

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.01 - МР.1036 "С" 2023.06.14. 001 ПЗ

ПОЛЩУК ЯРОСЛАВ ЛЕОНІДОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.356.2:633.63

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко – технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Сільськогосподарських машин та
(назва кафедри)
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ПІБ)

Юрій ГУМЕНЮК

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Обґрунтування параметрів бункера комбайна КБС-6

«Збруч» в технологіях вирощування цукрового буряка

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

Братшко Вячеслав Вячеславович
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

Сівак Ігор Миколайович
(підпис) (ПІБ)

Виконав

(підпис)

Поліщук Ярослав Леонідович
(ПІБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

К.Т.Н., доц.

Юрій ОУМЕНЮК

(науковий ступінь, висте звання)

(підпис)

(ПІБ)

« »

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Поліщуку Ярославу Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Обґрунтування параметрів бункера комбайна
КБС-6 «Збруч» в технологіях вирощування цукрового буряка

затверджена наказом ректора НУБіП України від «14» червня 2023 р. № 1036 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література: результати
науково-дослідних робіт по літературних джерелах по параметрах бункерів бурякозбиральних
комбайнів в технологіях вирощування цукрових буряків

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз конструкції бурякозбиральної техніки
2. Розрахунок бункера бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч»
3. Дослідження параметрів об'єкту розробки
4. Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі
5. Обґрунтування економічної ефективності удосконалення опор бункера машини КБС-6 «Збруч»

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 22 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Сівак І.М.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Поліщук Я.Л.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

НУВБІП України

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Обґрунтування параметрів бункера комбайна КБС-6 «Збруч» в технологіях вирощування цукрового буряка»

НУВБІП України

Об'єм магістерської кваліфікаційної роботи: графічна частина складається із електронної презентації на 22 слайдів; розрахунково-пояснювальна записка містить 95 с. машинописного тексту, 32 рисунки, 6 таблиць, 50 позицій у переліку посилань.

НУВБІП України

Магістерська кваліфікаційна робота містить наступні розділи.

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.

НУВБІП України

Розрахунок бункера бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч».

НУВБІП України

Проведено технологічний розрахунок бункера; здійснено попередню оцінку напружено-деформованого стану бункера комбайна; розраховано на міцність підкіс; проведено розрахунок на міцність бункера комбайна та аналіз напружено-деформованого стану відкидної стінки бункера; розраховано стійкість руху комбайна.

НУВБІП України

Дослідження параметрів об'єкту розробки. Проведено дослідження навантаженості опор бункера; розрахунковим шляхом встановлено теоретичну довговічність опор бункера. Описано методи та системи комп'ютерного моделювання, розроблено модель осі шарніра кріплення відкидної стінки бункера, проведено аналіз НДС осі шарніра кріплення відкидної стінки бункера.

НУВБІП України

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.

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

Мета роботи: удосконалення несучих конструкцій бункера бурякозбирального комбайна КБС «Збруч» та збільшення його продуктивності.

Для досягання поставленої мети потрібно вирішувати 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 нерерозподілу навантаження в опорах бункера при виконанні технологічного процесу збирання буряка комбайном КБС-6 «Збруч».

Об'єктом дослідження є процес збирання буряка комбайном КБС-6 «Збруч».

Предмет дослідження: надійність несучої рами комбайна КБС-6 «Збруч», з бункером підвищеного об'єму.

НУБІП України

ЗМІСТ	
РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОЇ	
ТЕХНІКИ.....	
1.1. Тенденції розвитку бурякозбиральної техніки.....	8
1.2. Технологічні та конструкторські схеми самохідної бурякозбиральної техніки.....	12
1.3. Методи оцінки напружено-деформівного стану (НДС) несучих конструкцій мобільних машин.....	17
1.4. Методи проектування бункерів.....	19
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК БУНКЕРА БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО	
КОМБАЙНА КБС-6 «ЗБРУЧ».....	
2.1. Технологічний розрахунок бункера.....	23
2.2. Попередня оцінка НДС бункера комбайна КБС-6 «Збруч».....	28
2.3. Розрахунок на міцність розкосу.....	30
2.4. Розрахунок міцності бункера комбайна КБС-6 «Збруч».....	32
2.5. Аналіз НДС відкидної стінки бункера.....	36
2.6. Розрахунок стійкості коренезбирального комбайна.....	38
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ	
РОЗРОБКИ.....	
3.1. Дослідження навантаженості опор бункера.....	43
3.2. Теоретичні дослідження довговічності опор бункера.....	45
3.3. Методи та системи комп'ютерного моделювання.....	49
3.4. Розробка моделі об'єкту проектування.....	51
3.5. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання.....	52
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ.....	
4.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі.....	55
4.2. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі.....	57
4.3. Розробка спеціальних верстатних пристроїв.....	71
РОЗДІЛ 5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ	
ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПОР	
БУНКЕРА МАШИНИ КБС-6 «ЗБРУЧ».....	
5.1. Технічне обґрунтування інженерних рішень. Оцінка технічного рівня виробу.....	74

5.2.	Визначення техніко-економічних показників.....	77
5.3.	Заходи з покращення організації виробництва.....	81
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....		83
6.1.	Вимоги техніки безпеки при експлуатації комбайна КБС-6 «Збруч».....	83
6.2.	Вплив сільськогосподарської діяльності людини на стан навколишнього середовища.....	86
6.3.	Забруднення довкілля, що виникають на підприємстві при виробництві комбайна КБС-6 «Збруч».....	86
6.4.	Заходи із зменшення забруднення довкілля.....	89
ВИСНОВКИ.....		90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		91

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

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 не вирішених 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.

НУБІП України

РОЗДІЛ 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 зростає 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, пропускну 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 (гічку 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)



ж)



з)

Рис. 1.1. Зарубіжні бункерні бурякозбиральні комбайни

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

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 (рис. 1.2., рис. 1.3.).

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

КВП «Дніпропетровський комбайновий завод»



а)



б)



в)

ВАТ «Тернопільський комбайновий завод»



г)



д)



е)



є)

Рис. 1.2. Бурякозбиральна самохідна техніка вітчизняного виробництва

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) - КВС-6 «Збруч»; а-г, е - універсальні самохідні коренезбиральні машини, д, є - коренезбиральні комбайни.

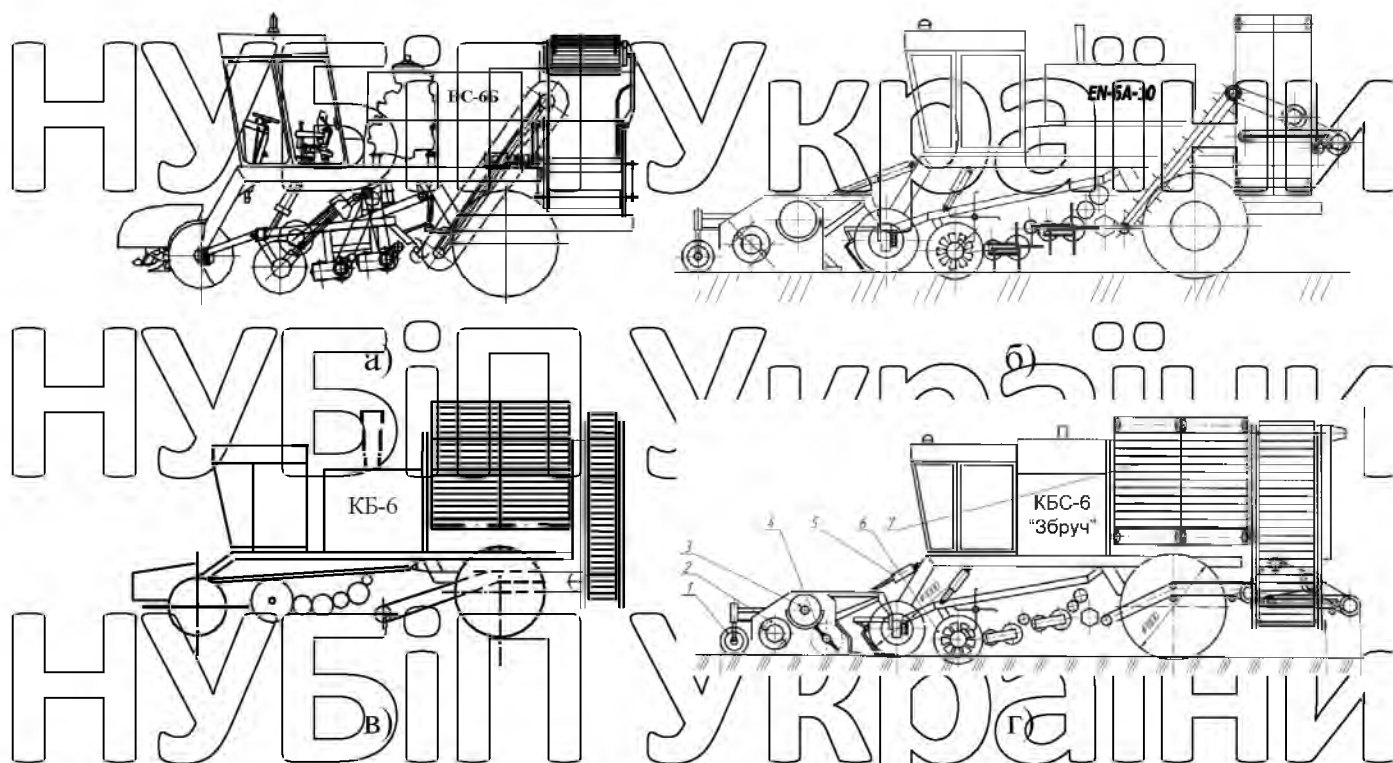


Рис. 1.3. Конструкції бурякозбиральної техніки ВАТ «ТекЗ»

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

Розроблений ВАТ «ТекЗ» бункерний комбайн КБС-6 «Збруч» (рис. 1.2., рис. 1.3.) з бункером об'ємом 10 м³, 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 міжколійній 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 компоновальні рішення, розроблені для бурякозбиральних комбайнів КС-6Б-10/КБС-6 «Збруч», РКМ-6-07 «Кристал» (з гичкозбиральним модулем), відповідають передовим технологіям перспективним напрямкам збирання коренеплодів.

1.2. Технологічні та компоновальні 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 компоновальних схем. На рис. 1.5. приведена

компоновальна 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» КБС-6 «Збруч» відповідно.

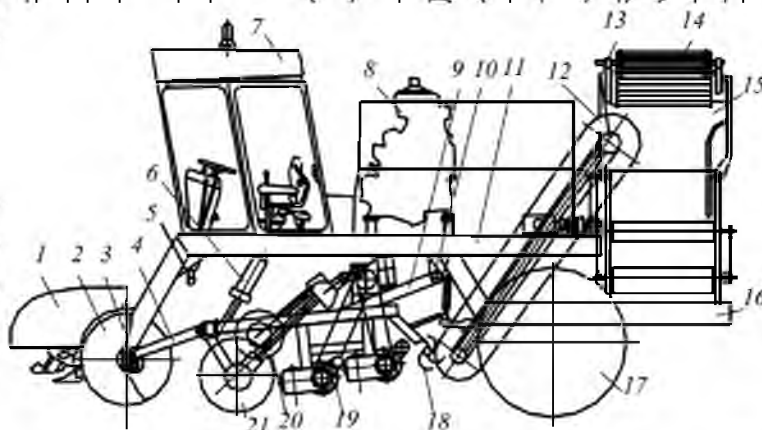


Рис. 1.4. Компоновальна схема коренезбиральної машини КС-6Б з дисковим викопуючим пристроєм

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 нерухої системи; 12 - поздовжній транспортер; 13 - ведучий вал; 14 - вивантажувальний елеватор; 15 - бункер; 16 - основна рама; 17 - міст ведучих коліс; 18 - передаточний бітер; 19 - шнековий очишувач; 20 - бітер; 21 - дискові копачі.

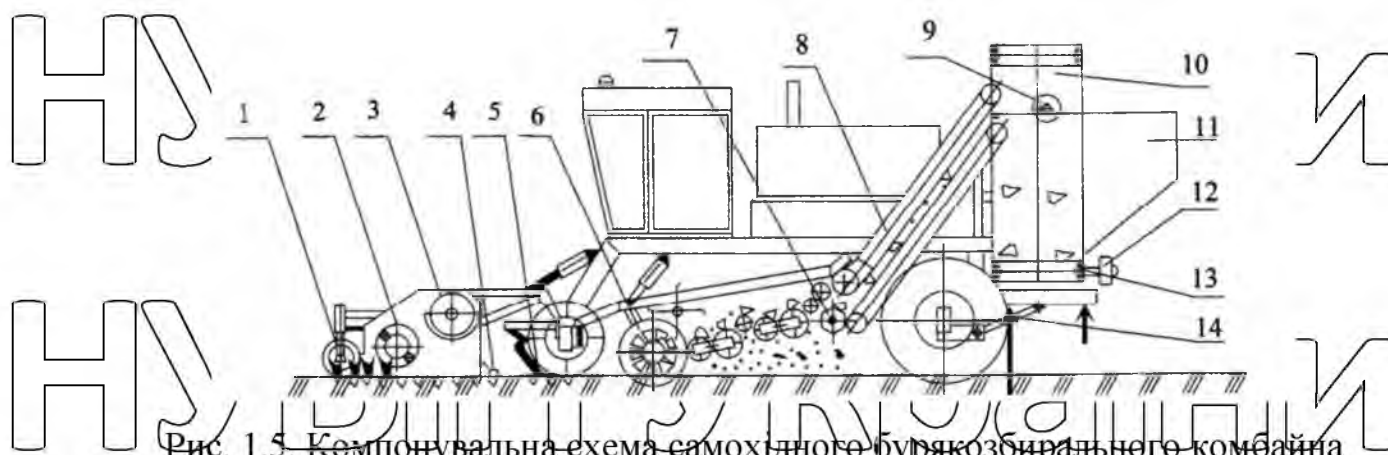


Рис. 1.5. Компонувальна схема самохідного бурякозбирального комбайна

КС-6Б-10 «Тернопіль»

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

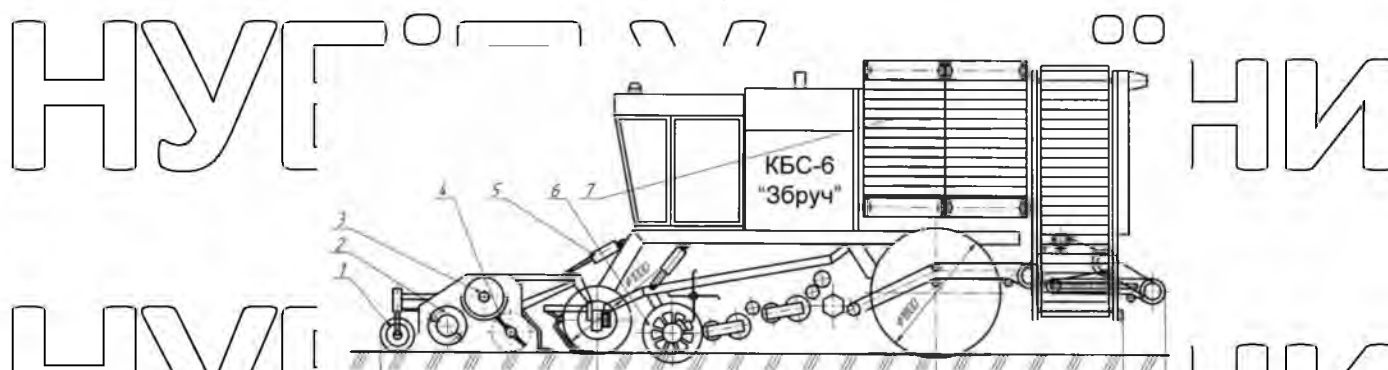


Рис. 1.6. Компонувальна схема самохідного бункерного

бурякозбирального комбайна КВС-6 «Збруч»

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

Бурякозбиральна машина КС-6Б входить в комплекс машин для збирання

коренеплідів роздільним способом. Технологічна схема для цього випадку

наступна: збирання гички із завантаженням її на транспортні засоби

(гичкозбиральна машина БМ-6А); доочищення головок коренеплідів від

залишків гички (агрегат ООД-6А); збирання коренеплідів 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 ренчу (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» (монтується на консольній частині рами) та 10 м^3 на КБС-6 «Збруч» (монтується 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 рогара 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.

Коренєкопач 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. Бункер може додатково оснащуватися вальцево-дисковим доочишувачем 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 конструкторські 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 дефляції:

$$U_{\omega} = \sum \int_1 \frac{B\omega^2 ds}{2EI_{\omega}} \text{ при системі рівнянь } \frac{dU_{\phi}}{dB_{\omega}} = 0? \quad (1.1)$$

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:

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

Відзначимо, що величина P_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

де σ_i і зусиль \bar{P} і \bar{F} функціонал (1.2) перетворюється у функцію вузлових переміщень:

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

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 конетрукцій.

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 відрізнятися (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 $k_d = 2 \dots 2,5$. 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 [180].

На рис. 1.7 зображена конструктивна схема прямокутного бункера.

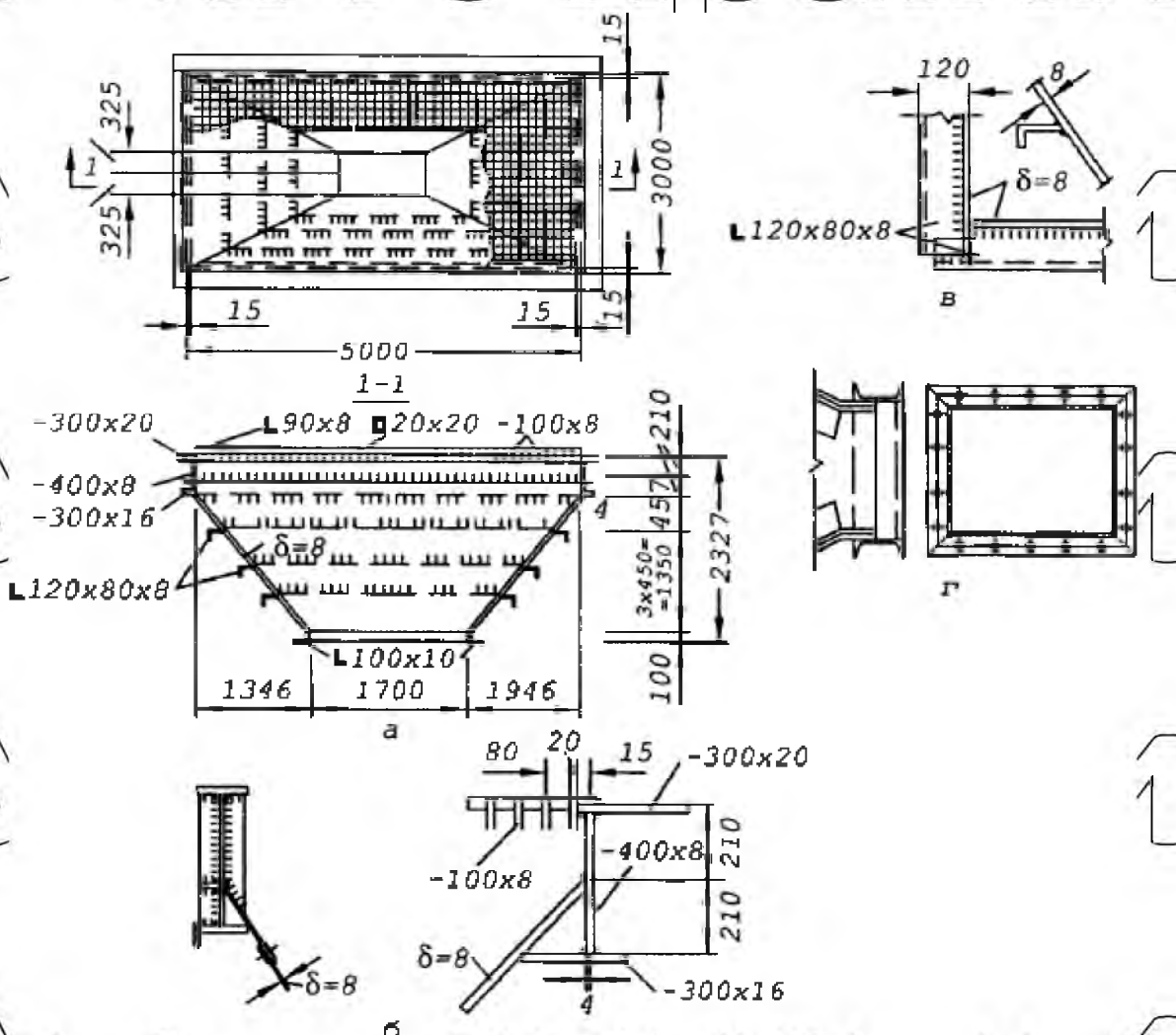


Рис. 1.7. Схема прямокутного бункера

а - конструктивна схема; б - кріплення бункера до поздовжньої і поперечної балок; в - з'єднання ребер; г - вихідний отвір

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 конструкції 1...1,2 кН/м², снігового, вітрового навантаження, тимчасового навантаження на перекриття до 4 кН/м², а також від тиску сипкого матеріалу.

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

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

$$q_y = \gamma_c \gamma x t g^2(45 - \frac{\varphi}{2}); \quad (1.5.)$$

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:

$$q = q_x \cos^2 \alpha + q_y \sin^2 \alpha; \quad (1.5.)$$

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 підвищеної параболічної оболонки, яка працює головним чином на розтяг.

На рис. 1.8. показана розрахункова схема гнучкого бункера.

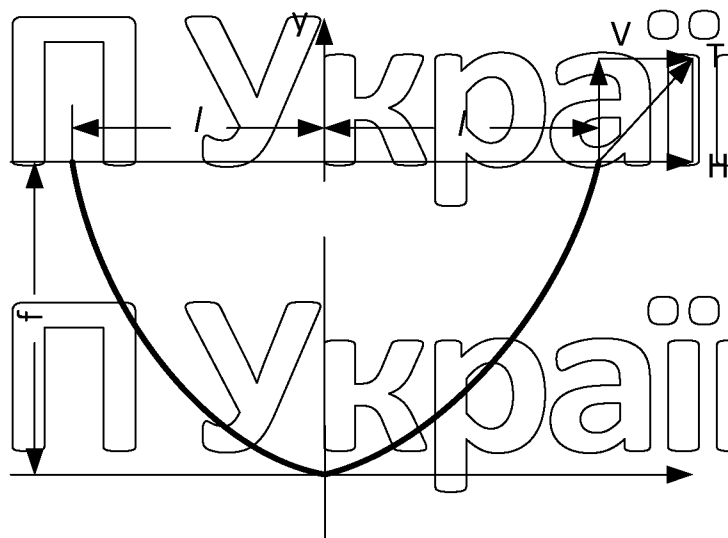


Рис. 1.8. Розрахункова схема гнучкого бункера

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

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

Площу поперечного перерізу бункера визначають за формулою

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

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.

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

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 $F_h(H)$.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК БУНКЕРА БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО

КОМБАЙНА КБС-6 «ЗВРUCH»

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 тонів).

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 зворотньому напрямі руху його полотна. Для зниження маси бункера стінки його часто роблять гратчастими.

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 $У$ і розмірів плантацій (точніше довжини гонів L_T).

Як вже наголошувалося вище, бункерні комбайни можуть працювати перевалочним способом з вивантаженням коренеплодів на одному або на обох кінцях загінки.

При цьому якщо місткість бункера не достатня, то необхідно мати технологічний транспорт для проміжних перевантажень в межах загінки.

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 загінки, якщо виконується умова

$$Q \geq BL_{\Gamma}Y, \quad (2.1)$$

а для вивантаження тільки на одному краю загінки

$$Q \geq 2BL_{\Gamma}Y, \quad (2.2)$$

де B - ширина захвату бурякозбиральної машини.

Оскільки L_{Γ} 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

$$P_l = \int_{L_{\Gamma 1}}^{L_{\Gamma 2}} dL_{\Gamma} \int_{Y_1}^{Y_{21}} f(Y, L_{\Gamma}) dY, \quad (2.3)$$

де $L_{\Gamma 1}, L_{\Gamma 2}$ - найменша і найбільша довжини гонів;

Y_1 - мінімальна врожайність;

(Y, L_{Γ}) - двохмірна густина розподілу випадкових величин Y і L_{Γ} .

Величина врожайності, обмежена умовою. Оскільки Y і L_{Γ} по своїй природі не залежні один від одного, то

$$f(Y, L_{\Gamma}) = \varphi_1(Y)\varphi_2(L_{\Gamma})$$

де $\varphi_1(Y), \varphi_2(L_{\Gamma})$ - одномірні розподіли величин Y і L_{Γ} відповідно. Розподіл

врожайності досить добре описується нормальним законом

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

а довжин гонів логарифмічно нормальним

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

$$\overline{\ln L} = \left(\frac{1}{2}\right) \ln \left\{ \frac{L_{\Gamma}^2}{\left[1 + \left(\frac{\sigma_{L_{\Gamma}}}{L_{\Gamma}}\right)^2\right]} \right\} \sigma = \left\{ \ln \left[1 + \left(\frac{\sigma_{L_{\Gamma}}}{L_{\Gamma}}\right)^2 \right] \right\}^{1/2}, \quad (2.6)$$

де Y і L_{Γ} - математичні очікування, середньоквадратичні відхилення

відповідно врожайності і довжин гонів.

Враховуючи характер законів розподілу величини Y і L_{Γ} для розрахунків можна прийняти

$$y_1 = y - 3\sigma_{yL_{r1}} = \exp(\ln L_{r1} - 3\sigma) \text{ і } L_{r2} = \exp(\ln L_{r2} + 3\sigma), \quad (2.7.)$$

Для другого варіанту вірогідність P_2 визначається по тій же залежності, за винятком верхньої межі в інтегралі (3,122), який для цього випадку рівний

$$y_{22} = \frac{Q}{(2L_r B)}$$

Для основної зони бурякосіяння України можна прийняти $\bar{V} = 2,8 \text{ кг/м}^2$, $L_r = 894,9 \text{ м}$ 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 — не 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.

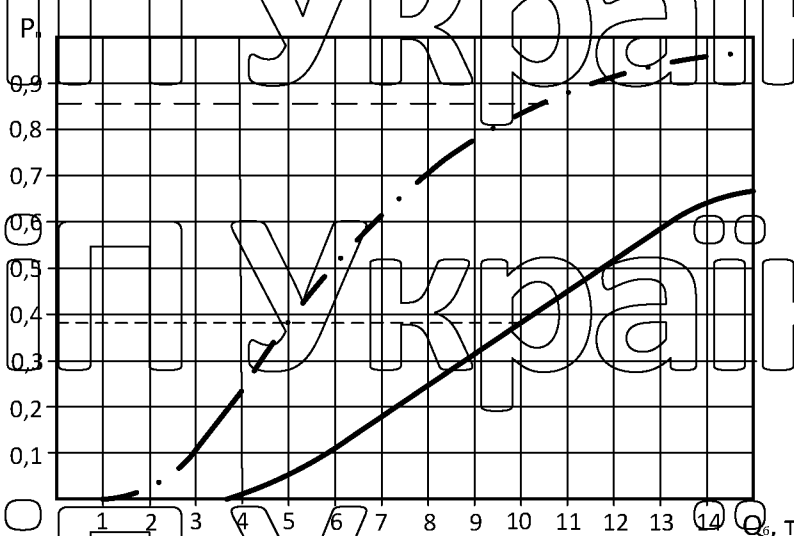


Рис. 2.1. Залежність вірогідності розвантаження на одному краю поля (P_1) чи на обох краях поля (P_2) від місткості бункера Q_6

Цікавий 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 м³ до 40 (9...24 т). Фермерам самим надається можливість вибирати модифікацію, що відповідає розмірам їх плантацій і стійким урожаям.

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 показують, що можливості подальшого підвищення цього основного експлуатаційного показника для бункерних комбайнів вичерпуються вже при $Q = 35 - 40$ м³ в цей же час перехід на 2-фазне прибирання з використанням причіпних ($Q = 10 - 12$ т) і особливо самохідних ($Q = 18 - 24$ 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 врахуваннями корисного навантаження

$$\rho = \frac{G_H}{G_C} \cdot 100\%, \quad (2.8.)$$

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

Розрахунок багаторазово статично невизначуваної системи елементів конструкції бункера проводимо за допомогою спеціального пакету прикладних програм «Lira-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

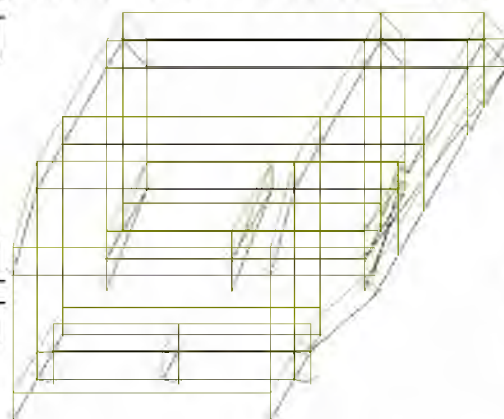
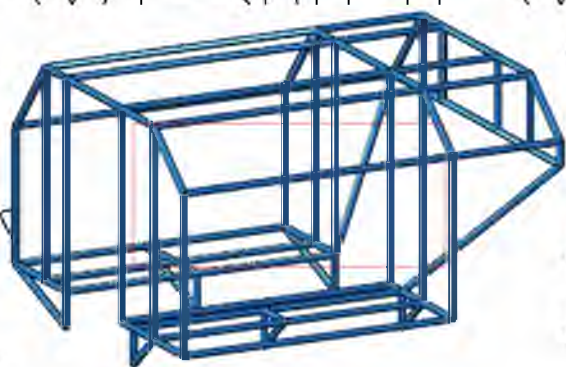


Рис. 2.2. Елементно - вузлова модель бункера комбайна КБС-6 «Збруч»
 а - просторова візуалізація моделі бункера; б - розрахункова схема навантаження бункера;

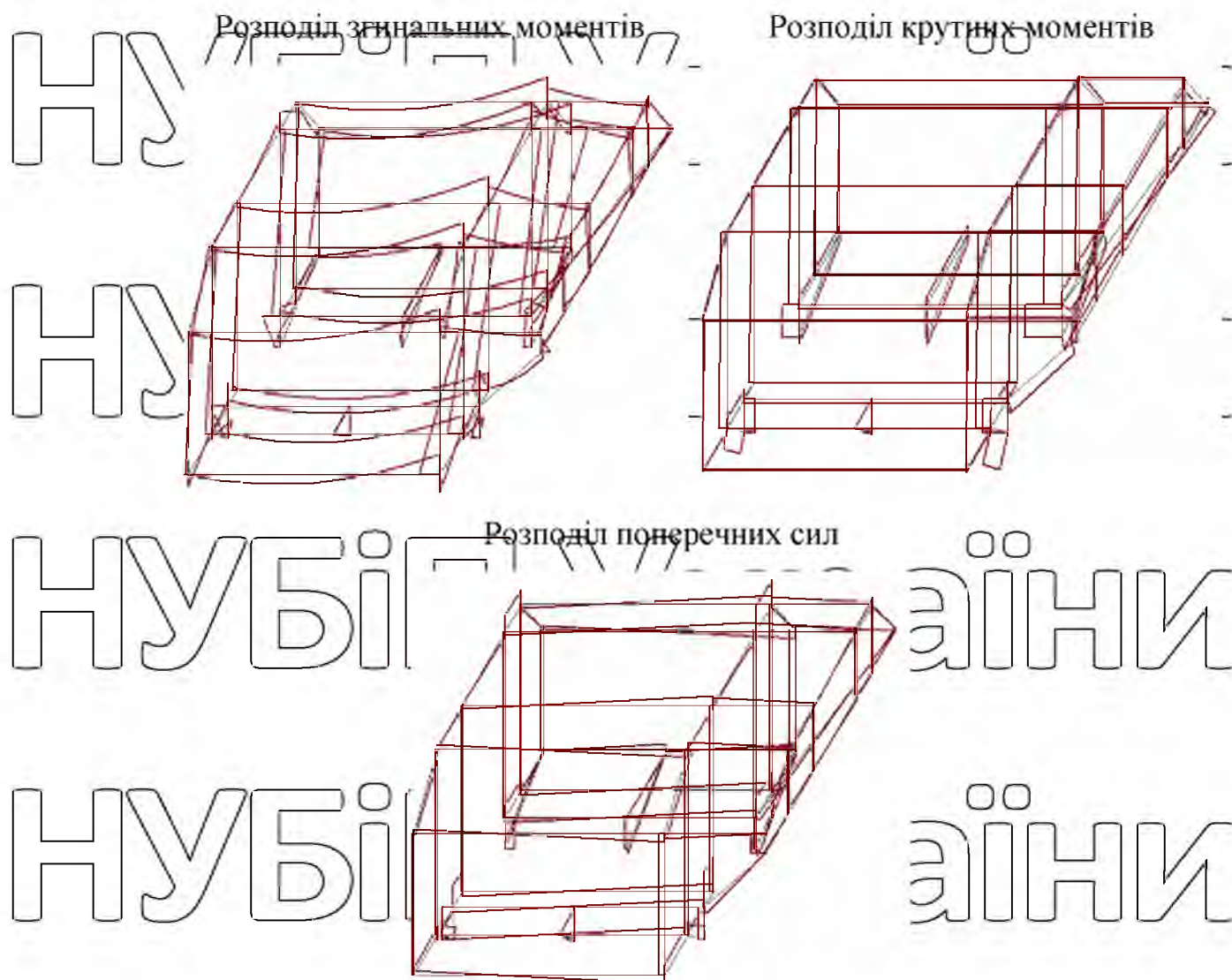


Рис. 2.3. Епюри силових факторів у елементах бункера

Результати попереднього дослідження ГДС бункера комбайна показали, що в опорах бункера реалізується повторно змінні навантаження, викликані завантаженням - розвантаженням бункера коренцелодами.

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

$$R_\sigma = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (2.9.)$$

Розрахунки показали, що у вузлових точках бункера комбайна КБС-6 «Збруч» реалізується навантаження з коефіцієнтами асиметрії $R_\sigma = 0,47 \dots 0,59$.

За результатами попереднього розрахунку бункера 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 різбових 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-65-10, 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.

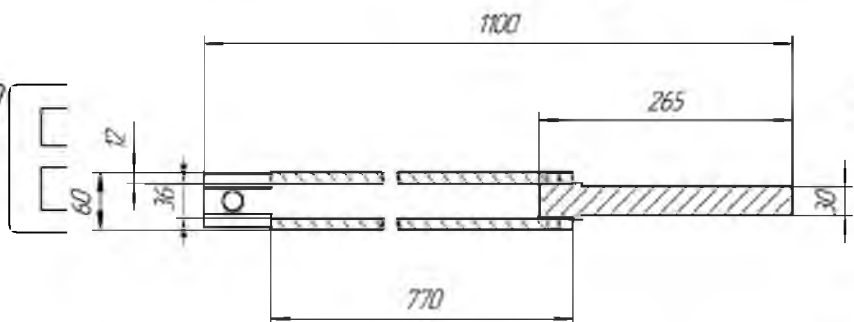
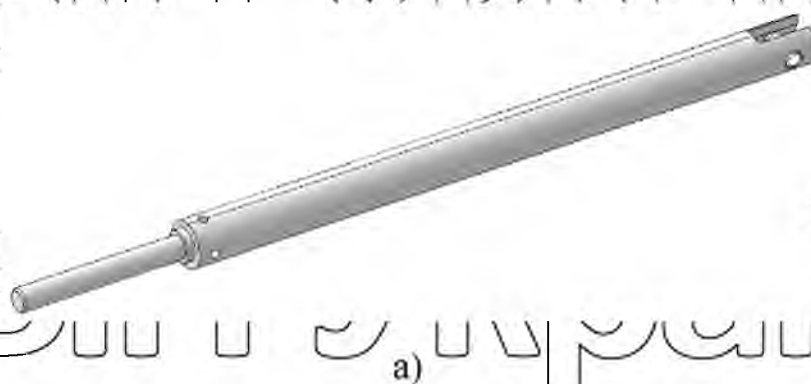


Рис. 2.4. Загальний вигляд (а) та геометричні параметри (б) розкосу

З одного боку розкосу встановлено циліндричний кронштейн з різьбою,

що дозволяє створювати в розкосі попередні напруження розтягу.

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

Мінімальний діаметр кронштейна визначаємо із умова міцності на розтяг/стиск

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \leq [\sigma], \quad (2.10.)$$

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, м². Для круглого поперечного перетину $A = \pi \cdot d^2 / 4$;

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

Тоді формулу (2.10.) запишемо:

$$\sigma_p = \frac{F/2}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2F}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma], \quad (2.11.)$$

звідки мінімально необхідний діаметр розкосу

$$d = \sqrt{\frac{2F}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.12.)$$

Необхідний діаметр кронштейна визначаємо за формулою (2.13.)

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 150000}{3,14 \cdot 120}} = 28,21 \text{ мм.}$$

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

Внутрішній діаметр пустотілої частини розкосу приймаємо $d = d_1 = 30$

мм

Зовнішній діаметр D пустотілої частини кронштейна визначаємо із формули (2.13.) при площі поперечного перетину $\pi \cdot (D^2 - d^2) / 4$

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot F + d^2 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot \sigma}}{\sqrt{\pi \cdot \alpha \cdot \sigma}}, \quad (2.13.)$$

де $\alpha = 0,4$ - коефіцієнт, що враховує нерозподіл напружень у місцях кріплення

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot 150000 + 30^2} + 3,14 \cdot 0,4 \cdot 120}{\sqrt{3,14 \cdot 0,4 \cdot 120}} = 0,054 \text{ м.}$$
 Приймаємо для виготовлення крошечейна 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.).

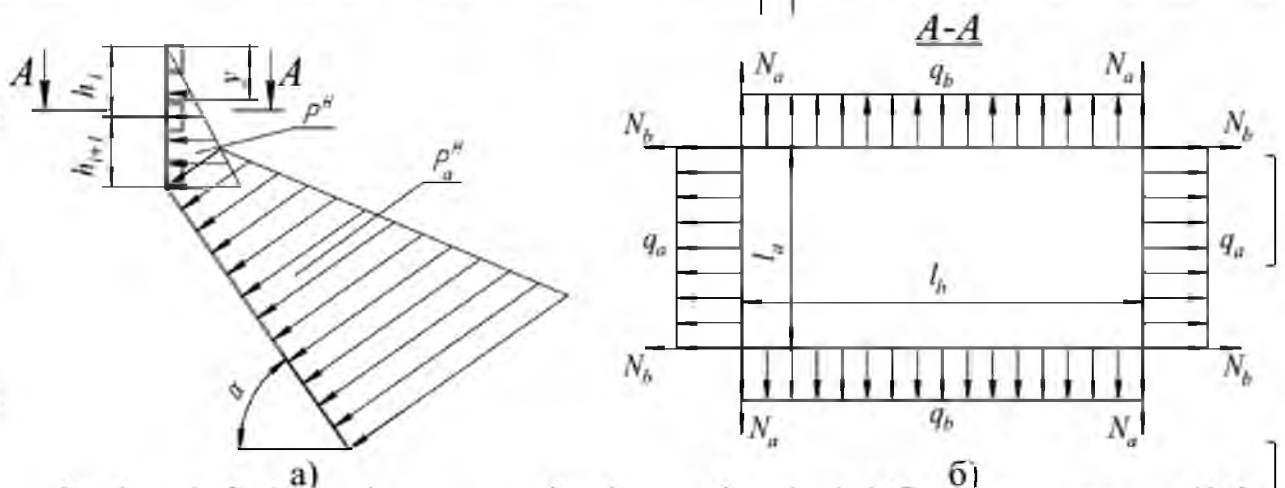


Рис. 2.5. Розрахункові схеми бункера комбайна КБС-6 «Збруч»:

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 і 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

$$M = M_{\sigma} - 4n_2 P_{\alpha}^H l^2 N / \pi^3 (N + N_E), \quad (2.14.)$$

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

N - поздовжнє розтягуюче (ланцюгове) зусилля в обшивці;

$$N = \sqrt[3]{\frac{Et}{1-\nu^2} \cdot \frac{(\pi_2 P_{\alpha}^H)^2 l^3}{24}}, \quad (2.15.)$$

$$N_E = \pi^2 Et^4 / 12(1 - \nu^2) l^2, \quad (2.16.)$$

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:

$$\sigma = \frac{N}{t} \pm \frac{M_{max}}{W} = \frac{N}{t} \pm \frac{6M_{max}}{t^2} \leq \gamma[\sigma], \quad (2.17.)$$

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:

$$q^H = \gamma \cdot y; \quad p^H = k \cdot \gamma \cdot y, \quad (2.18.)$$

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 силучого матеріалу.

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

$$P_\alpha^H = (\cos^2 \alpha + k \sin^2 \alpha) \cdot q^H, \quad (2.19.)$$

Розподілене по довжині ребра навантаження:

$$\text{для вертикальної стінки:} \quad q = n_2 \rho^H (h_i + h_{i+1}) / 2; \quad (2.20.)$$

$$\text{для нахиленої стінки:} \quad q_\alpha = n_2 \rho_\alpha^H (h_i + h_{i+1}) / 2 \sin \alpha; \quad (2.21.)$$

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 силучого 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:

$$M_{\text{оп}} = \frac{q_a l_a^3 + q_b l_b^3}{12(l_a + l_b)}, \quad (2.22.)$$

Міцність ребра перевіряють як для стиснуто-зігнутого стержня:

$$\sigma = \frac{N}{A_p} \pm \frac{M_{\text{max}}}{W_p} \leq \gamma R, \quad (2.23.)$$

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

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

За формулою (2.23) визначаємо вертикальний нормативний тиск силучого матеріалу в бункері на висоті 1 м, 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 (2.19.) 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 (2.15.) та (2.16.) визначаємо зусилля в обшивці бункера

притовщині обшивки 4 мм та відстані між ребрами жорсткості 50 мм:

$N = \sqrt[3]{\frac{2,1 \cdot 10^{11}}{1 - 0,3^2} \cdot \frac{(1,3 \cdot 980,7)^2 \cdot 0,05^3}{24}} = 1,98 \text{ кН}$
 $N_E = 3,14^2 \cdot 0,004 / 12 (1 - 0,3^2) \cdot 0,05^2 = 19,4 \text{ кН}$
 Максимальний згинаючий момент в обшивці бункера визначаємо за

формулою (2.22), беручи до уваги, що згинаючий момент посередині прольоту поперечини бункера становить 200 Нм (рис. 2.3.):

$M_{max} = 200 \cdot \frac{4 \cdot 1,3 \cdot 980,7 \cdot 0,05^2 \cdot 1,98}{3 \cdot 14^3 (1,98 + 19,44)} = 199,96 \text{ Нм}$
 За формулою (2.23.) 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 розподлене 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 (2.23) горизонтальний нормативний тиск сипучого матеріалу в бункері на висоті 1,8 м:

$$q^H = 0,333 \cdot 150 \cdot 1,8 = 90 \frac{\text{кг}}{\text{м}} = 882,6 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Визначаємо за формулою (2.21) момент у опорах при $l_a = 400 \text{ мм}$ та $l_b = 700 \text{ мм}$ (див. рис. 2.6.)

$$M_{оп} = \frac{901,46 \cdot 0,4^3 + 882,6 \cdot 0,7^3}{12(0,4 + 0,7)} = 27,3 \text{ Нм.}$$

Визначасмо за формулою (2.23.) напруження в ребрах стори

$$\sigma = \frac{N}{A_p} \pm \frac{M_{оп}}{W_p} = \frac{N}{30tr} \pm \frac{6M_{оп}}{30tr^2} = \frac{198}{30tr} \pm \frac{6 \cdot 27,3}{30tr^2} = 89,5 \text{ МПа}$$

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 розсортуванні 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 створіємо кінцевоелементну сітку (рис. 2.7. а).

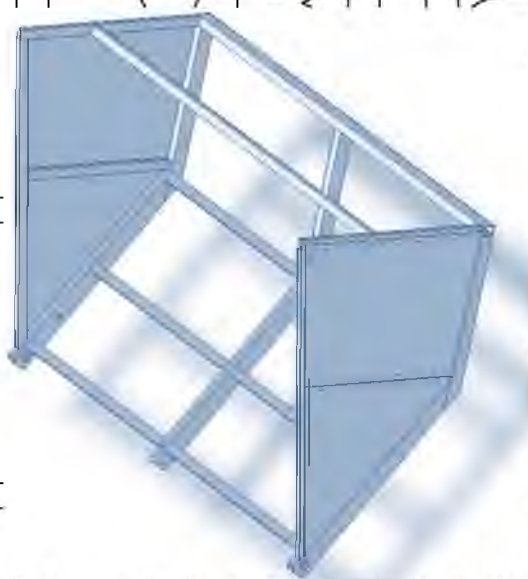


Рис. 2.6. Твердотільна модель стінки бункера

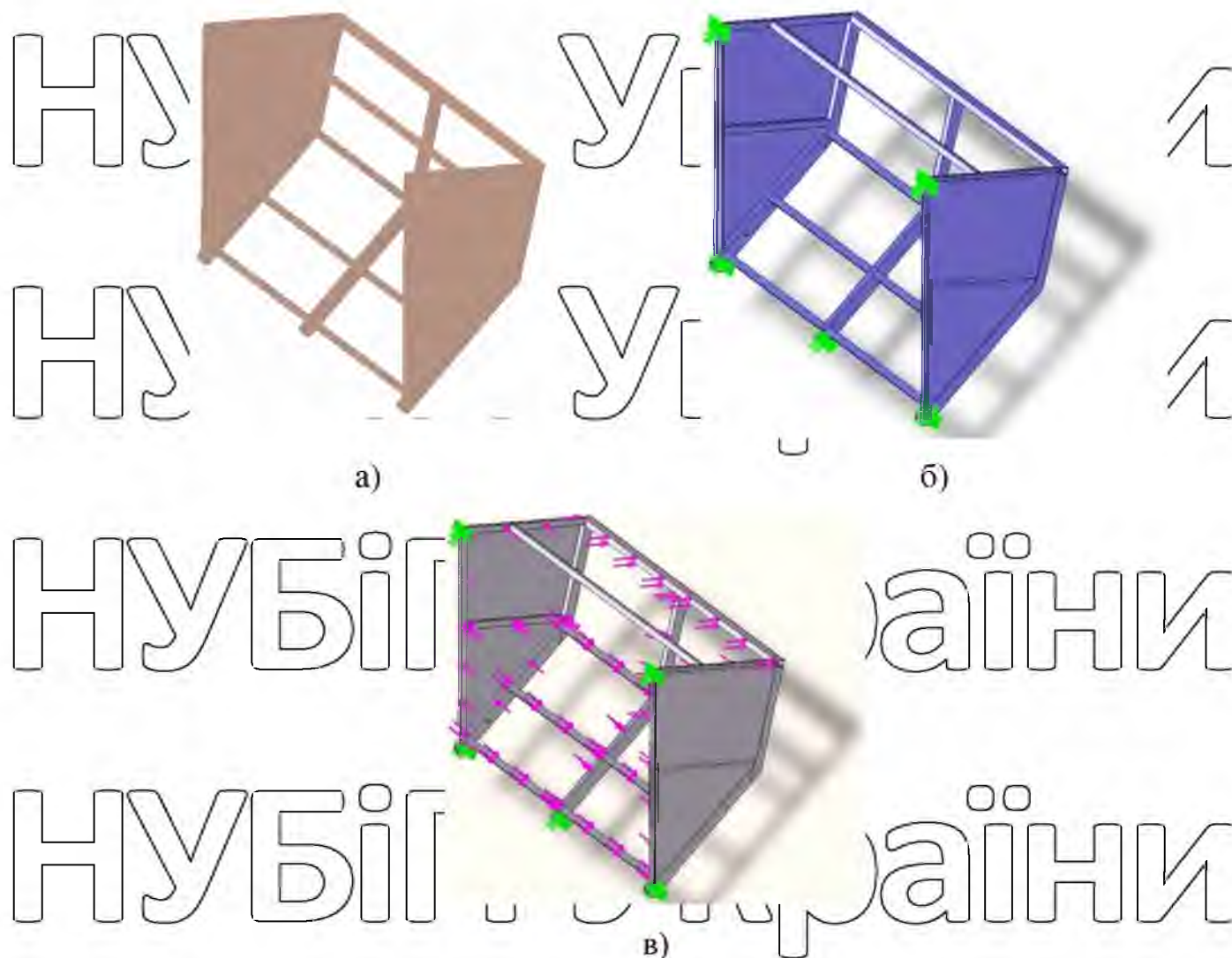


Рис. 2.7. Підготовка моделі стінки до розрахунку

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).

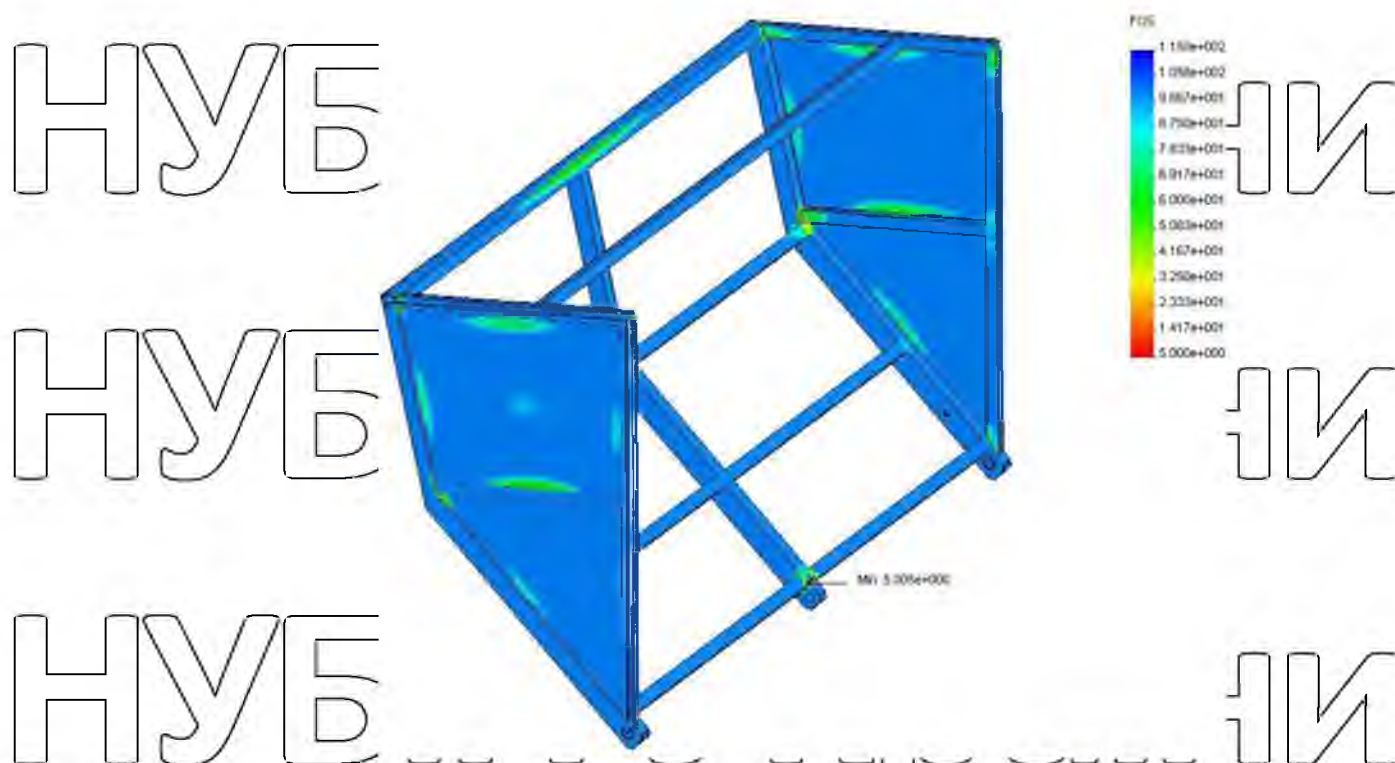
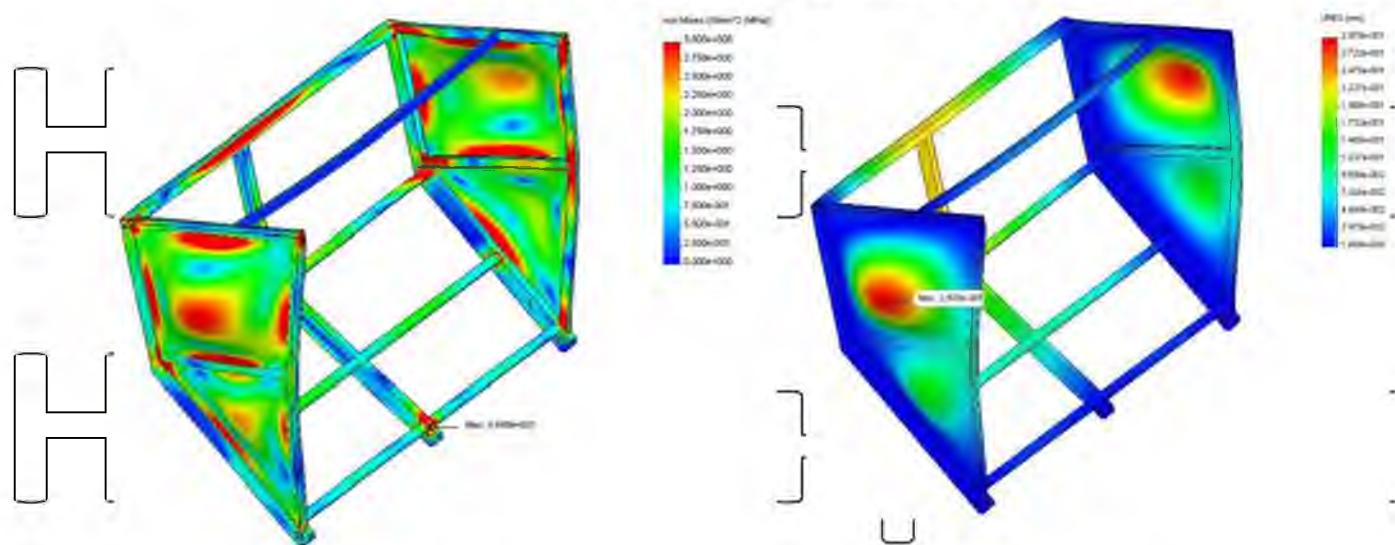


Рис. 2.8. Розподіл коефіцієнтів запасу міцності



а)

б)

Рис. 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 копця напрямку та сумісного впливу переміщення машини, її коливань та зміщення копця під час тертя об ґрунт.

3. 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, з урахуванням вищенаведених припущень та результатів досліджень, можна записати у вигляді:

$$M\ddot{u} + \beta_{\Pi}\dot{u} + c_{\Pi}u = -\frac{Mv^2\varphi}{L_1}, \quad (2.24.)$$

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:

$$\frac{1}{K_a}\varphi = \dot{\gamma} - \frac{v\varphi}{L_1} - \frac{1}{a}u \quad (2.25.)$$

Другий доданок у правій частині рівняння (2.25.) враховує зміщення

корпуса 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.

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 вія'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 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:

$$\left(\frac{c_{\Pi} L_1}{K a M v^2} + \frac{\beta_{\Pi}}{M v} - \frac{1}{a} \right) > 0, \quad (2.26.)$$

або, після перетворень:

$$c_{\Pi} L_1 + K a v \beta_{\Pi} > K M v^2$$

Всі визначники рівняння (2.26.) повинні бути додатними:

$$\begin{vmatrix} \rho_2 & \rho_0 \\ \rho_3 & \rho_1 \end{vmatrix} > 0, \quad \begin{vmatrix} \rho_2 & \rho_0 & 0 \\ \rho_3 & \rho_1 & 0 \\ 0 & \rho_2 & \rho_0 \end{vmatrix} > 0$$

Звідси випливає друга умова стійкості системи керування

$$\beta_{\Pi}^2 \cdot \frac{L_1}{K a M^2 v^2} + \beta_{\Pi} \left(\frac{c_{\Pi} L_1^2}{(K a M v^2)^2} - \frac{L_1}{K a^2 M v^2} + \frac{1}{M v^2} \right) - \frac{1}{a v} > 0, \quad (2.27.)$$

Із рівняння (2.27) 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 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 чиселові дослідження, результати яких представлені на рис. 2.10. та рис. 2.11.

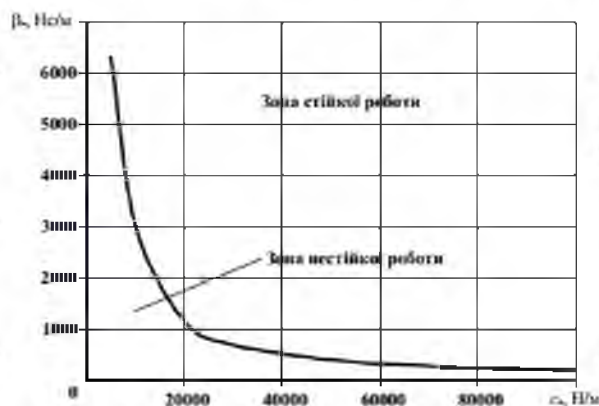


Рис. 2.10. Залежність значення коефіцієнта демпфування β_{Π} від жорсткості підвіски C_{Π}

при $K = 2$ рад/м

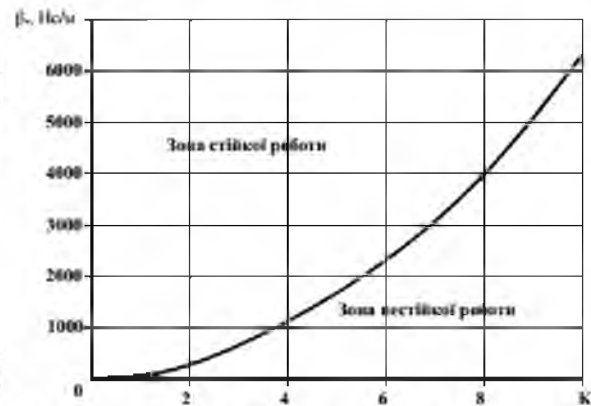


Рис. 2.11. Залежність значення коефіцієнта демпфування β_{Π} від коефіцієнта чутливості

K при $C_{\Pi} = 500000$ 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 $C_{\Pi} > 500000$ Н/м, а $0,5 < K < 2$ рад/м, при цьому мінімальний розрахунковий коефіцієнт демпфування повинен мати значення, більш 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 .

Умови стійкості системи впливають із критерія Рауса-Гурвіца:

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

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

або, після знаходження додатнього кореня:

$$\beta_K > KvJ \frac{L-a}{L_1}, \quad (2.29.)$$

Для забезпечення стійкості системи повинні виконуватись обидві умови

(2.29). Конструктивно, як правило, $L_1 > L$, тому умова (2.29) є більш

жорсткою і визначає стійкість системи під час кутових коливань. Аналіз формули (2.28) показує, що для забезпечення стійкості необхідно обрати 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 ґрунті 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.

РОЗДІЛ 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 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 заїмку 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 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.



Рис. 3.1. Транспортний режим виробування самохідного бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч»



а)



б)

Рис. 3.2. Польові дослідження навантаженості стійок опор бункера комбайна КБС-6 «Збруч»

а - тензорезистор на опорі бункера

б - універсальна реєструюча система в кабіні комбайна.

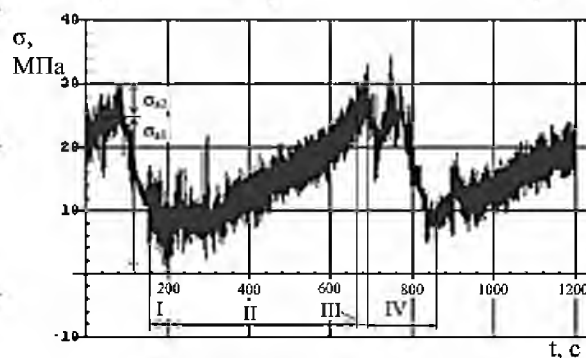
Результати експериментальних досліджень НДС в стійках опор бункера при імітаційному завантаженні/розвантаженні бункера комбайна КБС-6 «Збруч» показали, що розрахункові і експериментальні дані при статичному навантаженні відрізняються на $\pm 19\%$ (розрахункові дані дають занижену

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 заїмки), 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 - розвантаження бункера.

Рис. 3.3. Дослідження НДС стійок опор бункеракомбайна 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 7,903 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 конструкції через втомні пошкодження при експлуатації, а також можливість існування початкових дефектів ставлять додаткові задачі при створенні конструкції 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 конструкцій, 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

$$N = \int \frac{L}{C(\Delta K)^n} dL$$

де L - довжина тріщини, м;

C, n - константи тріщиностійкості матеріалу;

K - коефіцієнт інтенсивності напружень у вершині тріщини, $\text{МПа м}^{1/2}$.

Оскільки стійка опори бункера виготовляється з прямокутної труби

100 × 60 × 4 мм, то КІН $K_{I,скр}$ для наскрізної тріщини, що розвивається з кута прямокутного гнutoзварного профілю визначатимемо за формулою:

$$K_{I,скр} = M \cdot \frac{H}{2} \cdot \frac{L}{I_y} \cdot k_{зН} \sqrt{\pi} \cdot L \cdot F(\varepsilon) = \sigma_n \cdot k_{зН} \sqrt{\pi} \cdot L \cdot F(\varepsilon), \quad (3.3)$$

де σ_n - номінальне напруження у бездефектному профілі, МПа;

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

$$k_{зН} = 1 - 0,213\varepsilon + 0,280\varepsilon^2 - 1,067\varepsilon^3; \quad (3.4)$$

L

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

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

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

$$F(\varepsilon) = F_{1,2}^{(\sigma)} = 1,002 + 1,380\varepsilon - 17,921\varepsilon^2 - 187,025\varepsilon^3 + 8204,706\varepsilon^4 - 93081,806\varepsilon^5$$

$$+ 557304,206\varepsilon^6 - 2,032 \cdot 10^6 \varepsilon^7 + 4,737 \cdot 10^6 \varepsilon^8 - 7,108 \cdot 10^6 \varepsilon^9 +$$

$$+ 6,647 \cdot 10^6 \varepsilon^{10} - 3,527 \cdot 10^6 \varepsilon^{11} + 811488,558 \varepsilon^{12}.$$

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.).

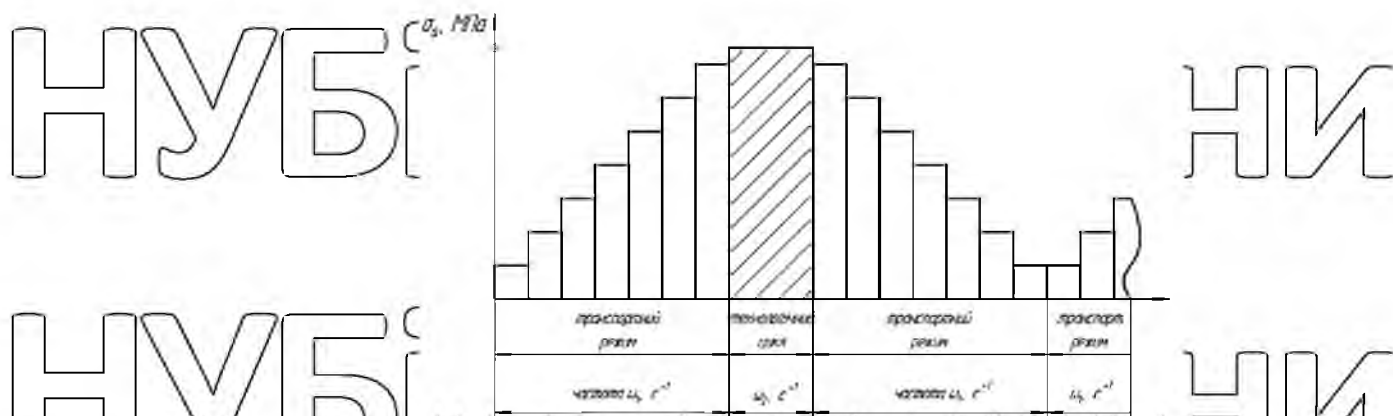


Рис. 3.4. Схематизація фактичного експлуатаційного навантаження бурякозбиральних комбайнів

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 підблоки. Підблок навантажень технологічного циклу з частотою процесу ω_2 , як такий, що характеризується максимальними напруженнями, розташовує у центральній частині схематизованого процесу. Підблок навантажень технологічного циклу будемо з врахуванням пошкоджуючої дії двочастотного процесу (накладання вібраційної складової на основний цикл завантаження/розвантаження коренеплодів у бункер).

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

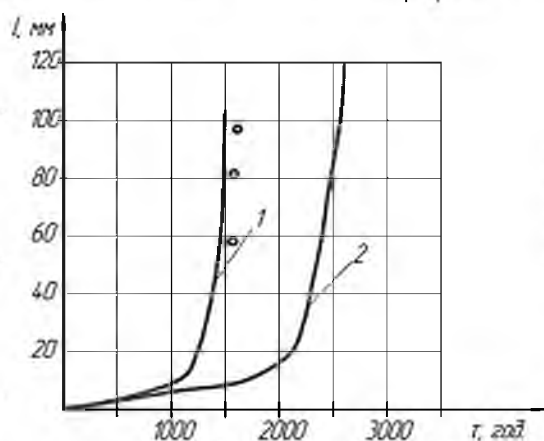


Рис. 3.5. Прогнозований ресурс стійки базової та модернізованої опери бункера бурякозбирального комбайна КБС-6 «Збруч»

1 - стійка опори базової конструкції; 2 - стійка модернізованої опори;

○ - експериментальні дані.

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

3.3. 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.

Моделью 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. 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, як прийнято називати середовищем. Окрім графічних, текстових документів і фрагментів в системі можна працювати в середовищі тривимірного моделювання і збірки тривимірних моделей.

3.4. 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 системи тривимірного моделювання Solid Works у наступній послідовності.

Створюємо твердотільну модель осі шарніра (рис. 3.6., а). Задаємо характеристики матеріалу деталі. Вісь шарніра виготовлена з сталі 40Х, яка призначена для виготовлення деталей підвищеної міцності.



Рис. 3.6. Твердотільна модель осі шарнірного з'єднання

Створюємо сітку скінченних елементів (рис. 3.6, а). Задаємо умови закріплення та зовнішні силові фактори, що діють на вісь (зосереджена сила $P = 5600 \text{ Н}$) (рис. 4.2, б).

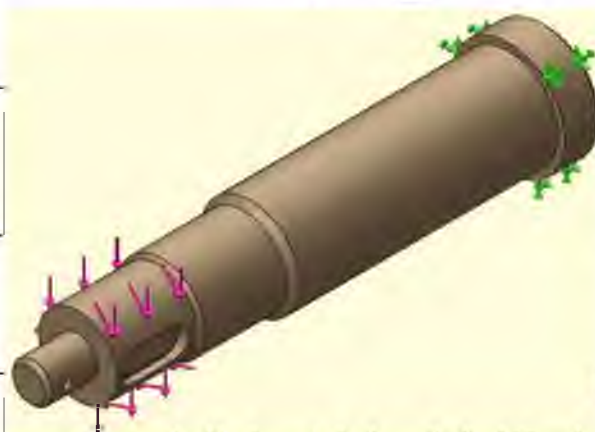


Рис. 3.6. Послідовність підготовки твердотільної моделі осі шарніра до розрахунку

а - твердотільна модель з сіткою скінченних елементів;

б - умови закріплення та навантаження осі шарніра

3.5. 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. 3.7.

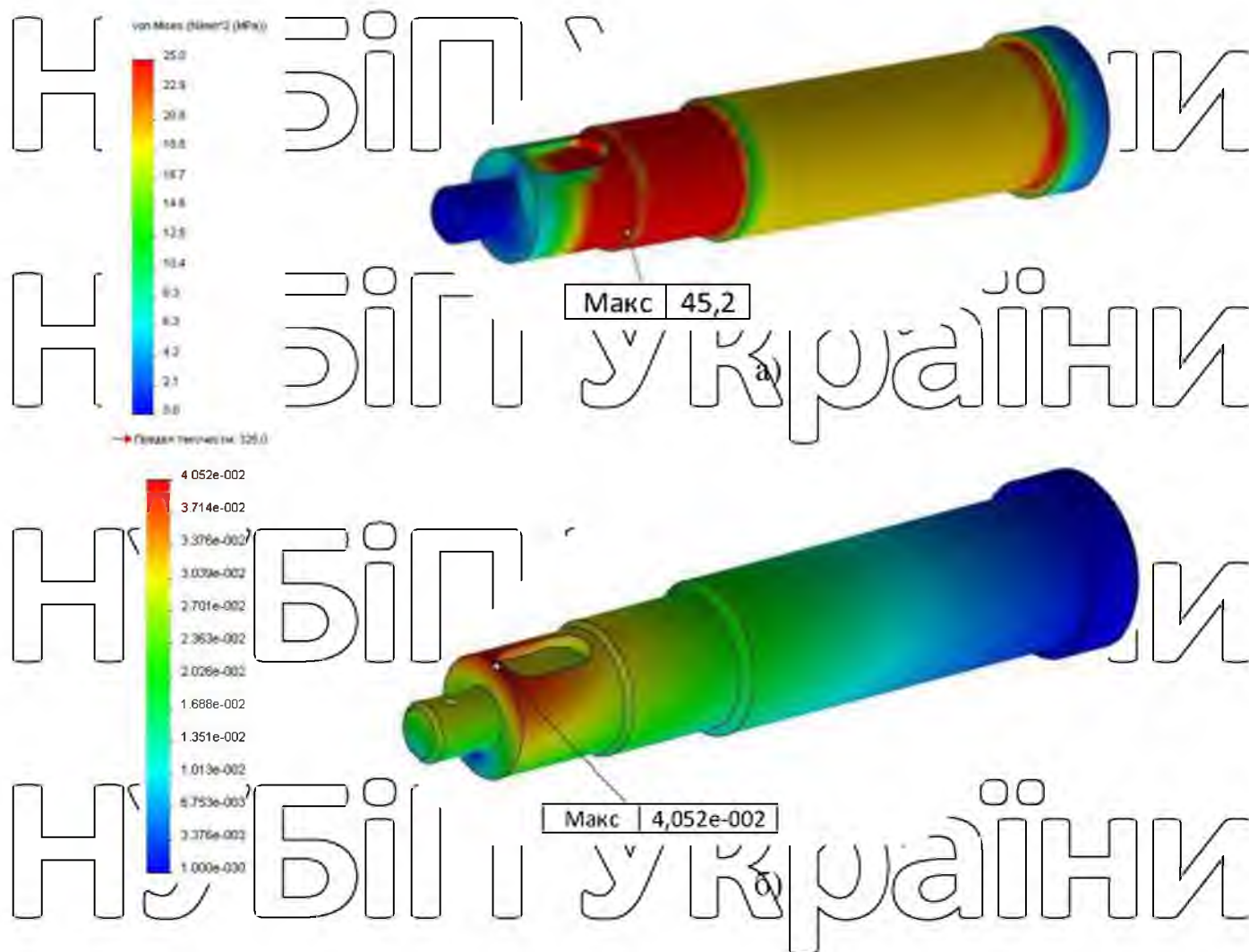


Рис. 3.7. Результати розрахунку моделі осі шарніра

а - максимальні напруження за теорією Мізеса; б - ізограма переміщень;

Як бачимо із розрахунків, максимальні напруження $\sigma_{max} = 45 \text{ МПа}$ виникатимуть на виточці в місці переходу між ступенями осі (рис. 3.7., а).

Максимальне переміщення спостерігається на кінцевикі осі і складає \approx

0,04 мм (рис. 3.7., б).

На наступному рис. показано розподіл запасу міцності по осі шарніра.

Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності становить ≈ 7 .

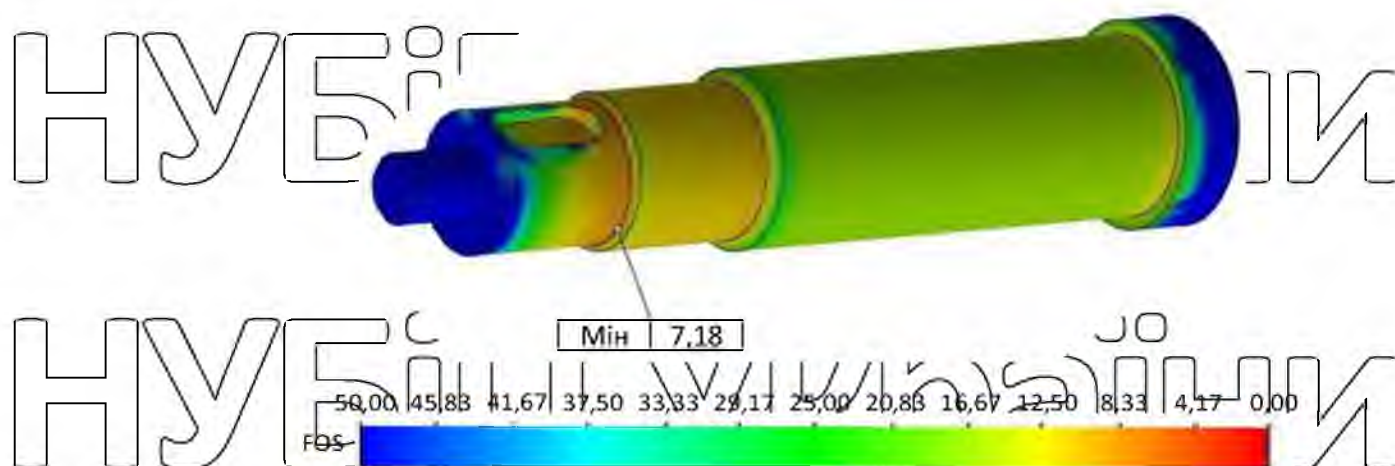


Рис. 3.8. Ізограма запасу міцності осі за III теорією міцності

Визначаємо теоретичний статичний запас міцності при

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

Статичний запас міцності

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

МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

НУБІП України

4.1. Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі

Опис призначення та конструкції деталі. Аналіз технічних умов

Деталь КБС-07.103 (рис. 4.1) є кришкою вузла бурякозбирального комбайна КБС-6 «Зоруч».

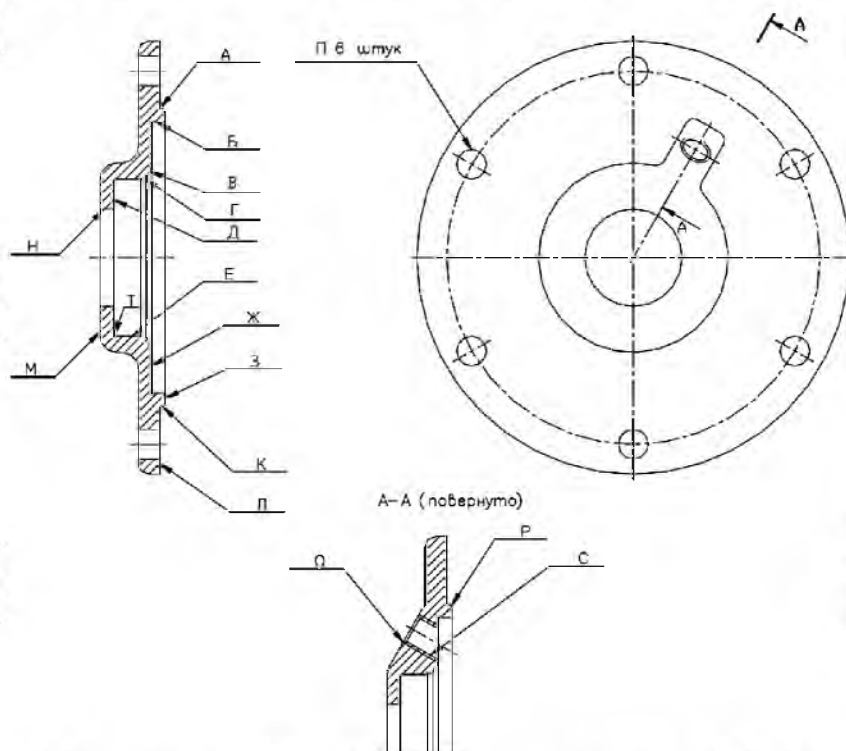


Рис. 4.1. Основні поверхні деталі КБС-07.103

Дана деталь призначена для забезпечення герметичності корпусу реверса від витікання мастила, кріплення на ній елемента 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 (Д) 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 елемента, 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 випикуємо механічні властивості даного сірого чавуну і дані зведемо у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Механічні властивості сірого чавуну СЧ 18-36 ГОСТ 1412-70

Механічні властивості

Матеріал	Тимчасовий опір розриву σ_B , Н/мм ²	Тимчасовий опір згину σ_z , 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 випикуємо хімічні властивості даного сірого чавуну і дані зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

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 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 шерсткості 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 рціонально. 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 оснащенні спеціальними обладнаннями, стандартним або спеціальним ріжучим і вимірювальним інструментом.

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

4.2. 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_B), хв/шт.:

$$t_B = \frac{E_D \cdot 60}{N}, \quad (4.1.)$$

де F_d - 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, годі $F_d = 2030$ год.

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

$$N = N_1 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right), \quad (4.2.)$$

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 $\beta = 5\%$;

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

$$t_B = \frac{F_d \cdot 60}{N} = \frac{2030 \cdot 60}{31500} = 3,87 \text{ хв/шт.}$$

Значення коефіцієнту закріплення операцій (K_3) приймається для планового періоду, що рівний одному місяцю, і визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{O}{P}, \quad (4.3.)$$

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

$$O = \sum O_p, \quad (4.4.)$$

$$O_p = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_M}{T_{шт} \cdot N_M}, \quad (4.5.)$$

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

$$F_M = \frac{F_d}{12}, \quad (4.6.)$$

$$F_M = \frac{F_d}{12} = \frac{2030}{12} = 169 \text{ год.};$$

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

η_M - коефіцієнт завантаження обладнання. Прийmemo: $\eta_M = 0,8$;

N_M - місячна програма випуску деталей, шт.

$$N_M = \frac{N}{12} = \frac{31500}{12} = 2625 \text{ шт.} \quad (4.7.)$$

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

$$T_{шт} = \phi_k \cdot \sum T_o, \quad (4.8.)$$

де ϕ_k - коефіцієнт, що характеризує виробництво і вид верстатів;

T_o - норма часу для оброблюваної поверхні, хв;

Визначаємо число різних операцій закріплених за кожним робочим

місцем (O_p), їх суму і коефіцієнт закріплення операцій (K_3):

➤ Токарна (операція 005), ($O_p^{ток}$):

$$O_p^{ток} = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_M}{T_{шт}^{ток} \cdot N_M} = \frac{60 \cdot 169 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,97 \cdot 2625} = 2$$

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

$$O_p^{св} = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_M}{T_{шт}^{св} \cdot N_M} = \frac{60 \cdot 169 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{0,202 \cdot 2625} = 19,8$$

➤ Різнорізна (операція 030), ($O_p^{різ}$)

$$O_p^{різ} = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_M}{T_{шт}^{різ} \cdot N_M} = \frac{60 \cdot 169 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{0,11 \cdot 2625} = 36,3$$

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

Згідно ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва є середньо-серійний.

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

$$T_{шт.сер.} = \frac{\sum T_{шт}}{P} = \frac{1,97 + 0,202 + 0,11}{3} = 0,76 \text{ хв.} \quad (4.9.)$$

Визначимо кількість деталей в партії (n):

$$n = \frac{N \cdot \alpha}{F}, \quad (4.10.)$$

де α - число днів, на які необхідно мати запас деталей. Приймаємо $\alpha = 5$,

[ст. 22];

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

$$n = \frac{N \cdot \alpha}{F} = \frac{31500 \cdot 5}{253} = 622 \text{ шт.}$$

Розрахункове число змін на обробку деталей на дільниці:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сер.}} \cdot n}{480 \cdot 0,8} \quad (4.11.)$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{шт.сер.}} \cdot n}{480 \cdot 0,8} = \frac{0,76 \cdot 622}{480 \cdot 0,8} = 1,2$$

Приймаємо число змін $C_{\text{пр}} = 1$

Прийняте число деталей в партії ($n_{\text{пр}}$), шт

$$n_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер.}}} \quad (4.12.)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер.}}} = \frac{1 \cdot 480 \cdot 0,8}{0,76} = 505,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_{\text{пр}} = 506$ 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 необроблених 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 4.3

Основні параметри для розрахунку технологічної собівартості заготовки по варіантах

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

Вартість заготовки (S_3), одержаних такими методами, як литво в земляні форми і кокіль, гаряча штамповка на молотах, пресах, ПКМ можна визначити за формулою, грн.:

$$S_3 = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \frac{S_B}{1000}, \quad (4.13.)$$

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.:

- Лита 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_B – ціна однієї тонни відходів, грн. Для литої і штампованої заготовок

$S_B = 144$ грн.

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

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

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

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

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

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

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

$$E = (S_{31} - S_{32}) \cdot N, \quad (4.14.)$$

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

$$E = (5,66 - 4,17) \cdot 30000 = 45600 \text{ грн.}$$

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

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

$$C_{пр} = \frac{C_3}{M} + C_{ч} + E_H(K_C + K_3), \quad (4.15.)$$

де C_3 – основна і допоміжна зарплата, коп./год.

$$C_3 = C_m \cdot 1,53, \text{ к.} \quad (4.16.)$$

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 $k = 1$;

$$C_3 = C_m \cdot 1,53 \cdot k = 479 \cdot 1,53 \cdot 1 = 733 \text{ коп./год.}$$

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

$C_{\text{ч}}$ - годинні витрати по експлуатації робочого місця, коп./год:

$$C_{\text{ч}} = C_{\text{чс}} \cdot K_M, \quad (4.17)$$

де $C_{\text{чс}}$ - практичні скоректовані годинні витрати на базовому робочому місці. Для серійного виробництва $C_{\text{чс}} = 363$ 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 різьонарізної операції $K_{M1} = 0,65$;

$$C_{\text{ч1}} = C_{\text{чс}} \cdot K_{M1} = 363 \cdot 0,65 = 236 \text{ коп./год.};$$

➤ Для вертикально-свердлильної K_{M2} :

$$C_{\text{ч2}} = C_{\text{чс}} \cdot K_{M2} = 363 \cdot 0,5 = 181,5 \text{ коп./год.};$$

E_H - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень.

Для машинобудування $E_H = 0,2$;

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

$$K_c = \frac{C \cdot 100}{3200}, \quad (4.18)$$

де C - балансова вартість верстату, грн.:

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

$$K_{c1} = \frac{C_1 \cdot 100}{3200} = \frac{17600 \cdot 100}{3200} = 550 \text{ коп./год}$$

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

$$K_{c2} = \frac{C_2 \cdot 100}{3200} = \frac{21500 \cdot 100}{3200} = 671,8 \text{ коп./год}$$

K_3 - питомі годинні капітальні вкладення у будівлю, коп./год. Для серійного виробництва:

$$K_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \quad (4.19.)$$

де F - виробнича площа, що займає верстат з врахуванням проходів, m^2

$$F = f \cdot k_f, \quad (4.20.)$$

де f - виробнича площа, що займається верстатом, m^2 :

Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056)

$$f_1 = 0,87 \cdot 0,59 = 0,52 \text{ м}^2$$

Для вертикально-свердильного верстату 2Н135,

$$f_2 = 1,24 \cdot 0,81 = 1 \text{ м}^2;$$

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

Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056)

виробнича площа (F_1) буде:

$$F_1 = f_1 \cdot k_f = 0,52 \cdot 4 = 3,1 \text{ м}^2$$

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

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

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:

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

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

Для вертикального напівавтомату, що нарізає різьбу мітчиком (2056),
 $(C_{\text{пр1}})$

$$C_{\text{пр1}} = \frac{C_3}{M} + C_{\text{сч1}} + E_H(K_{\text{с1}} + K_3) = \frac{733}{1} + 236 + 0,2(550 + 14) = 1082$$

коп./год.

Для вертикально-свердильного верстату 2Н135, $(C_{\text{пр2}})$:

$$C_{\text{пр2}} = \frac{C_3}{M} + C_{\text{сч2}} + E_H(K_{\text{с2}} + K_3) = \frac{733}{1} + 181,5 + 0,2(671,8 + 14) = 1051 \text{ коп./год.}$$

 Визначимо річний економічний ефект (E), грн:

$$E = \frac{(C_{\text{пр1}} - C_{\text{пр2}}) \cdot N}{100}, \quad (4.21)$$

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

$$E = \frac{(C_{\text{пр1}} - C_{\text{пр2}}) \cdot N}{100} = \frac{(1082 - 1051) \cdot 30000}{100} = 9300 \text{ грн.}$$

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. 4.1.) припуски і допуски вибираємо по таблицях з ГОСТ 1855-55 і дані занесемо в таблицю:

Таблиця 4.4.
 Припуски і допуски на оброблювані поверхні кришки

Поверхні	Розмір мм	Припуск мм		Допуск
		Табличний	Розрахований	
Д	10	1,2	-	$\pm 0,2$
Е	$\varnothing 58$	2,3	-	+0,074
Н	$\varnothing 36$	2,2	1,97	+0,6
Г	R1	0,8	-	-
А	R0,6	0,8	-	-
В	$\varnothing 68$	2,3	-	+0,74
Б	$\varnothing 100$	2,5	-	+0,87
К	$\varnothing 110$	2,6	-	-0,22
Г	2	1,2	-	0,1
Ж	5	1,2	-	$\pm 0,5$
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 4.5.

Таблиця 4.5.

Вибір різального та вимірювального інструменту

№п/п	Назва операції (переходу)	Інструмент	
		Різальний	Вимірювальний
005	Токарна з ЧПК	Різець 2102-4093ВКВ8	ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-80
		Різець 2102-4049	ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-80
			Пробка (□58) ГОСТ 14816-69
			Скоба (□110)

010	Вертикально-свердлильна	Свердло □11 ГОСТ 10903-77	ГОСТ 16776-71 ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-80 Калібр на розташування 8150-4696
015	Слюсарна	Шлилок ГОСТ 1465-80	-
020	Вертикально-свердлильна	Свердло □9 ГОСТ 10903-77	ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-80
025	Вертикально-свердлильна	Свердло □15 ГОСТ 10903-77	-
030	Різенарізна	Мітчик М10 □1 ГОСТ 3266-71	Пробка (М10 □1) ГОСТ 17758-72

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):

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n}, \quad (4.22.)$$

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

$$m_p = \frac{T_{шт}}{t_b}, \quad (4.23.)$$

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

Визначимо розрахункову кількість верстатів на кожну операцію:

→ Операція 005 токарна з ЧПК:

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

→ Операція 010 вертикально-свердлильна:

$$m_p^{010} = \frac{T_{шт}^{010}}{t_B} = \frac{0,435}{3,87} = 0,11 \text{ шт.};$$
 Операція 015 слюсарна:

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

➤ Операція 020 вертикально-свердлильна

$$m_p^{020} = \frac{T_{шт}^{020}}{t_B} = \frac{0,49}{3,87} = 0,13 \text{ шт.};$$
 Операція 025 вертикально-свердлильна:

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

Операція 030 різнарізна:

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

$$m_n - \text{ прийнята кількість верстатів, шт.};$$

В залежності від розрахункової кількості верстатів приймемо:

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

$$m_p^{CB} = m_p^{010} + m_p^{020} + m_p^{025} + m_p^{030} = 0,11 + 0,13 + 0,1 + 0,13 = 0,47 \text{ шт.}$$

Операція 015 слюсарна, кількість робочих місць: $m_n^{015} = 1 \text{ шт.};$
 Визначимо коефіцієнт завантаженості:

Операція 005 токарна з ЧПК:

$$\eta_z^{005} = \frac{m_p^{015}}{m_n^{005}} = \frac{1,64}{2} = 0,82$$

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

$$\eta_z^{CB} = \frac{m_p^{CB}}{m_n^{CB}} = \frac{0,47}{1} = 0,47$$

Операція 015 слюсарна:

$$\eta_z^{015} = \frac{m_p^{015}}{m_n^{015}} = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

Визначимо середнє завантаження верстатів ($\eta_{зсер}$) (без слюсарного верстака):

$$\eta_{зсер} = \frac{\eta_{з005} + \eta_{зСВ}}{2} = \frac{0,82 + 0,47}{2} = 0,645$$

По даних значеннях побудуємо графік завантаження верстатів:

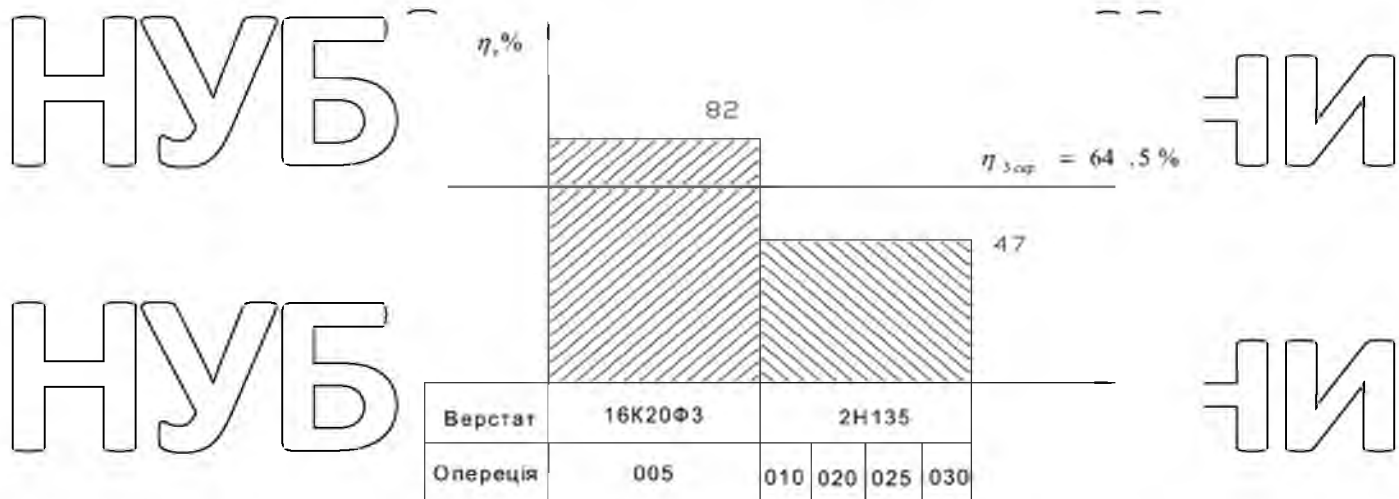


Рис. 4.2. Графік завантаженості обладнання

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

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шк}} \quad (4.24)$$

Операція 005 токарна з ЧПК:

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

На вертикально-свердильні 010, 020, 025, і різьонарізну 030 операції:

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

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 ($\eta_{осер}$) (без слюсарного верстака):

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

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



Рис. 4.3. Графік використання обладнання за основним часом

Визначимо коефіцієнт використання верстату по потужності (η_M):

$\eta_M = \frac{N_{пр}}{N_{СТ}}$ (4.25)

де $N_{пр}$ - необхідна потужність на приводі верстату, кВт;

$N_{СТ}$ - потужність електродвигуна встановленого на верстаті, кВт.;

➤ Операція 005 токарна з ЧПК:

$N_{СТ}^{005} = 10$ кВт.;

$\eta_M^{005} = \frac{N_{пр}^{005}}{N_{СТ}^{005}} = \frac{1,38 + 1,38 + 0,23}{10} = 0,3$

➤ Операція 010 вертикально-свердлильна:

$N_{СТ}^{010} = 3,6$ кВт.;

$\eta_M^{010} = \frac{N_{пр}^{010}}{N_{СТ}^{010}} = \frac{3,384}{3,6} = 0,94$

➤ Операція 020 вертикально-свердлильна:

$N_{СТ}^{020} = 3,6$ кВт.;

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

➤ Операція 025 вертикально-свердлильна:

$N_{CT}^{025} = 3,6 \text{ кВт.};$
 $\eta_M^{025} = \frac{N_{пр}^{025}}{N_{CT}^{025}} = \frac{0,31}{3,6} = 0,086$

➤ Операція 030 різнарізна:

$N_{CT}^{030} = 3,6 \text{ кВт.};$
 $\eta_M^{030} = \frac{N_{пр}^{030}}{N_{CT}^{030}} = \frac{0,11}{3,6} = 0,03$

Визначимо середній коефіцієнт використання верстату по потужності

($\eta_{M \text{ сер}}$)

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

По даних значеннях побудуємо графік використання верстату по потужності:

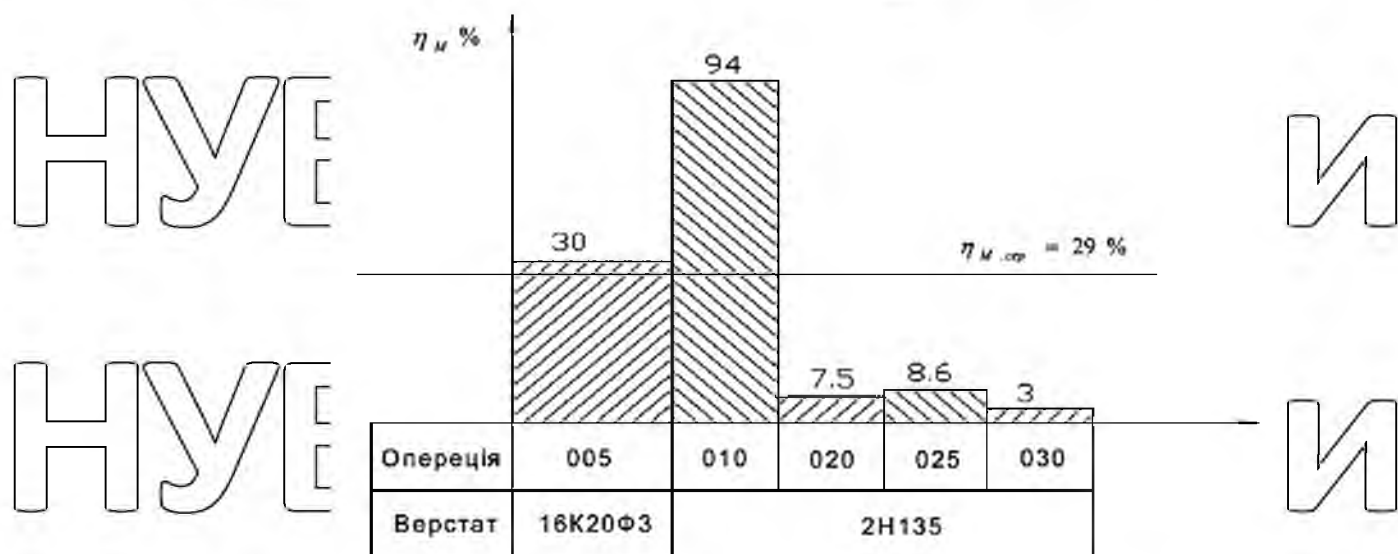


Рис. 4.4. Графік використання верстату по потужності

4.3. Розробка спеціальних верстатних пристроїв

Опис призначення, будови і роботи кондуктора до верстату 2Н135

Опишемо пристосування - кондуктор, який призначений для базування

деталі КСБ-07.103 при свердлінні шести отворів $\phi 1 \text{ мм.}$

Пристосування складається із корпусу (2), на якому встановлені побокам 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 пристосування вона базується на орієнтованому отворі діаметром 110 мм і торцю. Базування 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 пристосуванні, місця прикладення і напрямлення сил і їх моментів.

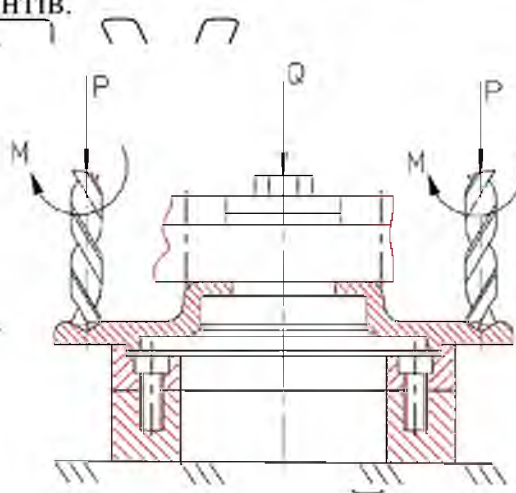


Рис. 4.5. Розрахункова схема сил при свердлінні у кондукторі

При виконанні свердильної 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 пристосуванні всі сили взаємозрівноважуються.

Але враховуючи несприятливі фактори, визначимо необхідну силу затиску з умови не прокручування деталі навколо осі:

$$Q_o = \frac{2kMR}{dfr} - P_o, \quad (4.26.)$$

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,

$$Q_o = \frac{2kMR}{dfr} - P_o = \frac{2 \cdot 1,15 \cdot 10,28 \cdot 0,069}{0,011 \cdot 0,3 \cdot 0,055} - 1900 = 7088 \text{ Н}$$

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

РОЗДІЛ 5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПОР БУНКЕРА МАШИНИ КБС-6 «ЗБРУЧ»

5.1. 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 оцорах бункера при розгортанні транспортера. Крім того це збільшує об'єм бункера на 1 м^3 .

- 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 гнчкозрізувального модуля попереду ведучого моста комбайна та бункера збільшеного об'єму (більше 10 м^3) 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:

$$q_i = \frac{k_{2i}}{k_{1i}} - \text{для бажаних показників}; \quad (5.1.)$$

$$q_i = \frac{k_{1i}}{k_{2i}} - \text{для небажаних показників}; \quad (5.2.)$$

де k_{2i} – показник якості нового виробу;

k_{1i} – показник якості базового виробу;

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

б) розрахунок узагальненого показника:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (5.3.)$$

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 магістерської кваліфікаційної 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:

$$q_1 = \frac{8}{8} = 1; \quad q_2 = \frac{2,7}{2,7} = 1; \quad q_3 = \frac{1,6}{1,6} = 1; \quad q_4 = \frac{300}{300} = 1;$$

$$q_5 = \frac{500}{500} = 1; \quad q_6 = \frac{6}{6} = 1; \quad q_7 = \frac{75}{65} = 1,15; \quad q_{11} = \frac{70}{75} = 0,93;$$

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 (табл. 5.1) [6]

Карта технічного рівня і якості продукції (ГОСТ 2.116-84)

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
Ремонтпридатність, %	+	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

5.2. 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 ремонт машини при деякому зменшенні кількості уніфікованих вузлів.

Основою для розрахунку показників економічної ефективності є прямі експлуатаційні витрати: відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонт, 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]:

$$E_{e.e} = \frac{E_{\Gamma}}{a_n + E}, \quad (5.4.)$$

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

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

E_{Γ} - річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн. [12]:

$$E_{\Gamma} = V_3(P_6 - P_n + \Delta), \quad (5.5.)$$

де P_6 , P_n - приведені витрати на одиницю напрацювання по базовій і новій машинах, грн./од. напрацювання;

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

V_3 - річне напрацювання нової машини в умовах даної природно-кліматичної зони, од. напрацювання/рік. Річне напрацювання нової машини в умовах даної природно-кліматичної зони таке ж як і базової машини (табл. 5.1.).

Приведені витрати на одиницю напрацювання (P) визначають за формулою [12]:

$$P = I + KE, \quad (5.6.)$$

де I - прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання, грн./од.

напр.:

K - капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання.

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

$$И = З + Г + Р + А + Ф, \quad (5.7.)$$

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]:

$$З = \frac{1}{W_{зм}} \sum L_j \tau_j k_d, \quad (5.8.)$$

де $W_{зм}$ - продуктивність агрегату за 1 год. змінного часу, од. напрац./год.;

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

k - 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]:

$$P = \frac{B(r_T + r_K)}{W_{ек} \cdot T_H}, \quad (5.9.)$$

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

$W_{ек}$ – продуктивність агрегату або робітника за 1 год. експлуатаційного часу, од. напрацювання/год. (табл. 5.1.);

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

T_H – нормативне річне завантаження, год $T_H = 300$ год/рік.

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

$$A = \frac{B_a}{W_{ек} \cdot T_3^2}, \quad (5.10.)$$

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].

$$K = \frac{B}{W_{ек} \cdot T_3}, \quad (5.11.)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по базовій машині:

$$K_B = \frac{350000}{0,15 \cdot 300} = 729,17 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по новій машині:

$$K_H = \frac{358500}{0,15 \cdot 300} = 746,28 \text{ грн.}$$

Витрати на реновацію базової та нової машин на одиницю нароби:

$$A_B = \frac{350000 \cdot 0,15}{0,15 \cdot 300} = 109,38 \text{ грн.}$$

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

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт:

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

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

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання:

$$I_B = P_B + A_B = 218,75 + 109,38 = 328,13 \text{ грн.}$$

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

Приведені витрати на одиницю напрацювання:

$$П_B = I_B + K_B \cdot E = 328,13 + 729,17 \cdot 0,15 = 437,5 \text{ грн.}$$

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

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини:

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

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [12]:

$$T_{OK} = \frac{K}{E_p} \leq 5 \text{ років,} \quad (5.12.)$$

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.).

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

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

5.3. 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 зміну 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. 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 привдосконаленні

продукції, що випускається і створенні нової. Найважливішими показниками, в яких знаходить відображення якість технічних рішень, є собівартість продукції і експлуатаційні витрати при її використанні [6].

Для того, щоб продукція, що випускається, відповідала рівню науково-технічного розвитку, була конкурентноздатною 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, удосконалення методів організації і керування процесами виробництва, розвитку спеціалізації 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.

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

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

До роботи з технічного обслуговування, транспортування, обкати 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 повинен знаходитися на сидінні. Забороняється перебування сторонніх осіб на працюючій машині або біля неї.

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

Забороняється 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.

Забороняється працювати на машині при ослаблених кріпленнях вузлів і агрегатів.

Забороняється чіпати руками робочі органи машини при працюючому двигуні.

При роботі машини металеві труби гідроприводу на ходову частину можуть нагріватися до 80-100°C. Берітьс'я 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 перездах 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].

6.2. 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].

6.3. 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, цементація. 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 CO_2 . В невеликій кількості є контактне зварювання і зварювання тертям. В процесі зварювання виділяється тверда складова зварювального аерозолю 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 аерозолів 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 багатьма 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.

6.4. 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 металоміткі 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 газы).

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.

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 м³;

- 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ветошкін А.Г. Нормативне і технічне забезпечення безпеки життєдіяльності. Навчально-практичний посібник: В 2-х ч. Ч.2. Інженерно-технічне забезпечення безпеки життєдіяльності/ А.Г. Ветошкін. - М.: Інфраінженерія, 2017. - 652 с

2. Калетнік Г.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність та жорсткість. Ч.І, ІІ: Підручник / Г.М. Калетнік, М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, В.М. Пришляк та ін., за ред. Г.М. Калетніка, М.Г. Чаусова. – К.: Хай Тек-Прес, 2011. – 616 с.

3. Калетнік Г.М Використання сучасних методів механіки для сільського господарства // Г.М. Калетнік, О.М Черниш, М.Г Березовий / Збірник наукових праць ВНАУ. - В.: Вінниця, 2011.Т1 (65).- С.8-18.

4. Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г. Машина для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / за ред. Сало В.М. –Х.: Мачулін, 2016. –244 с.

5. Застосування способів основного обробітку ґрунту в сівоzmінах / В.М.Кабанець, М.Г.Собко, О.В.Радченко/під ред. М.Г. Собка Сад, 2015 16с.

6. Надикто В. Оранка: міфи та реалії // Агробізнес сьогодні. 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http:// agro-business.com.ua/agro/ideitrendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html](http://agro-business.com.ua/agro/ideitrendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html)

7. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2012. – 84 с.

8. Дьянго Хеллін, Моріс Клерк, Хансуелі Дірауер Мінімальний обробіток ґрунту (Reduzierte Bodenbearbeitung) / Підручник. - FiBL, Ukraine, 2016. - 316с

9. Булгаков В.М. Від класичних основ землеробської механіки до сільськогосподарських машин майбутнього / В.М. Булгаков, А.С. Заришняк, І.В. Головач // Механізація і електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2012. – Вип. 96. – С. 26-34.

10. Калетнік Г.М. Технічна механіка [Текст] : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Калетнік Г.М., Булгаков В.М.; Черниш, О.М. та ін.. - К. : Хай-Тек Прес, 2011. - 340 с.

11. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін., за ред. Д.Г. Войтюка – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.

12. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / [Збарський В.К., Бабієнко М.Ф., Кулаєць М.М., Синявська І.М., Хоменко М.П.]; за ред. проф. В. К. Збарського. - К.: Агроосвіта, 2013. - 352с

13. Сільськогосподарські машини: підручник / [Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. — Київ : Агроосвіта, 2015. — 679с.

14. Агробізнес України – 2014 [Електронний ресурс] // Інфографічний довідник : [сайт]. – Режим доступу: [http://agrex.gov.ua/wp-content/uploads/Infografika-silskogo-gospodarstva-Ukrayini-vid-BakerTilly-ta-](http://agrex.gov.ua/wp-content/uploads/Infografika-silskogo-gospodarstva-Ukrayini-vid-BakerTilly-ta-Latifundist.pdf)

[Latifundist.pdf](http://agrex.gov.ua/wp-content/uploads/Infografika-silskogo-gospodarstva-Ukrayini-vid-BakerTilly-ta-Latifundist.pdf).

15. Екологічні проблеми землеробства : Підручник . [В.П.Гудзь., І.П. Риклівський, М.Ф.Рибак та ін.] – Житомир: Полісся України, 2010 – 740с.

16. Сучасні системи землеробства України. Навчальний посібник. Вінниця : ФОП Данилюк В.Г., 2009.- 256с.

17. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т.: Т 1 / [Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г. та ін.] ; за ред. А. В. Рудя. – Київ : Агроосвіта, 2012. – 584 с.

18. Квашук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування с.-г. культур / О. В. Квашук. – Кам'янець-Подільський: Абетка, 2008.

19. Халанський В. М. Сільськогосподарські машини / В. М. Халанський, І. В. Горбачов. - М.: Колос, 2006.

20. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів : навч. посіб. / В. О. Малащенко, В. В. Янків. Львів : Новий Світ-2000, 2013. 264с.

21. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / О.І.Сідащенко, та інші/ За ред. О.І.Сідащенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491с

22. Машини для обробки ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей [Текст] / В.М. Сало, С.М. Лещенко, П.Г. Лузан, Ю.В. Мачок, Д.В. Богатирьов – Х.: Мачулін, 2016. – 244с.

23. Сало В.М. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві [Текст] / В.М. Сало, Д.В. Богатирьов, С.М. Лещенко, М.І. Савицький // Техніка і технології АПК – Дослідницьке: УКРНДППВТ ім. Л. Погорілого, 2014 – № 10 (61) – С. 16-19.

24. Сало В.М. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів [Текст] / В.М. Сало, С.М. Лещенко, В.А. Пашинський, Р.В. Ярових // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2015. – Вип. 45, Ч.1 – С. 126-132

25. Лещенко С.М. Технічне забезпечення збереження родючості ґрунтів в системі ресурсозберігаючих технологій [Текст] / С.М. Лещенко, В.М. Сало // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2013. – Вип. 43, ч.1 – С. 96-102.

26. Лещенко С.М. Експериментальна оцінка якості роботи комбінованого чизеля з додатковими горизонтальними та вертикальними деформаторами [Текст] / С.М. Лещенко, В.М. Сало, Д.І. Петренко // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка. – Харків, 2015. – Вип.

156 – С. 25–34.

27. Лещенко С.М. Вплив конструктивних параметрів чизельної ланки глибокорозпушувача на деформацію ґрунту [Текст] / С.М. Лещенко, В.М. Сало, Д.І. Петренко, І.О. Лісовий // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 4. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – С. 115-124.

28. Сало В. Технічне забезпечення процесів глибокого розпушування ґрунту [Текст] / В. Сало, С. Лещенко // Пропозиція: український журнал з питань агробізнесу. Інформаційний щомісячник. – 2015. – № 10. – С.122-124.

29. Vasytkovska K.V. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting/ Vasytkovska K.V.; Leshchenko S.M.; Vasytkovskyi O.M.; Petrenko D.I. // INMATEH-Agricultural Engineering. – Vol.50 No.3, 2016 – P.13-20 ref.18.

30. Бакка М.Т. Основи безпеки життєдіяльності людини. – Житомир: РВВ ЖІТІ, 1997. – 340 с.

31. Балан С.О. Проектування конструкцій зварних рам. – Одеса: Астропринт, 2001. – 111 с.

32. Вырский А.Н., Пигенко В.А. Повышение надежности несущих конструкций и узлов сельскохозяйственных машин путем применения методов конечноэлементного анализа // Пр. I – ої Міжнар. н.-т. конф. «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин» (DSR- AM-1). – Тернопіль, 2004. – С. 428 – 435.

33. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232 с.

34. Герасимович П.В. Моделювання напружено-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.

35. Городецкий А. С., Евзеров И. Д., Стрелец-Стрелецкий Е. Б. и др. Метод конечных элементов: теория и численная реализация. Программный комплекс

ЛИРА-Windows // (С): Факт, 1997. – 137 с.

36. ГОСТ 23729-88. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки спеціалізованих машин / Agricultural machinery Economic evaluation of machines. – 5 с.

37. Грубер В. Тенденции на рынке свеклоуборочной техники // Новое сельское хозяйство, 2016. – №3. – С. 98-100.

38. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лехмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.

39. 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. - ХДТУСТ - 2013. - Випуск 17. - С. 40 -43.

41. 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, 2015. – Вип. 25. – С. 103 – 111.

42. ЛИРА 9.0 Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Руководство пользователя. – К.: НИИАСС, 2002. – В 3 т. – 435 с.

43. Угченко О.І. Проектування металевих конструкцій. Конспект лекцій. – Харків: ХНАМГ, 2012. – 139 с.

44. 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, 2018. – Вип. 8(22) – кн. 1. – С. 284-291.

45. Погорелый Л. В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2019. – 232 с.

46. 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. – 456 с.

47. 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, 2015. – С. 296 – 302.

48. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

49. Современные методы повышения конструктивной надежности сельскохозяйственной техники / Т.И. Рыбак, В.В. Спиченков, М.В. Руденький и др. – К.: Техника, 2021. – 120 с.

50. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюк. – К.: Аграрна наука, 2014. – 396 с.