.

Різьбовий отвір (С) призначений для приєднання елементу, що дозволяє проводити змащування підшипникового вузла.

Всі інші поверхні є другорядні (вільні) і ніякого значення до роботи не мають.

Деталь наскрізної кришки КСБ-07.103 виготовлена з сірого чавуну СЧ 18-36 ГОСТ 1412-70. Матеріал даної марки використовують для виготовлення відповідальних деталей з товщиною стінок 10 – 20 мм.

Із довідників випишемо механічні властивості даного сірого чавуну і дані зведемо у таблицю 5.1

Таблиця 5.1 – Механічні властивості сірого чавуну СЧ 18-36 ГОСТ 1412-70

Матеріал	Механічні властивості			
	Тимчасовий опір розриву σ_B , Н/мм ²	Тимчасовий опір згину σ_3 , Н/мм ²	Тимчасовий опір стиску σ_C , Н/мм ²	Твердість по Брінеллю, НВ
СЧ 18-36	180	360	700	170 - 229

Із довідників випишемо хімічні властивості даного сірого чавуну і дані зведемо у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Хімічні властивості сірого чавуну СЧ 18-36 ГОСТ 1412-70

Матеріал	Приблизний хімічний склад, %						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
СЧ 18-36	3.1-3.4	1.7-2.1	0.8-1.2	0.3	0.15	0.3	0.5

Аналіз технічних умов

На основі аналізу робочого креслення і технічних вимог визначимо методи і засоби, за допомогою яких можна виконати відповідні вимоги а також методи їх контролю в умовах даного виробництва. Дані зведемо в таблицю:

Таблиця 5.3 – Технічні вимоги, методи їх виконання та контролю

Позн. поверхні	Технічна умова або вимога	Методи виконання	Методи контролю
А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, К, Л, Н, Р, Т	Забезпечити точність і шорсткість виготовлення поверхонь	Токарна з ЧПУ	ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-80 ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-80 Пробка (Ø58) ГОСТ 14816-69 Скоба (Ø110) ГОСТ 16776-71
П	Забезпечити точність виготовлення 6 отв. Ø11 Н13 та їх розташування	Вертикально - свердлильна за допомогою свердлильної головки	ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-80 Калібр на розташування 8150-4696
О, С	Забезпечити точність виготовлення різі М10×1–7Н та її розташування	Різенарізна на підставці	Пробка (М10×1) ГОСТ 17758-72

Технологічний контроль креслення деталі

На кресленні деталь зображена у двох проекціях, що дає змогу уявити деталь в просторі і розташування її основних елементів. Оскільки деталь є дискового типу, то для того щоб показати робочі поверхні і поверхні загального призначення зроблено два вигляди деталі, на яких видно майже всі робочі поверхні.

Вигляд поверхні розмір якої не можна показати, і взагалі її не видно на загальних виглядах оскільки осьове січення не розташоване у площинах загальних виглядів показано у розрізі деталі.

Для розмірів загального призначення встановлений загальний допуск і квалітет точності. Для поверхонь загального призначення встановлено загальний показник шорсткості поверхонь. На робочі розміри і відповідальні поверхні встановлено допуск і квалітет точності згідно ГОСТів або розраховано за допомогою формул. Аналогічно на робочі і відповідальні поверхні встановлено спеціальні показники шорсткості.

Також вказано основні базові поверхні, відносно яких встановлюється деталь і відносно яких визначаються поверхні відхилення: биття, співвісності, розміщення осей отворів відносно центру номінального розташування отвору.

В підсумку, креслення деталі виконане згідно стандартів, що повністю відображає всю необхідну інформацію, яка необхідна для виготовлення даної деталі.

Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь КСБ-07.103 є наскрізною кришкою реверса і являє собою відливку другого класу точності, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних забруднень при виготовленні заготовки, оскільки сама деталь є проста в конструкції. В поковці має бути передбачений роз'єм.

Дана форма деталі дозволяє обробляти отвори одночасно, за один установ. Форма самих отворів, дозволяє обробляти їх на прохід з однієї або

двох сторін. При механічній обробці існує вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь.

Конструкція деталі потребує підрізки торців з внутрішнього боку відливки. В конструкції деталі передбачено отвір, який розташований під кутом до основних базових площин. Даний елемент виконати інакше не практично, виходячи з конструктивних міркувань.

Сама відливка має достатню жорсткість, що не обмежує режими різання. Конструкція деталі забезпечена достатніми по розмірам і відстанях базовими поверхнями а також допоміжними базами.

Проаналізувавши технологічність конструкції деталі, можна сказати, що вона є достатньо технологічна.

Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

Заготовка для виготовлення деталі КСБ-07.103 отримується методом лиття в кокіль з сірого чавуну СЧ 18-36 ГОСТ 1412-70, що забезпечує вимоги міцності і шорсткості необроблюваних поверхонь. Відливки мають відхилення по припусках згідно креслення і нестабільність по твердості.

Бази для операцій механічної обробки вибрані в основному правильно. Спочатку базування здійснюється по чорновій поверхні, яка по кресленню не обробляється і проводиться обробка поверхонь, які є чистовими технологічними базами на подальшу обробку поверхонь. При цьому не порушується вимога єдності конструкторських і технологічних баз, по яких задані технічні вимоги.

Обладнання базового технологічного процесу відповідає по параметрам вимогам відповідних операцій і забезпечує точність виготовлення деталі. Але проаналізувавши технологічний процес можна використати обладнання більш раціонально. У нас в базовому технологічному процесі після операцій свердління отвору і розсвердлювання фаски на вертикально-свердлильному

верстаті моделі 2Н135 йде операція нарізання різьби в кришці мітчиком при допомозі вертикального різьбонарізного напівавтомату моделі 2056. Дану операцію можна виконати на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н135, що використовувався в попередніх операціях, це дасть нам можливість значно економити час.

Всі операції в технологічному процесі оснащені спеціальними приспособленнями, стандартним або спеціальним ріжучим і вимірювальним інструментом.

Базовий технологічний процес задовольняє дотримання технологічного процесу на операціях а також якість обробки деталі.

5.2. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

Визначення типу та організаційної форми виробництва

При дипломному проектуванні можна рахувати, що тип виробництва залежить від двох факторів, а саме: заданої програми випуску і трудомісткості виготовлення виробу. В машинобудуванні розрізняють три типи виробництва: масове, серійне, одиничне.

Визначимо величину такту випуску (t_g), хв/шт.:

$$t_g = \frac{F\partial * 60}{N}, \quad (5.1)$$

де $F\partial$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год. Дану величину візьмемо з таблиці [ст. 23] в залежності від обладнання і кількості змін роботи. Прийmemo роботу обладнання в одну зміну, тоді $F\partial = 2030$ год.

N - річна програма випуску деталей, шт. Визначимо за формулою:

$$N = N_1 * m \left(1 + \frac{\beta}{100} \right), \quad (5.2)$$

де N_1 - річна програма випуску виробів, шт. Із завдання на курсове проектування $N_1=30000$ шт.;

m - кількість деталей даної назви на виріб, $m=1$;

β - кількість деталей, яку необхідно виготовити додатково в якості запчастин, задане у відсотках від річної програми. Прийmemo $\beta = 5\%$;

$$N = N_1 * m \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) = 30000 * 1 * \left(1 + \frac{5}{100} \right) = 31500 \text{ шт.}$$

$$t_g = \frac{F\partial * 60}{N} = \frac{2030 * 60}{31500} = 3.87 \text{ хв/шт.}$$

Значення коефіцієнту закріплення операцій ($Kз$) приймається для планового періоду, що рівний одному місяцю, і визначається за формулою:

$$Kз = \frac{O}{P}, \quad (5.3)$$

де O – число різних операцій. Загальна кількість операцій O визначається сумуванням різних операцій, закріплених за кожним робочим місцем (Op), тобто:

$$O = \sum Op, \quad (5.4)$$

$$Op = \frac{60 * F_m * K_v * \eta_m}{T_{шт} * N_m}, \quad (5.5)$$

де F_m - місячний фонд часу роботи обладнання при однозмінному режимі роботи:

$$F_m = \frac{F\partial}{12}, \quad (5.6)$$

$$F_m = \frac{F\partial}{12} = \frac{2030}{12} = 169 \text{ год.};$$

K_v - середній коефіцієнт виконання норми часу, $K_v=1,3$;

η_m - коефіцієнт завантаження обладнання. Прийmemo: $\eta_m = 0,8$;

N_m - місячна програма випуску деталей, шт.:

$$N_m = \frac{N}{12}, \quad (5.7)$$

$$N_m = \frac{N}{12} = \frac{31500}{12} = 2625 \text{ шт.};$$

$T_{шт}$ – штучно-калькуляційний час виконання проектованої операції на даному верстаті, хв:

$$T_{шт} = \varphi_{\kappa} * \sum T_o, \quad (5.8)$$

де φ_{κ} - коефіцієнт, що характеризує виробництво і вид верстатів;

T_o – норма часу для оброблюваної поверхні, хв;

Визначаємо число різних операцій закріплених за кожним робочим місцем (Op), їх суму і коефіцієнт закріплення операцій ($Kз$):

- Токарна (операція 005), ($Op^{ток}$):

$$Op^{ток} = \frac{60 * F_M * K_B * \eta_M}{T^{ток}_{шт} * N_M} = \frac{60 * 169 * 1,3 * 0,8}{1,97 * 2625} = 2$$

- Вертикально-свердлильна (операції: 010, 020, 025), ($Op^{св}$):

$$Op^{св} = \frac{60 * F_M * K_B * \eta_M}{T^{св}_{шт} * N_M} = \frac{60 * 169 * 1,3 * 0,8}{0,202 * 2625} = 19,8$$

- Різенарізна (операція 030), ($Op^{різ}$):

$$Op^{різ} = \frac{60 * F_M * K_B * \eta_M}{T^{різ}_{шт} * N_M} = \frac{60 * 169 * 1,3 * 0,8}{0,11 * 2625} = 36,3$$

$$O = \sum Op = 2 + 19,8 + 36,3 = 58,1.$$

$$Kз = \frac{O}{P} = \frac{58,1}{3} = 19,3.$$

Згідно ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва є середньо серійний.

Визначимо середній штучний час ($T_{шт.сер.}$), хв:

$$T_{шт.сер.} = \frac{\sum T_{шт}}{P}, \quad (5.9)$$

$$T_{шт.сер.} = \frac{\sum T_{шт}}{P} = \frac{1,97 + 0,202 + 0,11}{3} = 0,76 \text{ хв.}$$

Визначимо кількість деталей в партії (n):

$$n = \frac{N * a}{F}, \quad (5.10)$$

де a – число днів, на які необхідно мати запас деталей. Приймаємо $a=5$,

[ст. 22];

F - число робочих днів в році, F=253 дні.

$$n = \frac{N * a}{F} = \frac{31500 * 5}{253} = 622, \text{ шт.}$$

Розрахункове число змін на обробку деталей на дільниці:

$$C = \frac{T_{шт.сер.} * n}{480 * 0,8}, \quad (5.11)$$

$$C = \frac{T_{шт.сер.} * n}{480 * 0,8} = \frac{0.76 * 622}{480 * 0,8} = 1.2$$

Приймаємо число змін $C_{np} = 1$.

Прийняте число деталей в партії (n_{np}), шт:

$$n_{np} = \frac{C_{np} * 480 * 0,8}{T_{шт.сер.}}, \quad (5.12)$$

$$n_{np} = \frac{C_{np} * 480 * 0,8}{T_{шт.сер.}} = \frac{1 * 480 * 0,8}{0.76} = 505.3 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_{np} = 506$ шт.

Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Метод виконання заготовки для деталей машин визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення. Вибрати заготовку означає встановити спосіб її одержання, намітити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати допуски на не точність виготовлення.

Заготовку для виготовлення деталі КСБ-07.103 отримують на заводі методом лиття в кокіль з сірого чавуну СЧ 18-36 ГОСТ 1412-70, що забезпечує вимоги міцності і шорсткості необроблюваних поверхонь.

Другий методом отримання заготовки може бути виконаний штампуванням на горизонтально - кувальних машинах (ГКМ) із конструкційної вуглецевої сталі 08.

Питання доцільності використання одного з методів одержання заготовки може бути вирішеним тільки після розрахунку технологічної

собівартості по порівнюваних варіантах.

Якщо ж співставленні варіанти будуть рівноцінними, то доцільним вважається варіант заготовки з більш високими коефіцієнтами використання матеріалу.

Зведемо основні параметри заготовок для розрахунку технологічної собівартості по варіантах у таблицю [ст. 28, 30, 35, 39, 40]:

Таблиця 5.4

Основні параметри для розрахунку технологічної собівартості заготовки по варіантах

Найменування показників	I варіант	II варіант
Вид отримання заготовки	Лиття в кокіль	Штампування на ГKM
Клас точності	2	2
Група складності	2	2
Група серійності	3	2
Маса заготовки Q , кг	1,7	1,9

Вартість заготовки (S_z), одержаних такими методами, як литво в земляні форми і кокілі, гаряча штамповка на молотах, пресах, ГKM можна визначити за формулою, грн.:

$$S_z = \left(\frac{C_i}{1000} * Q * k_T * k_c * k_b * k_m * k_n \right) - (Q - q) \frac{S_e}{1000}, \quad (5.13)$$

де C_i - базова вартість однієї тони заготовок, грн.:

- Для литих заготовок $C_{i1} = 2900$ грн.;
- Для штампованих заготовок $C_{i2} = 3150$ грн.;

Q - маса заготовки, кг.:

- Литва заготовка $Q_1 = 1,7$ кг.;
- Штампована заготовка $Q_2 = 1,9$ кг.;

k_T – коефіцієнт що враховує клас точності деталі:

- Для литої заготовки $k_{T1} = 1,03$;
- Для штампованої заготовки $k_{T2} = 1$;

k_C – коефіцієнт що враховує групу складності деталі:

- Для литої заготовки $k_{C1} = 0,83$;

- Для штампованої заготовки $k_{c2}=0,84$;

k_b – коефіцієнт що враховує масу деталі:

- Для литої заготовки $k_{b1}=1$;
- Для штампованої заготовки $k_{b2}=1,14$;

k_m – коефіцієнт що враховує марку матеріалу:

- Для литої заготовки $k_{m1}=1$;
- Для штампованої заготовки $k_{m2}=1$;

k_n – коефіцієнт що враховує об'єм виробництва:

- Для литої заготовки $k_{n1}=1$;
- Для штампованої заготовки $k_{n2}=1$;

q - маса готової деталі, $q=1,4$ кг.;

S_g – ціна однієї тонни відходів, грн. Для литої і штампованої заготовок $S_g=144$ грн.

Вартість заготовки одержаної литвом в кокіль, (S_{31}):

$$S_{31} = \left(\frac{C_{i1}}{1000} * Q_1 * k_{T1} * k_{c1} * k_{b1} * k_{m1} * k_{n1} \right) - (Q_1 - q) \frac{S_g}{1000} =$$

$$= \left(\frac{2900}{1000} * 1,7 * 1,03 * 0,83 * 1 * 1 * 1 \right) - (1,7 - 1,4) \frac{144}{1000} = 4,17 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки одержаної штампуванням на ГKM, (S_{32}):

$$S_{32} = \left(\frac{C_{i2}}{1000} * Q_2 * k_{T2} * k_{c2} * k_{b2} * k_{m2} * k_{n2} \right) - (Q_2 - q) \frac{S_g}{1000} =$$

$$= \left(\frac{3250}{1000} * 1,9 * 1 * 0,84 * 1,14 * 1 * 1 \right) - (1,9 - 1,4) \frac{144}{1000} = 5,66 \text{ грн.}$$

Економічний ефект (E) порівнюваних методів одержання заготовок рахуємо за формулою:

$$E = (S_{31} - S_{32}) * N, \quad (5.14)$$

де N - річна програма випуску, шт. $N = 30000$ шт.:

$$E = (S_{31} - S_{32}) * N = (5,66 - 4,17) * 30000 = 45600 \text{ грн.}$$

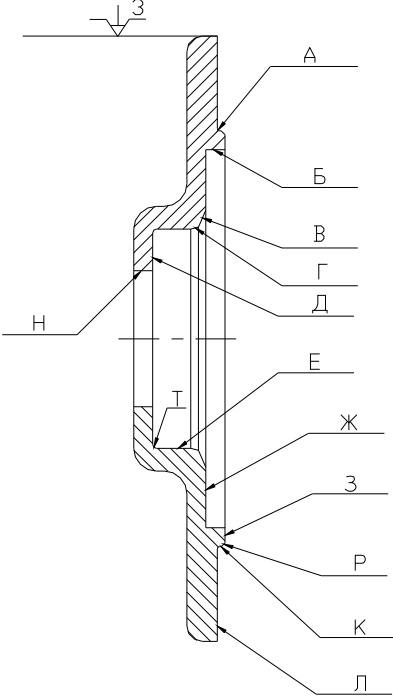
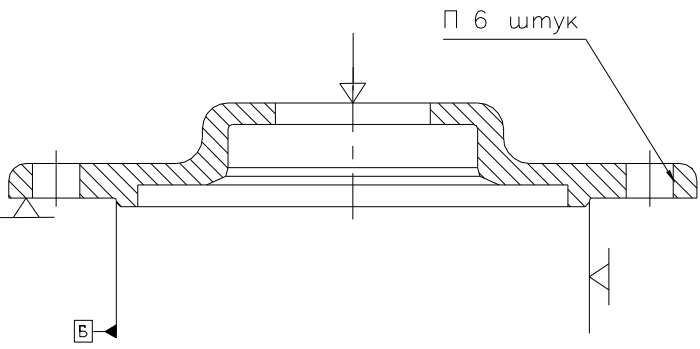
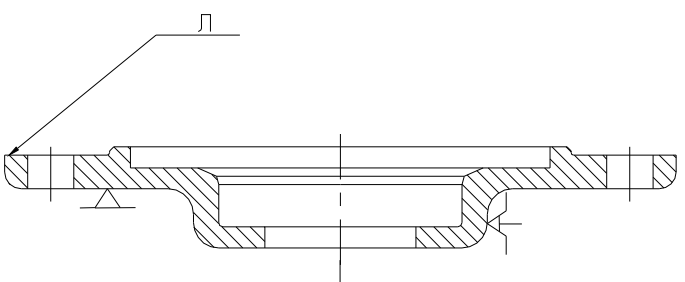
Отже при застосуванні литої заготовки ми одержуємо річний економічний ефект $E=45600$ грн.

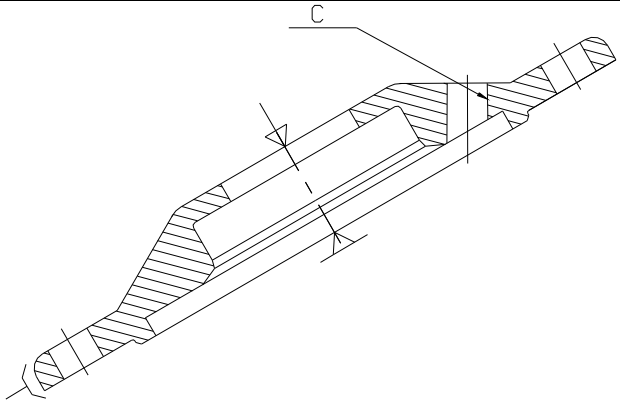
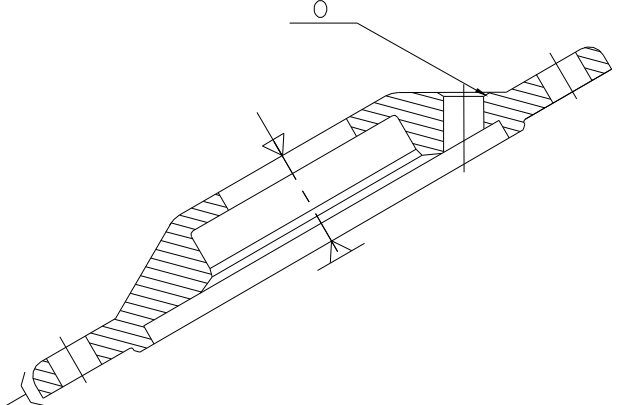
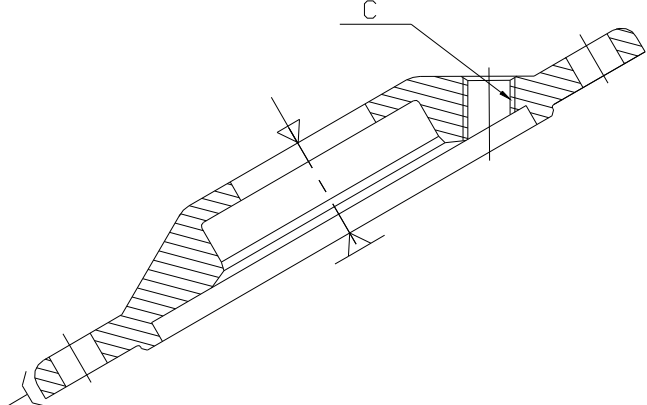
Вибір технологічних баз

Одним із найбільш складних і принципових розділів проектування технологічних процесів механічної обробки є призначення технологічних баз.

Складемо таблицю, в якій покажемо схеми базування деталі на кожну операцію а також вкажемо поверхні які при даному установі обробляються.

Таблиця 5.5 – Схеми базування деталі, та оброблювані при цьому поверхні

№ операції	Назва операції	Схема базування
005	Токарна з ЧПК	 <p style="text-align: center;">А Б В Г Д Е Ж З Р К Л</p>
010	Вертикально - свердлильна	 <p style="text-align: center;">П 6 штук</p>
015	Слюсарна	 <p style="text-align: center;">Л</p>

020	Вертикально - свердлильна	
025	Вертикально - свердлильна	
030	Різенарізна	

Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки

Для визначення доцільності вибраного технологічного маршруту необхідно провести техніко-економічні порівняння двох варіантів обробки.

Складемо таблиці, в першій з яких вкажемо маршрут першого варіанту обробки (базового), в другій вкажемо маршрут другого варіанту обробки (проектного).

Таблиця 5.6 – Маршрут обробки І-го варіанту (базового)

№ операції	Назва операції	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Верстат
005	Токарна з ЧПК	А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, К, Л, Н, Р, Т	М	16К20Ф3
010	Вертикально - свердлильна	П	К, Л	2Н135
015	Слюсарна	Л	М	-----
020	Вертикально - свердлильна	С	М, З, Е	2Н135
025	Вертикально - свердлильна	О	М, З, Е	2Н135
030	Різенарізна	С	М, З, Е	2056

Таблиця 5.7 – Маршрут обробки ІІ-го варіанту (проектного)

№ операції	Назва операції	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Верстат
005	Токарна з ЧПК	А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, К, Л, Н, Р, Т	М	16К20Ф3
010	Вертикально - свердлильна	П	К, Л	2Н135
015	Слюсарна	Л	М	-----
020	Вертикально - свердлильна	С	М, З, Е	2Н135
025	Вертикально - свердлильна	О	М, З, Е	2Н135
030	Різенарізна	С	М, З, Е	2Н135

Проведемо порівняння собівартості для операції, що відрізняється, тобто операція 030.

Визначимо величину годинних приведених витрат $C_{пр}$, що характеризує економічність обладнання, коп./год:

$$C_{пр} = \frac{C_з}{M} + C_ч + E_n(K_c + K_з), \quad (5.15)$$

де $C_з$ – основна і допоміжна зарплата, коп./год:

$$C_з = C_m * 1,53 * k, \quad (5.16)$$

де C_m – годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду, коп./год:

Для двох відмінних операцій, що відповідають третьому розряду роботи $C_m=479$ коп./год.

k – коефіцієнт, що враховує заробітну плату наладчика. Якщо наладка проводиться самим робітником, то $k=1$;

$$C_з = C_m * 1,53 * k = 479 * 1,53 * 1 = 733 \text{ коп./год.};$$

M – коефіцієнт багатOVERстатності. Якщо використовуються універсальне обладнання, то $M=1$;

$C_ч$ – годинні витрати по експлуатації робочого місця, коп./год:

$$C_ч = C_{чс} * K_m, \quad (5.17)$$

де $C_{чс}$ – практичні скоректовані годинні витрати на базовому робочому місці. Для серійного виробництва $C_{чс}=363$ коп.;

K_m – машинний коефіцієнт, який показує в скільки разів витрати пов'язані з роботою даного верстату більші, ніж аналогічні витрати у базового верстату:

- Для різенарізної операції $K_{m1}=0,65$:

$$C_{ч1} = C_{чс} * K_{m1} = 363 * 0,65 = 236, \text{ коп./год.};$$

- Для вертикально-свердлильної K_{m2} :

$$C_{ч2} = C_{чс} * K_{m2} = 363 * 0,5 = 181,5, \text{ коп./год.};$$

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень.

Для машинобудування $E_n=0,2$;

K_c – питомі годинні капітальні вкладення у верстат, коп./год. Для серійного виробництва:

$$K_c = \frac{C * 100}{3200}, \quad (5.18)$$

де C – балансова вартість верстату, грн.:

- Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056) $C_1=17600$ грн.;

$$K_{c_1} = \frac{C_1 * 100}{3200} = \frac{17600 * 100}{3200} = 550 \text{ коп./год.};$$

- Для вертикально-свердлильного верстату 2Н135, $C_2=21500$ грн.;

$$K_{c_2} = \frac{C_2 * 100}{3200} = \frac{21500 * 100}{3200} = 671.8 \text{ коп./год.};$$

K_z - питомі годинні капітальні вкладення у будівлю, коп./год. Для серійного виробництва:

$$K_z = \frac{F * 75 * 100}{3200}, \quad (5.19)$$

де F – виробнича площа, що займає верстат з врахуванням проходів, м²

$$F = f * k_f, \quad (5.20)$$

де f – виробнича площа, що займається верстатом, м²:

- Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056) $f_1=0,87*0,59=0,52$ м²;
- Для вертикально-свердлильного верстату 2Н135, $f_2=1,24*0,81=1$ м²;

k_f – коефіцієнт, що враховує додаткові виробничі площі (проходи, проїзди). Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056) і вертикально-свердлильного верстату 2Н135 $k_f=4,0$;

- Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056) виробнича площа (F_1) буде:

$$F_1 = f_1 * k_f = 0.52 * 4 = 2.1 \text{ м}^2;$$

- Для вертикально-свердлильного верстату 2Н135, виробнича площа (F_2) буде:

$$F_2 = f_2 * k_f = 1 * 4 = 4 \text{ м}^2;$$

Мінімальна виробнича площа, що приймається до розрахунків $F=6 \text{ м}^2$, тому: $F_1=F_2=F=6 \text{ м}^2$;

Тому питомі годинні капітальні вкладення у будівлю для обох варіантів технологічного процесу будуть:

$$K_3 = \frac{F * 75 * 100}{3200} = \frac{6 * 75 * 100}{3200} = 14 \text{ коп./год.};$$

Тепер величина годинних приведених витрат, що характеризує економічність обладнання буде:

- Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056), (C_{np1}):

$$C_{np1} = \frac{C_3}{M} + C_{ч1} + E_n(K_{с1} + K_3) = \frac{733}{1} + 236 + 0.2(550 + 14) = 1082 \text{ коп./год.};$$

- Для вертикально-свердлильного верстату 2Н135, (C_{np2}):

$$C_{np2} = \frac{C_3}{M} + C_{ч2} + E_n(K_{с2} + K_3) = \frac{733}{1} + 181.5 + 0.2(671.8 + 14) = 1051 \text{ коп./год.}$$

Визначимо річний економічний ефект (E), грн:

$$E = \frac{(C_{np1} - C_{np2}) * N}{100}, \quad (5.21)$$

де N – річна програма випуску, шт. $N=30000$ шт.;

$$E = \frac{(C_{np1} - C_{np2}) * N}{100} = \frac{(1082 - 1051) * 30000}{100} = 9300 \text{ грн.}$$

З приведених розрахунків очевидно, що більш економічним є другий варіант технологічного процесу. Його і обираємо для подальших розрахунків.

Визначення припусків та міжопераційних розмірів проектованої заготовки

На оброблювані поверхні кришки (рис. 5.1) припуски і допуски вибираємо по таблицях з ГОСТ 1855-55 і дані занесемо в таблицю:

Таблиця 5.8 – Припуски і допуски на оброблювані поверхні кришки

Поверхні	Розмір мм	Припуск мм		Допуск
		Табличний	Розрахований	
Д	10	1,2	-	±0,2
Е	Ø58	2,3	-	+0,074
Н	Ø36	2,2	1,97	+0,6
Т	R1	0,8	-	-
А	R0,6	0,8	-	-
В	Ø68	2,3	-	+0,74
Б	Ø100	2,5	-	+0,87
К	Ø110	2,6	-	-0,22
Г	2	1,2	-	0,1
Ж	5	1,2	-	±0,5
Р	1	0,8	-	-
Л	2	1,2	-	±0,1
З	24	1,5	-	±0,2
М	Ø160	2,6	-	±0,6

Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю

При виборі типу і конструкції різального інструменту слід враховувати характер виробництва, метод обробки, тип верстату, розмір, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідну якість поверхні, точність обробки.

Вибір найбільш прогресивних ріжучих інструментів відповідає досягненню високих показників технологічного процесу. При цьому інструменти повинні забезпечити більш повне використання можливостей верстата.

При виборі ріжучого інструменту потрібно по можливості більш повно використовувати стандартний інструмент. В тих випадках коли використати

стандартний інструмент не можливо або не вигідно, використовується спеціальний ріжучий інструмент.

Для перевірки розмірів оброблюваних поверхонь, їх шорсткості, окремих пунктів технічних вимог, потрібно використовувати засоби технологічного контролю, стандартизованих, нормалізованих або спеціальних.

Виберемо ріжучий і вимірювальний інструмент для кожної операції, і дані занесемо в таблицю 5.9.

Таблиця 5.9 – Вибір різального та вимірювального інструменту

№ п/п	Назва операції (переходу)	Інструмент	
		Різальний	Вимірювальний
005	Токарна з ЧПК	Різець 2102-4093ВКВ8 Різець 2102-4049	ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-80 ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-80 Пробка (Ø58) ГОСТ 14816-69 Скоба (Ø110) ГОСТ 16776-71
010	Вертикально - свердлильна	Свердло Ø11 ГОСТ 10903-77	ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-80 Калібр на розташування 8150-4696
015	Слюсарна	Напиллок ГОСТ 1465-80	-
020	Вертикально - свердлильна	Свердло Ø9 ГОСТ 10903-77	ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-80
025	Вертикально - свердлильна	Свердло Ø15 ГОСТ 10903-77	-
030	Різенарізна	Мітчик М10×1 ГОСТ 3266-71	Пробка (М10 \ominus 1) ГОСТ 17758-72

Розрахунок режимів різання по операціях

Проведемо розрахунок режиму різання розрахунково-аналітичним шляхом для свердлильної операції 010 (свердління одночасно шести наскрізних отворів $\varnothing 11H13^{(+0,27)}$), що виконується на вертикально-свердлильному верстаті 2Н135.

Для виконання цих отворів обираємо свердло $\varnothing 11$ по ГОСТ 10903-77, [табл. 42 ст. 147].

Визначимо глибину різання t , мм:

$$t=0.5*D, \quad (5.22)$$

де D - діаметр свердла, $D=11$ мм.

$$t=0.5*D=0.5*11=5.5 \text{ мм.}$$

При свердлінні отворів без обмежуючих факторів, вибираємо максимально допустиму по міцності свердла подачу (S), мм/об:

$$S=0.31-0.35 \text{ мм/об.}$$

Уточнюємо подачу по паспорту верстата:

$$S=0.28 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання (V), м/хв. визначимо по формулі:

$$V = \frac{C_v * D^g}{T^m * S^y} * K_v, \quad (5.23)$$

де C_v , g , m , y , - коефіцієнти швидкості різання при свердлінні

- $C_v = 14,7$;
- $g = 0,25$;
- $m = 0,125$;
- $y = 0,55$;

T - період стійкості свердла, хв.:

- $T=60$ хв.

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{ev}, \quad (5.24)$$

де K_{mv} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (5.25)$$

де HB - твердість оброблюваного матеріалу. Прийmemo твердість сірого чавуну $HB=229$.

n_V - показник степеня

$$- n_V=1,3;$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_V} = \left(\frac{190}{229} \right)^{1.3} = 0.78$$

K_{nv} - коефіцієнт на інструментальний матеріал:

$$- K_{nv}=1;$$

K_{ev} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління:

$$- K_{ev}=1$$

$$K_V = K_{mv} * K_{nv} * K_{ev} = 0.78 * 1 * 1 = 0.78$$

$$V = \frac{C_v * D^g}{T^m * S^y} * K_V = \frac{14.7 * 11^{0.25}}{60^{0.125} * 0.28^{0.55}} * 0.78 = 25.2 \text{ м/хв.}$$

Визначимо розрахункове число обертів (n), об/хв.

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D * i}, \quad (5.26)$$

де i – передаточне відношення свердлильної головки, $i=4,28$;

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D * i} = \frac{1000 * 25.2}{\pi * 11 * 4.28} = 170.4 \text{ об/хв.}$$

Скоректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстата :

$$- n=125 \text{ об/хв.}$$

Число обертів свердла ($n_{св}$) визначимо:

$$n_{св} = n * i = 125 * 4,28 = 535 \text{ об/хв.}$$

Уточнимо дійсну швидкість різання V , м/хв:

$$V = \frac{\pi * D * n_{св}}{1000}, \quad (5.27)$$

$$V = \frac{\pi * D * n_{св}}{1000} = \frac{3.14 * 11 * 535}{1000} = 18.49 \text{ м/хв.};$$

Визначимо крутний момент на одне свердло ($M_{кр}$), Нм :

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^g * S^y * K_P, \quad (5.28)$$

де C_m, q, y - коефіцієнти формули крутного моменту:

- $C_m=0,021$;
- $q=2,0$;
- $y=0,8$;

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки:

$$K_p = K_{mp}, \quad (5.29)$$

K_{mp} - коефіцієнт:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n, \quad (5.30)$$

де n - показник степеня, $n=0,6$;

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{229}{190} \right)^{0,6} = 1,12$$

$$M_{кр} = 10 * C_m * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,021 * 11^2 * 0,28^{0,8} * 1,12 = 10,28 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Осьову силу (P_o), Н на одне свердло визначимо по формулі:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p, \quad (5.31)$$

де C_p, q, y - коефіцієнти формули осьової сили:

- $C_p=42,7$;
- $q=1,0$;
- $y=0,8$;

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки. Визначається аналогічно, як при визначенні крутного моменту на свердлі. Відповідно:

$$K_p = 1,12;$$

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p = 10 * 42,7 * 11^1 * 0,28^{0,8} * 1,12 = 1900 \text{ Н}$$

Потужність різання (N), кВт для одного свердла визначимо за формулою:

$$N = \frac{M_{кр} * n_{св}}{9750}, \quad (5.32)$$

$$N = \frac{M_{кр} * n_{св}}{9750} = \frac{10,28 * 535}{9750} = 0,564 \text{ кВт}.$$

Для шести свердел потужність (N_6), кВт буде:

$$N_6 = N * 6 = 0,564 * 6 = 3,384 \text{ кВт}.$$

Для шести свердел осьова сила (P), Н буде:

$$P = P_0 * 6 = 1900 * 6 = 11400 \text{ Н.}$$

Перевіримо чи достатня потужність приводу верстату (N_{max}) і осьова сила (P_{max}):

$$N_{max} = N\partial * \eta, \quad (5.33)$$

де $N\partial$ - потужність двигуна, $N\partial=4,5$ кВт;

η - ККД двигуна, $\eta=0,8$;

$$N_{max} = N\partial * \eta = 4.5 * 0.8 = 3.6 \text{ кВт};$$

З [ст. 422] виписуємо: $P_{max}=15000$ Н.

$$N_{max} = 3.6 \text{ кВт} > N_6 = 3,384 \text{ кВт};$$

$$P_{max} = 15000 \text{ Н} > P = 11400 \text{ Н}.$$

Із розрахунків видно, що потужність верстата достатня для обробки деталі.

Основний технологічний час (T_0), хв. визначимо по формулі:

$$T_0 = \frac{L}{n * S}, \quad (5.34)$$

де L – величина ходу свердла, мм.

$$L = l + y + \Delta, \quad (5.35)$$

де l – товщина заготовки, $l=8$ мм;

y – величина врізання, мм. При одинарному заточуванні:

$$y = 0,3 * D, \quad (5.36)$$

$$y = 0,3 * D = 0,3 * 11 = 3,3 \text{ мм.}$$

Δ - величина виходу інструменту. Прийmemo: $\Delta=3$ мм.

$$L = l + y + \Delta = 8 + 3.3 + 3 = 14.3 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L}{n * S} = \frac{14.3}{535 * 0.28} = 0.095 \text{ хв.}$$

Решту операцій нормуємо по таблицях режимів різання і всі одержані дані заносимо в таблицю.

Таблиця 5.10 – Режими різання по операціях

№ операції	Назва операції, переходу	Довжина різання L , мм.	Глибина різання t , мм.	Кількість проходів j	Подача S , мм/об	Число обертів n , об/хв	Швидкість різання V , м/хв	Основний час T_0 , хв.	Потужність різання N , кВт.
005	Токарна з ЧПК: 1. Точити поверхню деталі по програмі	37	2	-	0,2	200	100,5	1,85	1,38
	2. Розточити попередньо контур отвору по програмі	59	2	1	0,25	250	78,5	0,94	1,38
	3. Розточити отвір	59	0,5	1	0,1	350	109	1,68	0,23
010	Вертикально-свердлильна: Свердлити одночасно 6 отв.	8	5,5	1	0,28	535	18,49	0,095	3,384
015	Слюсарна	-	-	-	-	-	-	0,3	-
020	Вертикально-свердлильна: Свердлити отвір	16	4,5	1	0,14	500	14,1	0,2	0,27
025	Вертикально-свердлильна: Розсвердлити фаску	5	1	1	0,1	500	15,7	0,1	0,31
030	Різенарізна: Нарізати різьбу	16	0,5	1	1	250	8,8	0,078	0,11

Вибір обладнання та визначення його кількості. Побудова графіків завантаженості та використання обладнання

Правильний вибір обладнання визначає його раціональне використання в часі. Попередній вибір верстатів регламентується ГОСТ 14.404-73, і проводиться під час призначення методу обробки поверхні.

Для кожного верстату в технологічному процесі повинні бути підраховані коефіцієнти завантаження і коефіцієнт використання верстату по основному часу.

Розрахуємо коефіцієнт завантаженості верстату (η_3):

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n}, \quad (5.37)$$

де m_p - розрахункова кількість верстатів зайнятих на одній операції, шт:

$$m_p = \frac{T_{шт}}{t_г}, \quad (5.38)$$

де $t_г$ - величина такту випуску, $t_г = 3,87$ хв/шт.

Визначимо розрахункову кількість верстатів на кожну операцію:

- Операція 005 токарна з ЧПК:

$$m_p^{005} = \frac{T_{шт}^{005}}{t_г} = \frac{6,36}{3,87} = 1,64 \text{ шт};$$

- Операція 010 вертикально-свердлильна:

$$m_p^{010} = \frac{T_{шт}^{010}}{t_г} = \frac{0,435}{3,87} = 0,11 \text{ шт};$$

- Операція 015 слюсарна:

$$m_p^{015} = \frac{T_{шт}^{015}}{t_г} = \frac{0,687}{3,87} = 0,18 \text{ шт};$$

- Операція 020 вертикально-свердлильна:

$$m_p^{020} = \frac{T_{шт}^{020}}{t_г} = \frac{0,49}{3,87} = 0,13 \text{ шт};$$

- Операція 025 вертикально-свердлильна:

$$m_p^{025} = \frac{T_{шт}^{025}}{t_г} = \frac{0,39}{3,87} = 0,1 \text{ шт};$$

- Операція 030 різенарізна:

$$m_p^{030} = \frac{T_{шт}^{030}}{t_г} = \frac{0,49}{3,87} = 0,13 \text{ шт};$$

m_n - прийнята кількість верстатів, шт.;

В залежності від розрахункової кількості верстатів приймемо:

- Операція 005 токарна з ЧПК: $m_n^{005} = 2$ шт.;
- На вертикально-свердлильні 010, 020, 025, і різнарізну 030 операції можемо прийняти: $m_p^{CB} = 1$ верстат, оскільки:

$$m_p^{CB} = m_p^{010} + m_p^{020} + m_p^{025} + m_p^{030} = 0.11 + 0.13 + 0.1 + 0.13 = 0.47 \text{ шт.};$$

- Операція 015 слюсарна, кількість робочих місць: $m_n^{015} = 1$ шт.;

Визначимо коефіцієнт завантаженості:

- Операція 005 токарна з ЧПК:

$$\eta_3^{005} = \frac{m_p^{005}}{m_n^{005}} = \frac{1.64}{2} = 0.82$$

- На вертикально-свердлильні 010, 020, 025, і різнарізну 030 операції:

$$\eta_3^{CB} = \frac{m_p^{CB}}{m_n^{CB}} = \frac{0.47}{1} = 0.47$$

- Операція 015 слюсарна:

$$\eta_3^{015} = \frac{m_p^{015}}{m_n^{015}} = \frac{0.18}{1} = 0.18$$

Визначимо середнє завантаження верстатів ($\eta_{3\text{сер}}$), (без слюсарного верстака):

$$\eta_{3\text{сер}} = \frac{\eta_3^{005} + \eta_3^{CB}}{2} = \frac{0.82 + 0.47}{2} = 0.645$$

По даних значеннях побудуємо графік завантаження верстатів:

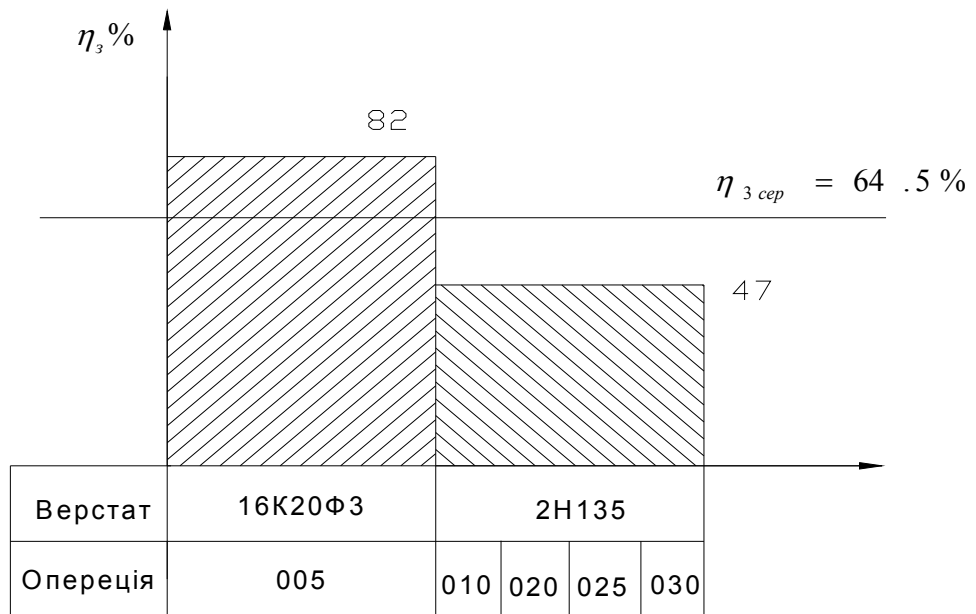


Рисунок 5.2 – Графік завантаженості обладнання

Визначимо коефіцієнт використання обладнання по основному (технологічному) часу, (η_o):

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{ШК}}, \quad (5.39)$$

- Операція 005 токарна з ЧПК:

$$\eta_o^{005} = \frac{T_o^{005}}{T_{ШК}^{005}} = \frac{4,47}{6,4} = 0,7$$

- На вертикально-свердлильні 010, 020, 025, і різенарізну 030 операції:

$$\eta_o^{CB} = \frac{T_o^{010} + T_o^{020} + T_o^{025} + T_o^{030}}{T_{ШК}^{010} + T_{ШК}^{020} + T_{ШК}^{025} + T_{ШК}^{030}} = \frac{0,095 + 0,2 + 0,1 + 0,078}{0,474 + 0,53 + 0,43 + 0,53} = \frac{0,473}{1,964} = 0,24$$

- Операція 015 слюсарна:

$$\eta_o^{015} = \frac{T_o^{015}}{T_{ШК}^{015}} = \frac{0,3}{0,7} = 0,43$$

Визначимо середній коефіцієнт використання обладнання по основному (технологічному) часу ($\eta_{o.сер}$), (без слюсарного верстака):

$$\eta_{o.сер} = \frac{\eta_o^{005} + \eta_o^{CB}}{2} = \frac{0,7 + 0,24}{2} = 0,47$$

По даних значеннях побудуємо графік використання обладнання по основному (технологічному) часі:

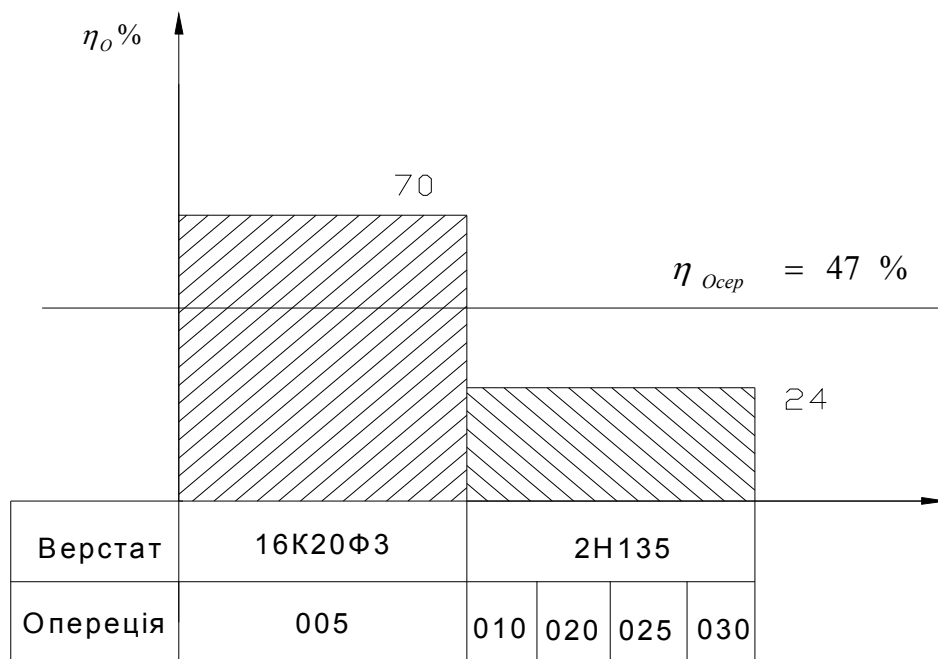


Рисунок 5.3 – Графік використання обладнання за основним часом

Визначимо коефіцієнт використання верстату по потужності (η_m):

$$\eta_m = \frac{N_{np}}{N_{CT}}, \quad (5.40)$$

де N_{np} – необхідна потужність на приводі верстату, кВт;

N_{CT} – потужність електродвигуна встановленого на верстаті, кВт.;

- Операція 005 токарна з ЧПК:

$$N_{CT}^{005} = 10 \text{ кВт.};$$

$$\eta_m^{005} = \frac{N_{np}^{005}}{N_{CT}^{005}} = \frac{1,38 + 1,38 + 0,23}{10} = 0,3$$

- Операція 010 вертикально-свердлильна:

$$N_{CT}^{010} = 3,6 \text{ кВт};$$

$$\eta_m^{010} = \frac{N_{np}^{010}}{N_{CT}^{010}} = \frac{3,384}{3,6} = 0,94$$

- Операція 020 вертикально-свердлильна:

$$N_{CT}^{020} = 3,6 \text{ кВт};$$

$$\eta_M^{020} = \frac{N_{np}^{020}}{N_{CT}^{020}} = \frac{0,27}{3,6} = 0,075$$

- Операція 025 вертикально-свердлильна:

$$N_{CT}^{025} = 3,6 \text{ кВт};$$

$$\eta_M^{025} = \frac{N_{np}^{025}}{N_{CT}^{025}} = \frac{0,31}{3,6} = 0,086$$

- Операція 030 різнарізна:

$$N_{CT}^{030} = 3,6 \text{ кВт};$$

$$\eta_M^{030} = \frac{N_{np}^{030}}{N_{CT}^{030}} = \frac{0,11}{3,6} = 0,03$$

Визначимо середній коефіцієнт використання верстату по потужності ($\eta_{M.сер}$):

$$\eta_{M.сер} = \frac{\eta_M^{005} + \eta_M^{010} + \eta_M^{020} + \eta_M^{025} + \eta_M^{030}}{5} = \frac{0,3 + 0,94 + 0,075 + 0,086 + 0,03}{5} = 0,29$$

По даних значеннях побудуємо графік використання верстату по потужності:

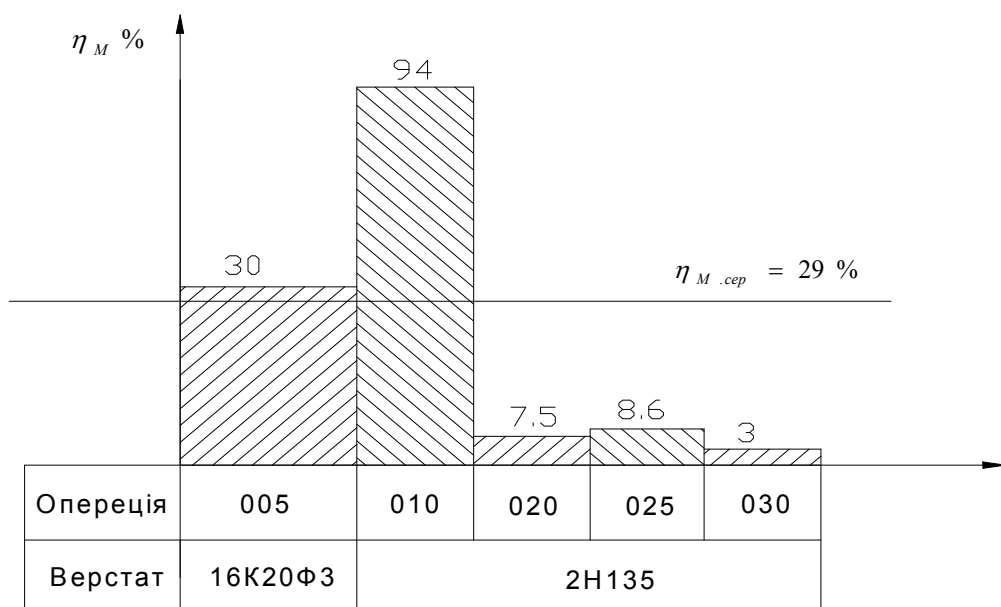


Рисунок 5.4 – Графік використання верстату по потужності

5.3. Розробка спеціальних верстатних пристроїв

Опис призначення, будови і роботи кондуктора до верстату 2Н135

Опишемо приспособлення – кондуктор, який призначений для базування деталі КСБ-07.103 при свердлінні шести отворів $\varnothing 11$ мм.

Приспособлення складається із корпусу (2), на якому встановлені по боках дві колони (6). В центрі розміщені опори, до яких прикріплене кільце (8) за допомогою чотирьох гвинтів (15). Дане кільце має такий профіль, що забезпечує базування деталі на ньому. На двох колонах (6), що встановлені на корпусі (2), піднімається і опускається кондукторна плита (3), яка опускається і піднімається разом із свердлильною головкою і притискає деталь за допомогою пружин (5). безпосередньо під час свердління до кільця (8) по верхній площині. Фіксація деталі від повороту при свердлінні в горизонтальній площині забезпечується силою тертя між самою деталлю і кондукторною плитою.

На кондукторній плиті (3) закріплений штифт (17), який призначений для: додаткової орієнтації деталі, а також додаткової фіксації деталі від повороту при свердлінні в горизонтальній площині.

Необхідна точність розташування отворів на деталі забезпечується втулками (19 і 20), які кріпляться до кондукторної плити (3) за допомогою шайби (9), яка в свою чергу кріпиться до неї болтом (13).

При встановленні деталі в приспособлення вона базується по орієнтованому отвору діаметром 110 мм і торцю. Базована кондукторна прижимна плита дає можливість витримати технічні вимоги до розміщення оброблюваних отворів діаметром $11H13^{(+0,27)}$ мм.

Розрахунок сил затиску і визначення основних параметрів механізму затиску

Щоб розрахувати величину сили затиску, необхідно мати схему установки і закріплення деталі в приспособленні, місця прикладення і направлення сил і їх моментів.

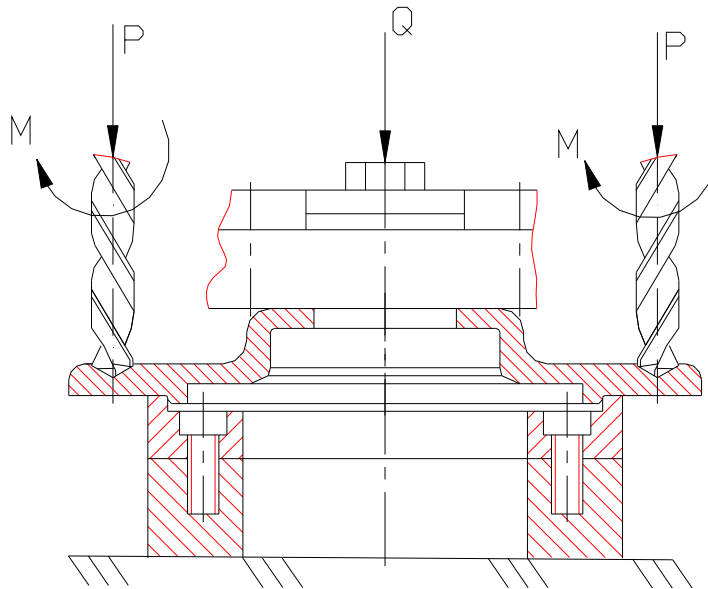


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема сил при свердлінні у кондукторі

При виконанні свердлильної операції на оброблювану деталь діють різні сили і моменти. В даному випадку на деталь діють осьові зусилля подачі (від шести свердел), що співпадають з силою затиску і крутні моменти від них. При такому базуванні деталі в приспособленні всі сили взаємозрівноважуються. Але враховуючи несприятливі фактори, визначимо необхідну силу затиску з умови не прокручування деталі навколо осі :

$$Q_o = \frac{2kMR}{dfr} - P_o, \quad (5.41)$$

де k - коефіцієнт запасу, $k=1.15$;

M - крутний момент, викликаний одним свердлом, $M=10,28$ Нм.;

R - радіус від осі свердла до осі деталі, $R=69$ мм;

d - діаметр свердла, $d=11$ мм;

f - коефіцієнт тертя, $f=0.3$;

r – найбільша відстань бази заготовки від осі деталі, $r=55$ мм.;

P_o - зусилля подачі на одне свердло, $P_o=1900$ Н;

$$Q_o = \frac{2kMR}{dfr} - P_o = \frac{2 * 1.15 * 10.28 * 0.069}{0.011 * 0.3 * 0.055} - 1900 = 7088 \text{ Н.}$$

Отже, отримана сила затиску буде достатня для того, щоб процес свердління в кондукторі проходив надійно і забезпечувалися необхідні вимоги до точності виготовлення отворів.

6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПОР БУНКЕРА МАШИНИ КБС-6 «ЗБРУЧ»

6.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень.

Оцінка технічного рівня виробу

При експлуатації коренезбирального комбайна КБС-6 «Збруч» з бункером підвищеного об'єму в результаті дії додаткових зусиль елементи рами комбайна сприймають значні навантаження.

Для підвищення надійності несучої рами комбайна КБС-6 «Збруч» з бункером підвищеного об'єму запропоновано:

- обладнати бункер відкидною стінкою, розташованою навпроти вивантажувального транспортера, що дозволить забезпечити рівномірність навантаження по опорах бункера при розгортанні транспортера. Крім того це збільшує об'єм бункера на 1 м³.
- підвищити міцність консолей, на яких встановлюється бункер;

Такі конструктивні заходи дозволять підвищити надійність несучих конструкцій комбайна КБС-6 «Збруч» та зменшити затрати на його ремонт.

Крім того, встановлення гичкозрізувального модуля попереду ведучого моста комбайна та бункера збільшеного об'єму (більше 10 м³) дозволяє інтенсифікувати технологічний процес збирання коренеплодів і підвищити продуктивність комбайна.

Але запропонований варіант інженерного рішення має і недолік - з'являються витрати на величину додаткових капітальних вкладень, пов'язаних із розробкою нової конструкції машини.

Якщо вважати, що зміна конструкції основної рами комбайна КБС-6 проводиться при підготовці машини до нового сезону (під час проведення планового капітального ремонту), то витрати на зміну конструкції не впливатимуть на сезонну продуктивність машини, і експлуатаційні витрати залишатимуться на базовому рівні.

Порівняльний аналіз значень якості виробу проводиться для всіх конструктивних варіантів і має два етапи [6]:

1. Експертний етап передбачає порівняння значень показників якості нового виробу за варіантами з показниками базового виробу та може призвести до наступних результатів:

а) всі показники даного варіанту перевищують базові більше, ніж на 5 %. Даний варіант вважається проектом і піддається подальшій розробці, в тому числі і економічному обґрунтуванню;

б) всі показники даного варіанту гірші базових більше, ніж на 3 %. Даний варіант виключається із подальшої розробки;

в) деякі показники варіантів кращі, деякі гірші від базових. Тут необхідний наступний розрахунковий етап.

2. Розрахунковий етап передбачає:

а) визначення значень відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно до формул:

$$q_i = \frac{k_{2_i}}{k_{1_i}} - \text{для бажаних показників}; \quad (6.1)$$

$$q_i = \frac{k_{1_i}}{k_{2_i}} - \text{для небажаних показників}, \quad (6.2)$$

де k_{2_i} - показник якості нового виробу; k_{1_i} - показник якості базового виробу;

$i = \overline{1, n}$ - номенклатура показників якості;

б) розрахунок узагальненого показника:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (6.3)$$

де Q – узагальнений показник якості продукції;

n – кількість показників, що складають номенклатуру.

Задовільним проектом вважається варіант нового виробу, у якого $Q > 1.05$.
Це значення заноситься в карту технічного рівня і якості виробу.

Так як темою дипломної роботи є удосконалення складової частини машини (несучі конструкції – комплектуючі вироби), то узагальнений показник розраховується на машину в цілому.

Визначаємо значення відносних показників якості нового виробу за варіантами згідно формул:

для бажаних показників:

$$q_1 = \frac{8}{8} = 1; \quad q_2 = \frac{2,7}{2,7} = 1; \quad q_3 = \frac{1.6}{1.6} = 1; \quad q_4 = \frac{300}{300} = 1;$$

$$q_5 = \frac{500}{300} = 1.67; \quad q_6 = \frac{6}{6} = 1; \quad q_7 = \frac{75}{65} = 1.15; \quad q_{11} = \frac{70}{75} = 0.93;$$

для небажаних показників:

$$q_8 = \frac{15}{15} = 1; \quad q_9 = \frac{6400}{5800} = 1.1; \quad q_{10} = \frac{20}{15} = 1.3.$$

Розраховуємо узагальнений показник:

$$Q = \frac{1+1+1+1+1.67+1+1.15+1+1.1+1.3+0.93}{11} \approx 1.105 > 1.05.$$

Результати розрахунків заносимо у карту технічного рівня і якості продукції (таблиця 6.1) [6].

Таблиця 6.1 – Карта технічного рівня і якості продукції (ГОСТ2.116-84)

Група, назва, одиниця показників якості виробу	Бажаність “+”, “-”	Значення за конструктивними варіантами		
		Базового виробу, k ₁	Нового виробу	
			k ₂	q
1. Призначення				
Робоча швидкість, км/год.	+	8	8	1
Ширина захвату, м	+	2,7	2,7	1
Продуктивність, га/год.	+	1,6	1,6	1
Сезонне напрацювання, год	+	300	300	1
2. Надійність				
Термін напрацювання до відмови, год	+	300	500	1,67
Гарантійний термін роботи, років	+	6	6	1
Ремонтопридатність, %	+	65	75	1,15
3. Економне використання ресурсів				
Витрати палива, л/год	-	15	15	1
Затрати на технічне обслуговування та ремонт, грн/рік	-	6400	5800	1,1
4. Обмеження шкідливих впливів				
Ущільнення ґрунту, %	-	20	15	1,3
5. Стандартизація і уніфікація				
Відношення уніфікованих вузлів до неуніфікованих, %	+	75	70	0,93

6.2. Визначення техніко-економічних показників

Основний економічний ефект від запропонованої конструкції основної рами комбайна КБС-6 «Збруч» забезпечується за рахунок підвищення надійності та довговічності її конструкції при зменшенні витрат на технічне обслуговування та поточний і капітальний ремонти машини при деякому зменшенні кількості уніфікованих вузлів.

Основою для розрахунку показників економічної ефективності є прямі експлуатаційні витрати: відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонти, технічне обслуговування, оплата праці, затрати на паливно-мастильні матеріали, а також якість та кількість продукції, яку одержують за допомогою порівнювальних машин.

Економічний ефект від виробництва і використання за термін служби нової (вдосконаленої) машини визначають за формулою [12]:

$$\mathcal{E}_{c.c} = \frac{\mathcal{E}_r}{a_n + E}, \quad (6.1)$$

де a_n – коефіцієнт відрахувань на реновацію по новій машині, $a_n = 12\%$;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$;

\mathcal{E}_r – річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн. [12]:

$$\mathcal{E}_r = V_3 (\Pi_6 - \Pi_n + \mathcal{E}), \quad (6.2)$$

де Π_6 , Π_n – приведені витрати на одиницю напрацювання по базовій і новій машинах, грн./од. напрацювання;

\mathcal{E} – економічний ефект від вивільнення робочої сили, досягнутих умов праці, від зміни кількості і якості продукції на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання. Приймаємо $\mathcal{E} = 0$, оскільки таких змін не відбувається;

V_3 – річне напрацювання нової машини в умовах даної природнокліматичної зони, од. напрацювання/рік. Річне напрацювання нової машини в умовах даної природнокліматичної зони таке ж як і базової машини (табл. 6.1).

Приведені витрати на одиницю напрацювання (Π) визначають за

формулою [12]:

$$\Pi = \text{И} + \text{КЕ}, \quad (6.3)$$

де И – прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання, грн./од. напр.;
К – капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання (И) у гривнях визначають за формулою [12]:

$$\text{И} = \text{З} + \text{Г} + \text{Р} + \text{А} + \text{Ф}, \quad (6.4)$$

де З – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./од. напрац.;
Г – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./од. напрацювання;
Р – витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, грн.;
А – витрати на реновацію, грн./од. напрацювання;
Ф – інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали (насіння, добрива, гербіциди, дріт, шпагат, тара), грн./од. напрацювання.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу (З) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [12]:

$$\text{З} = \frac{1}{W_{\text{см}}} \sum L_j \tau_j k_d, \quad (6.5)$$

де $W_{\text{см}}$ – продуктивність агрегату за 1 год. змінного часу, од. напрацюв/год.;

τ_j – часова тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу j-го розряду, грн./чол.;

k_d – коефіцієнт, що враховує доплати по розрахунку за продукцію, премії, надбавки за класність і стаж роботи, кваліфікацію, оплату відпусток і нарахування по соціальному страхуванню;

L_j – кількість j-го виробничого персоналу, чол.

Оскільки витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, витрати на паливно-мастильні матеріали та інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали у базовому та новому варіантах не відрізняються, то їх розрахунок не проводиться. Розраховуємо лише витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт та витрати на реновацію.

Витрати на технічне обслуговування (ТО), поточний і капітальний ремонти визначають по нормативах відрахувань від балансової ціни машини

або за даними випробувань при наявності інформації про вартість ремонтів і показники надійності.

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт по нормативах відрахувань від балансової ціни машини визначають за формулою [12]:

$$P = \frac{B(r_T + r_K)}{W_{\text{эк}} T_{\text{ч}}}, \quad (6.6)$$

де B – балансова ціна машини, для базової машини $B = 350000$ грн., для нової машини $B = 362500$ грн.;

$W_{\text{эк}}$ – продуктивність агрегату або робітника за 1 год. експлуатаційного часу, од. напрацювання/год. (табл. 6.1);

$r_T + r_K$ – коефіцієнти відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування та відрахувань на капітальний ремонт;

$T_{\text{ч}}$ – нормативне річне завантаження, год. $T_{\text{ч}} = 300$ год/рік.

Витрати на реновацію машини (A) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [12]:

$$A = \frac{Ba}{W_{\text{эк}} T_3}, \quad (6.7)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на реновацію машини;

T_3 – зональне річне завантаження, год.

Капітальні вкладення (K) на одиницю напрацювання (в гривнях) на одну машину визначають за формулою [12]:

$$K = \frac{B}{W_{\text{эк}} T_3}, \quad (6.8)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по базовій машині:

$$K_{\text{б}} = \frac{350000}{0.15 \cdot 300} = 729.17 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по новій машині:

$$K_{\text{н}} = \frac{358500}{0.15 \cdot 300} = 746.28 \text{ грн.}$$

Витрати на реновацію базової та нової машин на одиницю наробки:

$$A_{\text{б}} = \frac{350000 \cdot 0.15}{0.15 \cdot 300} = 109.38 \text{ грн.}$$

$$A_H = \frac{358500 \cdot 0,12}{0,15 \cdot 300} = 89,63 \text{ грн.}$$

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт:

$$P_{\sigma} = \frac{350000 \cdot 0,30}{0,15 \cdot 300} = 218,75 \text{ грн.}$$

$$P_H = \frac{358500 \cdot 0,2}{0,15 \cdot 300} = 149,38 \text{ грн.}$$

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання:

$$I_{\sigma} = P_{\sigma} + A_{\sigma} = 218,75 + 109,38 = 328,13 \text{ грн.}$$

$$I_H = P_H + A_H = 149,38 + 89,63 = 239,01 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на одиницю напрацювання:

$$P_{\sigma} = I_{\sigma} + K_{\sigma}E = 328,13 + 729,17 \cdot 0,15 = 437,5 \text{ грн.}$$

$$P_H = I_H + K_H E = 239,01 + 746,28 \cdot 0,15 = 350,03 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини:

$$\mathcal{E}_r = 300 \cdot (437,5 - 350,03) = 21617,19 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [12]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_r} \leq 5 \text{ років,} \quad (6.9)$$

Капіталовкладення K у конструкцію нової машини визначаємо як суму різниці вартості нової та базової конструкції рами (12500 грн.) та собівартості конструкторської розробки удосконалення несучої конструкції (18000 грн.).

$$T_{\text{ок}} = \frac{12500 + 18000}{21617,19} \approx 1,42 \leq 5 \text{ років.}$$

При впровадженні у виробництво рами машини запропонованої конструкції капітальні вкладення окупляться за 1,42 року.

6.3. Заходи з покращення організації виробництва

Сучасний виробничий процес – це єдиний взаємозалежний комплекс технологічних процесів, устаткування і засобів вимірів, що охоплює різноманітні сторони процесу – від одержання заготовок до виходу готової продукції [6].

Технологічні процеси і засоби виробництва органічно зв'язані між собою. Зміна одних викликає зміна інших, тому перехід до таких систем зв'язаний зі створенням нової технології.

Вирішувати задачу прискорення науково-технічного прогресу на підприємствах можна тільки шляхом комплексного впливу на всі елементи виробничого процесу. Це у свою чергу вимагає перебудови системи підготовки виробництва як в окремих галузях, так і в народному господарстві. Така перебудова є однією з важливих народногосподарських проблем. У її рішенні особливе місце приділяється стандартизації як одному з найважливіших засобів удосконалювання елементів виробництва. Крім застосування принципів уніфікації необхідно застосовувати методи автоматизованого проектування, проводити всебічне відпрацювання конструкцій виробів на технологічність і контрольні іспити досвідчених зразків і їхніх елементів.

Високий технічний рівень виробів є головною передумовою технічного прогресу. Економічний ефект від використання нового виробу визначається його технічним рівнем і функціональною організованістю, які прораховуються розробниками і (або) замовниками нової техніки.

Ефект від збільшення масштабів випуску нової техніки на стадії її освоєння і його величина визначаються організаційними заходами, що проводяться інженерами на стадіях розробки, технічної підготовки і освоєння випуску нових виробів. Ефект від застосування нової техніки у суміжних областях можуть визначити тільки фахівці даної галузі. Це здійснюється використанням інверсної форми функціонально-вартісного аналізу.

Ефект, що залежить від економії дефіцитних ресурсів виникає у тих випадках, коли при розробці нових виробів створені передумови заміни

гостродефіцитних і шкідливих матеріалів на недефіцитні. Цей ефект виникає тоді, коли можливо автоматизувати технологічні процеси і організувати роботу за так званою безвідходною технологією, вивільнивши один з найбільш дефіцитних видів ресурсів – робочу силу.

Тісний взаємозв'язок конструкції, технології і організації виробництва зумовлює необхідність комплексного розв'язання цих питань при вдосконаленні продукції, що випускається і створенні нової. Найважливішими показниками, в яких знаходиться відображення якості технічних рішень, є собівартість продукції і експлуатаційні витрати при її використанні [6].

Для того, щоб продукція, що випускається, відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентоздатною і задовольняла різностороннім вимогам споживачів, на всіх етапах циклу створення і освоєння нової техніки потрібне проведення комплексу аналітичних робіт.

Об'єктом інженерного аналізу є фізичні процеси при функціонуванні виробів, шляхи забезпечення його працездатності; техніко-економічний аналіз пов'язаний з використанням зовнішніх зв'язків виробу з виробництвом, споживанням.

На сучасному етапі побудови матеріально-технічної бази особливого значення набуває прискорення темпів науково-технічного прогресу шляхом своєчасного використання передових досягнень науки, техніки і виробничого досвіду, обумовлених науково-технічною революцією.

Моральне старіння машин і приладів найчастіше настає значно швидше їхнього фізичного старіння. Терміни стійкого масового чи серійного виробництва виробів скоротилися до дійсного часу з 10–15 до 3–5 років, а це вимагає підвищення технічного рівня і якості виробів, удосконалювання методів організації і керування процесами виробництва, розвитку спеціалізації і кооперування при виготовленні як виробів основного виробництва, так і засобів оснащення виробничих процесів [6].

Ці зміни привели до зміни самого характеру машинобудівного виробництва, зумовили перехід від розгляду окремо узятих процесів і явищ до комплексного їх розгляду у взаємозв'язку з іншими процесами і явищами.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1. Відповідальність за порушення законодавства з охорони праці

Відповідальність за порушення вимог щодо охорони праці визначається статтею 44 Закону України „Про охорону праці”.

За порушення законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці, створення перешкод у діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці, а також представників професійних спілок, їх організацій та об'єднань, винні особи притягуються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно із законом.

Дисциплінарна відповідальність полягає в накладанні дисциплінарних стягнень, передбачених чинним законодавством. Відповідно до статті 147 КЗпП, встановлено такі дисциплінарні стягнення, як догана та звільнення з роботи. Право накладати дисциплінарні стягнення на працівників має орган, який користується правом прийняття на роботу цього працівника. Дисциплінарне стягнення може бути накладене з ініціативи органів, що здійснюють державний і громадський контроль за охороною праці. За кожне порушення можна бути застосоване лише одне дисциплінарне стягнення. При обранні дисциплінарного стягнення потрібно враховувати ступінь тяжкості вчиненого про ступку і заподіяну ним шкоду, обставин, за яких вчинено проступок, попередню роботу працівника.

Адміністративна відповідальність регулюється Кодексом України про адміністративні правопорушення (ст. 41 КУпАП) і передбачає накладання на винних осіб грошового штрафу в розмірах, зазначених у статті 43 Закону України "Про охорону праці".

Право накладати адміністративні стягнення з причин, зазначених у статті 43 Закону України "Про охорону праці", мають службові особи Держпромгірнагляд. Адміністративній відповідальності підлягають особи, які

досягли на момент вчинення адміністративного правопорушення 16-річного віку.

Матеріальна відповідальність включає відповідальність як працівника, так і роботодавця. У статті 130 КЗпП зазначається, що працівники несуть матеріальну відповідальність за шкоду, заподіяну підприємству (установі) через порушення покладених на них обов'язків, у тому числі і внаслідок порушення правил охорони праці. Матеріальна відповідальність устанавлюється лише за пряму дійсну шкоду і за умови, коли така шкода заподіяна підприємству (установі) протиправними діями (бездіяльністю) працівника. Ця відповідальність, як правило, обмежується певною частиною заробітку працівника і не повинна перевищувати повного розміру заподіяної шкоди. Матеріальна відповідальність може бути накладена незалежно від притягнення працівника до дисциплінарної, адміністративної чи кримінальної відповідальності.

Роботодавець або уповноважена ним особа (орган) несе матеріальну відповідальність за заподіяну шкоду працівникові незалежно від наявності вини, якщо не доведе, що шкоду заподіяно внаслідок непереборної сили або умислу потерпілого. Збитки у зв'язку з порушеннями законодавства про охорону праці можуть включати відшкодування потерпілому втраченого заробітку, одноразову допомогу, додаткові витрати на лікування, протезування, якщо потерпілий залишився живим, а також витрати на поховання в разі смерті потерпілого, одноразову допомогу на сім'ю та на утриманців.

Кримінальна відповідальність регулюється Кримінальним кодексом України (ст. 135 і ст. 218-220):

– якщо порушення вимог законодавства та інших нормативних актів про охорону праці створило небезпеку для життя або здоров'я громадян. Карається виправними роботами на строк до 1 року або штрафам до 15 мінімальних розмірів заробітної плати. Те саме діяння, якщо воно спричинило нещасні випадки з людьми, карається позбавленням волі на строк до 4 років;

– суб'єктом кримінальної відповідальності з питань охорони праці може бути будь-яка юридична та фізична особа, яка використовує найману працю,

незалежно від форм власності, а також роботодавець або уповноважена ним на яких законом або на підставі наказу, посадової інструкції і спеціального розпорядження безпосередньо покладено обов'язок забезпечення дотримання вимог законодавства про охорону праці. Кримінальна відповідальність визначається в судовому порядку.

7.2. Вимоги техніки безпеки при експлуатації комбайна КБС-6 «Збруч»

До роботи з технічного обслуговування, транспортуванні, обкатці і використанні машини допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку, інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки при наявності відповідного посвідчення.

При одночасному обслуговуванні, ремонту машин кількома виконавцями необхідно призначити старшого групи, доручивши йому контроль за дотриманням правил техніки безпеки (черговості робіт).

У машині повинна бути аптечка з необхідними медикаментами.

Працювати необхідно у зручному одязі, щоб не допустити його попадання у рухомі частини машини.

Інструменти, прилади і обладнання для технічного обслуговування і ремонту повинні використовуватись тільки за своїм призначенням, бути справними і забезпечити безпечність проведення робіт.

Не допускається перевезення вантажів у бункері.

Перед запуском двигуна потрібно впевнитися у справності механізму блокування запуску. Ручка перемикачів діапазонів повинна бути у нейтральному положенні, а педалі керування гідронасосом у одній площині.

При цьому важіль керування гідронасосом повинен знаходитися у вертикальному положенні. Муфта приводу робочих органів повинна бути виключена.

Перед включенням передачі, а також початком руху водій повинен впевнитися у відсутності сторонніх осіб на машині або біля неї і дати попереджувальний звуковий сигнал.

Необхідно систематично перевіряти справність і надійність роботи гальм рульового керування механізму переключення діапазонів. Категорично забороняється працювати з несправним рульовим керуванням, гальмівною системою, електроосвітленням і сигналізацією [2].

Вимоги до безпеки у процесі роботи машини і переїздах. При русі машини водій повинне знаходитися на сидінні. Забороняється перебування сторонніх осіб на працюючій машині або біля неї.

Забронюється очищати, ремонтувати або регулювати вузли під час руху машини.

Забронюється експлуатувати машину без запобіжних кожухів і огорож карданних, пасових і ланцюгових передач.

Надівати паси на шківи і ланцюги на зірочки, а також змащувати підшипники під час роботи машини забороняється.

Забронюється працювати на машині при ослаблених кріпленнях вузлів і агрегатів.

Забронюється чіпати руками робочі органи машини при працюючому двигуні.

При роботі машини металеві труби гідроприводу на ходову частину можуть нагріватися до 80-100⁰С. Бережіться опіків.

При переведенні навантажувального транспортера з робочого у транспортне положення (або навпаки) попередньо необхідно впевнитися у наявності вільного простору, відсутності ліній електропередач та інше. Оскільки, за габаритний розмір транспортера за висотою при переведенні перевищує 4м.

Швидкість руху машини при значних нахилах дороги повинна бути до 4км/год, поздовжнім кутом нахилу до 7%.

При поворотах і розворотах швидкість потрібно зменшити до 3км/год.

При тривалих переїздах машини (більше 15-20км) паси приводу робочих органів потрібно зняти.

Рух дорогами загального користування проводиться відповідно до “Правил дорожнього руху” і при включених безперервних маячках оранжевого або білого кольорів.

Транспорт, швидкість якого рівна або перевищує максимальну швидкість руху машини обганяти забороняється особливо з настанням темноти.

Переїжджати у тунелях, через греблі, мости (якщо дозволяють габарити і вантажопідйомність) потрібно тільки на пониженій швидкості при включених безперервних маячках [19].

Вимоги безпеки після зупинки машини. Після зупинки машини необхідно обов’язково перевести ручку переключення діапазонів у нейтральне положення.

При заміні мастила у перші 20-30 хв після зупинки двигуна, необхідно бути обережним, щоб уникнути опіків.

Щоб уникнути випадкового руху машини з місця, водій повинен перед виходом із кабіни при працюючому двигуні заблокувати педаль керування гідронасосом засувкою і загальмувати машину стоянковим гальмом.

Необхідно систематично перевіряти надійність роботи рульового керування та гальм.

Вимоги безпеки при технічному обслуговуванні та ремонті. Всі види регулювань і технічного обслуговування виконуються при виключеному двигуні (крім деяких регулювань двигуна і діагностики).

Забороняється що-небудь робити під машиною, якщо копачі підняті і під колеса не підставлені упори-клини.

При м’якому ґрунті під домкрат кладуть міцну дошку при проведенні технічних оглядів або ремонті потрібно підняти одну із сторін машини, користуються домкратом вантажопідйомністю не менше 5т.

Не можна знаходитись під машиною, яка піднята на домкрат. Місця встановлення домкрата і опор для піднімання різних частин машини вказано на машині.

Буксирування машини здійснюється тільки при жорсткому зчеплюванні.

З включеною передачею коробки діапазонів згідно з “Правилами дорожнього руху”. Гальмування машин під час руху необхідно проводити зміною подачі основного насоса гідростатичної передачі трансмісії (ГСТ), що виконується за допомогою педаль керування [19].

7.3. Проведення рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях на підприємствах агропромислового комплексу

Яким би не було досконалим сучасне виробництво, завжди виникають небезпечні ситуації: аварії, вибухи, пожежі, нещасні випадки, розлив хімікатів, аварії природного характеру. Для цього насамперед на підприємствах АПК створюються спеціальні служби які слідкують за безпекою праці на виробництві та аварійно-рятувальні загони які призначені для ліквідації наслідків аварій, також встановлюються системи оповіщення.

Система оповіщення – комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, апаратури, засобів та каналів зв'язку, призначених для своєчасного доведення сигналів та інформації про виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення.

Аварійно-рятувальна служба – сукупність організаційно об'єднаних органів управління, сил та засобів, призначених для вирішення завдань щодо запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру й окремих їх наслідків, проведення пошукових, аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Основними завданнями аварійно-рятувальних служб є:

- проведення під час виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах і територіях підприємств аварійно-рятувальних робіт;

- ліквідація надзвичайних ситуацій та окремих їх наслідків;
- виконання робіт із запобігання виникненню та мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та щодо захисту від них робочого персоналу підприємств населення і близьких територій;
- захист навколишнього природного середовища та локалізація зони впливу шкідливих і небезпечних факторів, що виникають під час аварій та катастроф на підприємствах.

Відповідно до покладених на них завдань основними функціями аварійно-рятувальних служб є:

- забезпечення готовності своїх органів управління, сил і засобів до дій за призначенням;
- пошук і рятування людей на уражених об'єктах і територіях, подання у можливих межах невідкладної, у тому числі медичної, допомоги особам, які перебувають у небезпечному для життя й здоров'я стані, на місці події та під час евакуації до лікувальних закладів;
- ліквідація особливо небезпечних проявів надзвичайних ситуацій в умовах екстремальних температур, задимленості, загазованості, загрози вибухів, обвалів, зсувів, затоплень, радіаційного та бактеріального зараження, інших небезпечних проявів;
- контроль за готовністю об'єктів і територій, що ними обслуговуються, до проведення робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій;
- участь у розробленні та погодженні планів реагування на надзвичайні ситуації на об'єктах і територіях, що ними обслуговуються;
- участь у проведенні експертизи проектних рішень щодо поліпшення захисту об'єктів і територій на випадок виникнення надзвичайних ситуацій;
- участь у роботі комісій з прийняття в експлуатацію об'єктів (підприємств), які потребують аварійно-рятувального обслуговування;
- участь у підготовці рішень з питань створення, розміщення, визначення обсягів матеріальних резервів для ліквідації надзвичайних ситуацій;

- організація ремонту та технічного обслуговування аварійно-рятувальних засобів, розроблення та виробництво їх окремих зразків;
- пропаганда у сфері захисту робочого персоналу, населення і територій від надзвичайних ситуацій та участь у підготовці працівників підприємств, установ та організацій і населення до дій в умовах надзвичайних ситуацій.

Завдання і функції конкретних аварійно-рятувальних служб визначаються їх статутами чи положеннями, які погоджуються з центральним органом виконавчої влади з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи та затверджуються згідно з законодавством.

Аварійно-рятувальні служби під час ліквідації надзвичайних ситуацій повинні забезпечити:

- оперативне визначення обстановки, що склалася внаслідок надзвичайної ситуації, зони ураження об'єкта чи території і основних напрямів дій, пов'язаних з ліквідацією надзвичайної ситуації;
- вжиття термінових заходів для пошуку і рятування людей на уражених об'єктах та територіях і подання невідкладної медичної та іншої допомоги потерпілим;
- визначення небезпечних факторів та додержання особовим складом вимог правил безпеки під час проведення аварійно-рятувальних робіт;
- створення необхідних умов для підтримання працездатності особового складу;
- зосередження в зоні надзвичайної ситуації необхідних сил, засобів, резервів та своєчасне введення їх у дію за призначенням;
- оперативне усунення ускладнень, що виникають під час ліквідації надзвичайних ситуацій;
- координацію дій своїх аварійно-рятувальних формувань.

Під час ліквідації надзвичайних ситуацій ведеться оперативно-технічна документація та складається звіт про роботу аварійно-рятувальної служби, пов'язану з ліквідацією надзвичайної ситуації, який є складовою частиною

матеріалів з розслідування надзвичайної ситуації. Види і зразки оперативно-технічної та звітної документації встановлюються центральним органом виконавчої влади з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи за погодженням з іншими заінтересованими центральними органами виконавчої влади.

Витрати на проведення окремих аварійно-рятувальних робіт, понесені державними та комунальними аварійно-рятувальними службами під час ліквідації надзвичайної ситуації, підлягають обов'язковому відшкодуванню (повністю або частково) відповідними підприємствами, установами та організаціями. Аварійно-рятувальним службам громадських організацій відшкодовуються безпосередні витрати, пов'язані з ліквідацією надзвичайної ситуації (вартість палива, зносу устаткування тощо). Види аварійно-рятувальних робіт, витрати на проведення яких підлягають відшкодуванню, та порядок відшкодування цих витрат визначаються Кабінетом Міністрів України.

Відшкодування завданої підприємствам, установам та організаціям, що знаходяться в зоні надзвичайної ситуації, шкоди у разі залучення до виконання робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій їх транспортних засобів, обладнання, іншого майна здійснюється відповідно до Цивільного кодексу України.

Матеріальні збитки, пов'язані з пошкодженням необхідними функціональними діями під час ліквідації надзвичайної ситуації майна, яке знаходиться на об'єктах і територіях, де безпосередньо проводяться аварійно-рятувальні роботи, аварійно-рятувальна служба відповідним юридичним та фізичним особам не відшкодовує.

8. ЕКОЛОГІЯ

8.1. Вплив сільськогосподарської діяльності людини на стан навколишнього середовища

З часів утворення людського суспільства на землі воно задовольняло свої потреби за рахунок навколишнього середовища. При цьому довгий час діяльність людства на задавала помітних змін у природі, але з появою машин, вплив на природу антропогенних факторів різко зріс. Внаслідок цього відновлювальний потенціал природи став меншим дії суспільства на неї, що викликало початок незворотної дії зміни навколишнього середовища.

Взаємодія виробничо – господарських та природних процесів привела до порушення взаємних зв'язків між елементами живої та неживої природи.

Очевидна можливість прямування до помітної деградації біосфери, а в наш час науково – технічного прогресу – до екологічної кризи.

Основними причинами цієї кризи є:

- а) вкорінена думка, що самоочищуюча здатність природи безмежна;
- б) невиправна надія на адаптацію тварин та людей до змін;
- в) демографічний вибух, який викликаний ростом населення планети, його урбанізації та індустріалізації планети;
- г) інтенсивний розвиток науки, промисловості і транспорту з відповідним різким ростом викидів та відходів, гонка озброєнь, споживацька спрямованість науково – технічного прогресу, вичерпання природних ресурсів, хімізація сільського господарства.

Під впливом господарської діяльності людства в неосфері відбуваються незворотні процеси, пов'язані з гіперконцентрацією виробництва, істотними змінами характеру землекористування [9].

8.2. Забруднення довкілля, що виникають на підприємстві при виробництві комбайна КБС-6 «Збруч»

На машинобудівних підприємствах агропромислового комплексу існують наступні види виробництв-забруднювачів атмосфери.

Ковальське виробництво. Виробничий процес в ковальському виробництві складається з наступних технологічних операцій:

- нагрівання в газових печах металу під кування і гарячу штамповку;
- ковка і штамповка металу на молотах і пресах;
- очистка поковок і штамповок в дробометалевих камерах.

В атмосферу виділяється продукти згорання газу і пил.

Термічне виробництво. В термічних печах проводиться нагрів деталей, термообробка в електропечах і ваннах, гартування, відпуск, відпалювання, нормалізація, цементация. Основними забруднюючими речовинами термічного виробництва є відходи – окалина, металевий пил, оксиди вуглецю, оксиди азоту, абразиви, аерозольні речовини, мінеральні масла, дим, продукти горіння природного газу в печах, масляний аерозоль, аерозолі солей, пил при очищенні деталей. Технологічний процес термічної обробки супроводжується виділенням теплоти, що теж є енергетичними відходами виробництва і впливають на навколишнє середовище.

Зварювальне виробництво. Ведуче місце в об'ємі зварювальних робіт займає напівавтоматична зварювання в середовищі CO₂. В невеликій кількості є контактне зварювання і зварювання тертям. В процесі зварювання виділяється тверда складова зварювального аерозолу і оксид вуглецю.

Висока температура зварювальної дуги сприяє інтенсивному окисленню і випаровуванню металу, флюсів, захисного газу, легуючих елементів. Окислюючись киснем повітря, пари металу, піднімаються над місцем зварювання і попадають в зону температур одного порядку з навколишнім повітрям, швидко конденсуються і створюють тверду фазу часточок зварювального пилу – аерозоль конденсації.

Механообробне виробництво. При холодній обробці металу різанням одержується металевий пил і стружка. Найбільшим пиловидаленням супроводжується операція абразивної обробки – шліфування, полірування, заточування, порізки.

Малярне виробництво. Технологічний процес малярного виробництва включає операції підготовки поверхонь, нанесення лакофарбових поверхонь і сушки фарбових поверхонь. Підготовка поверхонь може виконуватись як металевими (дробометалевими установками, абразивними матеріалами) так і хімічними методами (обезжирювання, травлення). В формувальних цехах виконується промивання, в процесі якого виділяється їдкий луг.

При фарбуванні виробів методом пневморозпилювання, занурювання, струменевого обливання, фарбування в електростатичному полі відбувається виділенням аерозолі фарби та парів розчинників.

Окрім описаних технологічних операцій на підприємстві існує ряд інших процесів, при проведенні яких можливе попадання різних шкідливих речовин у стічні води, що сприяє забрудненню гідросфери планети в цілому.

Забруднення ґрунту відходами машинобудівних підприємств полягає в утворенні твердих відходів, які утворюються в процесі виготовлення продукції у вигляді амортизаційного лому (модернізація обладнання, оснастки, інструменту), стружки металів, осадів і пилу (відходи очищення повітря) та інші. Відходи машинобудівних підприємств в основному утворюються від виробничого прокату (кінців, обрізків, обробленої стружки, скалками та інші), механічної обробки, яка характерна для даного дипломного проекту (висічки, обрізків, стружки та інших).

Також для даного випадку характерні такі енергетичні забруднення, як шуми та вібрації. Шум в оточуючому людину середовищі створюється багато чисельними і різноманітними джерелами, до основних можна віднести транспортні засоби, технічне обслуговування, вентиляційне, газотурбінні і компресорні установки. Для на дільниці або цеху основними джерелами шуму будуть: металорізальне обладнання, підйомно-транспортне обладнання,

вентиляційне та інше. В промисловості і сільськогосподарських машинах широко застосовують обладнання, які створюють вібрації, які впливають негативно на людину. Основним джерелом вібрації в промисловості є обладнання ударного типу та потужні енергетичні установки.

8.3. Заходи із зменшення забруднення довкілля

У процесі сільськогосподарського машинобудування одержується велика кількість різних відходів, які можна розбити на дві групи – основні і побічні.

Основні – відходи твердих матеріалів, які використовуються безпосередньо для виготовлення деталей машин. Це металічні відходи всіх видів, а також металомісткі відходи (окалина, шлаки, шлами), також неметалеві (дерево, пластмаси, гума). До цього переліку також необхідно віднести і виробниче сміття [25].

До побічних відходів відносяться речовини, які використовуються у технологічних процесах (попіл, абразиви, відходи дерева, мінеральна масла, відпрацьовані травильні розчини і електроліти, а також відпрацьовані гази). Технологічні процеси супроводжуються виділенням тепла, що теж є енергетичними відходами виробництва.

Відомі у наш час методи дозволяють утилізувати практично всі названі відходи. На жаль, далеко не всі методи поєднують у собі ефективність з економічністю і універсальністю.

Металеві відходи – металолом і стружка металева є головними відходами машинобудування. Процент використання металу виробництвом складає $\approx 70\%$. Є два шляхи утилізації метало відходів – повторне використання ділових відходів і переплавка стружки і лому, що не підлягає використанню.

Виходячи з наведених забруднень, які виникають в наслідок реалізації інженерних рішень запропонованих у дипломній роботі при удосконаленні

основної рами коренезбиральної машини КБС-6 «Збруч» запропоновано наступні заходи по зменшенню забруднення довкілля.

Основні заходи захисту атмосфери від забруднень промисловим пилом і туманом передбачається широке використання пило і тумановловлюючих апаратів і систем. Виходячи із сучасної класифікації пиловловлюючих систем основаної на принципових особливостях процесу очищення, пилоочисне обладнання можна поділити на чотири групи: сухі пиловловлювачі, мокрі пиловловлювачі, електрофільтри, фільтри. Для даного випадку доцільно використовувати фільтри для очищення повітря від пилу та тумановловлювачі для очищення повітря від парів води та туманів масел та емульсону.

Очищення стічних вод від їх властивостей, концентрації і фракційного складу на машинобудівних підприємствах здійснюється методами проціджування відстоювання, відділення механічних частинок в полі дії відцентрових сил і фільтрування. Очищення стічних вод від масломістких домішок проводиться відкачуванням, обробкою в гідроциклонах, та фільтруванням.

На машинобудівних підприємствах проводиться нейтралізація стічних вод для видалення з них кислот лугів, а також солей металів, утворених на основі кислот чи лугів. Для очищення від кислот і їх солей в якості реагенту використовують будь-які луги та їх солі. Відповідно для нейтралізування стічних вод, які містять луги і їх солі застосовують кислоти, зазвичай технічну сірчану кислоту. Тверді відходи, а в даному випадку це метало відходи на певній обробці сортують і розділяють.

При утилізації металевих відходів необхідно здійснювати їх сортування та розділення. Сортування полягає в поділі лому і відходів по видах металів. Розділення лому полягає у видаленні неметалічних включень. А також проводиться механічна обробка, яка включає рубку, різку, пакування і брикетування на пресах. Переробка стружки здійснюється у певних відділеннях для відводу і переробки стружки, її перероблення на пакетних пресах, стружкодробилках, брикетувальних пресах.

Для зниження шуму вентиляційних установок її розташовують в окремих приміщеннях із звукоізолюючих перегородок, також використовуються глушники шуму. Вібрації знижуються за допомогою віброізоляції, обладнання встановлюється на пружних віброізолюючих опорах.

Важливу роль в захисті навколишнього середовища відводиться заходами по раціональному розміщенню джерел забруднень. До них відносять: розміщення промислових підприємств з великих міст і створення нових в малонаселених районах з непридатними і малопродуктивними для сільськогосподарського використання землями, оптимальне розміщення промислових підприємств з урахуванням топографії місцевості і рози вітрів, встановлення санітарних охоронних зон навколишнього навколо промислових підприємств, раціональне планування міської забудови, яке забезпечує оптимальні екологічні умови для рослин.

Електрозварювальні роботи необхідно виконувати відповідно до ДСТ 12.3.003-75 і Правил пожежної безпеки при проведенні зварювальних і інших вогневих робіт на об'єктах народного господарства. При проведенні електрозварювальних робіт використовують флюси, електродний дріт, покриття, захисні гази і матеріали, що у процесі зварювання не виділяють шкідливих речовин у кількості, що перевищує гранично допустимі концентрації їх на робочих місцях. Електрозварювальне устаткування повинно бути безпечним і відповідати вимогам ДСТ 12.2.003-74.

Пил і гази, що утворюються при автоматичному і напівавтоматичному зварюванні під шаром флюсу, потрібно видаляти через місцеві відсоси щілиноподібної форми довжиною 250...350мм, що розташовують над зварювальним швом на висоті не більш 50мм.

Фарбувальні роботи виконують відповідно до ДСТ 12.3.005-75 в ізольованих приміщеннях, цехах, на спеціальних установках, у фарбувальних чи камерах на площадках, обладнаних приточно-витяжною вентиляцією з місцевими відсосами і засобами пожежної техніки за ДСТ 12.4.009-75.

Очищення поверхні перед фарбуванням необхідно робити у витяжних шафах механізованим чи хімічним способом. Подачу робочих сумішей,

теплової й електричної енергії до робочих органів стаціонарного фарбувального устаткування варто блокувати з включенням необхідних засобів захисту працюючих, а також блокувати відключення камери від мережі і включення вентиляції при перебуванні всередині її робітника.

Фарбувальні камери обладують пристроями для механізованого навантаження, вивантаження, переміщення виробів, що фарбуються. Готування фарби слід виконувати механізованим способом. При фарбуванні дрібних виробів місцеві відсоси виконуються у виді витяжних шаф-укриттів, а при фарбуванні середніх виробів (кабін тракторів) місцева вентиляція виконується у виді камер, встановлених на підлоги, у які містяться вироби, що фарбуються.

Конструкція вентиляторів повинна виключати можливість іскроутворення, а електродвигуни повинні бути вибухобезпечні. Більш безпечно здійснювати вентиляцію методом ежекції. Освітлення фарбувальних цехів і камер – природне чи штучне через захисне скло. Барвники, які входять до складу фарб не повинні мати токсичної дії.

Актуальною проблемою підприємств є запобігання утворенню великої кількості відходів. Тому у промисловості для цього необхідно застосувати прогресивні безвідходні або маловідходні технології [25].

ВИСНОВКИ

Основним завданням при розробці систем машин для забезпечення технологічних процесів в АПК є підвищення надійності сільськогосподарської техніки. Причинами низької надійності (виходу техніки з ладу) є, в основному, конструктивні недоробки на стадії проектування та відмови внаслідок низької якості виготовлення та складання машин.

При експлуатації коренезбирального комбайна КБС-6 «Збруч» з бункером підвищеного об'єму в результаті дії додаткових зусиль опори бункера комбайна сприймають значні динамічні навантаження.

Для підвищення надійності несучих конструкцій комбайна КБС-6 «Збруч» обладнаного бункером підвищеного об'єму запропоновано:

- обладнати бункер відкидною стінкою, розташованою з правого боку комбайна, напроти вивантажувального транспортера для підвищення рівномірності навантаження несучих конструкцій комбайна КБС-6 «Збруч». Таке рішення дозволить забезпечити рівномірний розподіл навантаження по опорах бункера при розгортанні вивантажувального транспортера. Відкидна стінка, виконана у вигляді трапеції, дозволить збільшити об'єм бункера на 1 м^3 ;
- встановити різьбові розкоси з можливістю створення попередньо-напруженого стану;
- підвищити міцність консолей, на яких встановлюється бункер.

Такі конструктивні рішення дозволять знизити рівень напружень у стійках опор бункера та підвищити їх ресурс у 1,6 рази.

Впровадження запропонованих заходів щодо підвищення надійності опор бункера коренезбирального комбайна КБС-6 «Збруч» забезпечить річний економічний ефект більше 20000 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алямовский А.А. Solid Works / COSMOS Works. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.
2. Бакка М.Т. Основи безпеки життєдіяльності людини. - Житомир: РВВ ЖІТІ, 1997. – 340 с.
3. Балан С.О. Проектування конструкцій зварних рам. – Одеса: Астропринт, 2001. – 111 с.
4. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
5. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
6. Великанов К.М. Расчет экономической эффективности новой техники. – М.: Машиностроение, 1990. - 420с.
7. Волков П.М., Тенненбаум М.М. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность. – М.: Машиностроение, 1977. – 310 с.
8. Вырский А.Н., Пигенко В.А. Повышение надежности несущих конструкций и узлов сельскохозяйственных машин путем применения методов конечноэлементного анализа // Пр. І – ої Міжнар. н.-т. конф. «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин» (DSR-AM-I). – Тернопіль, 2004. – С. 428 – 435.
9. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
10. Герасимович П.В. Моделирование напряжено-деформованого стану відкидної стінки бункера комбайна бурякозбирального КБС-6 «ЗБРУЧ» / П.В. Герасимович, М.Я. Сташків // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – с. 55-56.
11. Городецкий А. С., Евзеров И. Д., Стрелец-Стрелецкий Е. Б. и др. Метод конечных элементов: теория и численная реализация. Программный комплекс ЛИРА-Windows // К.: Факт, 1997. – 137с.

12. ГОСТ 23729-88. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки спеціалізованих машин / Agricultural machinery. Economic evaluation of machines. – 5 с.
13. Грубер В. Тенденции на рынке свеклоуборочной техники // Новое сельское хозяйство, 2006.–№3.–С. 98-100.
14. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лахмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.
15. Дослідження динаміки навантаженості елементів тримких конструкцій коренезбиральної машини КС-6Б / М.Я. Сташків, М.І. Підгурський, М.І. Барановський, Я.І. Ковальчук // Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. - ХДТУСГ - 2003. - Випуск 17. - С. 40 -43.
16. Експериментальні напрямки досліджень динаміки навантаженості несучих конструкцій бурякозбиральних машин / В.П. Олексюк, М.Я. Сташків, А.В. Бабій, М.І. Підгурський // Надійність і довговічність машин і споруд, 2005. – Вип. 25. – С. 103 – 111.
17. ЛИРА 9.0 Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций: Руководство пользователя. – К.: НИИАСС, 2002. – В 3 т. – 435 с.
18. Лугченко О.І. Проектування металевих конструкцій: Конспект лекцій. – Харків: ХНАМГ, 2012. – 139 с.
19. Матрин Ю.Н., Малахов И.Н. Выбор и оптимизация технико-экономических показателей машин.- Москва: 1987. – 140 с.
20. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
21. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность / Под ред. П.М. Волкова, М.М. Тенненбаума. – М.: Машиностроение, 1977. – 310 с.

22. Основы проектирования и расчет сельскохозйственных машин / Под ред. проф. Ермольева Ю.И. – М.: Машиностроение, 2006. – 344 с.
23. Підгурський М.І., Сташків М.Я., Павлов Я.А. Розрахунок і вдосконалення несучих конструкцій бурякозбиральних комбайнів // Зб. наук. праць: “Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України”. Дослідницьке, 2005. – Вип 8(22) – кн. 1. – С. 284-291.
24. Погорелый Л. В., Татьянко Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232с.
25. Примак І.Д. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей та ін. – За ред. І.Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456с.
26. Сало Я., Думич В. Нові вітчизняні машини для збирання цукрових буряків // Зб. наук. пр. «Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України». – Дослідницьке, 2005. – С. 296 – 302.
27. Сельскохозйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
28. Современные методы повышения конструктивной надежности сельскохозйственной техники / Т.И. Рыбак, В.В. Спиченков, М.В. Руденький и др. – К.: Техника, 1991. – 120 с.
29. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. / Под ред. Анурьева В.И. – М.: Машиностроение, 1979.
30. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
31. Теория, конструкция и расчет сельскохозйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.
32. Шибанін В.С. Перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні // Вісник аграрної науки Причорномор'я, 2007. - № 2 (41). – С. 3 – 10.

ДОДАТКИ