

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Кафедра Автомобілі і ТТ

БАКАЛАВРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

на тему: «Вдосконалення конструкції вантажного автомобіля для
перевезення борошна»

Студент групи

ААГ-22

(шифр групи)

Штиль П.Р.

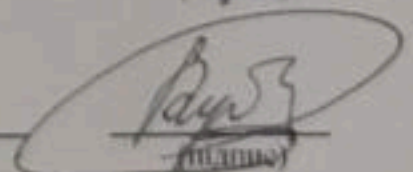
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник

Рубан Д.П.

(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

Житомир 2024

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра Автомобілі і ТТ

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

(підпис)

(прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Штиля Петра Руслановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Вдосконалення конструкції вантажного автомобіля для перевезення»

Керівник роботи: Рубан Д.П.

Затверджена наказом по університету від «28» 05 2024 р. № 220/c

2. Строк подання студентом роботи - згідно графіку захисту.

3. Вихідні дані до роботи:

Стандартний вантажний автомобіль для перевезення борошна та його характеристики.

6. Дата видачі завдання 30.01.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Виконання загально технологічного розділу	01.05.24 р.	<i>виконано</i>
2.	Виконання конструкторського розділу	15.05.24 р.	<i>виконано</i>
3.	Виконання спеціального розділу	30.05.24 р.	<i>виконано</i>
4.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	10.06.24 р.	<i>виконано</i>
5.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	15.06.24 р.	<i>виконано</i>
6.	Подання бакалаврської роботи на кафедру	20.06.24 р.	<i>виконано</i>
7.	Захист кваліфікаційної роботи в ЕК	Згідно графіка	

Студент

Штиль П.Р.
(підпис)

Штиль П.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Рубан Д.П.
(підпис)

Рубан Д.П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1.ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНОВОЗІВ.....	10
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	12
2.1. Конструкція напівпричепа борошновоза.....	12
2.2 Розрахунок споживаної потужності пристрою.....	16
2.3. Визначення розмірів ежектора.....	22
2.4. Розрахунок відцентрової помпи повітрянадувного механізму.....	23
3. АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ АВТОЦИСТЕРНИ АВТОМОБІЛЯ-БОРОШНОВОЗА.....	28
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	33
4.1. Оцінка економічної ефективності впровадження у виробництво вдосконаленої конструкції автомобіля-борошновоза.....	33
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
5.1. Призначення та стан транспортного засобу.....	43
5.2 Шкідливі та небезпечні фактори, які виникають під час експлуатації.....	45
5.3 Вимоги безпеки при навантаженні та розвантаженні муковоза.....	49
ВИСНОВОК.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

ВСТУП

Пшеничне борошно – це порошкоподібний продукт, який виготовлений із зерен пшениці, найбільш затребуваний у світі вид борошна.

Пшеничне борошно має такі фізичні властивості:

- злежуваність - втрата сипучості внаслідок підвищення вологості, ущільнення (найбільш характерна властивість для борошна. Зі збільшенням тривалості зберігання збільшується можливість злежування борошна. Борошно, яке втратило сипучість внаслідок тиску верхніх пластів продуктів на нижні, не використовується для довго строкового зберігання);

- розпилюваність - здатність найдрібніших часток вантажу формувати з повітрям стійкі суспензії і переноситися з повітрям на великі дистанції;

- сипучість - взаємна рухомість частинок від зовнішніх дій;

З хімічних властивостей борошна можна виділити самозігрівання - це збільшення температури в його масі внаслідок поганої теплопровідності і внутрішніх фізіологічних процесів. Коли борошно згущується і втрачає сипучість завдяки самозігрівання, воно не допускається в реалізацію тому, що стає непридатним для вживання.

Також можна виділити такі біохімічні властивості борошна:

- 1) дихання - окислення борошна киснем, інтенсивне самозігрівання, при підвищеній температурі і вологості;

- 2) розвиток мікроорганізмів, при якому змінюється запах, смак і борошна. Сторонній запах борошна може виникнути внаслідок недотримання товарного сусідства, тобто його зберігання із продуктами які мають рікий запах (різноманітні спеції, риба, мило і побутові товари, парфуми та інші). Побічний присмак борошна може виникати при наявності в ньому сторонніх ароматних домішок, отриманих в процесі його переробки.

Головною причиною збільшення самозігрівання, інтенсивності дихання, розвитку мікроорганізмів і поява плісняви є підвищена вологість борошна. Щоб уникнути цього необхідно забезпечити сприятливі умови транспортування, зберігання і складування.

Для правильного транспортування використовують спеціальну техніку - напівпричіп борошновоз.

Борошновози являють собою напівпричіп - цистерну, яка спеціально обладнана для завантаження, транспортування і розвантаження борошна. Борошновози експлуатуються підприємствами, які зберігають і переробляють борошно і подібну продукцію.

Саме таку техніку використовувати зручно, адже головною її перевагою є велика вантажність. Корисна маса, що перевозиться, обраховується в об'ємі вагою в 40 тонн. Автопоїзд може переміщувати близько 38 тонн матеріалу, до числа яких входить 14 тонн ваги самого устаткування, включаючи тягач з цистерною.

Однією з відмінних особливостей конструкції цистерн для перевезення сипучої продукції від інших типів цистерн є метод їх розвантаження: бункерний або гравітаційний, механічний за допомогою транспортерів, пневматичний, комбінований і самоскидний. Найпоширенішим є пневматичний метод розвантаження, адже завдяки ньому виключається зіткнення вантажу з довкіллям, він запобігає псуванню, втрату і забруднення.

Виділяють такі пневматичні методи розвантаження: аераційно-пневматичний, аерозольний і комбінований. При аераційно-пневматичному методі розвантаження всередину цистерни подається стиснуте під малим тиском повітря, рівним 0,05 МПа, а до розвантажувального патрубка - під тиском 0,15 ... 0,2 МПа.

Аерозольний метод полягає в тому, що розвантаження стиснуте повітрям подається під малим тиском під похиле днище і як наслідок переміщення нижніх шарів сипучого вантажу до розвантажувального отвору. Там вантаж підхоплюється стиснутим повітрям, яке має тиск 0,15 ... 0,2 МПа, і разом з повітрям потрапляє у розвантажувальний рукав.

Цистерни для транспортування сипучих вантажів можуть мати різну форму: циліндричну, кульову чи форму усіченого конуса. Зазвичай вони встановлюються на рухомому складі вертикально, або з невеликим горизонтальним нахилом назад.

Вдосконалення конструкції вантажного автомобіля для перевезення борошна:

1. Покращення герметичності контейнера:

Використання кращих матеріалів для корпусу контейнера, таких як композитні матеріали, які мають кращу герметичність і стійкість до пошкоджень.

Застосування більш надійних ущільнень і засувки для дверей контейнера, щоб запобігти витоку борошна.

Встановлення вакуумних насосів для видалення повітря з контейнера перед його завантаженням, щоб запобігти утворенню цвілі та шкідників.

2. Контроль температури та вологості:

Встановлення систем контролю температури та вологості всередині контейнера, щоб підтримувати оптимальні умови для зберігання борошна.

Використання ізоляційних матеріалів для корпусу контейнера, щоб запобігти коливанням температури.

Встановлення датчиків для моніторингу температури та вологості всередині контейнера.

3. Захист від шкідників:

Обробка контейнера фумігантами перед завантаженням борошна.

Встановлення сіток на вентиляційних отворах контейнера, щоб запобігти проникненню шкідників.

Використання герметичних пакетів для упаковки борошна.

4. Полегшення завантаження та розвантаження:

Встановлення пневматичних систем завантаження та розвантаження, які можуть швидко та ефективно переміщати борошно.

Використання висувних трапів або платформ для полегшення доступу до контейнера.

Розробка контейнерів з модульними секціями, які можна легко розбирати та збирати.

5. Покращення безпеки:

Встановлення систем протиугінних систем, таких як GPS-трекери та сигналізація.

Використання світловідбивних елементів та маркувальних знаків на контейнері, щоб зробити його більш помітним у темряві.

Навчання водіїв вантажних автомобілів безпечного транспортування борошна.

Впровадження цих вдосконалень може допомогти покращити якість борошна, що перевозиться, зменшити втрати та зробити транспортування більш ефективним.

Крім того, важливо враховувати такі фактори, як вартість, екологічність та практичність при вдосконаленні конструкції вантажного автомобіля.

1. ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНОВОЗІВ

Спеціальні цистерни, призначені для перевезення борошна та інших сипучих продуктів, оберігають вантаж від псування, забруднення чи попадання сторонніх домішок. Правильна структура техніки дозволяє безконтактно і швидко розвантажувати вантаж. Зазвичай у борошновозах транспортують такі продукти: пшеничне борошно, солод, висівки, зерно. Завдяки прямому постачанню вантажу від виробника до покупця, транспортні перевезення в цистернах є набагато популярнішими залізничних.

У верхній частині борошновозів встановлені завантажувальні люки. Від розміру бункера залежить їх кількість. Розвантаження реалізують через нижні шлюзи. Сировину видувують завдяки подачі тиску стиснутого повітря, тому всі автоцистерни повинні бути обладнані автономними компресорами, які можуть подавати борошно по розвантажувальних рукавах на висоту до 30м.

За допомогою інтеркулерів охолоджують повітря. Цистерни фарбують в світлі тони для зменшення нагрівання продукту. Для безпечної роботи операторів і лаборантів, які беруть проби, на верхньому майданчику облаштовуються сходи і огорожа.

Харчові ємності кріплять до тягачів. Розрізняють такі групи борошновозів:

1. Цистерни на автомобільному шасі: їх місткість становить 23-32 м³. Це автономна техніка, її конструкція схожа з іншим вантажним транспортом.
2. Причіп: ємність об'ємом до 33 м³. Кріпиться до шасі за допомогою дишла і фаркопу.
3. Напівпричіп: є кілька типів різної місткості (13-80 м³). Це є один з популярних варіантів перевезення, адже він має найбільший обсяг, тому використовується для доставки вантажу за одну поїздку, що зменшує транспортні витрати і відбивається на вартості продукту.

Ємкості для борошновозів виготовляють з харчового алюмінію або сталі. У кожного матеріалу є свої переваги. Алюміній – легкий і стійкий до корозії. Бункери, зроблені саме з цього матеріалу забезпечують довговічну службу і зменшують навантаження на зчеплення тягача, що знижує експлуатаційні витрати.

Більш бюджетним варіантом автоцистерн є ємності з низьколегованої або нержавіючої сталі. Їх головною перевагою є відносно низька ціна і простота ремонту.

Висновок до розділу

У розділі було розглянуто борошновози, які потрібні для перевезення борошна та інших сипучих продуктів. Реалізацію завантаження і розвантаження сировини за допомогою автономних компресорів. Також розглянули групи борошновозів, а саме цистерни, причіп, напівпричіп їхні ємності і матеріали з яких виготовляють бункери для транспортування та їхні переваги.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1. Конструкція напівпричепа борошновоза

До сипучих вантажів, крім борошна, відносять мінеральні добрива (порошкові чи гранульовані), комбікорми і подібне. Їх переміщення здійснюється в цистернах постійного діаметра по довжині. За підтримки багатоланкових гідроциліндрів, які розташовані біля передньої стінки, відбувається розвантаження цистерн. Кут підйому $40\ldots 50^\circ$. Досить висока поздовжня жорсткість цистерн дозволяє виконувати їх у безрамному виконанні. Повна маса спеціального транспорту, до складу якого входить напівпричіп-цистерна, може досягати 38 т. При гравітаційному способі розвантаження цистерн хоперного типу (рис. 2.1) спрощується їхня конструкція, але зменшується місткість.

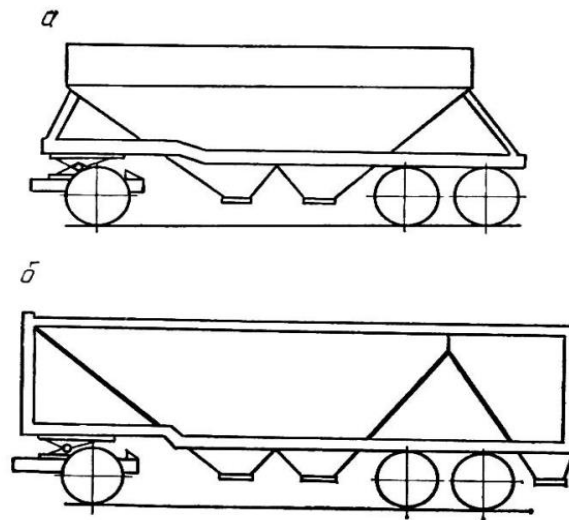


Рисунок 2.1 – Цистерни-напівпричепа з хоперним розвантаженням: *а* – звичайної конструкції; *б* – з використанням гумових повітряних мішків (на схемі виділені)

Безтарне переміщення борошна може відбуватися в контейнерах і цистернах. При малому вантажообігу або перевезенні борошна багатьох

сортів на невеликі відстані зручно використовувати контейнерний метод. Ознайомимось із основними перевагами безтарного перевезення борошна: зменшення витрат на тару, зашивання; усунення втрат борошна (після висипання борошна з мішку, залишається ще близько 300г); можливість комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт, що зменшує простой рухомого складу в місцях навантаження і розвантаження; забезпечення правильних санітарно-гігієнічних умов перевезення борошна.

Перевагами безтарного перевезення борошна є: 1) зниження затрат на тару; 2) немає витрат борошна (залишок в мішку після її вивільнення складає 0,3 кг); 3) можливість комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт, що знижує простой рухомого складу в місцях завантаження і розвантаження; 4) забезпечення санітарно-гігієнічних норм транспортування борошна. Конструкція автоцистерн для перевезення борошна з пневморозвантаженням відрізняється від цистерн для перевезення інших сипучих вантажів розвантажувальними пристроями внаслідок зниженої текучості борошна з-за малої об'ємної маси ($0,55 \text{ т/м}^3$). Особливістю конструкції автопоїзда-борошновоза С-654 (рис. 2.2) є поєднання пневматичного і самоскидного розвантаження. Перед розвантаженням борошна резервуар нахиляється назад гідравлічним підйомним механізмом (на кут до 50°).

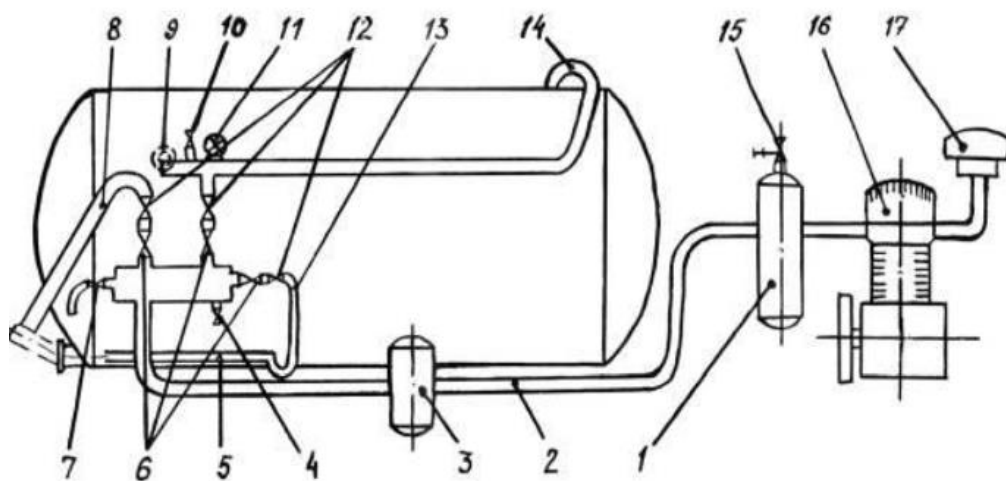


Рисунок 2.2 – Схема пневматичної системи борошновоза С-654:

1 – вологомасловідділювач грубої очистки; 2 – трубопровід; 3 – вологомасловідділювач тонкої очистки; 4 – зливний кран; 5 – аеропристрій; 6 – вентилі; 7 – кран відбору повітря для обдуву; 8 – трубопровід підводу повітря до наконечника розвантажувального пристрою; 9 – трубопровід подачі повітря під конус; 10 – аварійний кран; 11 – манометр; 12 – зворотні клапани; 13 – трубопровід підводу повітря до аеропристрою; 14 – трубопровід підводу повітря в резервуар; 15 – запобіжний клапан; 16 – компресор; 17 – повітряний фільтр

При розвантаженні борошна повітря від компресора 16 через вологомасловідділювачі 1 і 3 поступає по трубопроводу 2 до повітророзподільника, а потім по трубопроводу 14 в резервуар, трубопроводу 13 до аеропристрою і, на кінець, по трубопроводу 8 до розвантажувального пристрою. Система повітропроводів має вентилі, запобіжний і зворотний клапани, а також манометр і аварійний кран. Щоб розвантажити цистерну потрібно: 1) зафіксувати положення цистерни, яка встановлена під кутом; 2) приєднати гумотканевий шланг до наконечників розвантажувального пристрою і приймального складу; 3) відкрити вентилі трубопроводів подачі повітря до розвантажувального пристрою, конусу і аеропристрою; 4) запустити компресор. Момент закінчення розвантаження характеризується падінням тиску в резервуарі цистерни до нуля. Після закінчення розвантаження продувають розвантажувальний трубопровід, виключають компресор, закривають заслінки, від'єднують розвантажувальний трубопровід, звільняють упор і резервуар опускається в горизонтальне положення. Схема борошновоза з двома вертикально розташованими резервуарами наведена на рис. 15.6.а з пневматичним розвантаженням. Особливістю конструкції є те, що компресор розташований на напівпричепі. Це дозволяє значно скоротити простої автомобіля тягача при розвантаженні напівпричепа і використовувати його з двома або трьома напівпричепами. Використання власної ваги вантажу в поєднанні з розвантаженням борошна стиснутим повітрям забезпечує значне скорочення часу розвантаження.

Резервуари циліндрично-конічної форми змонтовані на напівпричепі. Для відкривання і закривання завантажувальних люків 5 і очистки внутрішніх поверхонь резервуарів є площадки 4 і драбина. В нижній частині резервуарів розміщується аеропристрій, який складається із металевого днища і пористої перегородки. Під дією власної ваги і тиску повітря, що подається до напівсферичної верхньої частини резервуара і під пористу перегородку 7 (рис. 2.3.б) мука у підвішеному стані надходить спочатку в конус і трубопровід 6, а потім в розвантажувальний шланг. Стиснуте повітря від компресора надходить через два маслостоводовідділювачі до сферичних днищ, аеропристрою і розвантажувального наконечника. Резервуари розвантажуються послідовно. Борошновози можуть бути використані і для перевезення зерна. На рис.2.3.в наведено схему такої цистерни.

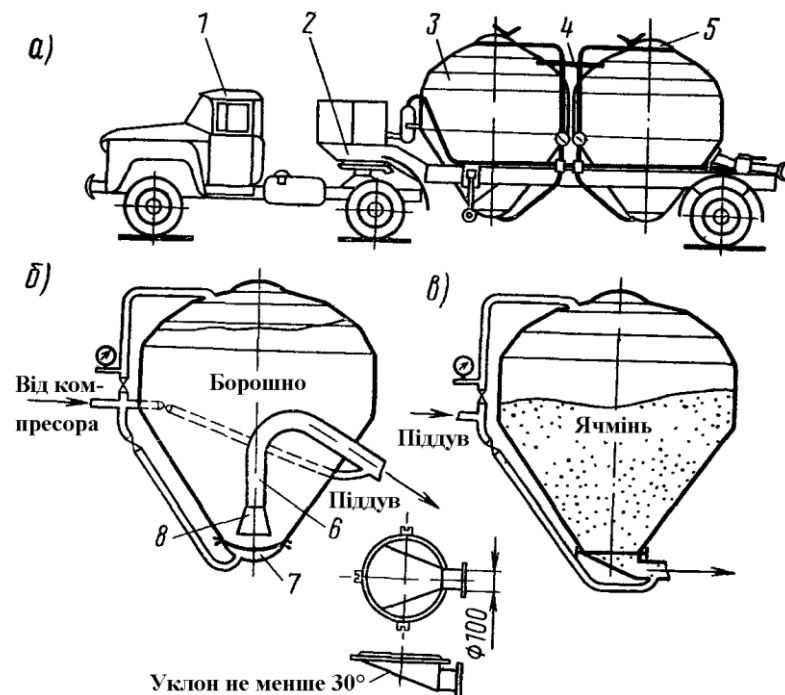


Рисунок 2.3 – Автопоїзд-борошновоз К-1040Е та розріз конусної частини його резервуара: а – автопоїзд; б – резервуар для перевезення борошна; в – резервуар для перевезення зерна.

Одеський завод продовольчого машинобудування виробляє напівпричіп-борошновоз К-1040Е з двома вертикально розташованими

резервуарами (рис. 2.3) із пневматичним розвантаженням борошна і його компресор із приводом від електродвигуна розміщений не на автомобілі-тягачі, а на напівпричепі.

118

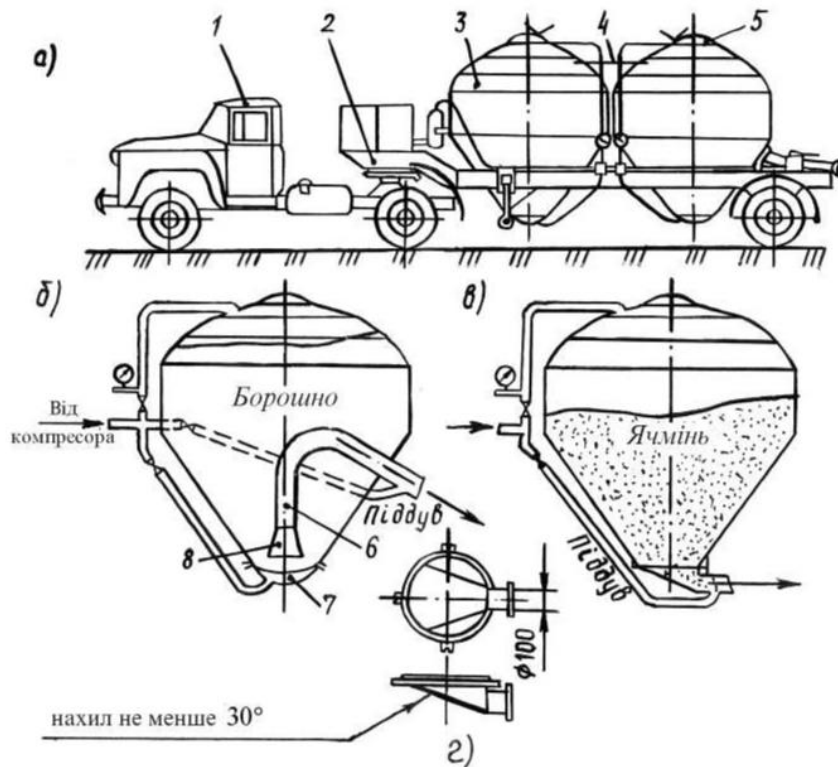


Рисунок 2.4 – Схеми борошновоза та його агрегатів а) автопоїзд-борошновоз; б) резервуар для перевезення борошна; в) резервуар для перевезення зерна; г) днище 1 – тягач; 2 – напівпричіп; 3 – резервуар; 4 – площадка; 5 – люк; 6 – трубопровід; 7 – перегородка; 8 – конус

В резервуарі борошновоза замінено днище і вилучено трубопровід з конусом через, який здійснюється розвантаження борошна. Отвір для труби на конусній частині резервуару заглушується. Днище нової конструкції не має аеропристрою, а місце підводу повітря перенесено безпосередньо до розвантажувального патрубку. Для покращення текучості зерна днище виготовлено з чохлом в сторону патрубка не менше 30° (див. рис. 2.4.г).

Саме це дозволяє значно скоротити будівництво автомобіля-тягача під розвантаженням напівпричепа і використовувати його з двома чи трьома

напівпричепами. Вживання власної маси вантажу в поєднанні з розвантаженням борошна стиснутим повітрям забезпечує значне скорочення часу вивантаження.

Резервуари 3 (рис. 2.4, а) циліндричної-конічної форми вмонтовані на напівпричепі 2. Напівпричіп буксирується транспортним засобом-тягачем 1 (ЗІЛ-130В1). Платформа 4 і сходи використовуються для відкривання і закривання завантажувальних люків 5 і з метою очищення внутрішніх поверхонь резервуарів. Пристрій аерації, що розміщується у нижній частині резервуарів, зроблений з металевого днища і пористої перегородки.

Під дією власної маси і тиску повітря, поданого до напівсферичної верхньої частини резервуара і під пористу перегородку 7 (рис. 2.4, б), спочатку борошно в зваженому стані надходить в конус 8 і трубопровід 6, а потім у розвантажувальний шланг. Стиснене повітря від компресора, розташованого на напівпричепі, надходить через два оливо-вологовідділювача до сферичних днищ, пристроїв аерації і до розвантажувального наконечника на піддув. Інерційний оливо-вологовідділювач обладнаний пропускним краном для повернення оливи в картер компресора і манометром. Інший оливо-вологовідділювач обладнаний фільтром тонкого очищення і запобіжним клапаном. Оливо-вологовідділювачі з'єднані послідовно гнучким рукавом, який має спеціальну з'єднувальну головку. Резервуари вивантажують послідовно.

Розвантажувальні трубопроводи обох резервуарів з'єднуються з загальним розвантажувальним наконечником через засувку з рукояткою. При розвантаженні автомобіля-борошновоза за допомогою стаціонарної компресорної установки компресор борошновоза відключається шляхом роз'єднання з'єднувальної головки. При цьому стиснене повітря від пневмосистеми підприємства по трубопроводу, з'єднаному з рукавом фільтра тонкого очищення, подається в резервуар борошновоза.

Борошновоз К-1040Е може використовуватись і для перевезення зерна. Для цього необхідно внести деякі зміни в конструкцію резервуара цистерни. На рис. 2.4, в наведена схема розвантаження. У резервуарі борошновоза інше днище і вилучений трубопровід з конусом, через який здійснюється вивантаження борошна. Отвір для труби на конусній частині резервуара заглушується. Днище нової конструкції немає пристрою аерації, а місце підведення повітря перенесено безпосередньо до розвантажувального патрубку. Для поліпшення текучості зерна днище виконане з нахилом убік патрубка не менш 30° . Крани розвантажувального пристрою перенесені з задньої частини автомобіля-борошновоза в центрі розташовані між резервуарами з лівої сторони. Завдяки цьому здійснюється бічне розвантаження. Керування повітряною магістраллю борошновоза здійснюється повітророзподільником, що складається з коркових кранів, зворотних клапанів і манометрів.

Борошновози К-1040Е має вантажопідйомність 7000 кг. Дальність подачі борошна 50 м, а висота відповідно 25 м.

2.2 Розрахунок споживаної потужності пристрою

Розраховуємо всмоктувальну і нагнітальну системи пневмо транспортного обладнання механізму для транспортування борошна в кількості 38 м^3 на годину.

Протяжність матеріалопровода пневмо транспортного обладнання складає 25м. Приймаємо значення масової концентрації $\mu_{\text{гран}}$ для транспортованих продуктів

$$\mu_{\text{гран}} = 0,45 \text{ кг} / \text{м}^3. \quad (2.2.1.1)$$

Попередня витрата повітря в пневмотранспортері становить:

$$Q_{гран} = \frac{38}{3600} = 0.0106 \frac{м^3}{с}. \quad (2.2.1)$$

Знаходимо розрахункову витрату повітря:

$$Q_{розрах} = 1,25 \cdot Q_{гран} = 1,25 \cdot 0,0106 = 0,01325 \frac{м^3}{с}. \quad (2.2.2)$$

По аеродинамічній характеристиці попередньо вибраного трубоповітродувного пристрою ТБ-100-1,2 визначаємо, що витрати повітря $H_{В.М.} = 14.8 кПа$ $0,01325 \frac{м^3}{с}$ відповідає тиск .

Попереднє значення повної втрати тиску в пристрої:

$$H_{ПВ} = 0,9 H_{ВМ} = 0,9 \cdot 14,8 = 13 кПа. \quad (2.2.3)$$

Для матеріалопровода приймаємо надійно транспортувальну (розрахункову) швидкість повітря $V_{розрах} = 5 м/с$. Визначимо заздалегідь діаметр матеріалопровода:

$$D_{гран} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q_{гран}}{v_{розрах}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{0,0106}{5}} = 0.052 м. \quad (2.2.4)$$

У номенклатурі трубопроводів немає труби з внутрішнім діаметром 0,052м. Тому беремо найближчу діаметром 0,05 м. Залишивши без змін величину швидкості повітряного потоку в матеріалопроводі, уточнюємо значення і , продовжуємо розрахунок.

$$Q_{розрах} = 0,785 \cdot D^2_{розрах} \cdot v_{розрах} = 0,785 \cdot 0,05^2 \cdot 5 = 0.01 м^3/с. \quad (2.2.5)$$

$$\mu_{розрах} = G_{розрах} \cdot (Q_{розрах} / Q_{гран}) = 0,45 \cdot (0,01 / 0,0106) = 0.424 кг/м^3. \quad (2.2.6)$$

Визначаємо втрати тиску в приймальному пристрої типу «сопло»:

$$H_{np} = \zeta_{np} \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho \cdot v_{розр}^2}{2} = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1 \cdot 2 \cdot 5^2}{2} = 0,01 \text{ кПа}. \quad (2.2.7)$$

Визначаємо втрати тиску на розгін борошна в пневмотранспортері:

$$H_{розг} = 1,12 \cdot \mu_{розрах} \cdot v_{розрах} \cdot 10^{-3} = 1,12 \cdot 0,424 \cdot 5^2 \cdot 10^{-3} = 0,012 \text{ кПа}. \quad (2.2.8)$$

Визначимо величину втрати тиску, пов'язану з транспортуванням аеросуміші по вертикальній ділянці матеріалопровода протяжністю 10 м і після неї горизонтальній ділянці довжиною 2,5 м і сполученого з нею відводом:

$$H_{тр.в} = H_{ч.в} \cdot (1 + K_v \cdot \mu_{розрах}) \text{ кПа}, \quad (2.2.9)$$

$$H_{тр.гор} = H_{ч.гор} \cdot (1 + K_{гор} \cdot \mu_{розрах}) \text{ кПа}, \quad (2.2.10)$$

$$H_{ч.в} = R \cdot l_v, \quad (2.2.11)$$

$$R = 13 \cdot 10^{-6} \frac{v_{розрах}^{1,75}}{D_{розрах}^{1,75}} = 13 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5^{1,75}}{0,052^{1,75}} = 0,04. \quad (2.2.11)$$

На вертикальній ділянці:

$$H_{ч.в} = R \cdot l_v = 0,04 \cdot 10 = 0,4 \text{ кПа}. \quad (2.2.12)$$

Відповідно по горизонтальній ділянці:

$$H_{ч.гор} = R \cdot l_{гор} = 0,04 \cdot 2,5 = 0,1 \text{ кПа}. \quad (2.2.13)$$

Визначаємо величину коефіцієнта $K_{з.в}$ для борошна при вертикальному транспортуванні:

$$K_{z.с} = 0.135 \cdot \frac{D_{розрах}^{-10}}{v_{розрах}^{1.33}} = 0.135 \cdot \frac{0.05^{-10}}{5^{1.33}} = 1.62. \quad (2.2.14)$$

При переміщенні по горизонталі:

$$K_{z.гор} = 0.135 \cdot \frac{D_{розрах}}{v_{розрах}^{1.25}} = 0.135 \cdot \frac{0.05}{5^{1.25}} = 0.001 \quad (2.2.15)$$

Втрати тиску при переміщенні аеросуміші по вертикальній ділянці:

$$H_{тр.с} = H_{ч.с} \cdot (1 + K_{z.с} \cdot \mu_{розр}) = 1.7 \cdot (1 + 1.62 \cdot 0.001) = 1.7 \text{ кПа}. \quad (2.2.1.1)$$

Визначаємо втрати тиску у відводі, що слідує за вертикальною ділянкою і має кут повороту і радіус $r=1,5$ м:

$$H_0 = H_{0.ч} \cdot (1 + K_0 \cdot \mu_{розр}) + K_{розг.0} \cdot \Delta_y \quad (2.2.16)$$

$$H_{0.ч} = \Delta_0 \cdot \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v_{розр}^2}{2} \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 0.65 \cdot \frac{1.2 \cdot 5^2}{2} \cdot 10^{-3} = 0.01 \text{ кПа}. \quad (2.2.1.2)$$

Значення коефіцієнта знаходимо по співвідношенню:

$$K_0 = \frac{B \cdot D_{розр}}{\left(v_{розр}^{1.25} \cdot \left(\frac{r}{D_{розрах}} \right)^m \right)} = \frac{0.45 \cdot 0.05}{\left(5^{1.25} \cdot \left(\frac{1.5}{0.05} \right)^{0.23} \right)} = 0.37 \quad (2.2.17)$$

Втрати тиску на розгін борошна після відводу з урахуванням коефіцієнта складають:

$$H_{розг.0} \cdot \Delta_y = 1.12 \cdot \mu_{розр} \cdot v_{розр}^2 \cdot \Delta_y \cdot 10^{-3} = 1.12 \cdot 0.424 \cdot 5^2 \cdot 0.3 \cdot 10^{-3} = 0.004 \text{ кПа}. \quad (2.2.18)$$

Втрати тиску у відводі:

$$H_0 = H_{0.ч} \cdot (1 + K_0 \cdot \mu_{розр}) + K_{розг.0} \cdot \Delta_y = 0.04 \cdot (1 + 0.37 \cdot 0.424) + 0.73 = 0.78 \text{ кПа}. \quad (2.2.19)$$

Визначаємо втрати тиску на підйом борошна по вертикальній частині пневмотранспортера:

$$H_{\text{під}} = 10^{-2} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot \mu_{\text{розр}} \cdot l_{\text{с}} = 10^{-2} \cdot 1.2 \cdot 0.424 \cdot 10 = 0.05 \text{ кПа}. \quad (2.2.20)$$

Вибираємо фільтр-циклон. Витрата повітря, що надходить в циклон, з урахуванням збільшення його об'єму в пневмотранспортері рівна:

$$Q_0 = 1.1 \cdot Q_{\text{розр}} = 1.1 \cdot 0.01 = 0.012 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.2.21)$$

Вибираємо відцентровий фільтр типу ЦР з діаметром циліндричної частини 450 мм.

Швидкість повітря у входному патрубку фільтра-циклона визначається:

$$v_{\text{вх}} = \frac{Q_0}{a \cdot b} = \frac{0.012}{0.09 \cdot 0.26} = 0.52 \text{ м/с}. \quad (2.2.22)$$

Величина швидкості повітря у входному патрубку циклона відповідає оптимальному значенню.

Втрати тиску у відцентровому фільтрі:

$$H_{\text{розв}} = \zeta_{\text{ц}} \cdot \frac{\rho_{\text{с}} \cdot v_{\text{вх}}^2}{2} \cdot 10^{-3} = 4.5 \cdot \frac{1.1 \cdot 0.52^2}{2} \cdot 10^{-3} = 0.001 \text{ кПа}. \quad (2.2.23)$$

Визначаємо втрати тиску в механізмі для вимірювання і регулювання витрати повітря в пневмотранспортері, прийнявши його входний діаметр 0,01 м:

$$H_{\text{с.р}} = 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho_{\text{с}} \cdot Q_{\text{сп}}^2}{K_p^2} \cdot 10^{-3} = 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1.1 \cdot 0.37^2}{0.065^2} = 0.1 \text{ кПа}. \quad (2.2.24)$$

Знаходимо втрати тиску у всмоктувальній частині пневмотранспортера:

$$H_{\text{вс}} = H_{\text{пр}} + H_{\text{розг}} + H_{\text{тр. в}} + H_{\text{тр. зор}} + H_{\text{від}} + H_{\text{від}} + H_{\text{розв}} + H_{\text{к. п}} = 0.01 + 0.012 + 1.7 + 0.001 + 0.78 + 0.05 + 0.004 + 0.1 = 2.7 \text{ кПа} \quad (2.2.25)$$

Розраховуємо напірну частину пневмотранспортера.

Розраховуємо типорозмір шлюзового живильника. Розрахунковий об'єм живильника

$$V = \frac{G_M}{z} = \frac{0.00477}{8} = 0.0006 \text{ м}^3. \quad (2.2.26)$$

Найбільший близький до розрахункового корисний об'єм $V_k = 0.001 \text{ м}^3$ має шлюзовий живильник М-122. Подача живильником М-122 при транспортуванні борошна рівна 0.008 кг/с . Складаємо аеродинамічну характеристику механізму. Вибираємо ряд значень в межах від 16 до 100 кПа. Проводимо розрахунки стосовно одного значення: $H_M = 20 \text{ кПа}$. Кінцева швидкість повітряного потоку в матеріалопроводі (початкова швидкість $V_{п.п}$ прийнята рівною 5 м/с) рівна:

$$v_{п.к} = v_{п.п} \cdot \left(1 + \frac{H_M}{10}\right) = 5 \cdot \left(1 + \frac{20}{10}\right) = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (2.2.27)$$

Середня швидкість повітряного потоку в матеріалопроводі:

$$v_{п.сеп} = \frac{v_{п.п} + v_{п.к}}{2} = \frac{5 + 20}{2} = 12.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (2.2.28)$$

Питома втрата тиску в матеріалопроводі:

$$\Delta H_M = \frac{H_M}{L_M} = \frac{20}{10} = 2 \text{ кПа}. \quad (2.2.29)$$

Масова концентрація матеріалу в аеросуміші:

$$\mu = \frac{\Delta H}{6.5 \cdot 10^{-6} \cdot v_{п.сеп}^{0.72}} = \frac{2}{6.5 \cdot 10^{-6} \cdot 12.5^{0.72}} = 4 \text{ кг} \quad (2.2.30)$$

Витрата повітря в матеріалопроводі:

$$Q_m = \frac{G_m}{1.2 \cdot \mu} = \frac{0.0048}{1.2 \cdot 4} = 0.001 \frac{M^3}{c} \quad (2.2.31)$$

Величина витоку повітря з живильника:

$$q_n = 0.33 \cdot 10^{-3} \cdot H_m = 0.33 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0.007 \frac{M^3}{c}. \quad (2.2.32)$$

Витрата повітря в машині:

$$Q_y = Q_m + q_n = 0.001 + 0.007 = 0.008 \frac{M^3}{c}. \quad (2.2.33)$$

Діаметр матеріалопроводу:

$$D_m = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q_m}{v_{n.k}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{0.001}{15}} = 0.01 \text{ м}. \quad (2.2.34)$$

Витрати тиску в шлюзному живильнику:

$$H_{жс} = 1 + 0.03 \cdot \frac{G_m}{V_{жс}} = 1 + 0.03 \cdot \frac{0.0048}{0.1} = 1.01 \text{ кПа}. \quad (2.2.35)$$

Діаметр повітропроводу:

$$D_s = 11.3 \cdot \sqrt{Q_y \cdot \frac{v_{n.n}}{100 + H_m + H_{жс}}} = 11.3 \cdot \sqrt{0.008 \cdot \frac{5}{100 + 20 + 1.01}} = 0.004 \text{ м}. \quad (2.2.36)$$

Питомі втрати тиску в повітропроводі:

$$R = \frac{232 \cdot 10^5 \cdot (4320 \cdot Q_y)^{1.9}}{D^5 \cdot (100 + H_m + H_n)} = \frac{232 \cdot 10^5 \cdot (4320 \cdot 0.008)^{1.9}}{30^5 \cdot (100 + 20 + 1.01)} = 0.15 \text{ кПа}. \quad (2.2.37)$$

Втрати тиску в напірному повітроводі:

$$H_{нв} = R \cdot (L_n + L_{екв}) = 0.15 \cdot (16 + 1.01) = 2.55 \text{ кПа}. \quad (2.2.38)$$

Величина витоку повітря з живильника:

$$q_{\text{жс}} = 0.33 \cdot 10^{-3} \cdot H_{\text{м}} = 0.33 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0.007 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2.2.39)$$

Втрата тиску в шлюзовому живильнику:

$$H_{\text{ж}} = 1 + 0,03 * \frac{G_{\text{м}}}{v} = 1 + 0,03 * \frac{0,0048}{0,1} = 1,01 \text{ кПа} . \quad (2.2.40)$$

Витрата повітря в напірній частині машини:

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{у}} + q_{\text{н}} = 0,0123 + 0,0053 = 0,0176 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.2.41)$$

Діаметр матеріалопровода:

$$D_{\text{м}} = 1,13 * \sqrt{\frac{Q_{\text{н}}}{v_{\text{н.к}}}} = 1,13 * \sqrt{\frac{0,0176}{8,96}} = 0,05 \text{ м} \quad (2.2.42)$$

Втрати тиску в пристрої:

$$H_{\text{п}} = H_{\text{вс}} + H_{\text{н}} = 4 + 2,55 = 6,55 \text{ м} \quad (2.2.43)$$

Визначимо величину тиску повітродувної машини, віднесену до нормальних умов, тобто до значення, вказаного на аеродинамічній характеристиці.

Потужність, необхідна для приводу повітродувної машини:

$$N_{\text{потрібна}} = \frac{Q_{\text{п}} + H_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}} + \eta_{\text{пер}} + \eta_{\text{под}}} = \frac{1,06 + 6,55}{0,72 + 0,98 + 0,98} = 10 \text{ кВт} \quad (2.2.44)$$

2.3. Визначення розмірів ежектора

Для визначення розмірів ежектора задаємося діаметром сопла d_i . Приймаємо $d_i = 15\text{мм}$. Задаємо коефіцієнт ежекції K_E , який для ежекторних сопел є в межах 0.6 - 0.9. Приймаємо $K_E = 0.7$. Задаємо робочу витрату повітря Q_p , яка приймається дещо меншою подачі повітрянадувного механізму (необхідно враховувати пневматичні втрати). Відповідно до вибраних діаметра сопла і коефіцієнта ежекції по нижченаведеній таблиці знаходимо діаметр камери змішування d_3 .

Таблиця 2.3.1 – Коефіцієнт ежекції та відповідні значення діаметрів

Показник	Значення			
K_e	0,6	0,7	0,8	0,9
d_2/d_1	1,71	1,8	1,89	1,97

Величина ежектованого потоку знаходиться за формулою:

$$Q_e = Q_{гран} * K_e = 0,0106 * 0,7 = 0,0074 \text{ м}^3/\text{м} \quad (2.3.1)$$

Діаметр дифузора розраховується за формулою:

$$d_5 = 1,8 * d_3 = 1,8 * 28 = 50,4\text{мм} \quad (2.3.2)$$

Приймаємо діаметр дифузора d_5 рівним 50мм, що відповідає діаметру продуктопровода. Довжина сопла дорівнює:

$$L_c = (6 \dots 10) * d_1 = (6 \dots 10) * 15 = 90 \dots 150\text{мм} \quad (2.3.3)$$

Приймаємо довжину сопла 130мм.

Довжина циліндричної частини вихідного перетину сопла розраховується за формулою:

$$L_{cц} = (0,25 * 0,5) * d_1 = (0,25 \dots 0,5) * 15 = 3,75 \dots 75\text{мм} \quad (2.3.4)$$

Прийmemo довжину циліндричної частини 5.5 мм.

Відстань від сопла до вхідної ділянки камери змішення:

$$L_{cц1} (1 \dots 1,5) * d_1 = (1 \dots 1,5) * 15 = 15 \dots 22,5\text{мм} \quad (2.3.5)$$

Приймаємо $l_{c1} = 20$ мм.

Довжина вхідної ділянки камери змішення є:

$$L_{c2} = (0,8 \dots 1) * d_3 = (0,8 \dots 1) * 28 = 22,4 \dots 28\text{мм} \quad (2.3.6)$$

Приймаємо $l_{c1} = 25$ мм.

Довжина циліндрової частини камери змішення є:

$$L_g = (4 \dots 8) d_3 = (4 \dots 8) * 28 = 112 \dots 224\text{мм} \quad (2.3.7)$$

Приймаємо $l_d = 150$ мм.

Довжина дифузора розраховується по формулі:

$$L = (6 \dots 7) * (d_5 - d_3) = (6 \dots 7) * (48 - 28) = 120 \dots 140\text{мм} \quad (2.3.8)$$

Прийmemo $L = 135$ мм.

Діаметр приймальної частини камери змішення знаходиться по формулі:

$$d_4 = d_3 + L_{c2} = 28 + 37 = 65_{мм} \quad (2.3.9)$$

2.4. Розрахунок відцентрової помпи повітрянадувного механізму

Вихідними даними для розрахунку помпи є:

подача повітря $Q = 38_{м^3/хв}$; $U_{год} = 0.633_{м/хв}$;

напір $H = 6.55_{кПа}$;

частота обертання $n = 4000_{об/хв}$;

робоче тіло - повітря.

Для визначення типу конструкції помпи розраховуємо коефіцієнт швидкості $n_{шв}$:

$$n_{шв} = \frac{3,65 * n * \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{3,65 * 4000 * \sqrt{38}}{6,55^{\frac{3}{4}}} = 2198 \quad (2.4.1)$$

За формулою визначаємо об'ємний ККД η_0 : Де коефіцієнт a залежить від співвідношення між діаметрами входу d_u і складає: $a=0,68$.

$$h_0 = \frac{1}{1 * a * n_{шв}^{-0,66}} = \frac{1}{1 * 0,68 * 2198^{-0,66}} = 0,236 \quad (2.4.2)$$

Потім обчислюємо приведений діаметр D_{i_n} :

$$D = 4,25 * \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 4,25 * \sqrt[3]{\frac{38}{4000}} = 0,987 = 1 \quad (2.4.3)$$

Гідравлічний ККД розраховуємо за формулою:

$$\eta_{н.г} = 1 - \frac{\Delta p}{p_n - p_g} \eta_{н.г} = 1 - \frac{0,031}{32,0 - 0,63} = 0,99 \quad (2.4.4)$$

Механічний ККД приймаємо $\eta_{max} = 0.94$

Знаходимо повний ККД η по формулі:

$$h = h_0 * h_r * h_{max} = 0,236 * 0,99 * 0,94 = 0,22 \quad (2.4.5)$$

Визначаємо потужність насоса N по формулі:

$$N = \frac{P * g * Q * H}{1000 * h} = \frac{1,2 * 9,8 * 0,01 * 1240}{1000 * 0,22} = 66 \text{кВ} \quad (2.4.6)$$

Момент M розраховуємо за формулою:

$$M = \frac{w}{\omega} = \frac{30 * w}{\pi * n} = \frac{30 * 66000}{1000 * 0,22} = 157,6 \text{мм} \quad (2.4.7)$$

Діаметр валу d_B визначаємо за формулою:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 * M}{\pi * \tau}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 157,6}{3,14 * 150}} = 17,5 \text{мм} \quad (2.4.8)$$

де $[\tau]$ допустима напруга матеріалу валу при крученні. Приймаємо $d_B = 20$.

Розраховуємо діаметр ступиці $d_{ст}$ за формулою:

$$d_{cm} = 1,2 * d_B = 1,2 * 20 = 24 \text{мм} \quad (2.4.9)$$

Приймаємо $d_{cr} = 60 \text{мм}$.

Діаметр входу в колесо D_j обчислюємо за формулою:

$$\frac{\pi * D_{1n}^2}{4} = \frac{\pi * D_1^2}{4} - \frac{\pi * d_{cm}^2}{4} \quad (2.4.10)$$

$$D_i = \sqrt{D^2 + d_{cm}^2} = \sqrt{230^2 + 24^2} = 231 \text{ мм} \quad (2.4.11)$$

Довжину ступиці l_{cm} обчислюємо за формулою:

$$L_{cm} = 1,4 * d_{cm} = 1,4 * 24 = 33,6 \text{ мм} \quad (2.4.12)$$

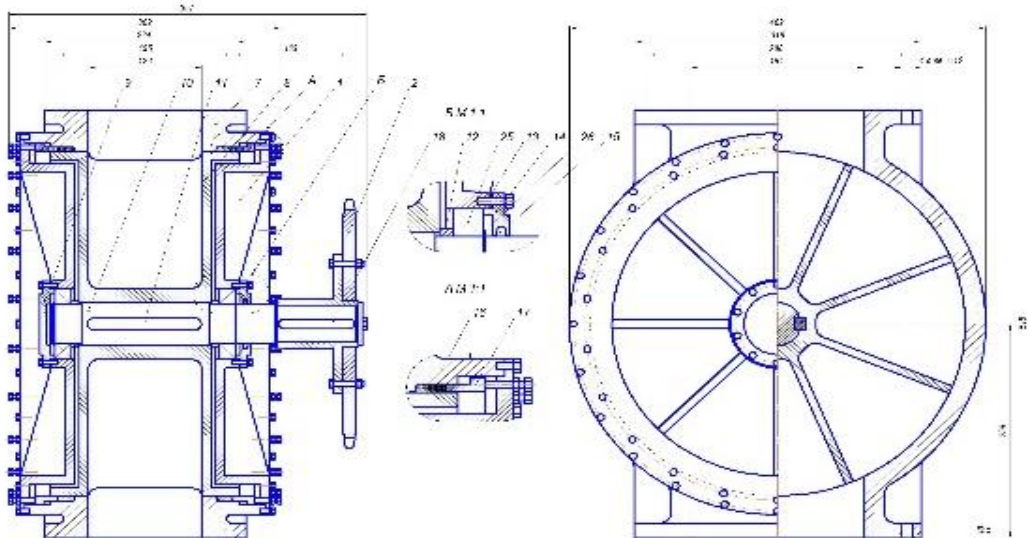


Рисунок 2.5 – Ескіз робочого колеса відцентрової помпи

Колову швидкість на вході в робоче колесо u_1 розраховуємо по формулі:

$$u = \frac{\pi * D_1 * n}{60} = \frac{3,14 * 0,230 * 4000}{60} = 48 \text{ м/с} \quad (2.4.13)$$

Швидкість входу в робоче колесо розраховуємо за формулою:

$$u = \frac{4 * Q}{\eta * \pi * (D_1^2 + d_{tm}^2)} = \frac{4 * 0,633}{0,77 * 3,14 * (0,230^2 + 0,06^2)} = 21,2 \text{ м/с} \quad (2.4.14)$$



З вхідного паралелограма знаходимо β_1 по формулі:

При коефіцієнті стиснення вхідного перетину міжлопатевих каналів $\mu = 0.9$ розраховуємо ширину лопаті b_1 на вході по формулі:

Приймаємо $\beta_2=36^\circ$ і розраховуємо колову швидкість u_2 на виході з колеса

Розраховуємо діаметр D2 на виході з колеса по формулі:

Ширину лопаті b2 на виході визначаємо по формулі:

$$b_2 = b_1 * \frac{D_1}{D_2} = 280 * \frac{218}{537} = 113 \text{ мм} \quad (2.4.19)$$

Число лопатей Z визначаємо по формулі:

$$Z = K * \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} * \sin \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} = 6.5 * \frac{0,14 + 0,0664}{0,14 - 0,0664} * \sin \frac{36^\circ + 24^\circ}{2} = 24 \quad (2.4.20)$$

Висновок до розділу

Розглянув конструкторсько-розрахункову частину. Дослідив конструкцію напівпричепа борошновоза їх різновид. Способи розвантаження з контейнерів і цистерн хоперного типу та з двома вертикально розташованими резервуарами.

Розрахував всмоктувальну і нагнітальну системи пневмотранспортного механізму для транспортування борошна. Визначив розміри ежектора. Зробив розрахунок відцентрової помпи повітрянадувного механізму.

3. АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ АВТОЦИСТЕРНИ АВТОМОБІЛЯ-БОРОШНОВОЗА

При русі борошновоза порушення стійкості можливе в повздовжньому і поперечному напрямках, а також на поворотах. Характерними випадками втрати стійкості автоцистерни є поперечне перекидання або ковзання коліс автомобіля. Випадки подовжнього перекидання зустрічаються дуже рідко і тому не розглядаються.

Кут стійкості (рис. 3.1) визначається по формулі:

$$tg\alpha = \frac{B}{2H_{\text{цм}}} \quad (3.1)$$

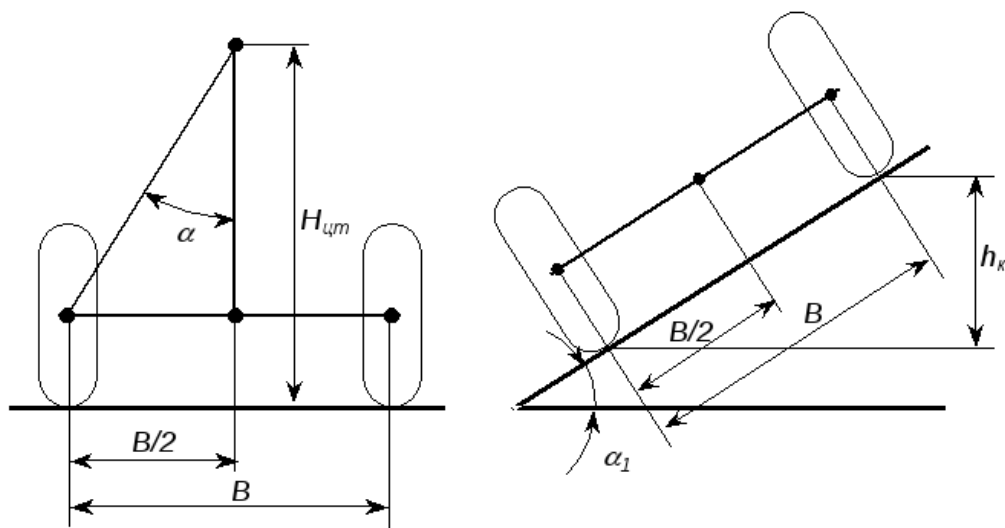


Рисунок. 3.1— Схема для визначення кута стійкості цистерни муко воза

Небезпека перекидання можлива у тому випадку, коли кут нахилу коліс α_1 стає рівним або більше кута стійкості α . При $\alpha > \alpha_1$ стійкість повністю забезпечується.

Кут нахилу α_1 визначається по рівнянню:

$$\sin \alpha_1 = \frac{h_k}{B} \quad (3.2)$$

По існуючих нормативах вантажний автомобіль не повинен втрачати бічної стійкості, якщо він рухається з таким кутом, при якому висота лінії підйому однієї сторони коліс відносно лінії руху інший (h_k) задовільнятиме умову $h_k \leq 0,7$ м.

При повороті на горизонтальній ділянці виникає перевертаючий момент M_{opr} .

Для забезпечення стійкості автоцистерни муковоза при повороті необхідно, щоб утримуючий момент $M_{y\partial}$ був більше M_{opr} , які визначаються по рівняннях:

$$M_{y\partial} = \frac{B}{2} (G_0 + G_m + G_{np}) g \quad (3.3)$$

$$M_{opr} = \frac{H_{cm} \cdot v^2}{R} (G_0 + G_m + G_{np}) \quad (3.4)$$

де G_0 - маса автомобіля без вантажу; G_m - маса технологічного устаткування; G_{np} - маса продукту, що перевозиться.

Запас стійкості:

$$n = \frac{M_{y\partial}}{M_{onp}} \geq 3...4 \quad (3.5)$$

Небезпека перекидання виникає при $M_{onp} \geq M_{y\partial}$.

В цьому випадку небезпечна швидкість визначатиметься з рівності:

$$v = \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2H_{\text{цм}}}} \quad (3.6)$$

де R - максимальний радіус повороту муковоза, який визначається по зовнішньому (відносно центру тяжіння) передньому колесу тягача по формулі

$$R = \frac{l_a}{\sin \alpha_k} \quad (3.7)$$

де α_k - максимальний кут повороту передніх коліс.

На рис. 3.2 – 3.5 представлені результати моделювання процесу руху борошновоза з цистерною. Визначено зміну критичної швидкості перевертання залежно від різних конструктивних параметрів транспортного засобу.

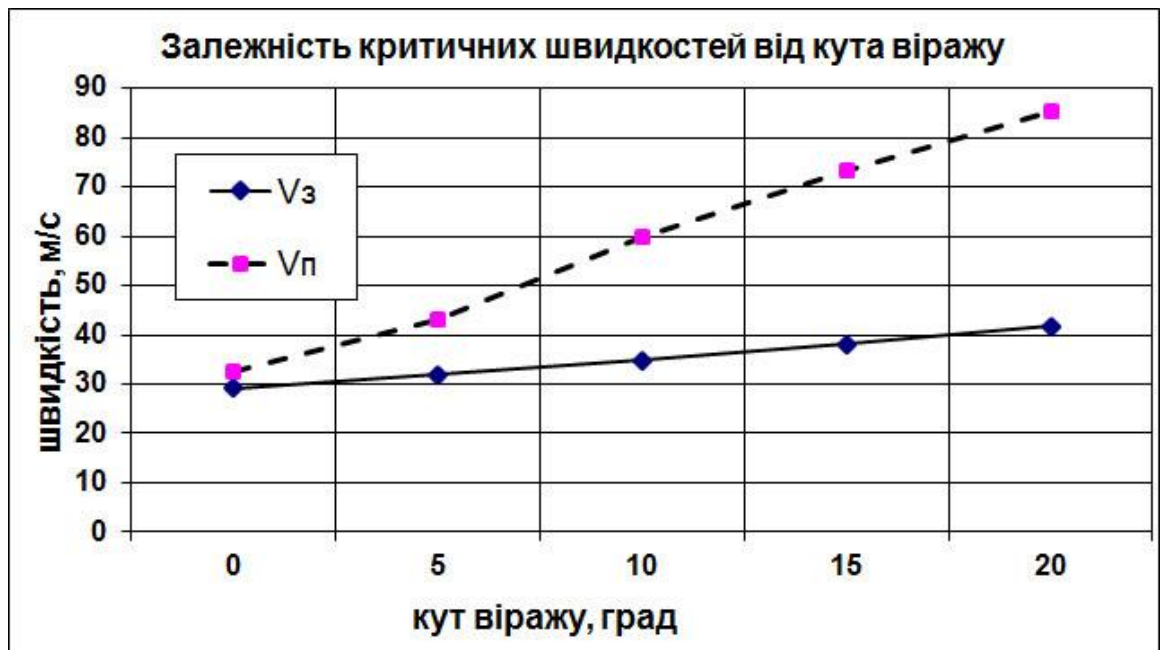


Рисунок. 3.2 — Залежність критичних швидкостей руху від кута віражу

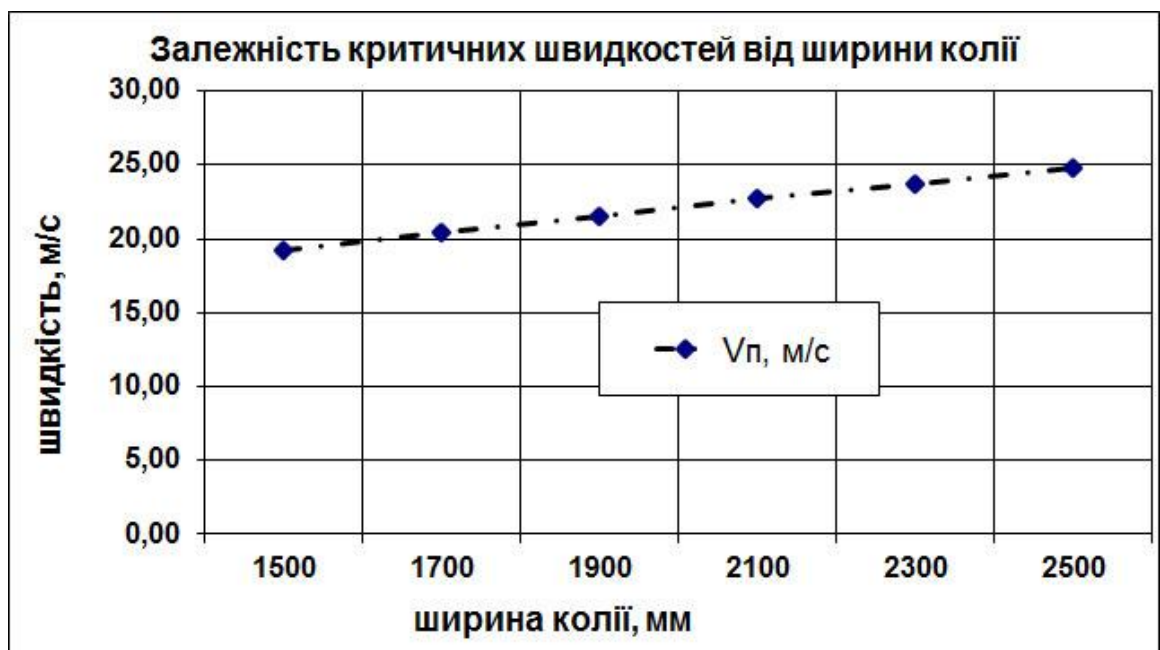


Рисунок. 3.3 — Залежність критичної швидкості по перевертанню від ширини колії борошновоза

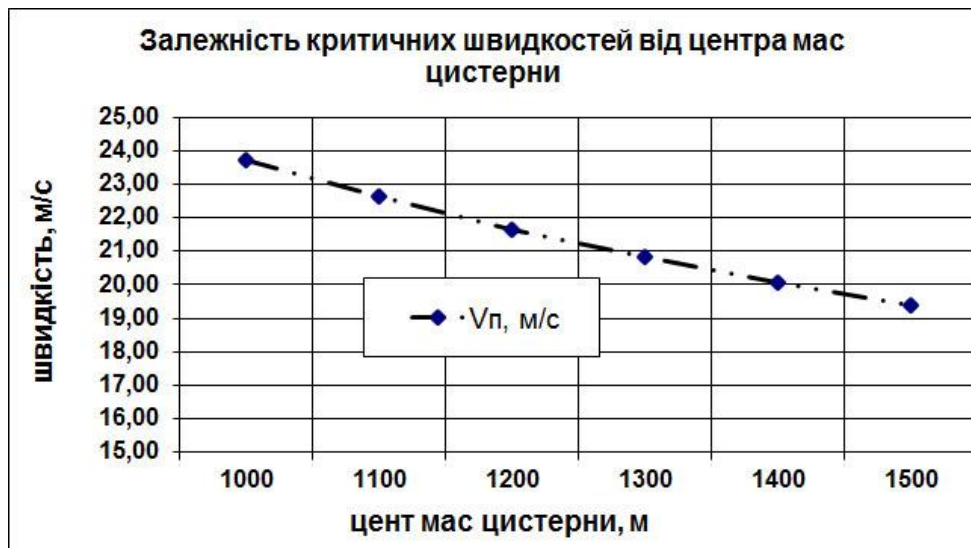


Рисунок. 3.4 — Залежність критичної швидкості по перевертанню від положення центра мас цистерни муко вoза

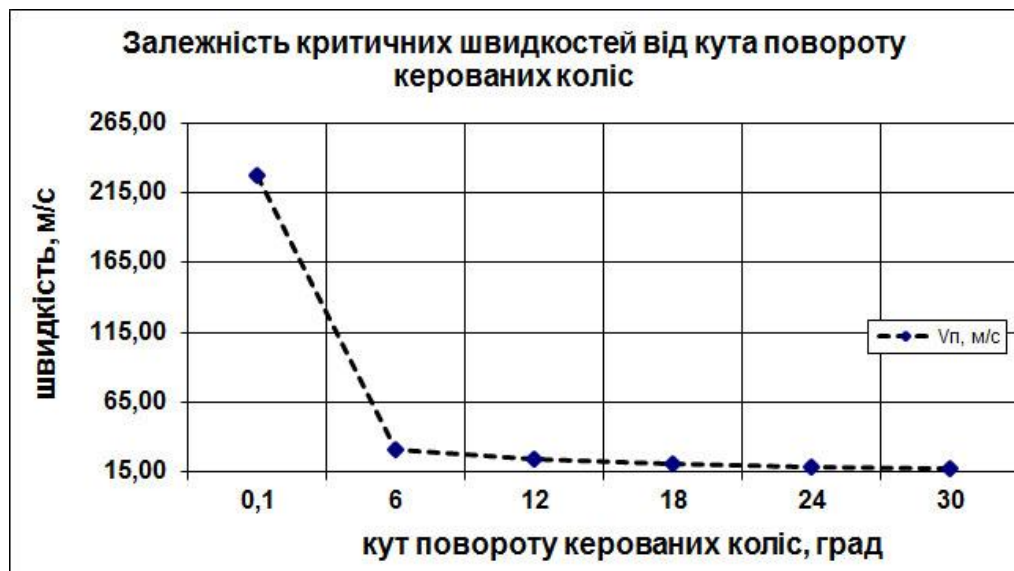


Рисунок. 3.5 — Залежність критичної швидкості по перевертанню від кута повороту керованих коліс тягача муко вoза

Висновок до розділу

Проаналізовано стійкість автоцистерни борошновоза. Які є випадки втрати стійкості автоцистерни, наприклад поперечне перекидання або ковзання коліс автомобіля. Визначив зміну критичної швидкості перевертання залежно від різних конструктивних параметрів транспортного засобу.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1.Оцінка економічної ефективності впровадження у виробництво вдосконаленої конструкції автомобіля-борошновоза

В бакалаврській роботі було проведено огляд автомобілів-борошновозів. Були визначені параметри і характеристики навантажувального пристрою для борошна, що встановлений на напівпричепі разом з цистерною. Проведено аналіз шляхів вдосконалення конструкції автомобіля-муковоза. Оцінка ефективності проводиться у два етапи: перший - це аналіз техніко-економічного рівня напівпричепа для перевезення сипучих вантажів для харчової промисловості; другий – визначення економічної ефективності інвестування в проектування компанування напівпричепа для перевезення сипучих вантажів для харчової промисловості.

Аналіз виконуємо в наступній послідовності:

- 1.Вибір бази порівняння.
- 2.Проведення порівняльного аналізу.
- 3.Економічний аналіз конкурентноздатності нової моделі .

4.Висновки про техніко-економічний рівень і конкурентноздатність напівпричепа для перевезення сипучих вантажів для харчової промисловості

За базу порівняння вибираємо модель напівпричепа аналогічного за призначенням і основними параметрами.

При проведенні порівняльного аналізу можна виділити два аспекти. Перший - це оцінка відповідності або невідповідності окремих параметрів світовому рівню і оцінка виробу в цілому шляхом узагальнення всіх груп параметрів. Для його здійснення необхідно всі параметри подати у вигляді безрозмірних величин і врахувати значимість кожного параметру в загальній комплексній оцінці рівня виробів.

Приведення оцінюваних параметрів до безрозмірних величин здійснюється збільшенням їх числового значення, використовується формула:

$$b_y = a_y / a_{y(\max)} \quad (4.1)$$

де b_y - безрозмірна величина, яка характеризує рівень i -го параметру по J -му порівняльному об'єкту;

a_y - абсолютне значення i -го параметру в порівняльних об'єктах в реальному масштабі;

$a_{y(\max)}$ - максимальне значення i -го параметру в порівняльних об'єктах в даному масштабі;

$i - 1, 2, \dots, p$ - кількість параметрів, які аналізують;

$j - 1, 2, \dots, m$ - кількість об'єктів, які аналізують.

Показники, для яких бажано зменшення їх числового значення, розрахунки здійснюють наступним чином:

$$b_y = b_{y(\min)} / a_y \quad (4.2)$$

$b_{y(\min)}$ - найкраще (найменше) значення i -го параметру; j -го об'єкту в загальному масштабі в реалізованій сукупності.

Значимість кожного окремого параметру для узагальненої комплексної оцінки рівня виробів враховується за допомогою вагових коефіцієнтів, які визначаються експертним шляхом.

Техніко-економічний рівень виробу визначається згідно формули

$$K = b_y P_y \quad (4.3)$$

де b_y - безрозмірні коефіцієнти кількісних значень показників;

P_y - коефіцієнти вагомості параметрів.

Технічна характеристика виробу і визначення коефіцієнту еквівалентності наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика виробу і визначення коефіцієнту

№ п/п	Найменування показників	Одиниці вимірювань	Значення показників		Відносний показник оцінюваного зразка	Коефіцієнт вагомості	Відносний показник з врахуванням вагомості
			Проекто ваного виробу	Базової моделі			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Показники надійності						
1.1	Ресурс до капітального ремонту	год	4800	4000	1,2	0,3	0,36
1.2	Напрацювання на відмову	тис. км	81	75	1,16	0,2	0.232
2.	Експлуатаційні показники						
2.1	Питома матеріаломісткіс ть кг/кг		0.0017	0.002	1,125	0,01	0,116
3.	Показники технологічності						
3.1.	Питома		0,02	0,023	1,15	0,2	0,23

	оперативна трудомісткість ТО						
4.	Показники безпеки						
4.1	Рівень зовнішнього шуму	АБА		81	1,025	0,1	0,103
	Всього					1,0	1,2

На основі комплектної оцінки за шістьма групами показників техніко-економічного рівня нового і базового виробів коефіцієнт еквівалентності складає 1,2, що показує відмінність в техніко-економічному рівні нового виробу складає 12% в сторону покращення.

Виготовлення нової конструкції напівпричепа проводиться на існуючих виробничих фондах з новим використанням обладнання, інструменту, будівель. Нові капіталовкладення становлять капітальні витрати на здійснення заходів на впровадження нової техніки, які складають 150000грн (дані ВАТ Укравтобуспром).

Собівартість нової конструкції визначаємо за формулою:

$$C = M_o + П + Г + З_{пр} + З_{св} + З_m + З_3 + РН_{ак}, \quad (4.3)$$

де M_o - вартість матеріалів, грн;

$П$ - вартість напівфабрикатів, грн;

$Г$ - вартість готових виробів, грн;

$З_{пр}$, $З_{св}$, - заробітна плата основних робітників, відрахування в фонд єдиного соціального внеску.

Сума витрат на основні матеріали напівфабрикати і комплектуючі вироби визначаємо формулою:

$$M = 0,01(M_0 + \Gamma)(100 + dt) \cdot cb, \quad (4.4)$$

де M_0 – вартість всіх видів основних матеріалів на виготовлення виробу, визначається, як сума норми витрат, відповідно виду матеріалів H на його оптову ціну C_m ;

M_0 – вартість всіх видів основних матеріалів на виготовлення виробу, визначається як сума норми витрат, відповідно виду матеріалів H на його оптову ціну C_m ;

Γ – сума витрат на покупні деталі, вузли, які необхідні для комплектації нової конструкції, грн.

dt – транспортно-заготівельні витрати в % витрат на матеріали і комплектуючі;

cb – відходи виробництва, які можна реалізувати.

1. Сировина і матеріали 79038,3 грн.

2. Основні комплектуючі 78792,18 грн.

Сумарна вартість матеріальних витрат буде складати – 157830,48 грн.

За даними досліджень трудомісткість кузова напівпричепа $T_{шт} = 112$ нормо/годин. Враховуючи інші види робіт в загальній трудоемності $T_{тр} = 117,64$ нормо/годин. Сума основної заробітної плати на виготовлення напівпричепа визначаємо добутком

$$Z_{02} = Z_{год} t_2, \quad (4.5)$$

де $Z_{год}$ - середнього динна заробітна плата на виготовлення аналога, грн.;

t - сумарна трудоемкість проектного виробу, грн.;

$$Z_{год} = Z_{02} / t_2, \quad (4.6)$$

де Z_{02} - сумарна основна заробітна плата на виготовлення аналога, грн.;

t - сумарна трудоемкість виготовлення $t_2 = 1,73$ Н/год,

За формулою 6.6 визначаємо: $Z_{год} = 225 / 14.73 = 15.27$ Грн,

За формулою 5.5 визначаємо: $Z_{02} = 15,27 \times 117,64 = 1796,36$ грн. Сума додаткової заробітної плати Z_q начислень на заробітну плату визначається

$$Z_q = Z_{02} \times dq / 100 \quad (4.7)$$

$$ZH = (Z_{02} \times Z_q) dH / 100, \quad (4.8)$$

де dq - процент додаткової заробітної плати до основної на підприємстві виготівнику;

dH - процент начислень на зарплату до суми основної і додаткової заробітної плати на підприємстві

Таблиця 4.2 – Калькуляція собівартості напівпричепа

	Статті витрат	Сума, грн	Примітка
1.	Сировина, основні матеріали	79038,3	
2.	Куповані комплектуючі вироби.напівфабрикати та послуги кооперуючих підприємств	78792,18	
3.	Платежі по обов'язковому страхуванню товарно-матеріальних цінностей	23674,57	0,15 відП(1+2)
4.	Всього прямих матеріальних витрат	181505,05	
5.	Основна заробітна плата виробничих робітників	1796,36	
6.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	269,45	15% від П.5
7.	Відрахування в фонд єдиного соціального внеску	692,05	22 від П.(5+6)
8.	Відшкодування зносу інструменту та пристроїв цільового призначення	44,4	15% від П.6
9.	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	51,1	19% від П.6
10.	Витрати на утримання та експлуатацію	538,8	30% від П.5

	устаткування		
11.	Цехові витрати	1436,8	80% від П.5
12.	Загальнозаводські витрати	772,3	43% від П.5
13.	Інші виробничі витрати	67,35	25 від П.5
14.	Виробнича собівартість	187173.66	П.(1...14)
15.	Позавиробничі витрати	9358,7	5 від П.15
16.	Інші відрахування	9358,7	5% від П. 15
17.	Повна собівартість	205890,66	П.(15+20)
18.	Норма рентабельності	51472,66	25 від П.20
19.	Ціна виробу	257363,33	-

Прибуток визначається від реалізованого виробу

$$\Pi_p = (\Pi_v - S)N_p, \quad (4.9)$$

де Π_v - оптова ціна виробу

S - повна собівартість одиниці продукції;

N_p - обсяг реалізованої продукції.

$$\Pi_p = (257363,33 - 205890,66) \cdot 57 = 2865150 \text{ грн.}$$

Рентабельність виробу

$$R = (\Pi_v - S) / (S - S_m)$$

де Π_v - оптова ціна виробу;

S - повна собівартість одиниці продукції;

S_m - сума прямих матеріальних витрат зв'язаних з виробництвом одиниці продукції.

$$R_v = (257363,33 - 205890,66) / (205890,66 - 181505,05) \cdot 100\% = 21,3\%$$

Виробництво напівпричепа рентабельно.

Ефект визначається, як різниця ($\Pi_t - K_t$) на протязі періоду часу ($T+1$) змінює своє значення з від'ємного на додатне, коли прибуток певний рік K_t за цей проміжок часу перевищує витрати.

Умовою ефективності інвестованих K_e , є компенсація від'ємного

економічного ефекту додатнім за період окупності K_t .

При цьому необхідно врахувати, що економічний ефект дисконтується (змінюється в часі на величину ставки складного банківського % , який могли б принести інвестовані K_t у випад знаходження їх на депозиті в банку, а не інвестування в організаційно- технічний проект .

Термін окупності визначається з умови:

$$T = K_t \cdot A_t / \Pi_t$$

де T - термін окупності, роки;

t - індекс поточного року, для якого ведуться розрахунки;

Π_t - прибуток отриманий від впровадження проекту в t рік, грн;

K_t - капіталовкладення, яких вимагає впровадження та обслуговування проекту, грн.;

A_t - коефіцієнт дисконтування ефекту за t рік;

E_k - норма дисконтування K_t в десяткових долях від цілого.

Норма дисконтування $E_k = 10\%$.

Прибутки та K_t за наступні після першого року визначаються за формулами:

$$\Pi_t = \Pi_i \cdot K_t,$$

$$K_t = K_t \cdot K_{kt},$$

де Π_i - прибуток від проекту за перший рік впровадження;

K_t і K_{kt} - поправочні коефіцієнти, викликані зміною прибутку, капіталовкладень в часі. Дані коефіцієнти для наступних за першим роком ($t - 2$) визначаються :

$$K_{nt} = 2,6 \cdot e + 0,4,$$

$$K_{kt} = 7,407(t-0,394)/(1 + 11,519 \cdot (t-0,394)^2) + 0,123 ,$$

де $e = 2,718$;

t – індекс року для якого ведуться розрахунки.

Таблиця 4.3 – Розрахунки техніко-економічної ефективності.

	Показник	Один, виміру	Позначенн я	роки		
				1	2	3
1.	За перший рік	Грн.		285015 0		
2	Коефіцієнт поправки	Knt	Knt	1	2.2	3
3	Прибуток за наступні роки	п	$\Pi_t = \Pi_1 \cdot Knt$	-	6303300	8595450
4.	За перший рік	Грн.	Kп	150000		
5	Коефіцієнт поправки	Коеф	Kkt	1 -	0,51 -	0,366 -
6	За наступні роки капітальні вкладення	грн.	Kt	135015 0	538300	8145450
7	Норма дисконту	доп. десяті	Ек	0,909	0,861	0,751
8	Недисконтований економічний ефект	грн. од		122729 0	4574636	6117233
9	Кумулята дисконтованого економічного ефекту	Грн. од		122729 0	2502986	1994218
	Коефіцієнт дисконту	Коеф.	At	1	547	0,326
	Знак комуляти дисконт. ефекту			+	+	+

Висновок до розділу

1. Технічний рівень виробу на 12% вище ніж у попередніх моделях.
2. Термін окупності складає біля 1 року.

3. Доцільно впроваджувати у виробництво.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Спеціальний транспорт є важливою складовою економічного розвитку суспільства. Актуальність вдосконалення цистерни є дуже важлива з урахуванням охорони праці. Під час навантаженні та розвантаженні муковоза, при незадовільному технічному стані може призвести до травматизму працівників, а також фінансових втрат. Отже аналіз цих впливів на аварійність є актуальною науково-технічною задачею.

5.1.Призначення та стан транспортного засобу

Для доставки борошна з млинів на реалізаційні бази та хлібопекарські підприємства, обладнані безтарними установками, використовують різні типи спеціально сконструйованих муковозів. До них пред'являються певні вимоги:

мінімальна маса обладнання, що забезпечує максимальне корисне навантаження;

повне завантаження та швидке розвантаження, що дозволяє максимально використовувати муковоз;

забезпеченість автономним розвантажувальним пристроєм. З урахуванням цих вимог при виборі муковоза слід керуватися числом та обсягом перевезень, а також відстанями.

Найбільш раціональним є спеціальний транспорт, обладнаний цистернами, які встановлюють на шасі автомобіля або платформу залізничного вагона, де є обладнання, що забезпечує повне видалення борошна з цистерни. Для доставки борошна на хлібопекарські підприємства невеликої потужності використовують контейнери, що встановлюються на платформах вантажних автомобілів.

З метою збільшення радіусу доставки борошна автомуковозами та підвищення економічних показників транспортування виявилася необхідність створення автомуковозів більшої вантажопідйомності.

На даний час є багато різних напівпричепів для перевезень різних продукцій, а саме для муки їх невелика кількість, так як основним є перевезення в контейнерах на жилахдорозжніх, бо вони є більш ефективними на даний час, але так як є фабрики невеликі, то є і контейнера напівпричеи, є більшість іноземних виробників, також є декілька і Українських виробників

Українські виробники напівпричепів для перевезення борошна:

- **МАЗ** - один з найстаріших та найвідоміших виробників напівпричепів в Україні. Компанія пропонує широкий спектр напівпричепів для перевезення борошна, включаючи моделі з пневматичною та самопливною системою розвантаження.
- **Кременчуцький вагонобудівний завод** - ще один відомий український виробник напівпричепів. Компанія пропонує напівпричеи для перевезення борошна з пневматичною системою розвантаження.
- **НВК "Лав"** - приватна компанія, яка виробляє напівпричеи для перевезення борошна з пневматичною та самопливн

Інформація про фургони МАЗ, які можуть тягнути контейнер для борошна:

- **МАЗ-5433:**

Цей тягач є одним з найпопулярніших у країнах СНД для перевезення контейнерів.

Він має потужний двигун ЯМЗ-650, який може розвивати потужність до 330 кінських сил.

МАЗ-5433 може тягнути напівпричіп з 20-футовим контейнером вагою до 25 тонн.

Цей тягач простий в обслуговуванні та ремонті, а також має доступну ціну.

- **МАЗ-6417:**

Цей тягач є більш потужним, ніж МАЗ-5433, і може тягнути напівпричіп з 40-футовим контейнером вагою до 33 тонн.

Він має двигун ЯМЗ-760, який може розвивати потужність до 420 кінських сил.

МАЗ-6417 також має комфортабельну кабіну водія та сучасне обладнання.

Цей тягач є більш дорогим, ніж МАЗ-5433, але він також більш надійний і довговічний.

- **МАЗ-6501:**

Цей тягач є найпотужнішим з представлених і може тягнути напівпричіп з 40-футовим контейнером вагою до 40 тонн.



Рисунок.5.1 – Напівпричіп цистерна для сипучих вантажів для транспортування борошна

Характеристики напівпричепа-цистерни для сипучих вантажів для транспортування борошна

Загальні характеристики:

- **Тип:** Напівпричіп-цистерна
- **Виробник:** Heil / ZVVZ
- **Модель:** Powder tank alu
- **Об'єм цистерни:** 40 м³
- **Кількість секцій:** 1
- **Матеріал цистерни:** Алюміній
- **Вантажопідйомність:** 32 360 кг
- **Довжина:** 10 600 мм
- **Ширина:** 2 500 мм

- **Висота:** 3 800 мм
- **Кількість осей:** 3
- **Виробник осей:** Saf
- **Гальма:** Дискові, ABS
- **Шини:** Axle 1: 385/65R22.5, Axle 2: 385/65R22.5, Axle 3:

385/65R22.5

Додаткове обладнання:

- Пневматична система розвантаження
- Захисний тент
- Алюмінієві люки
- Драбина
- Опорні стійки

Переваги:

- Великий об'єм цистерни
- Легкий вага алюмінієвої цистерни
- Пневматична система розвантаження для швидкого та ефективного вивантаження
- Надійні осі та гальма
- Широкий спектр додаткового обладнання

Цей напівпричіп-цистерна ідеально підходить для транспортування борошна та інших сипучих вантажів на великі відстані. Він міцний, надійний та простий у використанні.

Також найголовніше вибрати правильно вибрати тягач для напівпричепа, він повинен мати достатню потужність ,щоб буксировати напівпричіп з вантажем

5.2 Шкідливі та небезпечні фактори, які виникають під час експлуатації.

У процесі роботи на працівника можуть впливати такі основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини, механізми, їх рухомі частини, вантажі, що перевозяться;
- обертові елементи рухової установки та трансмісії;
- підвищена загазованість та запиленість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищені рівні шуму та вібрації на робочому місці водія;
- підвищена чи знижена вологість повітря у робочій зоні;
- пряма та відбита блискітність, недостатня освітленість;
- токсичні дії етилованого бензину, парів електроліту;
- опіковий вплив електроліту акумуляторної батареї, кислот та лугів при приготуванні та роботі з електролітом;
- висока напруга в ланцюзі запалювання карбюраторних двигунів та систем приводу електричних транспортних засобів;
- висока температура рідини в системі охолодження двигуна;
- підвищений тиск у шинах коліс у поєднанні з несправністю замкового пристрою обода колеса;
- пожежонебезпека внаслідок несправності у системі живлення двигуна;
- вплив борошняного пилу;
- фізичні та нервово-психічні навантаження;
- підвищена рухливість повітря;
- пошкодження при ДТП, вибуху та/або пожежі;

Рівні концентрації та інші параметри небезпечних та шкідливих виробничих факторів та трудового процесу, що виникають при роботі, не повинні перевищувати допустимих значень, передбачених у державних стандартах та санітарно-гігієнічних нормах.

5.3 Вимоги безпеки при навантаженні та розвантаженні муковоза

Під час навантаження і розвантаження необхідно правильно розподіляти вантаж на транспортних засобах.

У процесі роботи з навантаження-розвантаження продуктів працівник повинен керуватися правилами експлуатації обладнання, що використовується на даному виді робіт, застосовувати безпечні способи і прийоми виконання робіт, виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов навчання, інструктаж з охорони праці і до якої допущений.

Всі вантажно-розвантажувальні роботи необхідно проводити в рукавицях, спецодязі і взутті, в світлий час доби.

При перенесенні вантажів працівник повинен вибирати вільний, рівний і найбільш короткий шлях.

Щоб уникнути нещасного випадку (притискання ноги або руки до підлоги) важкі предмети слід встановлювати на спеціальні підкладки. У разі виникнення екстрених ситуацій або неможливості виконання роботи з яких-небудь причин, повідомити про них свого безпосереднього керівника.

Навантажувати та розвантажувати вантажі необхідно відповідно до вимог ГОСТ 12.3.009-76 під керівництвом відповідальної особи. Працівники, які постійно зайняті на вантажно-розвантажувальних роботах, забезпечуються необхідними та проходять обов'язкові медичні огляди.

При розвантаженні цистерн для перевезення борошна застосовується вдосконалений аераційно пневматичний спосіб. Цистерна для перевезення борошна має вантажопідйомність 7 т, місткість 12,8 м³, час для вантаження 25... 30 хвил, а час розвантаження 25 35 хвил. Дальність подання борошна при розвантаженні — до 30 м, а висота подання — до 15 м.

Особливістю конструкції є те, що компресор розташований на напівпричепі. Це дозволяє значно скоротити простої автомобіля тягача при розвантаженні напівпричепа і використовувати його з двома або трьома напівпричепами. Використання власної ваги вантажу в поєднанні з розвантаженням борошна стиснутим повітрям забезпечує значне скорочення

часу розвантаження. Для покращення текучості зерна днище виготовлено з чохлом в сторону патрубку не менше 30°.

Висновок до розділу

Проведені вдосконалення технічного оснащення муковозів дозволить збільшити його продуктивність використання безпеки експлуатації. Це дозволить покращити охорону праці на даному виді транспорту, це одна із потреб сьогодення

ВИСНОВКИ

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи вдосконалення конструкції автомобіля-муковоза. В бакалаврській роботі було проведено огляд автомобілів-муковозів. Були визначені параметри і характеристики навантажувального пристрою для муки, що встановлений цистерні. Проведено аналіз шляхів вдосконалення конструкції автомобіля-муковоза. Було розглянуто борошновози, які потрібні для перевезення борошна та інших сипучих продуктів.

Реалізацію завантаження і розвантаження сировини за допомогою автономних компресорів. Також розглянули групи борошновозів, а саме цистерни, причіп, напівпричіп їхні ємності і матеріали з яких виготовляють бункери для транспортування та їхні переваги. Розглянув конструкторсько-

розрахункову частину. Дослідив конструкцію напівпричепа муковоза їх різновид.

Способи розвантаження з контейнерів і цистерн хоперного типу та з двома вертикально розташованими резервуарами. Розрахував всмоктувальну і нагнітальну системи пневмотранспортного механізму для транспортування борошна. Визначив розміри ежектора. Зробив розрахунок відцентрової помпи повітронадувального механізму. Проаналізовано стійкість автоцистерни борошновоза. Які є випадки втрати стійкості автоцистерни, наприклад поперечне перекидання або ковзання коліс автомобіля. Визначив зміну критичної швидкості перевертання залежно від різних конструктивних параметрів транспортного засобу. Технічний рівень виробу на 12% вище ніж у попередніх моделях.

Термін окупності складає біля 1 року. Доцільно впроваджувати у виробництво. Проведені вдосконалення технічного оснащення муковозів дозволить збільшити його продуктивність використання безпеки експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Виконання кваліфікаційних робіт: Методичні вказівки до виконання бакалаврської та магістерської кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації 01 «Колісні та гусеничні транспортні засоби». Укл.: Р.В. Зінько, О.З. Горбай, Л.В. Крайник, О.В. Кернога – Львів: Видавництво Львівська політехніки, 2020 – 30 с.

2. Дидманидзе О. Н., Митягин Г. Е., Єгоров Р. Н. Технічна експлуатація автомобілів : Навчань. посібник для студ. высш. уч. закладів. :УМЦ «Тріада», 2005.

Режим доступу: https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/4/1-4-z_np37.pdf

3. Дидманидзе О. Н., Есеновский - Лашков Ю.К., Пильщиків В. Л. Спеціалізований рухомий склад агропромислового комплексу.: УМЦ «Тріада», 2005,- 200с.

Режим доступу: https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/4/1-4-z_np37.pdf

4. Закон України «Про охорону праці»

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

5. Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1992. – № 49. – с. 668. –

Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

6. Кодекс законів про працю України // затверджується Законом № 322-VIII від 10.12.71 ВВР, – 1971

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322%D0%B0-08#Text>

7. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці (Реєстр ДНАОП). - К.: Держнаглядохоронпраці; Основа, 1995. - 223 с.

Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN22335>

8. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98.

Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/MOZ320>